

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2007, 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 2007



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:

© 2007 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.: 0711/351456-0, Fax: 0711/351456-99, e-mail: mail@schweizerbart.de
Internet: <http://www.schweizerbart.de>

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

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: € 122,- 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.: 0711/351456-0; Fax: 0711/351456-99. e-mail: mail@schweizerbart.de, Internet: <http://www.schweizerbart.de>

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

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

PFG – Jahrgang 2007, Heft 1

Inhaltsverzeichnis

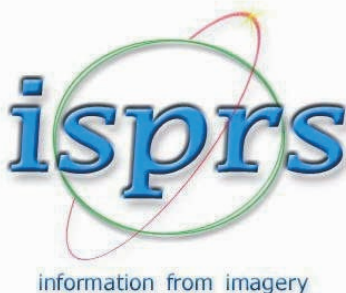
Originalbeiträge ISPRS-Kommission III-Symposium

FÖRSTNER, W.: Vorwort	5
BUTENUTH, M.: Segmentation of Imagery Using Network Snakes	7
ZEBEDIN, L., KLAUS, A., GRUBER, B. & KARNER, K.: Facade Reconstruction from Aerial Images by Multi-View Plane Sweeping	17
DOMKE, J. & ALOIMONOS, Y.: A Probabilistic Notion of Camera Geometry: Calibrated vs. Uncalibrated	25
KORPELA, I.: 3D Treetop Positioning by Multiple Image Matching of Aerial Images in a 3D Search Volume Bounded by LIDAR Surface Models	35

Berichte

Berichte

SPIE – Europe Remote Sensing 2006 Conference vom 11. bis 14.9.2006 in Stockholm	45
43. Sitzung der AG „Automation in der Kartographie“ am 18. und 19. Sep- tember 2006 in Potsdam	46
INTERGEO 2006 und FIG-Kongress 2006, 8.–13.10.2006 in München	49
GfGI Gesellschaft für Geoinformatik gegründet am 3.11.2006 in Bonn	52
6. Vermessungsingenieurtag der HfT am 10.11.2006 in Stuttgart	53
ISPRS Preise 2008	53
Hochschulnachrichten	
Universität Hannover	56
Technische Universität München	57
Technische Universität Wien – G. Mandlbürger	57
Neue Mitglieder der DGPF	58
Buchbesprechungen	
Jekel, Koller & Strobl	59
Neubert	60
Sandau	61
Vorankündigungen	62
Zum Titelbild	67
Neuerscheinungen	68



Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung
Kommission III: Photogrammetrische Computer-Vision und Bildanalyse **
Präsident: Prof. WOLFGANG FÖRSTNER, wf@ipb.uni-bonn.de

Das Symposium Photogrammetrische Computer Vision PCV'06 2006 in Bonn

Das Symposium der Kommission III der ISPRS fand vom 20. bis 22. September 2006 in Bonn statt*. Das vorliegende Heft enthält vier herausragende Beiträge, die das Spektrum der Konferenz beleuchten. Die ersten drei Beiträge, von MATTHIAS BUTENUTH, LUKAS ZEBEDIN et al. und JUSTIN DOMKE & YIANNIS ALOIMONOS, wurden mit den Preisen für den besten Beitrag ausgezeichnet. Der vierte Beitrag, von ILKKA KORPELA, steht repräsentativ für den gesamten Bereich der integrierten Erfassung dreidimensionaler Information aus Bild- und Laserdaten.

Der Beitrag ‚Segmentation of Imagery using Network Snakes‘ von MATTHIAS BUTENUTH, Hannover, stellt ein neues Verfahren zur Segmentierung von digitalen Bildern mit so genannten Network-Snakes vor. Snakes wurden 1988 von KASS & WITKIN erstmals vorgestellt, um aus einer geometrisch grob vorgegebenen Kontur automatisch eine optimale Kontur abzuleiten, indem die vorgegebene Linie, wie eine Schlange, in einer grabenartigen Optimierungsfunktion die Tallinie sucht. Das Konzept hat weite Kreise ge-

zogen, insbesondere bei der Linienerfassung für die Straßenextraktion, war aber immer auf einzelne, offene oder geschlossene, Linien beschränkt. Damit war es für die allgemeiner angelegte Segmentierungen, bei denen das Bild in viele Regionen zerlegt wird, nicht geeignet. MATTHIAS BUTENUTH stellt in seinem Beitrag dar, wie das Konzept der Snakes auf Netze angewandt werden kann. Insbesondere zeigt er, wie Vorwissen über die Glattheit der Kanten, etwa bei der Suche von Feldgrenzen, genutzt werden kann, um auch bei schwierigem Hintergrund gute Grenzen zu finden. Die vollautomatische Segmentierung von Zellbildern demonstriert die Flexibilität des Verfahrens.

Der Beitrag ‚A Probabilistic Notion of Camera Geometry: Calibrated vs. Uncalibrated‘ von JUSTIN DOMKE & YIANNIS ALOIMONOS, Maryland, USA, geht das Problem der vollautomatischen relativen Orientierung zweier Bilder auf neue Weise an. Das klassische Vorgehen ist zweistufig: (1) zunächst werden Punktkorrespondenzen gesucht, danach werden (2) die Parameter der relativen Orientierung, die essentielle bzw. die fundamentale Matrix bestimmt. Die Schwierigkeit mit einem robusten Verfahren, wie etwa RANSAC, aus stark kontaminierten Korrespondenzen die Parameter abzuleiten, führte auf die Entwicklung von Punktoperatoren, die eine sichere Zuordnung auch bei

* Ein wissenschaftlicher Bericht über das Symposium von STEPHAN HEUEL ist gedruckt in PFG 7/2006, S. 572–574.

** Das Programm der Kommission III der ISPRS für den Zeitraum 2004–2008 ist nachzulesen unter PFG 3/2005, S. 248–250.

starken Verzerrungen erlauben, jedoch bei geraden Kanten oder bei wiederholten Mustern genauso versagen wie klassische Operatoren. Die Schwäche des Konzepts liegt nach Ansicht der Autoren in der starken Trennung der beiden Schritte, insbesondere den bei der Zuordnung getroffenen harten Entscheidungen. Daher schlagen sie vor, die Korrespondenzen mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu belegen, die dann die geometrische Situation bei Kanten oder wiederholten Strukturen aufnehmen. So wird die Bildverarbeitung leichter, und das Parameterschätzproblem integriert alle verfügbare Information. Die Ergebnisse können in allen Fällen als Näherung für eine strenge und damit genauere Orientierung verwendet werden.

Der Beitrag *„Facade Reconstruction from Aerial Images by Multi-View Plane Sweeping“* von LUKAS ZEBEDIN, ANDREAS KLAUS, BARBARA GRUBER & KONRAD KARNER, Graz, Österreich, löst das Problem, das die meisten Oberflächenrekonstruktionsverfahren mit Gebäudefassaden in Stadtgebieten haben. An diesen Unstetigkeitsstellen wird entweder vom Dach zum Boden eine interpolierende Fläche oder eine Sprungstelle vorgesehen; in beiden Fällen sind die Gebäudeänderer nur unvollständig und ungenau erfasst. Entgegen der laienhaften Intuition sind aber Fassaden in Senkrechtbildern sichtbar und damit messtechnisch erfassbar, wenn genügend Überdeckung beim Bildflug realisiert wird, was bei Digitalkameras und den heutigen Preisen für Speicherplatz kein Problem ist, da bei Stadtbefliegungen ohnehin 60% Querüberdeckung geflogen wird. Das von den Autoren vorgeschlagene plane-sweep-Verfahren nutzt die vergleichsweise

leicht erfassbare Richtung von Fassaden und optimiert die Lage mit Hilfe eines Mehrbild-Zuordnungsansatzes. Das Verfahren demonstriert, dass die Information, die Luftbilder enthalten, von automatischen 3D-Erfassungsalgorithmen bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist.

Der Beitrag *„3D Treetop Positioning by Multiple Image Matching of Aerial Images in a 3D Search Volume bounded by Lidar Surface Models“* von ILKKA KORPELA, Helsinki, Finnland integriert hoch aufgelöste Luftbilder mit Lidar-Daten, um die Position von Baumkronen zu bestimmen. Die Erfassung des detaillierten Baumbestandes bei der Forstinventarisierung erfordert die zuverlässige Detektion von Bäumen und die hinreichend genaue Bestimmung von Baumhöhe und Baumkronendurchmesser. Während für die Baumdetektion und -vermessung an und für sich Bilddaten ausreichen, sind Lidardaten besser für die Erstellung eines genügend genauen Digitalen Oberflächenmodells. Das vorgestellte Verfahren ist in der Lage, zuverlässig und für die Anwendung hinreichend genau Bäume zu erfassen und ein Beispiel für die erfolgreiche Integration und Anwendung von Bild- und Laserdaten.

Das Programm und die Tagungsbeiträge sind elektronisch unter <http://www.ipb.uni-bonn.de/isprs/pcv06/time.html> zu finden oder direkt bei

GITC bv
P.O. Box 112, 8530 AC Lemmer, The Netherlands, Tel.: +31 (0) 514 56 18 54, Fax: +31 (0) 514 56 38 98, e-mail: mailbox@gitc.nl, Website: www.gitc.nl
zu beziehen.

WOLFGANG FÖRSTNER, Bonn

Segmentation of Imagery Using Network Snakes

MATTHIAS BUTENUTH, Hannover

Keywords: Computer vision, segmentation, imagery, snakes, network, topology, shape

Zusammenfassung: *Bildsegmentierung mit Hilfe von network snakes.* Der Beitrag beschreibt eine neue Methodik zur Segmentierung von Bildern mit network snakes. Snakes stellen ein bekanntes Verfahren zur Detektion von Objekten dar, welches jedoch auf geschlossene Objektkonturen begrenzt ist. Dieser Beitrag erweitert das Verfahren und fokussiert auf Objekte, die ein Netzwerk bilden bzw. Objekte, die benachbart und nur durch eine Grenzlinie getrennt sind. Zusätzlich liegt der Fokus auf linearen Objekten mit offenen, nicht fixierten Enden. Die interne Energie, die die Form des Objektes während des Energieminimierungsprozesses beschreibt, ist für unterschiedliche Knotengrade definiert, um die Topologie des Objektes ausnutzen zu können. Exemplarische Ergebnisse zeigen die Funktionsweise und Übertragbarkeit der vorgestellten Methode: Zunächst werden Schlaggrenzen aus hoch aufgelösten Satellitenbildern extrahiert. Das zweite Beispiel aus dem Medizinbereich befasst sich mit der Abgrenzung von Zellen in Zellgewebeaufnahmen. Abschließend werden einige Anmerkungen zu der vorgestellten Methodik gemacht und zukünftige Arbeiten diskutiert.

Abstract: A new methodology for the segmentation of imagery using network snakes is presented in this paper. Snakes are a well known technique, but usually are limited to closed object boundaries. Enhancing traditional snakes the focus is on objects forming a network respectively being adjacent with only one boundary in between. In addition, the focus is on linear objects with open non-fixed endings. The internal energy controlling the shape of the object contours during the energy minimization process is defined for nodes with different degrees to enable the exploitation of the object topology. Exemplary results of two different applications demonstrate the functionality and transferability of the proposed methodology: First, field boundaries are extracted from high resolution satellite imagery. The second example from the medical sector deals with the delineation of adjacent cells in microscopic cell imagery. Concluding remarks are given at the end to point out further investigations.

1 Introduction

The segmentation of imagery is a well known problem in image processing and computer vision. One important methodology to delineate objects precisely are active contours, first introduced by (KASS et al. 1988). Active contours are a sophisticated image processing technique combining image features with shape constraints in an energy minimization process. Parametric active contours, often called snakes (KASS et al. 1988, BLAKE & ISARD 1998), have a rigid

topology, in contrary to geometric active contours (MALLADI et al. 1995, CASELLES et al. 1997), which are able to change their topology due to flexible level sets and thus allow for extracting foreground objects without prior knowledge about their shape. Numerous approaches using snakes have been presented to detect different objects in many kinds of imagery, for example refer to medical image segmentation (MCINERNEY & TERZOPOULOS 1996, SURI et al. 2002), 3D deformable surface models (COHEN & COHEN 1993), the extraction of roads using

scale space and snakes (LAPTEV et al. 2000) or the displacement of lines in cartographic generalization tasks (BURGHARDT & MEIER 1997).

Most of these approaches require closed contours, which describe the boundary of an object separately – a limitation concerning linear objects with open non-fixed endings and a limitation regarding objects, which form a network and thus interact with each other during the optimization process. A new methodology of parametric active contours to overcome these restrictions is presented in this paper, called network snakes. In the literature, only a limited amount of work can be found regarding active contours beyond explicitly or implicitly represented closed object boundaries. Trihedral corners imposing constraints of 90 degree angles between the three edges ending at the corner are used to extract buildings in (FUA et al. 2000). An extension of parametric active contours, which combines the ability to handle transiently touching objects and exerts topological control is given in (ZIMMER & OLIVIO-MARIN 2005). An adaptive adjacency graph consisting of a network of active contours was firstly introduced in (JASIOBEDZKI 1993) and afterwards utilized in (DICKINSON et al. 1994) to track 3D objects. The authors introduce constraints in the form of springs to connect the contour ends, but the approach does not enable the definition of a unique nodal point including a geometrical control of the contours up to the nodal point.

In contrary, the methodology presented in this paper is able to handle objects with a given network topology, but without the necessity of introducing any particular constraints. Possible applications using network snakes are, for example, the extraction of road networks, field boundaries as well as adjacent cells. For these purposes parametric active contours are more applicable than level set techniques, since the image-dependent energy terms of parametric active contours are defined specifically to individual objects. Multiple level sets as well as multiple parametric active contours are not suitable, because they can intersect or over-

lay each other losing the correct topology. However, parametric active contours need an initialization to start the energy minimization process. The required information can be taken from an initial segmentation or from a GIS, as long as a correct topology can be assumed.

The next section outlines traditional snakes, while Section 3 focuses on the enhancements concerning network snakes. In Section 4 exemplary results of two different applications are presented to demonstrate the potential and the transferability of the proposed methodology: At first, the extraction of field boundaries from high resolution satellite imagery is depicted. Field boundaries have become objects of increasing interest during the last few years. Application areas are geo-scientific questions such as the derivation of potential wind erosion risk fields and applications in the agricultural sector, for instance precision farming or the monitoring of subsidies. Work on the extraction of field boundaries exists but is limited, for example refer to (TORRE & RADEVA 2000, APLIN & ATKINSON 2004), but neither a fully automatic solution nor the exploitation of the topology is used. The second exemplary result highlighted in Section 4 is the extraction of adjacent cells in microscopic cell imagery. Medical image segmentation has received a large attention, in particular the delineation of cells for high-throughout biological research and drug discovery (SURI et al. 2002, JONES et al. 2005). However, the focus is mostly on single cells not taking into account the neighborhood. Finally, concluding remarks are given and further investigations are discussed in Section 5.

2 Traditional snakes

In this section, parametric active contours are summarized in order to provide a basis for a discussion of their pros and cons concerning the enhancements contained in Section 3. Traditional snakes (KASS et al. 1988) are defined as a parametric curve

$$v(s) = (x(s), y(s)) \quad (1)$$

where s is the arc length and x and y are the image coordinates of the 2D-curve. In the simplest way, the image energy can be written as the image intensity itself with

$$E_{img}(v(s)) = I(v(s)) \quad (2)$$

where I represents the image. In the literature, the image energy is often defined as

$$E_{img}(v(s)) = -|\nabla I(v(s))|^2 \quad (3)$$

$|\nabla I(v(s))|$ is the norm or magnitude of the gradient image at the coordinates $x(s)$ and $y(s)$. In practice, the image energy $E_{img}(v(s))$ is computed by integrating the values $|\nabla I(v(s))|$, taken from precomputed gradient magnitude images along the line segments, that connect the vertices of the contour. The internal energy is defined as

$$E_{int}(v(s)) = \frac{1}{2}(\alpha(s) \cdot |v_s(s)|^2 + \beta(s) \cdot |v_{ss}(s)|^2) \quad (4)$$

where v_s and v_{ss} are the first and second derivative of v with respect to s . The function $\alpha(s)$ controls the first-order term of the internal energy: the elasticity. When the aim is to minimize $E_{int}(v(s))$ and $v(s)$ is allowed to move, large values of $\alpha(s)$ let the contour become very straight between two points. The function $\beta(s)$ controls the second-order term: the rigidity. Large values of $\beta(s)$ let the contour become smooth, small values allow the generation of corners. $\alpha(s)$ and $\beta(s)$ need to be predefined based on the modeled shape characteristics of the object of interest.

The total energy of the snake E_{snake}^* , to be minimized, is defined as

$$\begin{aligned} E_{snake}^* &= \int_0^1 E_{snake}(v(s)) ds \\ &= \int_0^1 [E_{img}(v(s)) + E_{int}(v(s)) + E_{con}(v(s))] ds \end{aligned} \quad (5)$$

The additional external energy $E_{con}(v(s))$ is introduced in (KASS et al. 1988) as an external constrained force, which provides the opportunity for individual forces at particu-

lar parts or points of the contour. With constant weight parameters $\alpha(s) = \alpha$ and $\beta(s) = \beta$ a minimum of the total energy in Equation 5 can be derived by solving the Euler equation:

$$\frac{\partial E_{img}(v(s))}{\partial v(s)} - \alpha v_{ss}(s) + \beta v_{ssss}(s) = 0 \quad (6)$$

The derivatives are approximated with finite differences since they can not be computed analytically. Converted to vector notation with $v_i = (x_i, y_i)$ and with $\partial E_{img}(v(s))/\partial v(s) = f_v(v)$ the Euler equations read

$$\begin{aligned} &\alpha_i(v_i - v_{i-1}) - \alpha_{i+1}(v_{i+1} - v_i) \\ &+ \beta_{i-1}(v_{i-2} - 2v_{i-1} + v_i) \\ &- 2\beta_i(v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}) \\ &+ \beta_{i+1}(v_i - 2v_{i+1} + v_{i+2}) \\ &+ f_v(v) = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

and can be rewritten in matrix form as

$$Av + f_v(v) = 0 \quad (8)$$

A is a pentadiagonal matrix, which depends only on the functions α and β . Equation 8 can be solved iteratively by introducing a step size γ multiplied with the negative time derivatives $\partial v/\partial t$, which are discretized by $v_i - v_{i-1}$. It is assumed that $f_v(v)$ is constant during a time step, i. e. $f_v(v_i) \approx f_v(v_{i-1})$, yielding an explicit Euler step regarding the image energy. In contrast, the internal energy is an implicit Euler step due to their specification by the banded matrix A . The resulting equation is

$$Av_t + f_v(v_{t-1}) = -\gamma(v_t - v_{t-1}) \quad (9)$$

The time derivatives vanish at the equilibrium ending up in Equation 8. Finally, a solution can be derived by matrix inversion:

$$v_t = (A + \gamma I)^{-1}(\gamma v_{t-1} - \kappa f_v(v_{t-1})) \quad (10)$$

where I is the identity matrix and κ is an additional parameter in order to control the weight between internal and image energy.

A requirement of traditional snakes is the necessity to have an initialization close to the true object boundary. Additional terms

to increase the capture range of the image forces and thus bridge larger gaps between initialization and true object boundary, for example the balloon model (COHEN 1991), are only applicable, when the background is relatively homogeneous and no disturbing structures hinder the movement of the snake. Since these conditions can not be guaranteed in general, a solution without such additional terms is preferred in this work. Instead, strong internal energies are used containing the modeled shape characteristics of the object of interest to be relatively independent of the initialization and those parts of the image energies, which represent disturbing structures.

3 Network snakes

In order to enhance traditional snakes to be able to deal with network topologies and open endings of contours, a closer look to the internal energy $E_{int}(v(s))$ controlling the shape part of the curve is required. The minimization of the internal energy during the optimization process is only defined for closed object boundaries, i. e. $v_0 = v_n$ (KASS et al. 1988), because the derivatives are approximated with finite differences (cf. Equation 7). Most of the approaches to be found in the literature use closed contours or define fixed end points when using open contours. This process requires correct end points before starting the snake optimization, which often can not be guaranteed. Similarly, network topologies represented by single con-

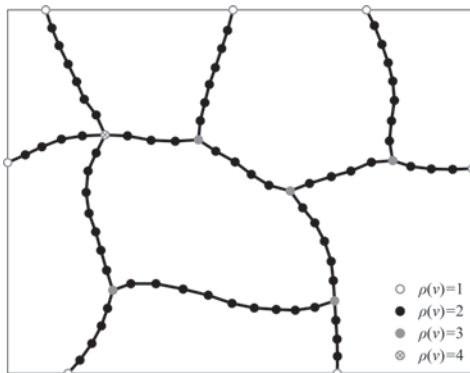


Fig. 1: Topology of a network snake.

tours ending in common nodal points require predefined correct nodal points. In this work a new definition of snakes is given, achieving a solution using image features and shape constraints without fixed end or nodal points.

At first, the topology of the initial contour has to be derived. In addition to the nodes with a degree $\rho(v) = 2$ of the preliminary contour $v(s)$ each node with a degree $\rho(v) \neq 2$ has to be set up. Nodes with a degree $\rho(v) = 1$ define the end points and nodes with a degree $\rho(v) \geq 3$ define the nodal points of the contour (cf. Fig. 1 for an example).

Imposing the network topology in the energy minimization process causes a problem when solving Equations 7 and 8: the derivatives approximated by finite differences are not defined for nodes with a degree $\rho(v) = 1$ or $\rho(v) \geq 3$, because the required neighboring nodes are either not available ($\rho(v) = 1$) or existing multiple times ($\rho(v) \geq 3$). Thus, the shape control can not be accomplished at these parts of the contour in a traditional way.

Let v_a , v_b and v_c represent three contours, each ending in a common *nodal point* v_n with a degree $\rho(v) = 3$. Regarding Equation 7, the first term, weighted by the parameter α , can not support the control of the internal energy during the energy minimization process in the vicinity of v_n when using network snakes: the finite differences of the first term approximating the derivatives are only available for the two nodes v_{n-1} and v_n , but not for v_{n+1} . Thus, no shape control is possible and the first term is not considered. The second term of the internal energy, weighted by the parameter β , is rewritten using the available finite differences controlling the curvature of the contour. Consequently, the control of the total energy at the common nodal point $v_n = v_{a_n} = v_{b_n} = v_{c_n}$ is defined for network snakes as follows:

$$\begin{aligned} \beta(v_{a_n} - v_{a_{n-1}}) - \beta(v_{a_{n-1}} - v_{a_{n-2}}) + f_{v_a}(v_a) &= 0 \\ \beta(v_{b_n} - v_{b_{n-1}}) - \beta(v_{b_{n-1}} - v_{b_{n-2}}) + f_{v_b}(v_b) &= 0 \\ \beta(v_{c_n} - v_{c_{n-1}}) - \beta(v_{c_{n-1}} - v_{c_{n-2}}) + f_{v_c}(v_c) &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

All three contours intersect in the common nodal point without interacting concerning their particular shape. The energy definition of Equation 11 allows for a minimization process controlling the shape of each contour separately, though ending in one common point exploiting the network topology. The matrix A of Equation 8 is adapted accordingly at the nodal points and their neighbors to fulfill the new definition of the internal energy, i. e. omitting some parts of the banded structure and/or filling up some additional parts to build further connections between different parts of the contour.

The definition of the internal energy for nodes with a degree $\rho(v) > 3$ is straightforward to the proposed method above, i. e. adding further parts to Equation 11. Similarly, the new internal energy is defined at the *end points* of a contour: only one part of Equation 11 is needed, because only one contour without connection to other parts of the contour is available. The adaptation of the matrix A is analogous compared to nodal points. Thus, the control of the shape is feasible by the end of the contour without fixing the end points.

Snakes have the tendency to shorten during the energy minimization due to the first term (α -term) of Equation 4. A shortening of contours with an open ending can be avoided by chaining the end points at the image border allowing for movement only along the image borders (cf. Fig. 1). Alternatively, the contour can be chained at a topologically neighbored object allowing for movement only along the object border. When there are no neighbored objects to allow for chaining the open endings of the contour, a possible idea could be the introduction of an external constraint force regarding a constant length of the contour.

4 Exemplary results

Results concerning the functionality and capability of network snakes are presented in this section. Two different applications are shown to point out the transferability of the methodology: the extraction of field boundaries from high resolution satellite imagery

and the extraction of cells from microscopic cell imagery.

4.1 Extraction of field boundaries

The delineation of field boundaries within the complex environment of vegetation is accomplished with color satellite images having a resolution of two meters. The strategy for extracting the objects of interest is divided into two parts: First, a segmentation is carried out in a coarse scale to derive the topology taking into account a somewhat inaccurate geometrical position. The topology of the segmentation, however, is assumed to be correct. In a second step, network snakes are used to improve the preliminary results exploiting the local image features and the object topology.

The initial segmentation of the imagery is briefly outlined below, for details refer to (BUTENUTH & HEIPKE 2005). The use of prior knowledge from a GIS enables a partition of the image scene: Field boundaries are only located within the open landscape and, in addition, the road network describes already fixed field boundaries, because fields naturally end at these objects. Within these regions of interest a multi-channel region growing is performed using the RGB- and IR-channels of the image resulting in an initial segmentation of the image (cf. Fig. 2a, blue lines). Note, that the geometrical correctness of the segmentation has been artificially degraded to emphasize the following steps in a better way.

The result of the segmentation is used to derive the topology (cf. Fig. 2b) and to initialize the network snake. Since the objects to be extracted are rather straight, the parameter β is set to a large value compared to α . Thus, image noise and small disturbances have relatively small effects and, in addition, relatively coarse initial values of the contour can be used. The open endings of the contour are chained to the image borders, and are allowed for movement only along the borderline. In Fig. 2c the capability of the network snake is highlighted: the contours and in particular the nodal points with a degree $\rho(v) \geq 3$ and the end points move to

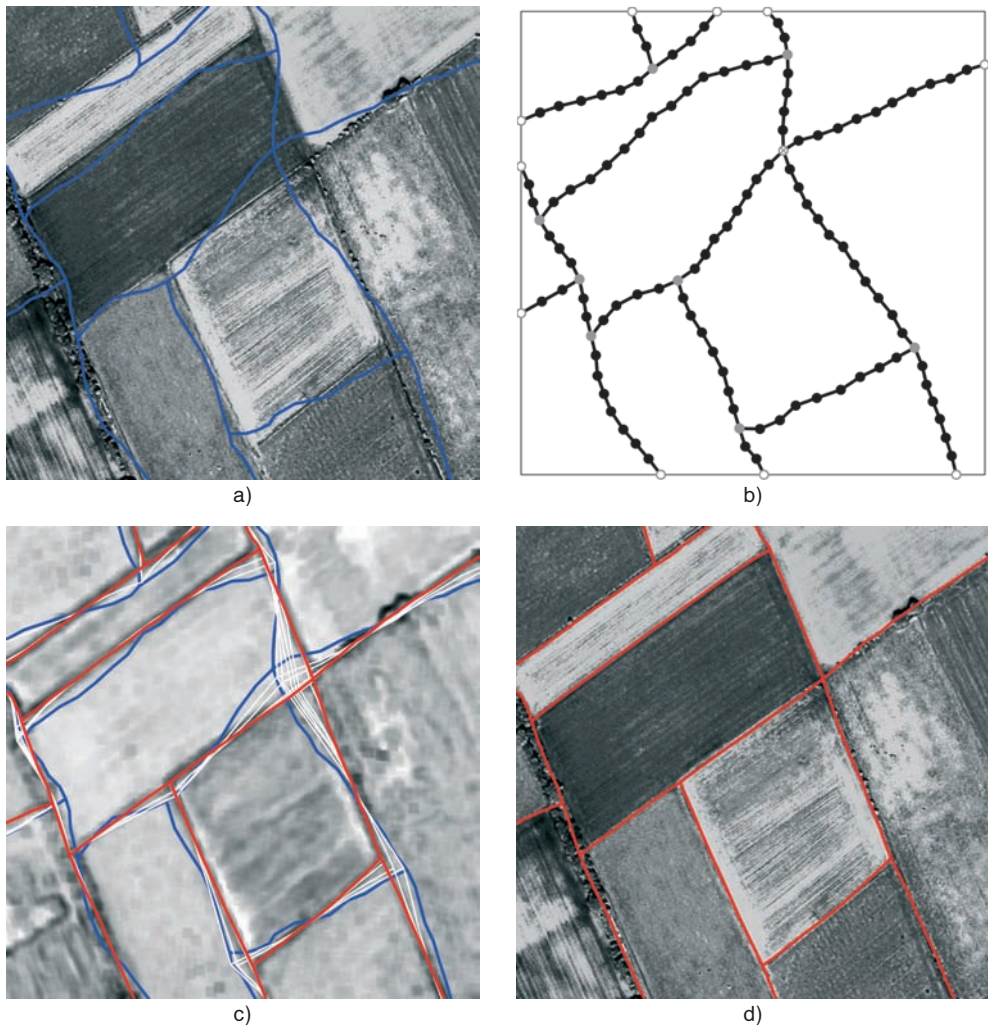


Fig. 2: Extraction of field boundaries from high resolution satellite imagery (400×400 pixels): a) initialization of the network snake (blue); b) topology; c) initialization (blue), movement (white) and result of the snake (red); d) result superimposed on the intensity channel of the CIR-image.

the correct result, although the initialization is rather poor. The underlying image consists of the standard deviation of the image intensities of the CIR-image within a quadratic mask, because high values typically belong to field boundaries. Regarding the area around the nodal points, in particular the point with a degree $\rho(v) = 4$, the internal energy and the exploitation of the topology specify the movement of the contour during the first iteration steps, because the values

of the image energy are without effect. Step by step, the inverted image energy helps with small values pushing the contour respectively the nodal points to the correct solution during the minimization process. The final result is depicted in Fig. 2d superimposed on the satellite image. The geometrical correctness is in most parts convincing, only the tree rows on the left side prevent a clearly defined field boundary and, thus, the image energy can not support the energy minimi-

zation process in an optimal manner. However, the example demonstrates, network snakes are a powerful methodology to delineate objects precisely exploiting their topology.

4.2 Extraction of cells

The delineation of adjacent cells in microscopic cell imagery is the second example presented in this section. Fig. 3a shows a microscopic image of stained cytoplasm, which fluoresced during the data capture. The depicted image has a size of about 20×20 micrometers. Again, the strategy for extracting the objects of interest is divided into two parts: At first, a coarse object contour is needed to initialize the processing and to derive the topology. In a subsequent step the geometrical correctness of the initial object contour is optimized using network snakes.

The cell nuclei are much easier to detect than the boundaries of the cytoplasm (cell membrane), because they are well defined against the background (cf. Fig. 3b). The background of the cell nuclei image is segmented followed by a calculation of the skeleton (cf. Fig. 3b, blue line). Due to the fact, that each cell nucleus is located within the associated cell membrane, the skeleton can be used to initialize the network snake having a correct topology even though the geometrical correctness is not very high. Before starting the optimization process, the object contour is thinned out taking into account an equal distance between each node (cf. Fig. 3c, blue line).

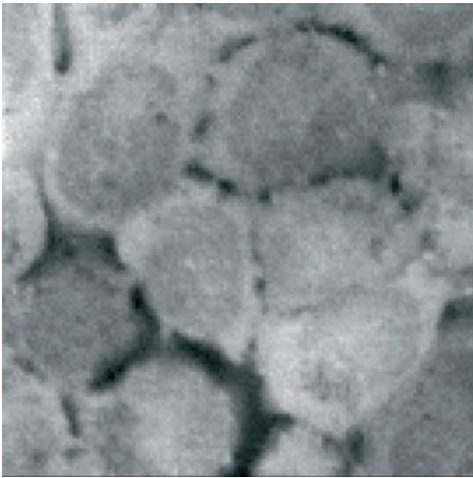
The topology of the object contour is derived to set up the network snake (cf. Fig. 3d). Since the objects to be extracted have a specific curvature, the parameter β controlling the internal energy of the energy minimization process is not set to such a large value compared to the extraction of mostly straight field boundaries (cf. Section 4.1), yet is set again larger than α . A histogram linearization of the original image is accomplished to ease the optimization, because the enhanced contrast of the image helps to push the contour to the correct solu-

tion. In Fig. 3e the optimization process is highlighted: Starting from the initialization (blue line) the movement of the network snake (white line) is depicted resulting in extracted cell boundaries (red line). In Fig. 3f the final result is superimposed on the cell image. The optimization process works well, although there is strong image noise and in parts the image intensities can not help yielding the correct result. In the lower right part of the image one cell is not delineated completely, because the initialization is too far away and the image energy is not able to push the contour to the true object boundary.

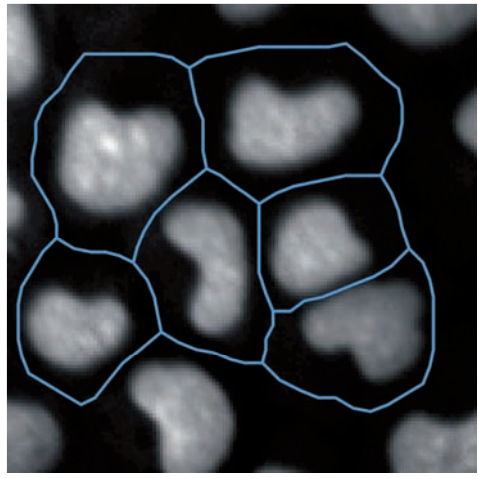
5 Conclusions

A new segmentation methodology to delineate objects precisely from imagery using network snakes is presented in this paper. Using traditional snakes, adjacent objects, which influence each other and objects forming a network or having open endings are not defined due to the representation of the internal energy. In contrary, network snakes exploit the topology of the objects of interest during the energy minimization process comprising a complete shape control of the contours. The exploitation of the topology turns out to be a powerful method to deal with noise and disturbances in the imagery. The obtained object contours represent a superior geometrical solution when interacting with each other compared to traditional snakes.

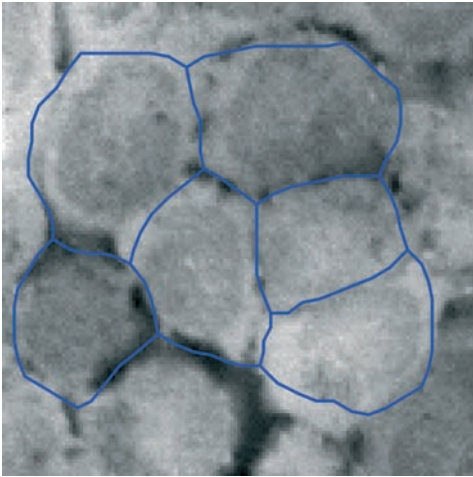
Different results concerning the extraction of field boundaries from high resolution satellite imagery and the extraction of cells from microscopic cell imagery demonstrate the potential and the transferability of the proposed methodology. In addition, the two examples emphasize, the requirement of a given correct topology can be achieved in particular applications. However, when the assumption of a given correct topology can not be guaranteed, an additional intervention comprising the global view of the optimized network has to be considered to insert or delete parts of the contour. Possible further applications are the delineation of



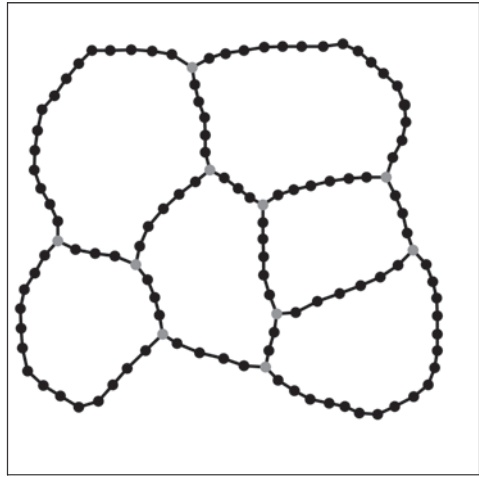
a)



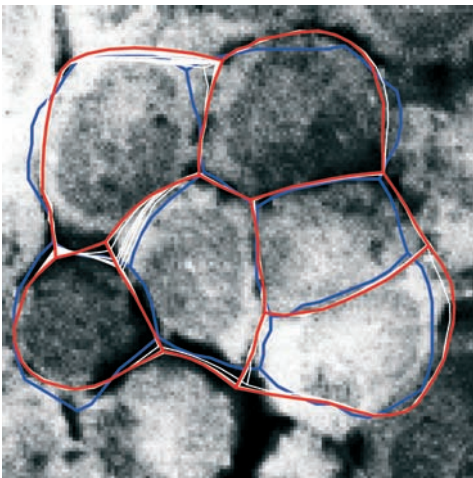
b)



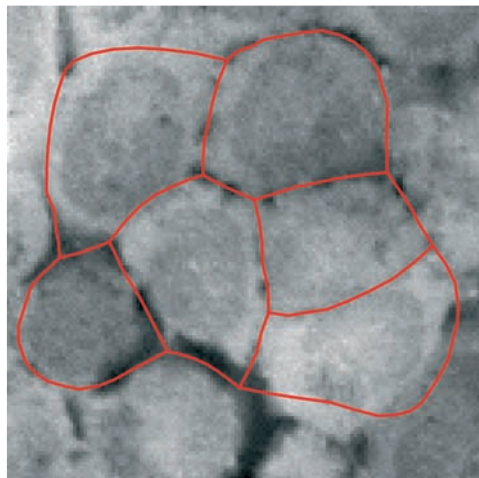
c)



d)



e)



f)

◁ **Fig. 3:** Extraction of cells from microscopic cell imagery (135×135 pixels): a) cell image; b) cell nuclei and derived initialization (blue); c) initialization of the network snake (blue); d) topology; e) initialization (blue), movement (white) and result of the snake (red); f) result superimposed on cell image [imagery provided by Evotec Technologies].

other objects such as road networks, and other topics such as the update of GIS-data with an already given topology.

In addition, the control of the internal energy can be improved choosing varying values of the parameters α and β , if the modeled object shape has these characteristics. A further interesting question is the behavior of the iteration process: are there dependencies of the initialization, internal energy and image characteristics and can they be exploited? For example, if the object of interest has other shape characteristics than the image disturbances or noise, the control of the internal energy and the exploitation of the topology can allow for a relatively coarse initialization. Investigations regarding this problem can give specific answers about the required quality of the image data and the initialization.

References

- APLIN, P. & ATKINSON, P.M., 2004: Predicting Missing Field Boundaries to Increase Per-Field Classification Accuracy. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **70** (1): 141–149.
- BLAKE, A. & ISARD, M., 1998: *Active Contours*. – 351 p., Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- BURGHARDT, D. & MEIER, S., 1997: Cartographic Displacement Using the Snake Concept. – In: FÖRSTNER & PLÜMER (eds.): *Semantic Modeling for the Acquisition of Topographic Information from Images and Maps*. – Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 59–71.
- BUTENUTH, M. & HEIPKE, C., 2005: Network Snakes-Supported Extraction of Field Boundaries from Imagery. – In: KROPATSCH, SABLATNIG & HANBURY (eds.): *Pattern Recognition*. – Lecture Notes in Computer Science **3663**: 417–424, Springer-Verlag.
- CASELLES, V., KIMMEL, R. & SAPIRO, G., 1997: Geodesic Active Contours. – *International Journal of Computer Vision* **22** (1): 61–79.
- COHEN, L.D. & COHEN, I., 1993: *Finite Element Methods for Active Contour Models and Balloons for 2-D and 3-D Images*. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence **15** (11): 1131–1147.
- COHEN, L.D., 1991: On Active Contour Models and Balloons. – *CVGIP: Image Understanding* **53** (2): 211–218.
- DICKINSON, S.J., JASIOBEDZKI, P., OLOFSSON, G. & CHRISTENSEN, H.I., 1994: Qualitative Tracking of 3-D Objects Using Active Contour Networks. – *Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, pp. 812–817.
- FUA, P., GRÜN, A. & LI, H., 2000: Optimization-Based Approaches to Feature Extraction from Aerial Images. – In: DERMANIS, GRÜN & SANZO (eds.): *Geomatic Methods for the Analysis of Data in the Earth Sciences*. – Lecture Notes in Earth Science **95**: 190–228, Springer Verlag.
- JASIOBEDZKI, P., 1993: Adaptive Adjacency Graphs. – *SPIE* **2031**, Geometric Methods in Computer Vision II, pp. 294–303, San Diego.
- JONES, T.R., CARPENTER, A. & GOLLAND, P., 2005: Voronoi-Based Segmentation of Cells on Image Manifolds. – In: LIU, JIANG & ZHANG (eds.): *Lecture Notes in Computer Science* **3765**, pp. 535–543, Springer Verlag.
- KASS, M., WITKIN, A. & TERZOPOULOS, D., 1988: Snakes: Active Contour Models. – *International Journal of Computer Vision* **1**: 321–331.
- LAPTEV, I., MAYER, H., LINDBERG, T., ECKSTEIN, W., STEGER, C. & BAUMGARTNER, A., 2000: Automatic Extraction of Roads from Aerial Images Based on Scale Space and Snakes. – *Machine Vision and Applications* **12**: 23–31.
- MALLADI, R., SETHIAN, J.A. & VEMURI, B.C., 1995: Shape Modeling with Front Propagation: A Level Set Approach. – *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **17** (2): 158–175.
- MCINERNEY, T. & TERZOPOULOS, D., 1996: Deformable Models in Medical Image Analysis: A Survey. – *Medical Image Analysis* **1** (2): 91–108.
- SURI, J.S., KAMALEDIN SETAREHDAN, S. & SINGH, S., 2002: *Advanced Algorithmic Approaches to Medical Image Segmentation: State-of-the-Art Applications in Cardiology, Neurology, Mammography and Pathology*. – 668 p., Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.

TORRE, M. & RADEVA, P., 2000: Agricultural Field Extraction from Aerial Images Using a Region Competition Algorithm. – International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing **XXXIII** (B2): 889–896.

ZIMMER, C. & OLIVIO-MARIN, J. C., 2005: Coupled Parametric Active Contours. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence **27** (11): 1838–1842.

Address of the author:

Dipl.-Ing. MATTHIAS BUTENUTH
Institut für Photogrammetrie und
GeoInformation
Leibniz Universität Hannover
Nienburger Str. 1, D-30167 Hannover
e-mail: butenuth@ipi.uni-hannover.de

Manuskript eingereicht: November 2006

Angenommen: November 2006

Facade Reconstruction from Aerial Images by Multi-View Plane Sweeping

LUKAS ZEBEDIN, ANDREAS KLAUS, BARBARA GRUBER & KONRAD KARNER, Graz

Keywords: Computer vision, building reconstruction, aerial images, plane sweeping, information fusion, multi-view matching

Zusammenfassung: *Fassaden-Rekonstruktion aus Luftbildern mit einem Algorithmus zur Bestimmung der Fassadenebenen in digitalen Oberflächenmodellen.* In diesem Beitrag wird ein Algorithmus zu Bestimmung von Fassadenebenen in Digitalen Oberflächenmodellen aus Luftbildaufnahmen vorgestellt. Bei diesem Verfahren wird angenommen, dass die Fassaden vertikal ausgerichtet und die Höheninformationen für die Initialisierung des Optimierungsalgorithmus ausreichend genau sind. Die Initialisierung der Orientierung der Ebenen nutzt die Fluchtlinien. Ein hierarchischer Algorithmus optimiert diese durch Maximierung der Korrelation der Textur aus unterschiedlichen Ansichten der Luftbildaufnahmen. Das Verfahren wird schließlich an realen Daten getestet.

Abstract: This paper describes an algorithm to estimate the precise position of facade planes in digital surface models (DSM) reconstructed from aerial images using an image-based optimization method which exploits the redundancy of the data set (along and across track overlap). This approach assumes that a facade is a vertical plane and that the heightfield is precise enough to generate hypotheses for the initialization of the optimization algorithm. The initialization is first roughly oriented using the principal line directions of its texture, afterwards a hierarchical algorithm performs a finer optimization to maximize the correlation across different views. The proposed method is applied to real world imagery and its results are shown.

1 Introduction and motivation

Reconstruction of buildings in urban areas from aerial images is a challenging task. Many applications like virtual tourism, urban planning and cultural documentation benefit from a realistic, high-quality city model. There already exist methods to create a dense point cloud of urban scenes using LIDAR scans or dense image matching (BERTHOD et al. 1995, CORD et al. 1998) which can be used to create a polygonal roof model (SAMADZADEGAN et al. 2005, VOSSELMAN & DIJKMAN 2001), however the estimation of facades poses a separate problem because of the oblique angle at which they are viewed during aerial data acquisition. The optimization employed by the proposed algorithm is image-based.

One critical aspect of building reconstruction is the estimation of the contours of buildings. Many workflows on urban scene reconstruction rely on additional information like a ground-plan (BRENNER 2000 and HAALA et al. 1998) for example to delineate the contours of buildings. However, this information is not always available or has to be manually created which is a major drawback if a fully automatic workflow is desirable.

The other possibility is to infer the outlines of buildings by segmenting the DSM into building blocks. This has been done by WEIDNER 1996 and VOSSELMAN 1999. The drawback of this approach is obviously the flawed, jaggy nature of the obtained contours. (GROSS 2005) tried to alleviate this by fitting rectangles to the outline. Such im-

provements however can only guess the position of the facades. If the resulting model is afterwards textured, any error in the placement results in skewed and misaligned textures.

This drawback of automatic deduction of outlines can be alleviated by optimizing the position of the outlines as proposed in this paper.

COORG & TELLER, 1999, presented a similar algorithm which operated on close-range imagery. They, however, relied strongly on horizontal lines in building facades to even initialize their estimates.

The basic idea of plane sweeping was also used in WERNER 2002, but there only a translational plane sweep is considered in terrestrial imagery. Also the initialization of the plane sweep is quite different from our approach where vanishing points are being exploited.

VESTRI, 2000, discusses a very similar algorithm to the one proposed in this paper, but is based on pointwise reconstruction of a facade. The main difference however is that they use vertical planes which are rotated in 20 degree intervals around the vertical axis to obtain the facade points whereas our algorithm optimizes the rotational and translational component of each facade independently therefore increasing the estimation accuracy. Additionally the pointwise reconstruction performed by them does not exploit the knowledge that the facade is a plane.

This contribution is based on images from the UltraCamD camera from Vexcel Corporation with its multispectral capability. The UltraCamD camera features a multi-head design. It delivers large format panchromatic images composed from nine CCD sensors (11500 pixels across-track and 7500 pixels along-track) and simultaneously recorded four additional channels (red, green, blue and NIR) at a frame size of 3680 by 2400 pixels. The image data used comprise the panchromatic high resolution images as well as the low resolution multispectral images.

The data set used in this paper to compute the depicted results was acquired in Summer 2005 over the inner city of Graz, Austria.

It consists of 155 images flown in 5 strips. The along-track-overlap of this data set is 80%, the across-track overlap is approximately 60%. The ground sampling distance is around 8 cm.

2 Facade Optimization

The algorithm for obtaining optimized facades can be decomposed into three distinct steps: first some hypotheses have to be found. Those estimated facades are then refined in such a way, that they are parallel to the true facade. In the last step the fine-grained optimization using multi-view correlation is performed.

2.1 Input Data

The optimization algorithm is image-based, therefore a precise orientation of the imagery is of utmost importance. The average back projection error is of utmost importance to enable convergence of the optimization. Theoretically two views of a plane are enough to calculate the correlation score, however in case of occlusions and in order to increase stability more views can be used. Therefore the data acquisition is also critical to the success of the optimization because only views are usable where the facade lies near the border of the image. The reason for this is the fact that aerial images have a very limited visibility of vertical planes as in the center of each image the perspective projection is comparable to a orthographic projection which hides all vertical planes. This assumption requires that flight altitude, velocity, focal length and along/across-track overlap are carefully chosen to provide also data redundancy for facades.

Another prerequisite is the DSM which is used to initialize the hypothesis for facades. For the experiments conducted for this paper, a plane sweeping approach was chosen which is improved and densified by applying an iterative and hierarchical multi-view matching algorithm based on homographies. A more detailed description of this algorithm implemented on graphics hardware can be found in ZACH et al. 2003.

The building block layer is based on a land use classification and describes the position of buildings within the scene. The land use classification used for this data set is a supervised classification that includes a training phase and that runs automatically afterwards. The classification results comprise classes like buildings, streets or other solid objects with low height, water, grass, tree or wood, as well as soil or bare earth. The classification is based on support vector machines and is described in detail in GRUBER-GEYMAYER et al. 2005.

2.2 Initialization

The initial estimates of the position of facades is obtained by applying a Canny edge detector to the heightfield. Those edgels are afterwards chained together to form lines. One important parameter of this line extraction is the minimum length of each line, as longer lines tend to be more stable in the optimization performed in a later phase.

The line extraction is aided by the land use classification which assigns a label to each pixel in the heightfield. These labels are used to restrict line extraction to regions near buildings.

The result of this procedure is illustrated in Fig. 1. Note that only lines near the building are extracted whereas there are no lines near the tree in the inner courtyard of the building.

These lines in 2D are then extended to 3D planes by estimating the minimum and maximum height from the surrounding area in the heightfield. A small margin is subtracted from the top and bottom of the plane to account for possible occlusions near the roof (protrusion of the eave line) and the ground.

2.3 Line Direction Optimization

The first optimization applied to the facade planes tries to align the orientation of real facades and their hypothesis. As a result the plane will be almost parallel to the real facade. The algorithm relies on the fact that facades mainly contain structures which are

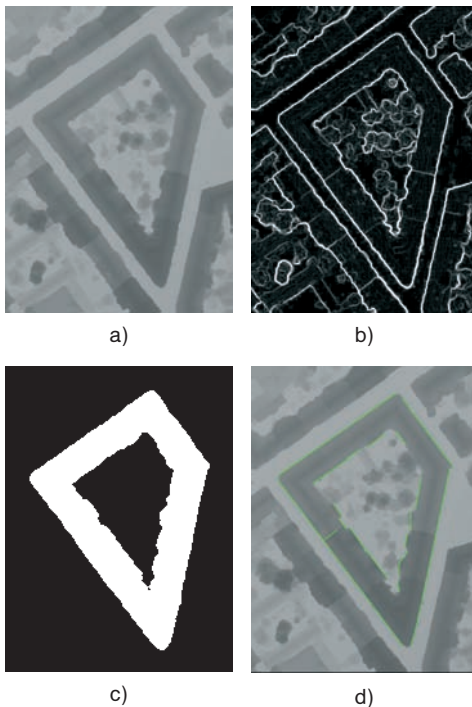


Fig. 1: This figure illustrates the line extraction process in the heightfield. (a) shows the original heightfield, (b) depicts the gradient image (Sobel), (c) is the building-layer of the classification for the test area and (d) overlays the extracted lines (green) with the heightfield.

horizontally or vertically aligned with the facade itself (windows, balconies, signs and alike).

For each facade plane the algorithm first makes a ranking of all available cameras and assigns each one a score. This score is calculated with the following equation:

$$\text{score} = \text{normal} \cdot (\text{origin} - \text{anchor})$$

where normal is the normal vector of the facade plane, origin is the position of the camera and anchor is the center of the facade plane.

Once the optimal camera has been determined, the corresponding image is perspective correctly resampled. A Gaussian filter is then applied to remove small artifacts. For each pixel in the smoothed image the x and

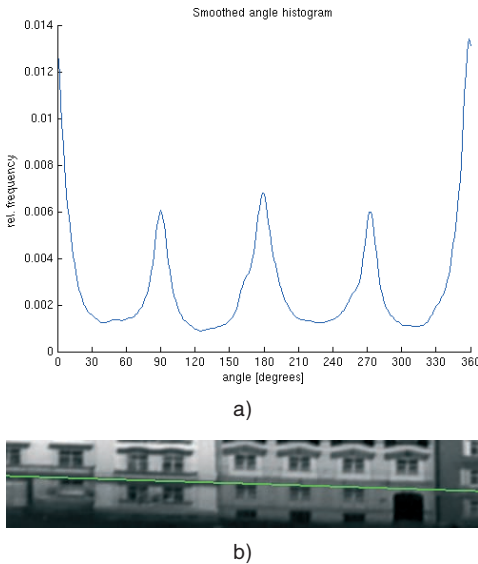


Fig. 2: (a) A smoothed orientation histogram with its four distinct peaks in horizontal and vertical direction. (b) shows a part of the corresponding texture with the principal horizontal line direction marked with green.

y derivative is calculated and stored in a (φ *magnitude*) vector, where φ gives the angle of the derivative vector and *magnitude* its Euclidean length. Subsequently all pairs with a small *magnitude* are removed. The remaining members of the vector are used to construct an orientation histogram. Each peak in that histogram corresponds to one strong line direction in the texture. This peak estimation is more stable if the histogram is smoothed beforehand. Because of our assumption that a facade contains horizontally and vertically aligned structures, we conclude that the peak closest to zero should in fact be exactly at zero to make the facade plane parallel to the real facade. Fig. 2 shows an orientation histogram and the corresponding warped texture. The green line is the estimated principal horizontal line. There are four peaks clearly visible, each accounts for the principal directions (up, down, left, right) of the gradients. To have a parallel facade those four peaks should be at exactly 0, 90, 180 and 270 degrees respectively. The angle histogram enables us to cal-

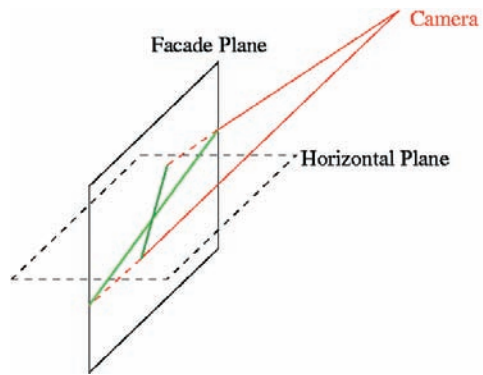


Fig. 3: The lines from camera center to the endpoints of the detected line are intersected with the horizontal plane. The new plane defined by this horizontal line is parallel to the real facade.

culate an orientation change which compensates this deviation of the peaks. Fig. 3 illustrates this intersection procedure. The detected line direction is used to create a plane which contains the camera center and a line on the facade with this direction. This plane is intersected with a horizontal plane to give the new orientation of the facade estimation.

2.4 Correlation Optimization

In the third and last step the facade plane is further refined to increase the correlation of warped textures from different views. At the beginning the facade plane can not be used to correlate the views at the full resolution level because even an offset of a few

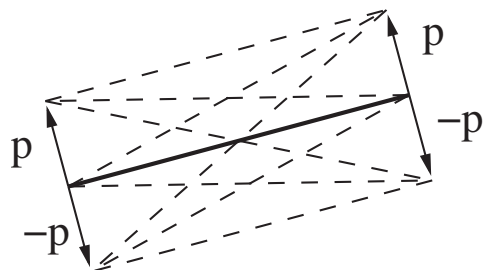


Fig. 4: For a given facade plane a translation vector p is calculated which shifts each end of the facade plane and generates therefore eight new hypotheses. New hypotheses are marked with dashed lines.

pixels may cause a very bad correlation value. Therefore a hierarchical approach is used to overcome this problem. Each warped texture is turned into an image pyramid and starting with the coarsest level the correlation optimization is performed until the highest resolution level is reached. The algorithm is detailed in Algorithm 1. Fig. 4 illustrates the process of generating new hypotheses starting with an initial facade pla-

ne. The illustration is a top view because it is assumed that facades are always vertical. Fig. 6 shows how the optimization on different resolution levels converges to the final position.

The correlation score is calculated using the normalized cross correlation with an adaptive window size depending on the resolution level – on the highest level a smaller window is used as on lower resolution levels.

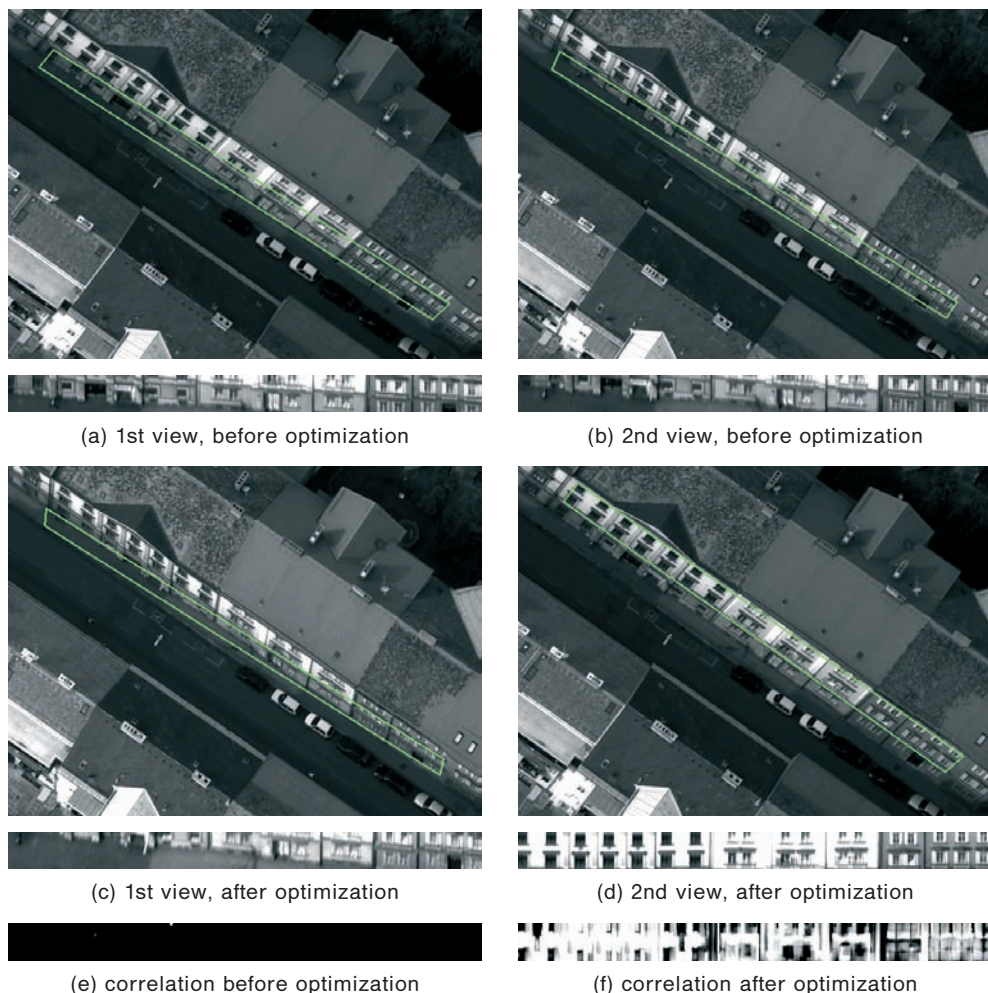


Fig. 5: Facade estimation before and after optimization. Two out of three views are shown (left and right). The top two rows represent the initial estimate, the regions marked with the green quadrangle are rectified and shown in the next row. It is clearly visible that the initial estimate deviates from the real facade. After the optimization (third and fourth row) the correct placement can be observed in the rectified images which are nearly identical. This is confirmed by the correlation images (bottom row): the left correlation image shows the correlation for the initial estimate, the right image is calculated after the optimization. The final correlation score is about 0.87.

Because of the different resolution the correlation window always covers approximately the same region. Also a correlation truncation (lower boundary) at 0.8 is used to improve the stability of the correlation as explained in SCHARSTEIN & SZELISKI 2002.

Algorithm 1 Correlation Optimization

Require: At least two views for a facade

1: **repeat**

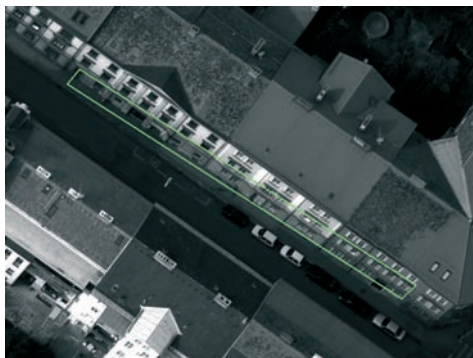
2: calculate a translation vector p normal to the facade plane such that the length of the projection at the current resolution level is approximately one pixel.

3: create new hypotheses by moving each end of the facade plane independently back and forth along the translation vector.

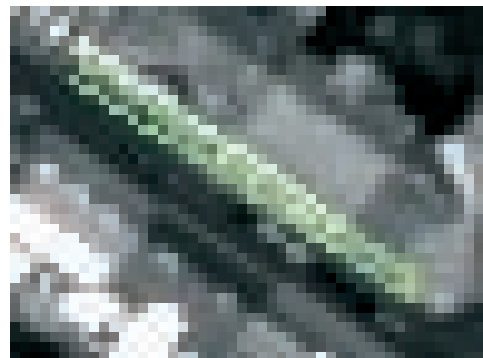
4: if no higher correlation can be obtained by any hypothesis, switch to a higher resolution level.

5: **until** highest resolution level is reached

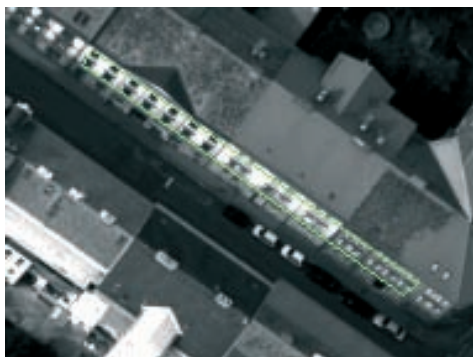
The quality of the optimization can be judged by the correlation factor. Values of above approximately 0.8 indicate that the estimate snapped to the real facade, whereas lower values may either be due to the fact, that there are occlusions (trees are very disturbing especially in inner courtyards) in the images or that the facade can not be satisfyingly be approximated with one plane because of balconies or depth jumps in the real facade. Fig. 5 illustrates an optimization of one facade. Looking at the warped patches one can observe the improvement in positioning the facade.



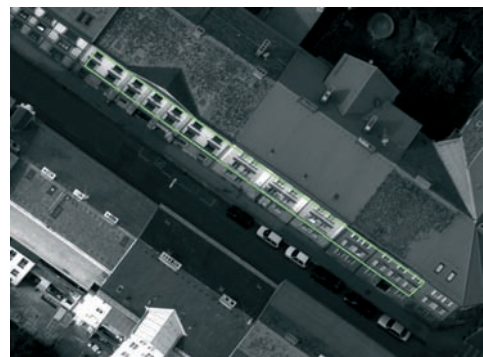
a)



b)



c)



d)

Fig. 6: Four steps in the correlation optimization process: the green lines delineate the estimation after (a) initialization, (b) optimization on the lowest level, (c) medium resolution level and (d) highest resolution level.

3 Results and Discussion

Fig. 7 illustrates the result of the optimization on one corner of the building. One can see that the initialization of the facade is in fact the eave line of the roof, whereas the optimization results in the correct position which is slightly translated inwards.

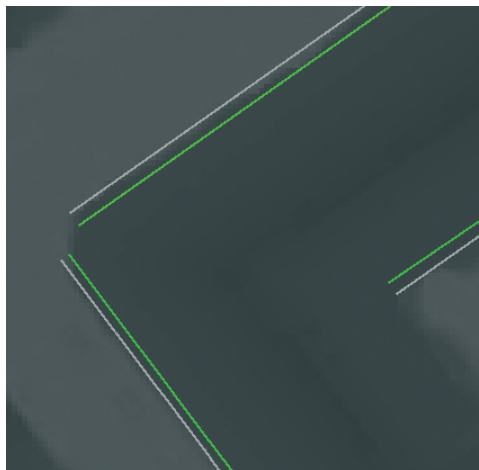


Fig. 7: A zoom onto a corner of the building: the gray line denotes the initialization, whereas the green line indicates the position with the optimized correlation. The difference of these positions accounts for the offset between eave line and real facade.

A rendering of the complete building block is depicted in Fig. 8. It consists of 21 facade planes and 46 roof planes. The 3D model creation is subject of current research and therefore does not exploit all of the information available. As mentioned in the paragraph above the gap between facade and eave line can be reconstructed (either by comparing the initial estimate and optimized facade or by looking at the correlation image because the correlation will drop where the facade is occluded by the roof) and included in the 3D model. The depicted model lacks this improvement and therefore the roof gets projected onto the facade at the top where in fact the eave line should extend.

4 Conclusions and Future Work

This paper presents a novel approach to improve the location of facade planes using two image-based optimization techniques. The success of such optimizations can easily be judged using the correlation score. The algorithms are outlined and their results are demonstrated using a real world example.

The preliminary results are visually appealing, but further research is required. Especially the exact reconstruction of the offset between eave line and real facade is very



Fig. 8: A 3D rendering of one building with optimized facades.

promising. The fusion of optimized facade planes, roof planes and offset of the eave lines into a three dimensional model is subject of future research and presents a major step towards fully automated city modeling.

Acknowledgements

This work has been done in the VRVis research center, Graz/Austria (<http://www.vrvis.at>), which is partly funded by the Austrian government research program Kplus. We would also like to thank Vexcel Corporation (<http://www.vexcel.com>) for supporting this project.

References

- BERTHOD, M., GABET, L., GIRAUDON, G. & LOTTI, J., 1995: High resolution stereo for the detection of buildings. – In: GRUN, A., KUBLER, O. & AGOURIS, P. (eds.): *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*. – pp. 135–144, Birkhäuser.
- BRENNER, C., 2000: Towards fully automatic generation of city models. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Commission III*, **33**: 85–92.
- VESTRI, C., F.D., 2000: Improving correlation-based dems by image warping and facade correlation. – *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 1438ff.
- COORG, S. & TELLER, S., 1999: Extracting textured vertical facades from controlled close-range imagery. – *Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 625–632.
- CORD, M., PAPANODITIS, N. & JORDAN, M., 1998: Dense, reliable, and depth discontinuity preserving dem computation from very high resolution urban stereopairs. – *ISPRS Symposium, Cambridge (England)*.
- GRUBER-GEYMAYER, B.C., KLAUS, A. & KARNER, K., 2005: Data fusion for classification and object extraction. – *Proceedings of CMRT05, Joint Workshop of ISPRS and DAGM*, pp. 125–130.
- GROSS, H. & THOENNESSEN, U., W. v. H., 2005: 3d-modeling of urban structures. – *Proceedings of the ISPRS Workshop CMRT 2005*, pp. 137–142.
- HAALA, N., BRENNER, C. & STATTER, C., 1998: An integrated system for urban model generation. – *ISPRS Commission II Symposium, Cambridge, England*.
- SAMADZADEGAN, F., AZIZI, A., HAHN, M. & LUCAS, C., 2005: Automatic 3d object recognition and reconstruction based on neuro-fuzzy modelling. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **59**: 255–277.
- SCHARSTEIN, D. & SZELISKI, R., 2002: A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms. – *International Journal of Computer Vision*, **47**: 7–42.
- WERNER, A.Z., 2002: New technique for automated architectural reconstruction from photographs. – *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pp. 541–555.
- VOSSELMAN, G., 1999: Building reconstruction using planar faces in very high density height data. – *Proceedings of the ISPRS Automatic Extraction of GIS Objects from Digital Imagery*, pp. 87–92.
- VOSSELMAN, G. & DIJKMAN, S., 2001: 3d building model reconstruction from point clouds and ground plans. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **34**: 37–43.
- WEIDNER, U., 1996: An approach to building extraction from digital surface models. – *Proceedings of the 18th ISPRS Congress, Commission III*, pp. 924–929.
- ZACH, C., KLAUS, A. & KARNER, K., 2003: Accurate dense stereo reconstruction using 3d graphics hardware. – *Eurographics 2003*: 227–234.

Address of the authors:

Dipl.-Ing. Lukas Zebedin
e-mail: zebedin@vrvis.at

Dipl.-Ing. Andreas Klaus
e-mail: klaus@vrvis.at

Dipl.-Ing. Dr. Barbara Gruber
e-mail: gruber@vrvis.at

Dipl.-Ing. Dr. Konrad Karner
e-mail: karner@vrvis.at

VRVis Research Center
Inffeldgasse 16/2, Graz, Österreich

Manuskript eingereicht: November 2006

Angenommen: November 2006

A Probabilistic Notion of Camera Geometry: Calibrated vs. Uncalibrated

JUSTIN DOMKE & YIANNIS ALOIMONOS, College Park, Maryland, USA

Keywords: Computer vision, photogrammetry, Correspondence, matching, fundamental matrix, essential matrix, egomotion, multiple view geometry, probabilistic, stochastic

Zusammenfassung: *Berechnung der Fundamental- und der essentiellen Matrix mittels Korrespondenzen zwischen Wahrscheinlichkeitsverteilung statt Punktkorrespondenzen.* Traditionell werden zur Bestimmung der Fundamental- bzw. essentiellen Matrix Punktkorrespondenzen in Bildpaaren gefunden und auf deren Basis die Kamerageometrie bestimmt. Die Schätzung der Geometrie ist gut verstanden, versagt in der Praxis jedoch häufig.

Diese Arbeit verfolgt daher eine andere Strategie. Zu Beginn wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Punktkorrespondenzen geschätzt, aus der anschließend die Kamerageometrie bestimmt wird. Dadurch ist der Schritt der Korrespondenzfindung wesentlich vereinfacht, was allerdings zu Lasten des Schätzprozess der Kamerageometrie geht. Ein auf dieser Basis entwickelter Algorithmus bestätigt jedoch dieses Vorgehen in umfangreichen Untersuchungen.

Abstract: We suggest altering the fundamental strategy in Fundamental or Essential Matrix estimation. The traditional approach first estimates correspondences, and then estimates the camera geometry on the basis of those correspondences. Though the second half of this approach is very well developed, such algorithms often fail in practice at the correspondence step.

Here, we suggest altering the strategy. First, estimate probability distributions of correspondence, and then estimate camera geometry directly from these distributions. This strategy has the effect of making the correspondence step far easier, and the camera geometry step somewhat harder. The success of our approach hinges on if this trade-off is wise. We will present an algorithm based on this strategy. Fairly extensive experiments suggest that this trade-off might be profitable.

1 Introduction

The problem of estimating camera geometry from images lies at the heart of both Photogrammetry and Computer Vision. In our view, the enduring difficulty of creating fully automatic methods for this problem is due to the necessity to integrate image processing with multiple view geometry. One is given images as input, but geometry is based on the language of points, lines, etc. Bridging this gap – using image processing techniques to create objects useful to multiple view geometry – remains difficult. In both the Photogrammetric and Computer Vision literature, the object at interface between image processing and geometry is generally

correspondences, or matched points. This is natural in Photogrammetry, because correspondences are readily established by hand. However, algorithmically estimating correspondences directly from images remains a stubbornly difficult problem.

One may think of most of the previous work on Essential or Fundamental matrix estimation as falling into one of two categories. First, there is a rather mature literature on Multiple View Geometry. This is well summarized in HARTLEY & ZISSERMAN's recent book (HARTLEY & ZISSERMAN 2004), emphasizing the uncalibrated techniques leading to Fundamental Matrix estimation. Specifically, there are techniques for estimating the Fundamental Matrix from the

minimum of seven correspondences (BARTOLI & STURM 2004). In the calibrated case, the Essential Matrix can be efficiently estimated from five correspondences (NISTÉR 2004). Given perfect matches, it is fair to say that the problem is nearly solved.

The second category of work concerns the estimation of the correspondences themselves. Here commonly a feature detector (e. g. the Harris corner detector, HARRIS & STEPHENS 1988) is first used to try to find points whose correspondence is most easily established. Next, matching techniques are used to find probable matches between the feature points in both images (e. g. normalized cross correlation, or SIFT features, (LOWE 2004). These are active research areas, and progress continues up to the present.

Nevertheless, no fully satisfactory algorithm exists. Current algorithms often suffer from problems such as change in scale or surface orientation (SCHMID et al. 2000). Furthermore, there are many situations in which it is essentially *impossible* to estimate correspondences without using a higher-level understanding of the scene. These include repeated structures in the image, the aperture effect, lack of texture, etc. When humans estimate correspondences, they use this high-level information. Nevertheless, it is unavailable to algorithms.

Research in multiple view geometry, of course, has considered the difficulties in the underlying algorithms for correspondence estimation. As such, robust techniques such as RANSAC (FISCHLER & BOLLES 1981) are traditionally used to estimate a camera geometry from a set of correspondences known to include many incorrect matches. These techniques are fairly successful, but because even ‘inlying’ correct matches include noise there is a difficulty in discriminating between inlying matches with noise, and outlying, ‘wrong’, matches. When simultaneously adjusting the camera geometry, and 3-D points in a final optimization, bundle adjustment methods frequently use more sophisticated noise models which smoothly account for error due to both noise, and ‘outlying’ matches (TRIGGS et al. 1999).

In this paper, we suggest that it is worth stepping back and reconsidering if correspondences are the correct structure to use at the interface between image processing and multiple view geometry. Point correspondences are natural in Photogrammetry because they are easily estimated by humans. Nevertheless they are very difficult to estimate algorithmically. Here, we suggest instead using *correspondence probability distributions*. We can see immediately that this makes the image processing side of the problem much easier. If repetitive structure or the aperture effect presents itself, it is simply incorporated into the probability distribution. We will present a simple, contrast invariant, technique for estimating these correspondences from the phase of tuned Gabor filters.

The more difficult side of this strategy concerns multiple view geometry. One must estimate the camera geometry from only distributions of correspondence. As we will see, one can quite easily define a *probability* for any given camera motion, from only these distributions of correspondence. We then present a heuristic non-linear optimization scheme to find the most probable geometry. In practice, this space has a similar structure to the least-squares epipolar error space (OLIENSIS 2005), in that it contains relatively few local minima.

1.1 Previous Work

Other work has asked similar questions. First, there are techniques which generate from images feature points, and local image profiles, without estimating an explicit correspondences (MAKADIA et al. 2005). These techniques then find motions which are compatible with these features, in the sense that each feature tends to have a compatible feature along the epipolar line in the second image.

Other work has created weaker notions of correspondences, such as the normal flow. If a point is along a textureless edge in one image, local measurements can only constrain it to lie along the same edge in the second image. This constraint is essen-

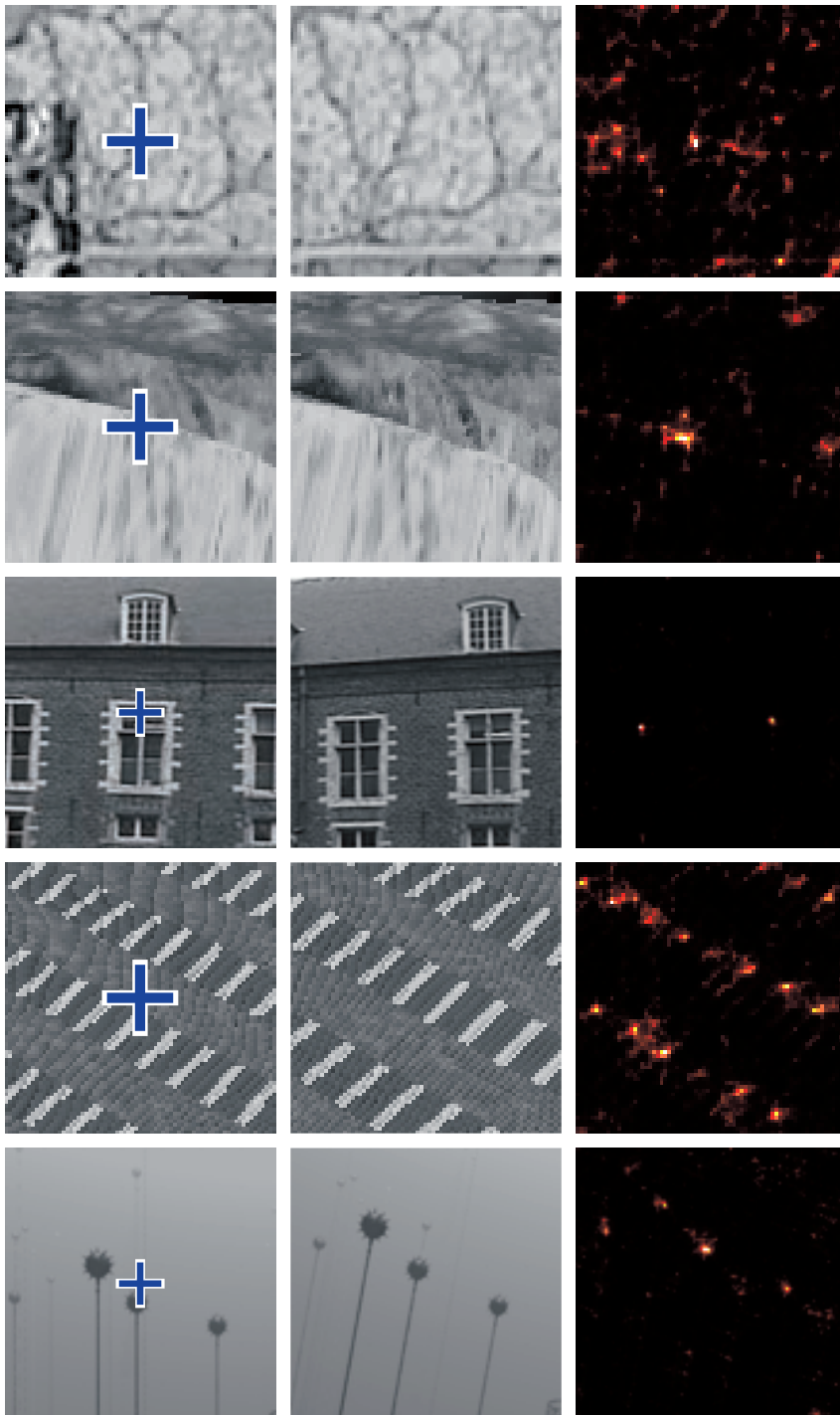


Fig. 1: Correspondence Probability Distributions. Left: First image, with point in consideration marked. Center: Second image; Right: Probability distribution over the points in the second image, with probability encoded as color.

tially the normal flow, and algorithms exist to estimate 3-D motion directly from it (BRODSKY et al. 2000). Though these techniques will not suffer from the aperture effect, they cannot cope with situations such as repeated structures in the images. It is also important to notice that the normal flow will give up information unnecessarily at points which do not happen to suffer from the aperture effect.

2 Correspondence Probability Distributions

Given a point s in the first image, we would like the probability that this corresponds most closely to each pixel \hat{q} in the second image. It is important to note that there is no obvious way to use traditional matching techniques here. Whereas traditional techniques try to find the most probably point corresponding to s , we require the relative probabilities of *all* points.

Our approach is based on the phase of tuned Gabor filters. Let $\phi_{l,\gamma}(s)$ denote the phase of the filter with scale l and orientation γ at point s . Now, given a single filter, (l, γ) , we take the probability that s corresponds to a given point \hat{q} to be proportional to

$$\exp(-[\phi_{l,\gamma}(s) - \phi_{l,\gamma}(\hat{q})]_{\pi}^2) + 1 \quad (1)$$

The notation $[\phi]_{\pi}$ here indicates taking the principal angle of ϕ , in the range from $-\pi$ to π . This is necessary to deal with phase wrapping. Combining the probability distributions given by all filters then yields the probability that s corresponds to \hat{q} , which we denote by $\rho_s(\hat{q})$.

$$\rho_s(\hat{q}) \propto \prod_{l,\omega} (\exp(-[\phi_{l,\gamma}(s) - \phi_{l,\gamma}(\hat{q})]_{\pi}^2) + 1) \quad (2)$$

Note, here that \hat{q} corresponds to a particular *pixel* in the second image. Since we are computing probabilities over a discrete grid, we approximate the probability that s corresponds to an arbitrary point, having non-integer coordinates, though the use of a Gaussian function.

$$\rho_s(q) \propto \alpha + \max_{\hat{q}} \rho_s(\hat{q}) \exp(-|q - \hat{q}|^2) \quad (3)$$

Here, α represents the probability that the information given by the Gabor filters is misleading. This would be the case, for example, were the point s to become occluded in the second image. Notice that adding the constant of α is equivalent to combining the distribution with the ‘flat’ distribution in which all points q are equally likely. In all experiments described in this paper, we have used $\alpha = 1$.

Correspondence distributions for several images are shown in Fig. 2.

3 Essential and Fundamental Matrix Estimation

Given the correspondence distributions, we will define natural distributions over the space of the Fundamental and Essential Matrices. Because the space of these matrices are of high dimension (7 and 5 respectively), it is impractical to attempt to calculate a full distribution, by sampling. It is possible that future work will directly use these distributions. Nevertheless, we use a simple heuristic optimization to maximize the probability in the Essential or Fundamental Matrix space. This makes it possible to examine the behavior of these distributions more easily.

3.1 Fundamental and Essential Matrix Probability

Given the correspondence distribution for a single point s , $\rho_s(\cdot)$, we define a distribution over the space of fundamental matrices.

$$\rho(F) \propto \max_{q:q^T F s=0} \rho_s(q) \quad (4)$$

Thus, the probability of a given Fundamental Matrix F is proportional to *the maximum probability correspondence compatible with the epipolar constraint*. Now, to use all correspondence distributions, simply take the product of the distributions given by each point s .

$$\rho(F) \propto \prod_s \max_{q:q^T F s=0} \rho_s(q) \quad (5)$$

Substituting our expression for $\rho_s(q)$ from Equation (3), we obtain

$$\rho(F) \propto \prod_s \left[\alpha + \max_{q:q^T F s=0} \max_{\hat{q}} \rho_s(\hat{q}) \exp(-|q - \hat{q}|^2) \right] \quad (6)$$

Rearranging terms, this is

$$\rho(F) \propto \prod_s \left[\alpha + \max_{\hat{q}} \rho_s(\hat{q}) \max_{q:q^T F s=0} \exp(-|q - \hat{q}|^2) \right] \quad (7)$$

Notice here, that we do not need to explicitly find the point q . Only required is $\max_{q:q^T F s} |q - \hat{q}|$. Notice that this is exactly the minimum distance of the point \hat{q} from the line Fs . Therefore, we can write the probability of F in its final form.

$$\rho(F) \propto \prod_s \left[\max_{\hat{q}} \rho_s(\hat{q}) \exp(-(\hat{q}^T l_{(F,s)})^2) + \alpha \right] \quad (8)$$

Here, $l_{(F,s)}$ is the line Fs normalized such that $r^T l_{(F,s)}$ gives the minimum distance between r and the line Fs on the plane $z = 1$. If F_i is the i th row of F , then

$$l_{(F,s)} = \frac{F_s}{\sqrt{(F_1 s)^2 + (F_2 s)^2}} \quad (9)$$

When searching for the most probable F , a parameterization of the fundamental matrices is required. We found it convenient to use three parameters f , p_x , and p_y representing the focal length, and x and y coordinates of the principal point. Next, keeping the magnitude of the translation vector t fixed to one, we took two parameters to parameterize its axis and angle. Finally, we used 3 parameters to represent the rotation vector ω . This corresponds to a rotation of an angle $|\omega|$ about the axis $\omega/|\omega|$.

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & p_x \\ 0 & f & p_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$E = [t] \times R(\omega) \quad (11)$$

$$F = K^{-T} E K^{-1} \quad (12)$$

Notice there are a total of 8 free parameters, despite the fact that the Fundamental Matrix has only 7 degrees of freedom. Though this presents no problem to the estimation of F , it does mean that an ambiguity is present in the underlying parameters.

To extend this to the calibrated case, we take K to be known. Thus, there are now 5 free parameters: 2 for the translation t , and 3 for the rotation ω . It would be trivial to extend this to the case that only certain calibration parameters were known, or to include a constant for camera skew.

3.2 Optimization

To explore the behavior of the probability distributions over the Fundamental and Essential Matrices, we will use a heuristic optimization to try to find $\arg \max_F \rho(F)$ and $\arg \max_E \rho(E)$, respectively. The optimization proceeds as follows: First, select N random points in the Fundamental or Essential matrix space. Evaluate $\rho(E)$ or $\rho(F)$ at each of these points. Next, take the M highest scoring points, and run a nonlinear optimization, initialized to each of these points. We have used both Simplex and Newton's type optimizations, with little change in performance. The final, highest scoring point is taken as the max.

For the calibrated case, we have found that using $N = 2500$ and $M = 25$ was sufficient to obtain a value very near the global maximum in almost all cases. As in the case for the standard least-squares error surface (OLIENSIS 2005, TIAN et al. 1996), there are generally several, but only several local minima. Usually, a significant number of the nonlinear searches lead to the same (global) point.

In the uncalibrated case, we used $N = M = 100$. (Thus searches are taken from 100 random points.) We found that it was necessary to increase M to 100 to obtain reasonable certainty of obtaining the global maximum. At the same time, we found that increasing N did not improve results, and may even be counterproductive. Still, the

space of $\rho(F)$ appears to have more local minima, and even this increased method does not always appear to achieve the global maximum.

4 Experiments

To analyze the performance of the framework, we prepared three different 3-D Models with the POV-Ray software. Each model was chosen for its difficulty, including repetitive structure, lack of texture, or little image motion. The use of synthetic models makes the exact motion and calibration parameters available. For each model, we generated two different image sequences, one with a forward motion, and one with a motion parallel to the image plane.

For each image pair, 10,000 correspondence probability distributions were created. Next, the calibrated and uncalibrated algorithm were both run across a range of input sizes. For each input size, 100 random subsets of the correspondences were generated, and the algorithm was run on each input.

In the calibrated case, the measurement of error is simple. Let the true translation vector be t_0 , normalized so that $|t_0| = 1$. Let the vector parameterizing the true rotation matrix be ω_0 . The error metrics we use are simply the Euclidean distance between the estimated and true motion vectors, $|t - t_0|$, and $|\omega - \omega_0|$ respectively. For each input size, means are taken over the errors for all resulting motion estimates.

In the uncalibrated case, we must measure the error of a given fundamental matrix F . Commonly used metrics such as the Frobenius norm are difficult to interpret, and allow no comparison to the calibrated case. Instead, we use the known ground truth calibration matrix K to obtain E (HARTLEY & ZISSERMAN 2004).

$$E = K^T F K \quad (13)$$

Next, Singular Value Decomposition is used to decompose E into the translation and rotational components, $E = [t] \times R(\omega)$. From this, it is simple to recover the underlying motion parameters, t and ω . The error

is then measured in the same way as the calibrated case.

Results for the ‘Cloud’, ‘Abyss’, and ‘Biscuit’ models are shown in Figs. 2, 3, and 4 respectively. Several observations are clear from the data. First, motion estimation is always more accurate when the epipole is in the middle of the image than when it is parallel to it. Surprisingly, perhaps, neither the calibrated nor uncalibrated approach clearly outperforms the other. The performance of the uncalibrated approach relative to the calibrated approach is better when the epipole is further from the image.

Two frames from the ‘Castle’ sequence, along with the epipolar lines are shown in Fig. 5. Two frames from the popular ‘Oxford Corridor’ sequence are shown in Fig. 6. In both cases, approximately 2000 correspondence distributions were used. Though no ground truth calibration or motion is available, the reader can observe the close correspondence among epipolar lines.

The running time of the algorithm is dominated by the time to generate correspondence distributions. In practice, the motion estimation step runs on the order of a minute on a modern laptop.

5 Conclusions and Future Work

With real cameras, neither the fully calibrated, nor fully uncalibrated approach is fully realistic. In practice, one has some idea of the calibration parameters, even if only from knowledge of typical cameras. At the same time, even when a camera is calibrated, the true calibration is not found *exactly*. It would be quite natural to extend this paper’s work to create a unifying approach between the two cases.

Write the prior distribution over the focal lengths by $\rho(f)$. Similarly, we can write the prior distributions of the principal point by $\rho(p_x, p_y)$. Now, we can make the Bayesian nature of this approach more explicit by writing Eqn. 14 as

$$\rho(E|f, p_x, p_y) \propto \max_{q: q^T K^{-T} E K^{-1} s = 0} \rho_s(q) \quad (14)$$

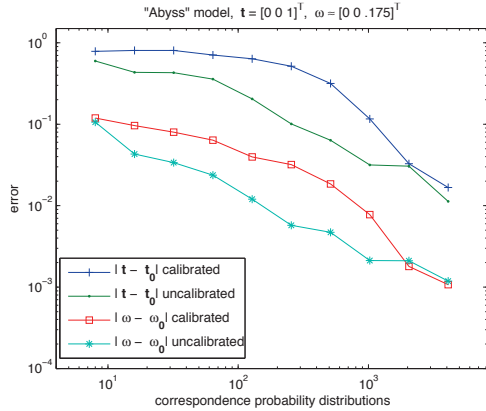
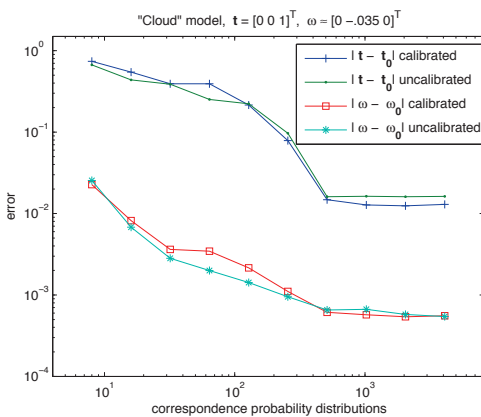
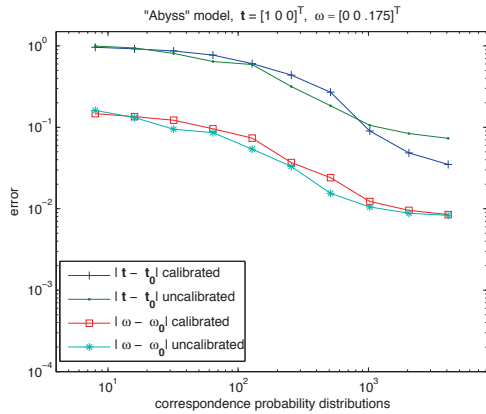
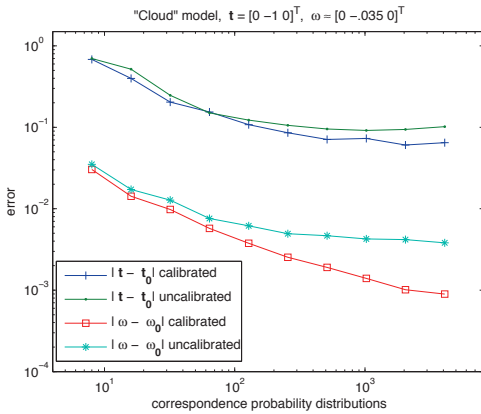


Fig. 2: 'Cloud' model, and mean errors for the two different motions.

Fig. 3: 'Abyss' model, and mean errors for two different motions.

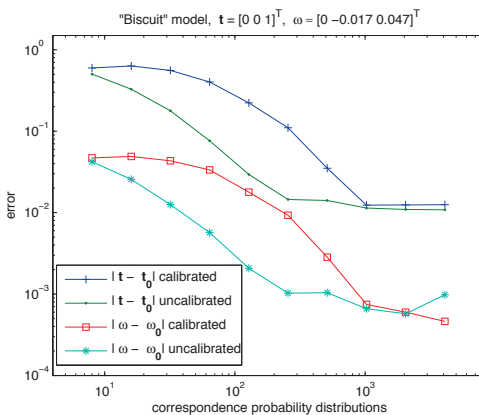
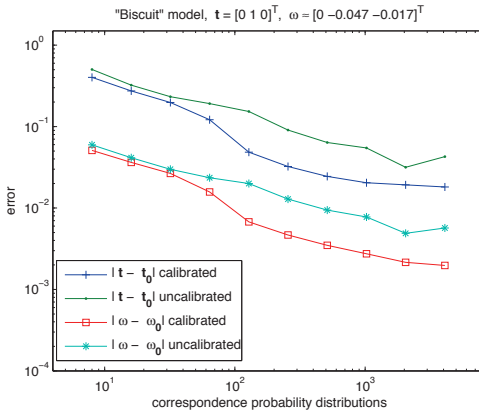
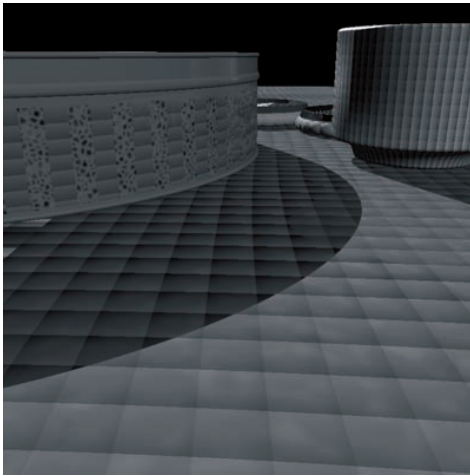


Fig. 4: 'Biscuit' model, and mean errors for two different motions.



Fig. 5: Two frames from the 'Castle' sequence, with epipolar lines overlaid.

Now, in the optimization step, instead of seeking

$$\arg \max_F \rho(F), \tag{15}$$

the optimization would be over

$$\arg \max_{E, f, p_x, p_y} \rho(E|f, p_x, p_y) \rho(f) \rho(p_x, p_y) \tag{16}$$

In this way, in one step, the most likely calibration parameters would be found as well as the most likely motion. This could be particularly useful in the common case that the camera calibration is approximately known, but the focal length changes, perhaps due to change of focus.

Acknowledgements

The authors would like to thank GILLES TRAN for providing the 3-D models, The Oxford Visual Geometry Group for provid-

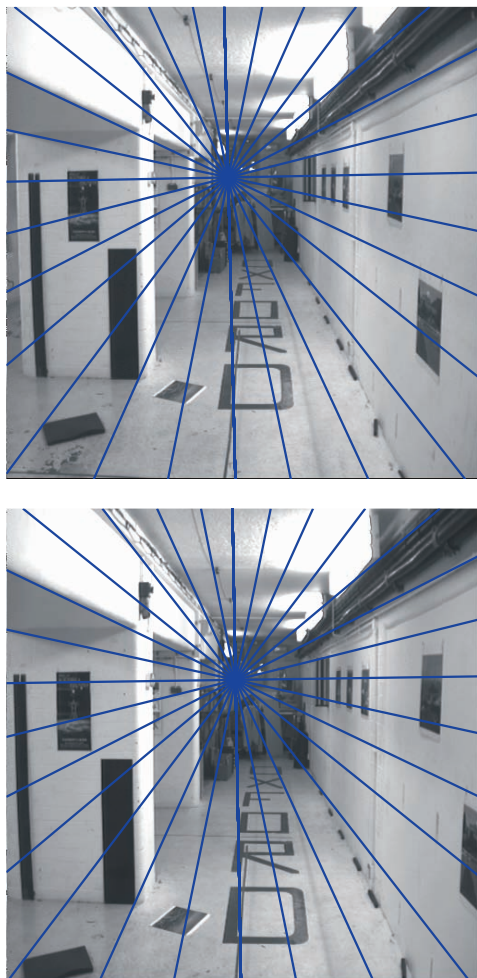


Fig. 6: Two frames from the ‘Oxford Corridor’ sequence, with epipolar lines overlaid.

ing the ‘Oxford Corridor’ sequence, and MARC POLLEFEYS for providing the ‘Castle’ sequence.

References

- BARTOLI, A. & STURM, P., 2004: Non-linear estimation of the fundamental matrix with minimal parameters. – *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **26**(4): 426–432.
- BRODSKY, T., FERMULLER, C. & ALOIMONOS, Y., 2000: Structure from motion: Beyond the epipolar constraint. – *International Journal of Computer Vision* **37**(3): 231–258.
- FISCHLER, M.A. & BOLLES, R.C., 1981: Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. – *Commun. ACM* **24**(6): 381–395.
- HARRIS, C.G. & STEPHENS, M., 1988: A combined corner and edge de-tector. – *AVC* **88**: 147–151.
- HARTLEY, R.I. & ZISSERMAN, A., 2004: *Multiple View Geometry in Computer Vision*. – 2nd ed., Cambridge University Press, ISBN: 0521540518.
- LOWE, D.G., 2004: Distinctive image features from scale-invariant keypoints. – *Int. J. Comput. Vision* **60**(2): 91–110.
- MAKADIA, A., GEYER, C. & DANILIDIS, K., 2005: Radon-based structure from motion without correspondences. – *CVPR*.
- NISTRÉ, D., 2004: An efficient solution to the five-point relative pose problem. – *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **26**(6): 756–777.
- OLIENSIS, J., 2005. The least-squares error for structure from infinitesimal motion. – *Int. J. Comput. Vision* **61**(3): 259–299.
- POLLEFEYS, M., GOOL, L.V., VERGAUWEN, M., VERBIEST, F., CORNELIS, K., TOPS, J. & KOCH, R., 2004: Visual modeling with a hand-held camera. – *Int. J. Comput. Vision* **59**(3): 207–232.
- SCHMID, C., MOHR, R. & BAUCKHAGE, C., 2000: Evaluation of interest point detectors. – *International Journal of Computer Vision* **37**(2): 151–172.
- TIAN, T., TOMASI, C. & HEEGER, D., 1996: Comparison of approaches to egomotion computation.
- TRIGGS, B., McLAUCHLAN, P.F., HARTLEY, R.I. & FITZGIBBON, A.W., 1999: Bundle adjustment – a modern synthesis. – *Workshop on Vision Algorithms*, pp. 298–372.

Address of the authors:

M.Sc. JUSTIN DOMKE
e-mail: domke@cs.umd.edu

Prof. M.Sc. Ph.D. Yiannis Aloimonos
e-mail: yiannis@cfar.umd.edu

Computational Vision Laboratory
Center for Automation Research
University of Maryland
College Park, MD, 20740, USA
<http://www.cs.umd.edu/domke/>
<http://www.cfar.umd.edu/yiannis/>

Manuskript eingereicht: November 2006
Angenommen: November 2006

3D Treetop Positioning by Multiple Image Matching of Aerial Images in a 3D Search Volume Bounded by LIDAR Surface Models

ILKKA KORPELA, Helsinki

Keywords: Forest inventory, remote sensing, single tree, mapping, height estimation, allometric modeling

Zusammenfassung: *Eine Methode zur semi-automatischen räumlichen Positionsbestimmung von Baumkronen.* Die Anwendung besteht in der Erstellung von Baumkarten inklusive Höhenangaben, welche für forstwirtschaftliche Planungsaufgaben von besonderem Interesse sind. Das Verfahren integriert hoch auflösende Bilddaten mit Lidar-Daten gerin-gerer Auflösung. Letztere begrenzen den Suchbereich für die Herstellung des Kronenschlusses in den Bilddaten und dienen als Grundlage für eine sichere Bestimmung der Kronenhöhe.

Abstract: This paper presents a method for semi-automatic 3D positioning of tree tops that can be used for obtaining tree maps of the photo-visible trees and tree heights. Such spatio-temporal, detailed information is usable for many applications in e. g. forestry and landscape management. The method incorporates the use of passive, high-resolution optical images with co-existent low-resolution airborne lidar data. The latter is used for confining the search space of image matching to agree with the volume of photo-visible trees in the upper canopy and for obtaining an accurate elevation model, which is paramount for reliable tree height estimation. The method is presented here and tested with restricted image and field material.

1 Introduction

Remote sensing is applied currently in almost all forest data acquisition. Orthoimages and stereopairs of aerial photographs are used for stratifying the forest into stands, satellite images are employed in the assessment of large areas and airborne laser scanning is used for the mapping of topography and canopies. Advances in the sensor technologies and analysis methods continuously widen the potential scenarios of new forest inventory methods that put to use remote sensing (LECKIE 1990, BALTSAVIAS 1999, PETRIE 2003, NAESSET et al. 2004). Single-tree remote sensing (STRS) that is based on the idea of substituting the field measurements and mapping of individual

trees with cost-efficient airborne observations is an example of a field made possible by the development. Digital and automatic, image- and/or lidar-based STRS is a topical domain (See references in CULVENOR 2003, KORPELA 2004, POULIOT et al. 2005), although the concept of STRS is not entirely novel (WORLEY & LANDIS 1954, TALTS 1977).

STRS aims at a detailed description of the growing stock that is crucial in most applications of forest inventory. Ideally, it provides the size-distribution of the standing trees per species with the two- or three-dimensional map of trees. KORPELA & TOKOLA (2006) examined the potential of image-based, 2D and 3D STRS. The DBH (stem diameter at 1.3 m height) and volume of individual trees cannot be estimated as accu-

rately with STRS as it is possible in the field. The main reason is the indirect estimation phase with allometric models that results in both random and systematic, tree and stand level errors. The model inaccuracies are coupled with photogrammetric measurement errors in species, tree height and/or crown width. Random errors cancel out effectively, but the aggregate results of STRS at the stand level are liable to systematic offsets. Inclusion of tree heights, i. e. the use of 3D STRS was found to improve the estimation accuracy of both DBH and stem volume considerably in comparison to 2D STRS, in which trees are measured for species and crown dimensions only. In addition, in STRS the growing stock is inherently underestimated since some trees always remain unseen – at least by optical sensors.

In STRS, field calibration is needed for avoiding the systematic errors of the allometric equations. Thus, some field visits seem inevitable if very accurate data is wanted. Because of the inferior accuracy in comparison to field measurements, an applicable STRS system has to provide the measurements and estimates with much lower costs, which calls for automatic procedures. A complete 3D STRS system solves all of the following tasks: (a) tree or crown positioning in 3D, measurements of (b) crown dimensions and (c) tree height, (d) species recognition and (e) allometric estimation of stem size (Fig. 1).

1.1 Hypotheses and objectives

This paper addresses the question of using remote sensing for 3D treetop positioning and height estimation and extends the work by KORPELA (2000, 2004), in which a semi-automatic method for treetop positioning was introduced. It was based on the use of multiple image-matching of digitized aerial photographs for the purpose of finding treetops inside a predefined 3D search space in the canopy volume (Fig. 2). The algorithm applies template matching for processing the aerial images into correlation images, where local maxima correspond to 2D image positions of treetops (cf. POLLOCK

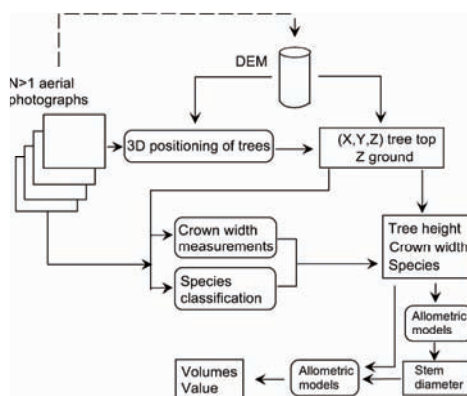


Fig. 1: An example of the data, tasks and output of a 3D image-based STRS-system for stand cruising.

1996, LARSEN & RUDEMO 1998). The predefined 3D search space is processed into a point mesh. The points in the mesh are back-projected into the correlation images and aggregated for volumetric correlation, which is further processed into 3D maxima that correspond to candidate treetop positions. The algorithm resembles that of TARP-JOHANSEN (2001), who positioned tree bases of oaks in 3D using multiple leaf-off aerial images. Here, it is further assumed that correct 3D treetop positions will help in solving the other image-based tasks of the measurement of the crown dimensions and the interpretation of species (cf. Fig. 1).

The discernibility of treetops is a major restriction of optical STRS. Only the dominant, co-dominant and intermediate trees are visible with a high likelihood. The probability of discernibility is an exponential function of the relative height of the tree; such probability-of-discernibility curves vary between stands according to the density of the stand (KORPELA 2004). In most cases trees with a relative height of below 50% are not seen at all in the images. The 50% relative height constitutes thus a lower limit for the volume from where to conduct the manual or automatic search of treetops – at least in closed canopies. Respectively, the upper limit is at the maximal height of trees. These two parameters vary spatially

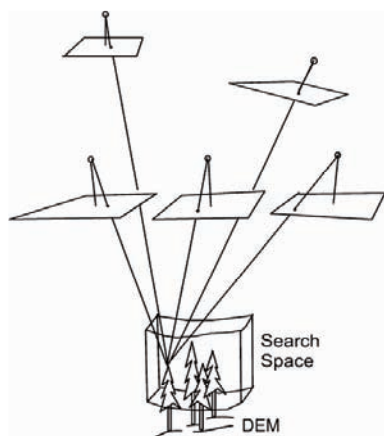


Fig. 2: Image matching for 3D tree top positioning (KORPELA 2004). The search is restricted to a predefined volume in the canopy. A DEM/DTM is used for height estimation. The scale of the images ($N > 1$) is not restricted as such, but the full orientation of the images has to be established reliably.

and it is necessary to obtain reasonably accurate estimates of them to avoid commission errors by the treetop positioning algorithm (KORPELA 2000, 2004) as the locally restricted depth of the 3D search space is the geometric (epipolar) constraint that is used for the solution of the mathematically ill-posed correspondence problem for tree tops. The results can only be optimal if the search is set to cover the upper canopy volume (KORPELA 2004; p. 35, 65–66).

The estimation of tree height is straightforward once the treetop is positioned in 3D. A DTM gives the elevation of the butt. The error of the height estimate consists thus from possible treetop positioning errors and DTM errors. A DTM is also needed for defining the lower limit of search space at the app. 50% relative height level below which treetops cannot be expected to be measurable. KORPELA (2004) suggested that an accurate DTM obtained by means of low-resolution laser scanning could be incorporated in the algorithm for the delineation of the search space and for accurate tree height estimation. Similarly, laser scanning was proposed for the estimation of the local,

maximal height of trees by a canopy height model (CHM). These proposals/theses are put to test here with real field, image and lidar data. By combining aerial photographs with lidar this paper exploits the principle of the photo-lidar approach presented by ST-ONGE et al. (2004). A low sampling rate airborne lidar is used to keep the material costs to a minimum. The proposal in this article is that low-resolution lidar can be combined with multiple image-matching of aerial images for accurate and cost-efficient, semi-automatic tree top positioning and tree height estimation.

2 Method for semi-automatic 3D treetop positioning using aerial images and LIDAR based surface models

The method consists of the steps 1-9 given below. Automation of steps 2 and computations in step 5 have been developed most in comparison to the algorithm presented in KORPELA 2004.

1) Delineation of the area of interest. Here, the tree tops were positioned inside circular plots with a radius ranging from 15 to 20 m. In general, the geometry of the area of interest can vary and a homogenous stand would be a natural choice in practice.

2) Delineation of the 3D search space in the upper canopy. This is done by analyzing the lidar-DTM and the lidar-CHM such that the search space is filled by a 3D point mesh with 0.5 m spacing. The maximal elevation or local dominant height in a given XY point is given by the CHM, which is multiplied by parameter $f_{HDOM} \in [1, 1.3]$ to reduce the inherent underestimation. Parameter $HDepth \in [0, 1]$ defines the depth of the search space with respect to the local dominant height of trees ($HDepth = 1$) and the terrain elevation ($HDepth = 0$).

3) Selection of a sample tree and the measurement of its 3D treetop position using manual image-matching. The capture of elliptic templates representing the tree in all images (Fig. 3).

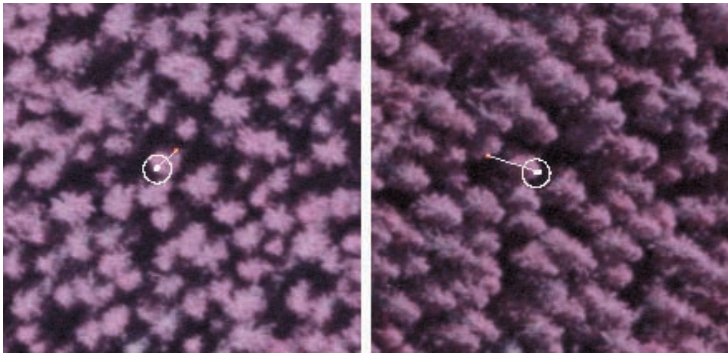


Fig. 3: Template-boundaries of a selected and manually positioned sample spruce tree with parameters: $EllipseHeight = 3$ m, $EllipseWidth = 2.6$ m and $EllipseShift = -1$ m. The shift downwards by $EllipseShift$ is seen in the image on the right: the image position of the hot-spot i. e. the tree top and the template centre deviate. The vertical lines connect the measured 3D tree top position and the DTM. This photo-lidar height estimate was 15.53 m and the field measurement was 15.7 m.

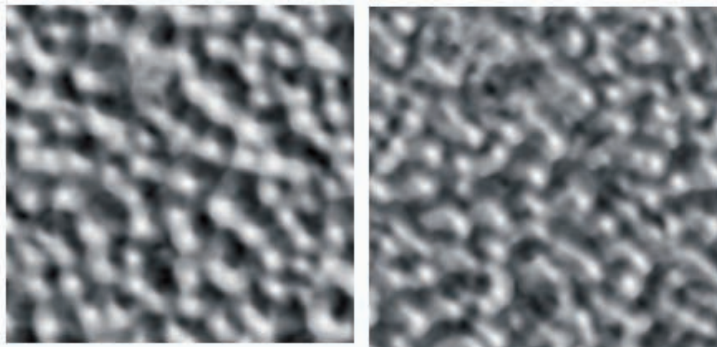


Fig. 4: Cross-correlation images computed using the captured templates and aerial images of Fig. 4. High correlation is displayed in white.

Object space parameters $EllipseShift$, $EllipseHeight$, and $EllipseWidth$ define the position, size, and shape of the ellipse in the images. $EllipseShift$ shifts the center of the template in the Z direction. Using this parameter, the templates are typically moved down to capture more of the crown than the background. $EllipseHeight$ defines the major axis of the elliptic template, which in the images is made parallel to the direction of the Z axis (trunks). $EllipseWidth$ defines the length of the shorter axis. The shape is conditioned to circular i. e. the templates are allowed to be elliptic for oblique views only and in the direction of the radial displacement (i. e. Z axis, tree trunk). These 3 para-

eters take metric values. The actual template images are rectangular copies of the aerial images. Pixels that fall outside the ellipse are masked out. The location of the treetop inside the template, the so called hot-spot, is stored for each template and is accounted for in cross-correlation computations that follow.

4) Template matching. Template matching with normalized cross-correlation is carried out for each image using the template of that aerial image. This procedure maps the aerial images into cross-correlation images $\rho(x, y) \in [-1, 1]$, in which high values of ρ indicate good match at image location x, y (Fig. 4).

Ideally $\rho(x, y)$ would consist of very sharp peaks at the correct positions of the treetops.

5) Aggregation of 3D correlation, ρ_{3D} . Each point in the search space is back-projected to the cross-correlation images using collinear equations and an affine fiducial mark transformation with pixel accuracy. ρ_{3D} is computed for each point in the 3D search space seen as a geometric mean of the images resulting in $\rho_{3D} \in [0, 2]$.

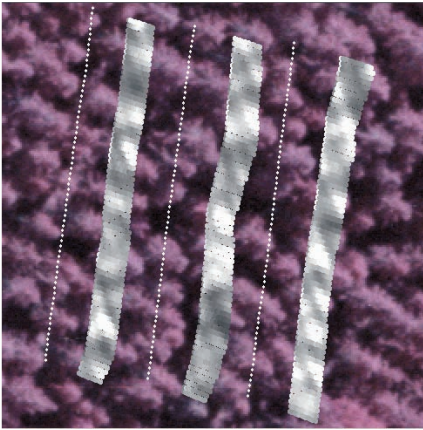


Fig. 5: Illustration of the volumetric, discrete ρ_{3D} data in the search space with three transects (slices) superimposed in an oblique aerial view. The brightness of the points denotes ρ_{3D} . The undulation is due to changes in terrain elevation and local dominant height of trees. The white dots that form lines are the terrain points.

6) Clustering of the ρ_{3D} data into 3D treetop candidate positions. The point set is first sorted in the ascending order of ρ_{3D} . Clusters are formed from points with ρ_{3D} above a limit, $Rlimit$. Points are merged into existing clusters while the sorted list is processed. Merging is controlled by a planimetric distance parameter, $XYthin$. Points closer than the set value are merged into existing clusters and do not form a new cluster. The 3D position of the cluster is the mean of the 3D points that belong to the cluster and ρ_{3D} is used in linear weighting of the coordinates. $Rlimit$ is a parameter that controls the quality of the clusters. Only the best clusters are accepted as tree top candidates, if $Rlimit$ is set to a high value. In such cases, omission errors are few assuming that the search space is set correctly. A low value of $Rlimit$ brings about new clusters at the cost of commission errors. The merge-parameter $XYthin$ controls the density of the clusters. A value that is too large causes neighbouring trees to be merged. Similarly, if $XYthin$ is set too low it can result in several clusters originating from the actual ρ_{3D} response of a single tree.

The description of the steps 7-9 below applies to any practical implementation of the algorithm in situations where no ground truth exists. In the experiments of this study step 7 was replaced by a numerical quality assessment, and steps 8 and 9 were not performed.

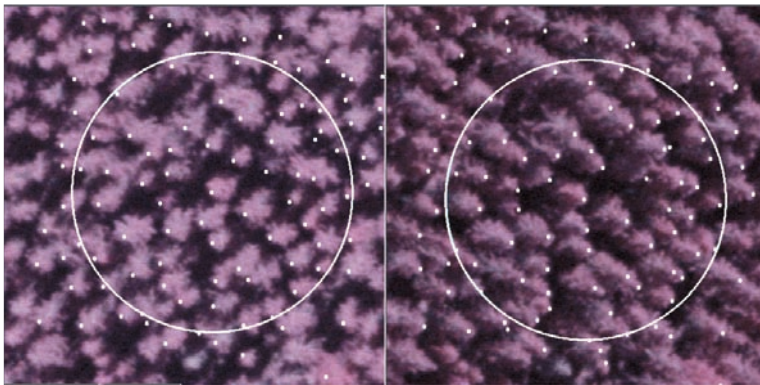


Fig. 6: Candidate positions and the borders of circular photo-plot ($r = 15$ m) superimposed in an image pair. The circle is drawn at the elevation of the treetop of the model tree.

7) Visual quality assessment of the treetop positioning. The visual evaluation of the matching results is based on visual examination of the candidates that are superimposed either on monoscopic or stereoscopic views. If necessary, the clustering algorithm is re-run by adjusting the parameters *XYthin* and *Rlimit*. Sometimes the procedures have to be repeated from the start by selecting and positioning a new model tree. As all subsequent steps need to be re-computed it is important to have good approximate values for the parameters to avoid unnecessary iteration.

8) Manual correction of the semi-automatic matching results. In it, the bad candidates are removed or corrected for position. The unrecognized tree tops are completed manually using stereo interpretation (for operators with a good stereo vision) or using manual image matching with monocular observations and epipolar constraining (KORPELA 2004).

9) Height estimation using the existing DTM.

3 Experiments

3.1 Data

The field data in Hyytiälä, southern Finland (61°50'N, 24°20'E) consists of fully mapped and measured stands (KORPELA 2004). The field measurement errors for tree positions and the basic tree variables are known through repeated observations. The positions of the field trees have been established with tacheometer and VRSTM-GPS observations and field levelling. The image data consisted of digitized aerial photographs, which have been orientated in one large multi-temporal (1946–2004) image block (KORPELA 2006). Here, leaf-on images from summers of 2002 and 2004 were used in the experiments. These were taken using standard metric cameras with 15 cm and 21 cm lenses and the images have a 14- or 15-micron pixel size. The experiment allowed for testing the following nominal scales: 1:6000, 1:8000, 1:12000, 1:14000, 1:16000 and 1:30000. The

images have forward and side overlaps that vary from 60% to 80%. Lidar data was from August 2004 with an Optech ALTM2033 sensor from a flying height of 900 m. The pulses had a footprint diameter of 0.3 m and the pulse density was 1.1 m by 1.3 m, on average. The instrument recorded 1 or 2 returns. The full geometry of each pulse was available: time stamp, position and orientation of the lidar, ranges, intensities and positions of the 1 or 2 returns. A raster DTM was processed from the lidar returns using a simple gradient-based method and a RMSE of 0.30 m was obtained in a test set of 10947 tacheometer points representing terrain of wooded areas. A raster CHM was constructed from lidar maxima in 5 m by 5 m cells.

3.2 Performance of tree top positioning

A treetop was considered to be correctly found (hit) if a candidate was inside a 2.4-meter wide and a 6-meter high test-cylinder. The dimensions of the test-cylinder affect the performance measures. The field errors in tree positioning using tacheometer, in height measurements, errors made in updating heights to the time of the photography, possible tree slant and sway as well as the stand density of the test sites were considered. The test-cylinders can have overlap in dense forests and excessive candidates in a test-cylinder or in intersecting cylinders were considered as commission errors and trees without a candidate were considered as errors of omission. A buffer around circular test plots (Fig. 7) was used as trees can be hit by a candidate from the buffer and vice versa.

Hit-rate was the ratio between the number of hits and the total number of trees. An accuracy index was computed based on the numbers of omission (*o*) and commission (*c*) errors and the number of trees (*n*) (cf. POULIOT et al. 2005): $AI = [(n - o - c) / n] \times 100$. The 3D-positioning accuracy was evaluated with the RMSE that were computed separately for the XY and Z although the positioning is entirely 3D. The RMSEs

include the imprecision of the ground truth and therefore overestimate the true inaccuracy. The positioning error-vector $[\Delta X, \Delta Y, \Delta Z]$ was defined as field-candidate; thus a positive ΔZ indicates underestimation. Mean differences of ΔX , ΔY and ΔZ measure systematic offsets. To evaluate the averaging effect of tree heights, a regression line was fitted in the $\Delta Z \times$ tree height distribution and the slope coefficient (trend) and its standard error were computed. The set of field trees was confined to those that were discernible to the operator. This tree set represents the potential trees to be found. In some stands such a criterion can leave out 50% or more of the trees; however, the proportion of the total volume in the non-discernible trees is normally small, from 0% in managed stands to 12% in natural forests (KORPELA 2004).

3.3 Tests in a spruce stand

Treetop positioning was tried out using image sets in scales 1:8000–1:16000 (Tab. 1) in one managed spruce stand. Images in the scale of 1:6000 were left out because of the computational burden of template matching and scale 1:30000 was omitted because individual treetops were not well measurable in that scale anymore.

One model tree was used in all trials, and the parameters defining the shape and position of the elliptic templates were kept fixed. The exact 3D position of the treetop was measured separately for each set of images using manual, monoscopic multi-image matching. It varied in Z because of the temporal mismatch of the May 2002 and June 2004 images and because of small orienta-

Tab. 1: Results of treetop positioning using different number of images in different scales. Plot S6 with 95 photo-visible trees in a circular plot with radius of 20 m. $f_{HDOM} = 1.15$, $HDepth = 0.65$.

Number of images, scale, overlaps (%), focal length (cm)	AI-%	c	Mean ΔZ m	RMS ΔZ , m	RMS ΔXY , m
2 1:8000 60/60 21	61.1	13	-0.04	1.29	0.70
2 1:8000 60/60 21	77.9	9	-0.39	1.24	0.73
4 1:8000 60/60 21	85.3	7	+0.06	0.76	0.68
4 1:8000 60/60 21	88.4	5	-0.21	0.99	0.67
6 1:8000 60/60 21	85.3	2	-0.08	0.72	0.61
2 1:12000 70/60 15	82.1	10	+0.22	0.80	0.60
3 1:12000 70/60 15	91.6	5	+0.13	0.70	0.56
4 1:12000 70/60 15	88.4	4	+0.31	0.85	0.57
3 1:14000 80/60 21	87.4	4	-0.09	0.83	0.68
4 1:14000 80/60 21	87.4	7	-0.20	0.93	0.65
6 1:14000 80/60 21	94.7	3	-0.15	0.87	0.60
7 1:14000 80/60 21	93.7	2	-0.12	0.94	0.62
2 1:16000 60/60 15	85.3	5	-0.25	0.87	0.66
3 1:16000 60/60 15	88.4	3	+0.15	0.93	0.62
4 1:16000 60/60 15	74.7	4	+0.42	0.98	0.58

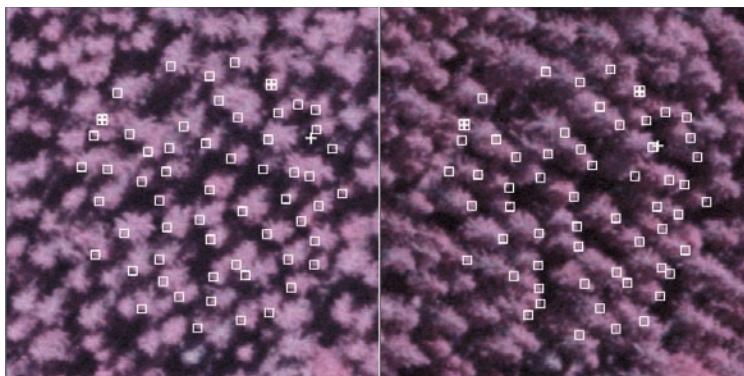


Fig. 7: Results of treetop positioning for a circular test plot. Unfilled squares depict the candidate positions for correct hits (56), squares with a cross depict missed treetop positions ($o = 2$), and the crosses depict the commission errors ($c = 1$). The AI was $[(58-2-1)/58] \times 100 = 94.8\%$. The hit-rate in total stem volume was 97.1%, RMSE of ΔXY was 0.55 m, RMSE of ΔZ was 0.67 m with a slope coefficient of 0.055 m per m of tree height. The errors in the DTM elevations had an RMS of 0.27 m.

tion and observation errors. The search space was kept fixed with parameters f_{HDOM} and $HDepth$. Tree heights from May 2002 were simply added 0.7 m, which corresponded to the average height growth of three summers. Parameters $Rlimit$ and $XYthin$ were tuned for obtaining optimal results in the AI-measure.

Increasing the number of images usually improved the performance in the AI measure; however there were images in which the crown of the model tree was not seen against a clear background, which resulted in a poor cross-correlation image that deteriorated treetop positioning. The imaging geometry affects treetop positioning; best results were obtained with an image set that consisted of six images taken with normal-angle cameras at the scale of 1:14000. These images had even large overlaps and the elevation of the sun was higher (45°) during the photography. These factors affect occlusion and shading in aerial views that can impede image matching. It seems that the optimal scale for the type of spruce trees in plot S6 (heights from 12 to 22 m) is somewhere between 1:10000 and 1:15000. The images in 1:8000 had details that did not help in treetop positioning, but may be needed for example in species recognition with texture measures.

Tab. 2: Performance of the 3D tree top positioning algorithm for different values of the parameter f_{HDOM} . Plot S6 with 95 trees in a circular plot with radius of 20 m. $Rlimit = 1.41$, $XYthin = 1.5$ and $HDepth = 0.65$. Four images in scale 1:12000.

f_{HDOM}	AI-%	c	Mean ΔZ , m	RMS ΔZ , m	RMS ΔXY , m	Trend $\Delta Z \times h$, m/m
0.95	46.3	21	+1.03	1.35	0.71	0.33
1.00	78.9	11	+0.88	1.28	0.69	0.31
1.05	88.4	7	+0.48	0.92	0.70	0.24
1.10	94.7	4	+0.21	0.74	0.69	0.18
1.15	93.7	5	+0.06	0.74	0.70	0.16
1.20	89.5	7	-0.09	0.80	0.70	0.17
1.25	90.5	5	-0.18	0.86	0.71	0.16
1.30	88.4	5	-0.21	0.85	0.71	0.14
1.35	85.3	6	-0.32	0.91	0.71	0.13
1.40	73.7	15	-0.39	0.93	0.72	0.13

Parameter f_{HDOM} corrects the local dominant height given by the CHM and thus defines the upper limit of search space. Similarly, the parameter $HDepth$ defines the lower height and depth of the search space. Treetop positioning was tried at different values of these parameters. The optimal values for f_{HDOM} were from 1.1 to 1.3, when $HDepth$ was kept at 0.65. All performance measures showed best performance in this range. Here, the CHM was calculated using a 5 m grid, which may be too coarse in sparse stands. Similarly, the density of the lidar data will most likely affect the quality of the CHM, which needs to be considered in setting the value for f_{HDOM} .

Parameter $HDepth$ gives the lower height of the search space, and this parameter should be adjusted according to stand density since in dense stands only the tallest trees remain photo-visible. The dominant height of plot S6 was 20.6 m and the shortest discernible tree had a plot-level relative height of 0.53. However, the neighboring trees of this 10.6-m high tree had heights from 15 to 18 m, which means that the local relative height of this tree is approximately 0.6. Best results in AI-% were obtained with $HDepth$ at 0.65. Commission errors ("short ghost trees") start to appear, if the search space is started from a too low height. If

Tab. 3: Performance of the 3D tree top positioning algorithm for different values of the parameter $HDepth$. Plot S6 with 95 trees in a circular plot with a radius of 20 m. $Rlimit = 1.41$, $XYthin = 1.5$ m, $f_{HDOM} = 1.15$. Four images in scale 1:12000.

$HDepth$	AI-%	c	Mean ΔZ , m	RMS ΔZ , m	RMS ΔXY , m	Trend $\Delta Z \times h$, m/m
0.45	64.2	31	+0.28	0.84	0.72	0.11
0.50	75.8	22	+0.19	0.77	0.71	0.11
0.55	88.4	10	+0.12	0.72	0.70	0.12
0.60	90.5	8	+0.06	0.71	0.70	0.13
0.65	93.7	5	+0.06	0.74	0.70	0.16
0.70	92.6	3	+0.01	0.75	0.70	0.19
0.75	89.5	3	-0.06	0.75	0.71	0.21
0.80	89.5	2	-0.21	0.77	0.72	0.22
0.85	82.1	3	-0.42	0.82	0.73	0.22
0.90	69.5	2	-0.70	0.94	0.74	0.20

the search space is not deep enough, the heights of the short trees are overestimated and the averaging effect increases. These effects are seen in Tab. 3.

4 Discussion

Semi-automatic 3D tree top positioning of individual trees using image-matching is an alternative or complement to lidar-based techniques in which trees are found by processing very high-resolution lidar data with from 5 to 30 points per m^2 . The method presented here combines optical images and low-cost lidar with emphasis on the use of images. The lidar-based surface models that approximate the canopy elevation and give the terrain relief accurately are a necessity for accurate height estimation, since the ground is seldom seen in images taken under leaf-on conditions. If the image-matching strategy here is compared with common techniques of stereo matching for surface modelling, it can be said that the lidar CHM and DTM provided a short-cut and gave a good approximation for the possible space of solutions, which normally are obtained by hierarchical image matching techniques and the coarse-to-fine strategy (SCHENK 1999). The results of the experiments gave support to the thesis that low-resolution lidar data can be used for delineating and bounding the search space in the canopy semi-automatically by adjusting the parameters that define the relative underestimation of the lidar-CHM (f_{HDOM}) and the lowest relative height of the trees that expected to be visible in the aerial views ($HDepth$).

The implementation described here is not very robust against the variation in the size of tree crowns and the results presented here were good mainly because the test stand represented a rather regular forest. In stands with a large species mixture and variation in crown sizes, the results have been found inferior. It may be possible to incorporate the use several sample trees (or synthetic images of crowns; see LARSEN 1997) in image matching to improve the possibilities to detect and position trees of varying size. Simi-

larly, it would be desirable, if the feature detector, template matching in this case, would yield not only the 2D image positions of tree tops but also symbolic information similar to what is utilized by an operator when the task is performed manually (species, crown size). It would then be possible to rule out automatically some of the unpreventable commission errors.

A semi-automatic approach seems to be the only solution to 3D tree top positioning using aerial views because of the nature of the problem. Occlusion and shading are inherently present in aerial views and trees vary in size, shape and radiometric properties. In the development of the methods presented here, the strategy has been to provide a system for measuring as many tree tops as possible automatically with a high positioning accuracy and a low commission error rate. After manual amendment the 3D tree tops provide tree heights and 2D image positions that can be used as seed points for the remaining tasks of species identification and measurement of crown dimensions, which can possibly be solved in the 2D image domain.

5 References

- BALTSAVIAS, E.P., 1999: A comparison between photogrammetry and laser scanning. – ISPRS, JPRS **54**(2-3): 83–94.
- CULVENOR, D.S., 2003: Extracting individual tree information: a survey of techniques for high spatial resolution imagery. – In: WULDER, M.A. & FRANKLIN, S.E. (eds.): Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies. – pp. 255–277, KluwerAcademic, Boston.
- KORPELA, I., 2000: 3-d matching of tree tops using digitized panchromatic aerial photos. – Licentiate Thesis, 109 p., University of Helsinki, Department of Forest Resource Management.
- KORPELA, I., 2004: Individual tree measurements by means of digital aerial photogrammetry. – *Silva Fennica Monographs* **3**: 1–93.
- KORPELA, I., 2006: Geometrically accurate time series of archived aerial images and airborne lidar data in a forest environment. – *Silva Fennica* **40** (1): 109–126.
- KORPELA, I. & TOKOLA, T., 2006: Potential of aerial image-based monoscopic and multiview

- single-tree forest inventory – a simulation approach. – *Forest Science* **52** (3): 136–147.
- LARSEN, M., 1997: Crown modeling to find tree top positions in aerial photographs. – In: *Proceedings of the third International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, Copenhagen, Denmark. – ERIM international **2**: 428–435.
- LARSEN, M. & RUDEMO, M., 1998: Optimizing templates for finding trees in aerial photographs. – *Pattern Recognition Letters* **19** (12): 1153–1162.
- LECKIE, D.G., 1990: Advances in remote sensing technologies for forest surveys and management. – *Canadian Journal of Forest Research* **20** (4): 464–483.
- NAESSET, E., GOBAKKEN, T., HOLMGREN, J., HYYPPÄ, H., HYYPPÄ, J., MALTAMO, M., NILSSON, M., OLSSON, H., PERSSON, Å. & SÖDERMAN, U., 2004: Laser scanning of forest resources: The Nordic experience. – *Scandinavian Journal of Forest Research* **19** (6): 482–499.
- POULIOT, D.A., KING, D.J., & PITT, D.G., 2005: Development and evaluation of an automated tree detection-delineation algorithm for monitoring regenerating coniferous forests. – *Canadian Journal of Forest Research* **35** (10): 2332–2345.
- PETRIE, G., 2003: Airborne digital frame cameras. The technology is really improving. – *GEOInformatics*, 7(6), October/November 2003, pp.18–27.
- POLLOCK, R.J., 1996: The automatic recognition of individual trees in aerial images of forests based on a synthetic tree crown model. – 158 p., PhD-thesis in computer science. The University of British Columbia.
- SCHENK, T., 1999: Digital photogrammetry. Vol I. – TerraScience, Laurelville, Ohio, USA.
- ST-ONGE, B., JUMELET, J., COBELLO, M. & VÉGA, C., 2004: Measuring individual tree height using a combination of stereophotogrammetry and lidar. – *Canadian Journal of Forest Research* **34**(10): 2122–2130.
- TALTS, J., 1977: Mätning i storskaliga flygbilder för beståndsdatainsamling. Summary: Photogrammetric measurements for stand cruising. – Royal College of Forestry, Department of Forest mensuration and management. Research notes NR 6 – 1977, 102 p. [Swedish]
- TARP-JOHANSEN, M.J., 2001: Locating Individual Trees in Even-aged Oak Stands by Digital Image processing of Aerial Photographs. – 158 p., PhD Thesis. Dept. of Mathematics and Physics, KVL, Copenhagen, Denmark.
- WORLEY, D.P. & LANDIS, G.H., 1954: The accuracy of height measurements with parallax instruments on 1:12000 photographs. – *Photogrammetric Engineering* **20**(1): 823–829.

Address of the author:

Dr. ILKKA KORPELA
Department of Forest Resource Management
POB 27, 00014 University of Helsinki, Finland –
e-mail: ilkka.korpela@helsinki.fi

Manuskript eingereicht: November 2006
Angenommen: November 2006

Berichte

SPIE – Europe Remote Sensing 2006 Konferenz: „Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology VI

11. bis 14. September 2006 in Stockholm

Die »International Society for Optical Engineering« (SPIE) veranstaltete die Konferenz „SPIE Europe Remote Sensing 2006“ zusammen mit der Konferenz „SPIE Europe Optics/Photonics in Security and Defence 2006. Die Konferenzen fanden in Stockholm, Schweden statt.

In neun Teilkonferenzen bot die „Remote Sensing 2006“ den ca. 500 Teilnehmern mit über 300 Vorträgen und vielen Posterpräsentationen ein breit gefächertes und informatives Programm aus dem Bereich der Fernerkundung.

Im Rahmen der SPIE Europe Remote Sensing 2006 wurde auch vom 13. bis 14. September die Teilkonferenz „Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology VI“ ausgerichtet, auf die sich dieser Bericht beschränkt. Wissenschaftlicher Organisator dieser Teilkonferenz war Prof. Dr. MANFRED EHLERS vom Institut für Geoinformatik und Fernerkundung (IGF) der Universität Osnabrück, unterstützt von seinem Co-Chair Dr. ULRICH MICHEL, ebenfalls vom IGF. Von Prof. EHLERS und Dr. MICHEL wurde im Rahmen der Konferenz ein umfassendes Programm zusammengestellt. Über 2 Tage verteilt sind 30 Vorträge präsentiert worden, die in 8 Sitzungen gruppiert und durch eine Postersitzung ergänzt wurden. Themenschwerpunkte waren *Environmental Monitoring: Land I* (3 Vorträge), *Advances in Processing Techniques I* (5 Vorträge), *Advances in Processing Techniques II* (4), *Environmental Monitoring: New Sensors* (4), *Geology and Hazard Monitoring* (3), *Environmental Monitoring: Land II* (3), *Urban Remote Sensing* (4) und *Image Fusion and Data Integration* (4). Wie aus dieser Auflistung ersichtlich wird, haben die Organisatoren der Konfe-

renz Wert auf ein thematisch umfangreiches Programm gelegt, welches zahlreiche aktuelle Aspekte der Fernerkundung abdeckt. Da eine Beschreibung aller Vorträge den Rahmen sprengen würde, werden im Folgenden die inhaltlichen Aspekte der einzelnen Themenschwerpunkte kurz beschrieben und es wird auf einige Vorträge hingewiesen:

Environmental Monitoring: Land I/II: Die Beiträge beschäftigten sich mit der Möglichkeit, Landnutzung durch Fernerkundung zu ermitteln, wobei es unter anderem um die Ermittlung der Wüstenausbildung in Turkmenistan anhand des Vegetationsrückganges ging.

Advances in Processing Techniques I/II: In diesen Sitzungen wurden Themen vorgestellt, die sich mit Techniken zur Datenbearbeitung befassten. In einem der Vorträge wurde eine Methode vorgestellt, die ein gutes Ergebnis bei der Erstellung einer „change map“ durch Verschneidung eines Orthophotos mit einer Landnutzungskarte erzielt.

Environmental Monitoring: New Sensors: Die technischen Möglichkeiten neuer Sensoren waren Bestandteil dieser Sitzung, wobei u. a. Cartosat-1 und EnMAP thematisiert wurden.

Geology and Hazard Monitoring: In dieser Sitzung wurden Arbeiten präsentiert, die sich mit der Messung von seismischen Wellen und der Messung von Gletscherbildung beschäftigen.

Urban Remote Sensing: Die Vorträge in dieser Sitzung befassten sich sowohl mit der Detektion in urbanen Gebieten als auch mit der dreidimensionalen Modellierung durch den Einsatz von Fernerkundungsdaten.

Image Fusion and Data Integration: In der letzten Sitzung wurden die Möglichkeiten der Datenfusion beschrieben und auf neue Ansätze eingegangen.

Neben den thematisch und inhaltlich ansprechenden Vorträgen ist noch die Abend-

veranstaltung zu erwähnen, welche im Stockholmer Stadthaus stattfand, in dem die Verleihung der Nobelpreise erfolgt. Auf diese Weise konnte jeder Teilnehmer sich schon einmal an die Räumlichkeiten für die mögliche zukünftige Ehrung gewöhnen.

THORSTEN BOCKMÜHL, Neubiberg

43. Sitzung der AG „Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS“ (AgA)

am 18. und 19. 9. 2006 in Potsdam

Die Sitzung fand bei herrlichem (und leider ausgesperrtem) Wetter im Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam statt, das zusammen mit der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg Ausrichter der Veranstaltung war.

Die Vorträge waren wieder bunt gemischt, die Teilnehmer profitierten einmal mehr vom eher informellen Charakter der Veranstaltung. Zwischen den kurzen Vorträgen war erneut ausreichend Raum für Fragen zu aktuellen Themen, zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion.

Am ersten Abend schloss sich an die Vorträge eine ausgesprochen interessante Führung auf dem Telegrafenberg in Potsdam an. Der große Refraktor mit einer Brennweite von 12,5 m aus dem Jahre 1899, der inzwischen unter Denkmalschutz steht und in den letzten Jahren restauriert werden konnte, beeindruckte die Besucher sicherlich am meisten.

Die Leiterin der AgA, Frau Prof. **Monika Sester**, begrüßte die Teilnehmer und wünschte allen einen guten Tagungsverlauf.

Herr **Tilly** von der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) hieß die Teilnehmer in Potsdam willkommen und betonte, dass die LGB von Veranstaltungen wie der AgA profitiert, nämlich durch die Symbiose von Wissenschaft und Praxis sowie dem Transport „dazwischen“ durch Firmen und Industrie. Er stellt mit der DTK und dem demnächst fertig gestellten DLM 25/2 zwei Schwerpunkte

der derzeitigen Arbeiten der LGB vor. Ein weiterer wird die Herstellung eines gemeinsamen Stadtplans für Frankfurt/O. und Słubice sein; der Vertrag mit der Nachbarstadt ist bereits unterzeichnet.

Prof. **Jürgen Döllner** stellte in einem sehr anschaulichen Vortrag die Schwerpunktarbeiten seines Instituts vor, Weiterentwicklungen zur Anwendungen und Visualisierungen von 3D-Stadtmodellen für die Praxis. Mit Hilfe von heuristischen Ansätzen wird das so genannte „smart terrain“ modelliert: kleine, oft nicht natürliche Elemente des Geländes, die durch das DGM nicht dargestellt werden. Dazu gehören Mauern, Bordsteine, größere Pflanzungen usw., die allein aufgrund von Topographie-Informationen aus der Stadtgrundkarte gefunden werden. Ebenso demonstrierte er den Einsatz von einfach wirkenden Sichtbarkeitsanalysen in anderen Gebieten wie Schall- und Gasausbreitungen oder die Sicht auf bestimmte Gegenstände von sich bewegenden Objekten (Fahrzeugen) aus.

Nach einer kurzen Diskussion zu den Tätigkeitsberichten nutzten Firmenvertreter von CPA, AED SICAD und ESRI die Möglichkeit, Neuerungen in ihrem jeweiligen Tätigkeitsbereich vorzustellen.

Herr **Kremers** von der Fa. Codata-Germany eröffnete dann mit seinen Anmerkungen zur Pragmatik als Strukturelement angewandter kartographischer Informationen den Reigen der Vorträge aus der Praxis. Am Beispiel von Gefahrenlagen zeigte er die Möglichkeiten der Kartographie auf diesem Gebiet auf, wies aber auch auf die vorhandenen Lücken in den vorhandenen Informationen und unbeantwortete Fragen hin, wie zum Beispiel, was Entscheider, Organisationen, Individuen und Medien „im Fall der Fälle“ wirklich erwarten.

Anschließend stellte **Christoph Averdung**, Fa. CPA, seine Entwicklungen in der Datenmodellierung vor, die eine Konsistenzhaltung in Prozessen der Generalisierung ermöglichen. Die Modellierung ermöglicht auch eine partielle Neugeneralisierung in Gebieten mit Fortführung und ist flexibel im Hinblick auf mögliche Interaktionen. Das Bundesamt für Kartographie und Geo-

däsie (BKG) homogenisiert die Informationen, die aus den Ländern kommen.

Lösungsansätze zur automatisierten Beschriftung der Höhenlinien zeigte **Joachim Bobrich** auf. Die Darstellung wird als Mehrwertgenerierung für die DLM betrachtet, stößt aber in einigen Bereichen noch an Grenzen: Die Ausschlussbereiche, in denen die Höhentexte nicht dargestellt werden können, führen oft zu einer nicht gleichmäßigen und noch häufiger nicht ausreichenden Dichte der Höhentexte. Die weiteren Arbeiten sollen sich daher mit der Beschriftung anderer als der Zähllinien und variablen Pufferbreiten um die Signaturen beschäftigen.

Die Axes Systems AG nutzt die Integration von GIS und Kartographie, um Modellgeneralisierung und kartographische Generalisierung zu betreiben und innerhalb eines Workflows zusammen zu nutzen. Entwickler, aber auch Benutzer können die Anwendungen für ihre Belange weiterentwickeln, Herr **Mathur** zeigte den Einsatz eines Generalisierungsprozesses zur Ableitung kartographischer Produkte aus Katasterdaten.

Ebenfalls mit der Generalisierung beschäftigt sich Herr **Anders** vom Institut für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover: Er integriert Mustererkennungsverfahren in bereits vorhandene Generalisierungsalgorithmen. So werden regelmäßige Punkt- und Linienanordnungen erkannt und bei der nachfolgenden Generalisierung erhalten. Für die Typifizierung wird die Mustererkennung bereits eingesetzt, für Verdrängung, Betonung oder Vereinfachung soll sie auch in Zukunft genutzt werden.

Neue, von **Dieter Neuffer** vorgestellte Software der Fa. ESRI integriert die GIS-Datenhaltung und anschließende interaktive kartographische Bearbeitung. Der bisher fehlende Rückfluss aus der kartographischen Darstellung in die GIS-Daten wird durch die Verknüpfung mit Darstellungsregeln vermieden. Die Fallstudie bei der Swisstopo zeigte erheblich reduzierte Bearbeitungszeiten und dadurch aktuellere und zudem genauere Daten.

Tino Heinicke von der LGB wies in seinem Vortrag auf Probleme bei der Fortführung und von Inhalten georeferenzierter Adressen hin. Abgesehen von bundesweit einheitlichen Bezeichnungen sind auch die Positionsgenauigkeit und die Aktualität noch von unterschiedlichen Anforderungen geprägt, so dass zu befürchten ist, dass neue Angebote aus der Privatwirtschaft diesen Markt erobern werden.

Der Frage, wie Geländemodelle in 3D-Stadtmodellen am besten dargestellt werden, hat sich **Henrik Buchholz** vom gastgebenden HPI gestellt. Für seine *smart terrain models* nutzt er die in Plänen wie der Stadtgrundkarte enthaltene zweidimensionale, attributierte Informationen, um sie aufgrund von bestimmten Annahmen dreidimensional zu modellieren. So entstehen zum Beispiel Mauern mit dazugehöriger Textur, die in dem Generator gleich editiert werden können.

Auch die Mitarbeiter der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN) sind mit umfangreichen Vorbereitungen auf das AAA-Modell beschäftigt! **Joachim Schulz** von der LGN berichtete über die neuesten Software-Erweiterungen, die für die Fortführung des Basis-DLM und gleichzeitige Vorverarbeitung eingesetzt wird. Bei diesen Arbeiten zur Vormigration werden auch kartographische Bearbeitungen vorgenommen, die durch den Austausch von Symbolen und die Ergänzungen von Nummerierungen erforderlich sind.

Der Bericht von **Matthias Bobzien**, Axes Systems, beschäftigte sich mit dem Aufbau und der Führung des DKM bei der SwissTopo, das möglichst automatisch aus dem DLM abgeleitet werden soll. Der hohe Anspruch an die Qualität der Karten wird trotz der automatisierten Ableitung beibehalten. Im Modell der Multi-Repräsentation werden DLM und DKM als eigenständige Modelle geführt, es gibt mehrfache Repräsentationen desselben Objekts. Besonders gewünscht werden eine möglichst unproblematische Fortführung und deren Übertragung in alle Modelle; dabei ist die Generalisierung als aufsteigender und linearer Prozess mit Iterationen modelliert.

Birgit Kieler, Leibniz Universität Hannover, beschäftigt sich in einem zusammen mit China durchgeführten Forschungsprojekt mit der semantischen Integration bei der Zusammenführung vorhandener Daten. Die erste Phase gilt der Ableitung von Übersetzungsregeln über geometrische Eigenschaften.

Vermessung und Dokumentation der Versorgungsanlagen haben bisher bei vielen EVU keine Verbindung zu den übrigen Geschäftsprozessen. **Simone Stürmer**, Mitglied der AGIS der Universität der Bundeswehr München, beschäftigt sich daher mit der Qualitätssicherung, die durch die Integration mit den Basisdaten ermöglicht wird. Nachbearbeitungsbedarf wird aufgedeckt und erzeugt meist neue Anforderungen der Nutzer. Dies trifft auch die Qualitätssicherung, die schon bei der Ersterfassung der Daten Anforderungen stellt.

Holger Kumke von der TU München arbeitet ebenfalls im deutsch-chinesischen Gemeinschaftsprojekt mit und nutzt Infrarotaufnahmen zur Erkennung und Klassifizierung von Objekt-Eigenschaften in einem vorhandenen 3D-Modell. Auch Thermographie-Aufnahmen unterstützen die Kantendetektion, die mit den vorhandenen Modellgeometrien verglichen werden.

Der technologischen Herausforderung beim Aufbau europäischer Geobasisdaten stellt sich **Anja Hopfstock** vom BKG. Sie berichtete über die Probleme beim Zusammenspiel von Daten für die EuroRegionalMap und die EuroGlobalMap. Den Problemen bei der Übernahme der Daten wie Unterschiede in Genauigkeit, Zeichensätzen und Annotationen soll durch den Aufbau einer Cross-Reference Database begegnet werden, die Selektionen und Attributzuweisungen für das Zusammenspielen der von den europäischen Ländern gelieferten Daten enthält.

Von Problemen beim Import von 3D-Objekten nach ArcGIS berichtete **Yvonne Seler** von der FH Karlsruhe. Aufgrund ihrer Erfahrungen empfiehlt sie einen solchen Transfer nur für kleinere Gebiete; als Gründe nannte sie die erforderlichen Eingriffe aufgrund von doppelt importierten Punkten,

verdrehten Signaturen etc. sowie die fehlenden Texturen im Shape-Format.

René Thiele, Fa. CPA, wies auf die immer größere Bedeutung der Historienverwaltung hin, die bei der Entwicklung und dem Aufbau von ISO/OGC-konformen Metadaten und Katalogdiensten daher eine Rolle spielen. Dies gilt auch für Informationen, *warum* die Änderungen vorgenommen wurden. Ziel aller Metadaten-Architekturen ist es, dem Anwender, der im Katalogdienst nach Daten sucht, nicht nur mitzuteilen, wo er sie finden kann, sondern auch Informationen zu den Daten zu liefern.

Die Auswirkungen der neuen GeoInfoDok auf ATKIS stellte **Robert Lörks** von der Fa. AED SICAD vor und hob besonders hervor, dass durch die Modellartenkennung nun die Zugehörigkeit eines Objektes zu einem oder mehreren Modellen gespeichert wird. Durch die Relation „*ist abgeleitet aus*“ bleibt darüber hinaus der Bezug eines Kartengeometrieobjektes auch nach einer manuellen Generalisierung, z. B. einer Verdrängung, bestehen.

Die bisherigen ganzheitlichen Ansätze zur automatischen Verdrängung, die an der Leibniz Universität Hannover von Prof. **Monika Sester** vorangetrieben wurden, werden nun durch das Generalisierungspaket TYPIFY ergänzt. Dabei sollen Gruppen von Objekten, zunächst von Einzelgebäuden, auf Ähnlichkeiten untersucht und dann einer Generalisierung unterzogen werden.

Yanan Qiu von der FH Karlsruhe berichtete über ihre Arbeiten zur 3D-Darstellung von Gebäuden in GoogleEarth für die Stadt Karlsruhe. Die Modelle im KML sollen hauptsächlich zur internen Nutzung auf dem zentralen Server zentral bereitgestellt werden, nur wenige werden zur freien Nutzung erstellt.

Die Organisatoren haben wieder einmal eine sehr informative Sitzung mit einem bunten Themenreigen ermöglicht und abschließend zur nächsten Sitzung Mitte September 2007 an der FH Karlsruhe eingeladen. Dem werden sicherlich wieder viele gerne folgen. Die Folienpräsentationen finden sich wie immer im Internet auf den Seiten der AgA (www.ikg.uni-hannover.de/aga).

Die ausgearbeiteten schriftlichen Beiträge werden in den Mitteilungen des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie erscheinen.

BETTINA PETZOLD, Wuppertal

INTERGEO® 2006

Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement vom 10. bis 12.10. 2006

XXIII International FIG Congress
vom 8. bis 13. 10. 2006 in München

Beide Kongresse und die Fachmesse wurden im Rahmen eines kombinierten Programms im ICM, der Neuen Messe München, in Riem veranstaltet. Damit waren auch die Voraussetzungen gegeben für eine hohe Beteiligung, für erstklassige Vortragsveranstaltungen und eine umfassende Exposition.

Die Veranstalter konstatierten am Ende die Beteiligung von 550 Ausstellern auf einer Fläche von 30 000 m² und 19 000 Fachbesucher. Die beiden Kongresse hatten mit ihrem hochkarätigen Vortragsprogramm 2 750 registrierte Teilnehmer aus mehr als 100 Ländern.

Eröffnet wurde die Veranstaltung, die in diesem Jahr unter dem Motto stand:

*Den Wandel gestalten –
Wissen und Handeln für die Erde,*

von Dipl.-Ing. **HAGEN GRAEFF**, Präsident des DVW, im Großen Auditorium des ICM mit ca. 2000 Gästen (Fig. 1).

Es folgte die Begrüßung der Teilnehmer durch Dr. **EDMUND STOIBER**, Ministerpräsident des Freistaates Bayern. Er hatte auch die Schirmherrschaft über diese Großveranstaltung übernommen. In seiner mit viel Beifall bedachten Rede würdigte **STOIBER** die internationalen Bemühungen zur Einrichtung bzw. Entwicklung des Katasters in den



Fig. 1: Festveranstaltung zur Eröffnung der INTERGEO 2006 mit Prof. **HOLGER MAGEL**, Präsident der FIG, Dipl.-Ing. **HAGEN GRAEFF**, Präsident des DVW, Dr. **EDMUND STOIBER**, Ministerpräsident des Freistaates Bayern, Prof. **KLAUS TÖPFER**, UN-Umweltprogramm und Dr. **ALOIS GLÜCK**, Präsident des Bayerischen Landtages (v. r.).

armen Staaten Afrikas als eine Voraussetzung für deren wirtschaftliche Entwicklung. Er forderte noch mehr internationales Engagement bei der Flurbereinigung in China. Er begrüßte die Initiativen zur Schaffung des „Galileo-Navigationssystems“ für Europa in Ergänzung zum amerikanischen GPS und die Arbeiten zur Einrichtung eines Tsunami-Vorwarnsystems. STOIBER erläuterte den Gästen die Position Bayerns als einer der forschungsintensivsten Staaten in der Welt. Mit seinen 12,5 Mio. Einwohnern und einer Fläche von 70 600 km² hat Bayern ein Bruttoinlandsprodukt von 32 000 €/Einwohner, was deutlich über dem deutschen Durchschnitt liegt. Bayern hat 11 Universitäten und 17 Fachhochschulen. Wichtige Aufgaben für die Zukunft sind die Verbesserung der Raumordnung und die Entwicklung des Umweltbewusstseins.

Deutschland gehörte 1878 zu den fünf Gründungsmitgliedern der FIG. Darauf sind wir heute noch stolz. Ministerpräsident STOIBER hatte eine Kabinettsitzung seiner Regierung am 10. 10. 2006 verlegt, um persönlich an der Eröffnung dieser wichtigen Konferenz des Vermessungswesens teilnehmen zu können.

Es folgte die Eröffnungsrede des Präsidenten der FIG (Fédération Internationale des Géomètres), Prof. **HOLGER MAGEL**, Technische Universität München, zum Thema:

*Shaping the Change 2002 to 2006 –
The German Period of FIG.*

Er berichtete über die Aktivitäten und Erfolge der FIG in diesem Zeitraum seiner Präsidentschaft. Die FIG hat heute mehr als 100 Mitglieder und ist ein wichtiger Partner für die Vereinten Nationen. Zu den Hauptaufgaben der vergangenen vier Jahre gehörten:

- Unterstützung armer Staaten im Kampf gegen Korruption durch Hilfe beim Aufbau des Katasters,
- Organisation der Raumdatenbeschaffung und -bereitstellung,
- Katastrophen-Erforschung, -Vorbeugung, -Warnung,
- Auf- und Ausbau von weltweiten Kooperationsbeziehungen,

- Schaffung einer FIG-Stiftung zur Unterstützung armer Staaten.

Den Festvortrag des Kongresses mit dem Titel: *Für eine gerechtere Welt – Zur Rolle des Geodäten bei der nachhaltigen Entwicklung unseres Globus* hielt Prof. **KLAUS TÖPFER**, Generaldirektor des UN-Umweltprogramms UNEP 1998–2006. Eine Grundthese seines Vortrages war die Feststellung, dass mit der Globalisierung der Informationen, des Handels und der Wissenschaften eine bessere internationale Zusammenarbeit zur Förderung der Entwicklung armer Länder erreicht werden muss. Es ist heute zu beobachten, wie sich einige Länder prächtig entwickeln, während es in anderen Rückschritt und Verfall gibt. TÖPFER erinnerte auch daran, dass vor 70 Jahren 2,4 Mia. Einwohner diese Erde bevölkerten, heute sind es 6,5 Mia. Davon haben 1,5 Mia. Menschen weniger als 1 US\$ pro Tag zum Leben zur Verfügung. In einigen Ländern werden Lebensmittel vernichtet, weil es einen Überschuss gibt, in anderen hungern die Menschen. Epidemien wie HIV und Mangel an sauberem Wasser sind Hauptprobleme vieler armer Länder.

Vor einigen Jahren hat die UNO eine „Road Map“ zur Entwicklung dieser Welt verabschiedet. Wie können wir Freiheit und Frieden erreichen? Frieden heißt: keine Kriege, kein Terror, Respektierung der Menschenrechte.

Kataster ist eine wesentliche Voraussetzung für Frieden und Investitionen, z. B. auf dem Balkan, aber auch in Deutschland. Norwegen hat in den vergangenen Jahren viel Geld in das Kataster von Tansania investiert. Und das hat sich ausgezahlt. Slums kann man nicht kultivieren durch Bau von Häusern. Gebäude können nur auf Grundstücken mit rechtlich anerkannten und gesicherten Eigentumsgrenzen gebaut werden.

Deutschland investiert viel in Infrastruktur, d. h. in Daten über Grundstücke, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Natur u. a. Die Entwicklung schreitet voran, wir müssen sie beeinflussen, die Entwicklungsrichtung vorgeben.

Bayern ist ein gutes Beispiel für kulturelle Identität und Identifizierung mit dem wirtschaftlichen Erfolg.

TÖPFER betonte in seinem Festvortrag, dass dieser FIG-Kongress eine großartige Gelegenheit sei, die Bedeutung von Geodäten und Landentwicklern für eine nachhaltige Entwicklung der Welt einer breiten Öffentlichkeit zu demonstrieren. Die dynamische Wirtschaftsentwicklung, besonders in Asien, belege deutlich, dass mit der Überwindung von Armut und Unterentwicklung weit reichende Veränderungen der Landnutzung verbunden sind.

Das **Fachprogramm** des FIG-Kongresses und des INTERGEO-Kongresses umfasste ca. 600 Vorträge mit folgenden Schwerpunkten:

- Disaster Risk Management,
- Urban and Rural Interrelationship in Land Administration,
- Stadt- und Dorf-Umbau,
- Geoinformationen nach Bedarf,
- Geodateninfrastruktur,
- Raumdaten-Management,
- Globale Veränderungen,
- Standards und Normen,
- GIS an Schulen,
- Berufsbildung,
- Positionierung und Messung,
- Ingenieurvermessung,
- Terrestrisches Laserscanning,
- Kataster und Landmanagement,
- Bodenpolitik und Stadtentwicklung,
- Bewertung und Management von Grundstücken,

- Wirtschaftliches Bauen und Bau-Management,
- Raumplanung und -entwicklung.

Auf der **Fachmesse** INTERGEO 2006 wurden vor allem angeboten:

- Geoinformationssysteme,
- Datenverarbeitung,
- Systeme und Geräte zur Geodatengewinnung und -nutzung,
- Geodätische Geräte,
- Vermessungsbedarf,
- Technik und Systeme für
Photogrammetrie,
Fernerkundung,
Kartographie,
- Berechnungssoftware,
- Graphische Software,
- Reprotechnik,
- Büroorganisation.

Auch **DGPF und DGfK** waren auf dieser INTERGEO 2006 mit einem repräsentativen Gemeinschaftsstand vertreten (Fig. 2), auf dem zahlreiche Fachleute und Interessenten begrüßt werden konnten.

Die INTERGEO 2006 und der damit verbundene FIG Kongress 2006 in München waren hervorragende Fachveranstaltungen. Daran haben sicher die beiden Präsidenten Dipl.-Ing. HAGEN GRAEFF und Prof. HOLGER MAGEL den größten Anteil. Bedeutende Verdienste am Gelingen und an der langfristigen Ausstrahlung der Veranstaltung auf das gesamte Vermessungswesen haben aber auch der Kongressdirektor Dipl.-Ing. WALTER HENNINGER und die HINTE Messe- und



Fig. 2: Der Messestand von DGPF und DGfK auf der INTERGEO 2006.

Ausstellungs-GmbH mit Dipl.-Ing. OLAF FREIER an der Spitze.

Die Fachmesse INTERGEO hat sich als Marktplatz für aktuelle Informationen und Entwicklungen im Bereich Geoinformatik etabliert.

Die internationale Geo-Community war im Oktober 2006 zu Gast in München.

Weitere Einzelheiten können nachgelesen werden unter:

- www.intergeo.de
- www.fig2006.de
- www.hinte-messe.de

Ende 2006 läuft die Amtszeit des deutschen **FIG-Präsidenten** Prof. HOLGER MAGEL aus. In München wurde Prof. STIG ENEMARK, Dänemark, als neuer FIG-Präsident und Nachfolger für die Periode 2007 bis 2010 gewählt. Neue Vizepräsidenten sind MATT HIGGINS, Australien und Dr. DALAL S. AL-NAGGAR, Ägypten.

Die **13. INTERGEO 2007** des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW) – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement findet vom 25. bis 27. September in Verbindung mit dem 55. Deutschen Kartographentag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) in Leipzig auf dem Messegelände statt.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

Gesellschaft für Geoinformatik (GfGI) am 3. 11. 2006 in Bonn gegründet

Nach mehr als einjähriger Vorbereitungsarbeit wurde in der Zentrale der Deutschen Telekom AG in Bonn die Gesellschaft für Geoinformatik e.V. (GfGI) gegründet.

28 Mitglieder haben sich in die Gründungsliste eingetragen, die Satzung verabschiedet und den Vorstand gewählt. Diesem gehören an: Prof. Dr. MANFRED EHLERS, Universität Osnabrück (Präsident), Prof. Dr. KLAUS GREVE, Universität Bonn (Erster Vizepräsident), Prof. Dr. JOSEF STROBL, Universität Salzburg, (Zweiter Vizepräsident) und Prof. Dr. LOTHAR KOPPERS,

Hochschule Anhalt, (Schatzmeister). Prof. Dr. ANTONIO KRÖGER, Universität Münster, wurde zum Beirat für Kommunikation, Dr. JOACHIM WÄCHTER, GFZ Potsdam, zum Beirat für Großforschungseinrichtungen bestellt.

Die Gründung der GfGI geht zurück auf die so genannte „*Bonner Erklärung zur Geoinformatik*“ vom 27. 9. 2005, die zwölf Hochschullehrer mit dem Ziel unterzeichnet haben, den Forschungsfokus des Faches Geoinformatik zu definieren, synergetische Forschungsansätze zu entwickeln und eine Trägerorganisation für den Aufbau eines Programms für Forschung und Lehre für diese Disziplin ins Leben zu rufen (<http://idw-online.de/pages/de/news132645>).

In der Gründungssitzung wurden noch einmal die Motive und Ziele der Gesellschaft verdeutlicht. Sie schätzt den weiten Bereich des Geoinformationswesens als außerordentlich heterogen ein und hält ihn in Bezug auf notwendige Forschungsansätze für viel zu schwach definiert. Die Folge davon sei, dass sich so genannte „Und“-Gesellschaften und -Institutionen gebildet hätten, welche Geoinformatik ihrem engeren Fachgebiet angefügt haben. Die GfGI mache dagegen Geoinformatik zum Mittelpunkt. Sie verstehe sich als wissenschaftliche Gesellschaft und nicht als Berufsverband und auch nicht als Lobby-Organisation. Sie benennt im Anhang zu ihrer Satzung „Nachbargesellschaften“ (darunter z. B. die DGfK und die DGPF), an die die Aufforderung und Einladung ergeht, mitzuarbeiten, sich auszutauschen und den Vorstand zu beraten.

Die GfGI hat sich zum Ziel gesetzt, die wissenschaftliche Geoinformatik im deutschsprachigen Raum, also auch in Österreich und in der Schweiz, zu vertreten. Weltweit fühlt sich die GfGI der „*International Society for Digital Earth*“ ISDE verbunden und strebt an, als Regionalabteilung der ISDE anerkannt zu werden.

Die GfGI wird die Zeitschrift GIS zu ihrem Sprachrohr machen und als wissenschaftliche Zeitschrift unter dem Thema Geoinformatik weiter ausbauen. Sie strebt eine Online-Ausgabe der Zeitschrift an.

Die GfGI wird in Kürze an die Fachpresse und an die überregionalen Zeitungen herantreten und über ihre Gründung und weiteren Aktivitäten informieren. Im Internet hat sie sich die Domain www.gfgi.de reservieren lassen.

ROLF HARBECK, Bonn

6. Vermessungsingenieurtag der Hochschule für Technik (HfT) am 10. November 2006 in Stuttgart

In diesem Jahr wurde von den Veranstaltern der Themenschwerpunkt „*Photogrammetrie und Fernerkundung*“ gewählt. Die alle zwei Jahre jeweils mit wechselnden Themenschwerpunkten durchgeführte Veranstaltung versteht sich als Kontakt und Fortbildungsforum für mittlerweile in der Praxis tätige Absolventen der Hochschule. Demzufolge bot das Vortragsprogramm einerseits Einblicke in aktuelle Projekte oder neue Studienprogramme an der HfT, andererseits berichteten überwiegend eigene Absolventen aus ihrer praktischen Tätigkeit. Angereichert wurde der Vortragsblock durch eine Firmen- und Behördenausstellung, die ausreichende Möglichkeiten der Kommunikation untereinander, mit den Vortragenden, den Firmen und Behördenvertretern ermöglichte. Ihren Abschluss fand die Veranstaltung in einer gemeinsamen Diskussionsrunde.

Dieses Veranstaltungskonzept hat zwischenzeitlich großen Zuspruch gefunden, sodass in diesem Jahr über 200 Teilnehmer/-innen von den Ausrichtern begrüßt werden konnten.

In den einleitenden Vorträgen der Veranstalter wurde die *automatisierte Objektextraktion aus Luft- und Satellitenbildern* (Prof. E. GÜLCH) bzw. *Laserscandaten* (Prof. M. HAHN) thematisiert. Prof. S. SCHENK entführte anschließend die Zuhörer mit seinem Vortrag über die *vermessungstechnische Aufnahme eines französischen Fürstensitzes* in die Welt der Kelten. Vervollständigt wurde der erste Vortragsblock durch einen Beitrag von Prof. H.-J. MÖNI-

CKE, der einen Überblick über die aktuellen und neuen Studienprogramme der HfT im Bereich der *Geomatik* gab.

Der zweite Veranstaltungsblock wurde eingeleitet von Dr. J. LINDENBERGER, der als einer der Mitbegründer des *luftgestützten Laserscanning* über aktuellen *Status und Trends* in diesem Bereich berichtete. Anschließend folgten 4 Vorträge von ehemaligen Absolventinnen und Absolventen, die in ihrer thematischen Vielfalt auch die heutige Bandbreite von Berufsfeldern für Geoinformatiker aufzeigen konnten. Im Einzelnen wurde über *Architekturphotogrammetrie mit „off-the-shelf“ Digitalkameras* (M. Sc. R. BOSCH), *Einsatz der digitalen Photogrammetrie in der industriellen Messtechnik* (Dipl.-Ing. S. FINDEIS) und *Virtuelle Globen* (M. Sc. K. POSER) referiert. Besonders hervorzuheben ist der Beitrag von Frau Dipl.-Ing. U. BUCK, die eindrucksvoll über die *Einsatzmöglichkeiten der digitalen Photogrammetrie in Verbindung mit Laserscanning im Bereich kriminologischer bzw. gerichtlicher Untersuchungen* vortrug.

Den Veranstaltern ist es gelungen, mit diesem 6. Vermessungsingenieurtag einen Überblick über wesentliche und aktuelle Themenschwerpunkte in der modernen Photogrammetrie zu vermitteln. Eine Veranstaltung in dieser Qualität wirkt weit über den engeren Bereich der Hochschule für Technik hinaus und verdient allgemeine Beachtung.

MICHAEL CRAMER, Stuttgart



International Society for Photogrammetry and Remote Sensing

Awards 2008

ISPRS is an international non-governmental organization that enhances international cooperation between the worldwide organizations with interests in photogrammetry,

remote sensing and spatial information sciences.

Established in 1910, ISPRS is the oldest international umbrella organization in its fields, which may be summarized as addressing “information from imagery.”

ISPRS achieves its aims by:

- Advancing knowledge in the areas of interest of ISPRS by encouraging and facilitating research and development, scientific networking and inter-disciplinary activities,
- Facilitating education and training with particular emphasis in less developed countries,
- Enhancing public recognition of the contributions of photogrammetry, remote sensing and spatial information for the benefit of humankind and the sustainability of the environment.

ISPRS Awards & Honours

The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing recognizes individual accomplishments through the sponsorship of awards and honours which are granted at each quadrennial ISPRS Congress. Nominations for deserving candidates for awards are welcome and may be made by individuals or organizations at any time, but before the deadlines given overleaf. Each nomination must be in written form (e-mail is acceptable) and submitted to an ISPRS Council member. The following is a brief summary of all awards and honours granted by ISPRS. (Year of initial presentation of each award or honor is denoted in parentheses.) The terms of reference for most awards are provided on the ISPRS home page www.isprs.org/documents/awards.html and published in the Silver Book: ISPRS Organisation and Programmes.

An *ISPRS Honorary Member* (1926) is elected by the Society in recognition of distinguished services to ISPRS and its aims. There may not be more than seven living Honorary Members of the Society at any given time. Honorary Members have the

right to attend meetings of the Society and shall not be called upon to pay registration fees at functions sponsored in the name of ISPRS.

The *Brock Gold Medal Award* (1956), sponsored by the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, is presented for an outstanding landmark in evolution of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. The award consists of a gold medallion. Ordinary Members of ISPRS are encouraged to nominate candidates for the Award. Nominations must be signed by two individuals of different nationalities and also a different nationality from that of the candidate. Nominations should be sent to Secretary General Altan by 1st October 2007.

The *Otto von Gruber Award* (1964), sponsored by the ITC Foundation, is presented to a young (less than 40 years) sole author of a paper of outstanding merit in the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences written in the four year period preceding the Congress. The Award consists of a medal and a monetary grant. Applications may be self nominated and must include three copies of the paper sent to President Dowman by 1st January 2008.

The *Schwidefsky Medal* (1988), sponsored by the German Society for Photogrammetry, Remote Sensing and GeoInformatics, is presented to persons who have made significant contributions to photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, either through the medium of publication as author or editor, or in another form. The award consists of a medal manufactured in porcelain and a certificate. Nominations for the Medal should be sent to President Dowman by 1st January 2008.

The *Willem Schermerhorn Award* (1988), sponsored by Geo-Information Netherlands is granted to a person who has most significantly contributed to the activities of a Working Group of the ISPRS during the four year Congress period. The award con-

sists of a certificate. Nominations for the Award should be sent to President Dowman by 1st January 2008.

The *Samuel Gamble Award* (1988), sponsored by the Canadian Institute of Geomatics, is presented to up to three individuals who have contributed significantly to the development, organization or professional activities of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, at the national or international level. The award consists of a certificate. Nominations should be sent to Secretary General Altan by 1st January 2008.

The *Eduard Dolezal Award* (1996), sponsored by the Austrian Society of Surveying and GeoInformation, is complimentary registration and a grant for limited travel and expense grant at least one individual, from developing or reform countries, to participate in the ISPRS Congress. Candidates are those who have permanently implemented a practical application of photogrammetry, remote sensing or GIS in an efficient manner or which documents their outstanding success in support of these fields. Applications may be self nominated and should be submitted to Secretary General Altan by 1st December 2007.

The *U.V. Helava Award* (2000), sponsored by Elsevier Science by and Leica Geosystems, LLC, consists of a grand prize of SFr. 10,000 and a silver plaque presented to the author(s) of the most outstanding paper published exclusively in the *ISPRS International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* during the four years preceding the Congress, and three runner-up prizes of a *Journal* subscription and certificate, presented to the author(s) of the best papers published in each of the other three years preceding the Congress.

The *Gino Cassinis Award* (2000), sponsored by the Italian Society for Surveying and Photogrammetry (SIFET) is presented to a person who has significantly enhanced the mathematical and statistical founda-

tions of the photogrammetry, remote sensing or spatial information sciences in the four years preceding the Congress. The award consists of SFr 2,500 and a certificate. Nominations should be submitted to President Dowman by 1st January 2008.

The *Wang Zhizhuo Award* (2008), sponsored by The Chinese Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography (CSG PC) consist of a medal and a monetary grant (SwF 2,500). It will be granted at each quadrennial ISPRS Congress to a person who has made significant achievement or innovation in the spatial information sciences. Nominations should be sent to President Dowman by 1st January 2008.

The *President's Honorary Citation* (1988), is a certificate of recognition presented by the President of ISPRS to a chairperson, co-chairperson or member of a Working Group of each ISPRS Technical Commission. The citation is to recognize special, personal and meritorious contributions to the operation of the relevant Technical Commission's activities and advancement of its interests, during the quadrennial term of the Society. Nominations should be made by the Technical Commission Presidents to President Dowman by 1st January 2008.

The *ISPRS Prizes for Best Papers by Young Authors* are sponsored by donor organizations and by ISPRS to authors who are less than 35 years old and are the sole author of a high quality paper presented to the Congress. Each prize consists of a certificate and a SFr. 2,500 grant to make it possible for the winner to participate in the Congress. To be eligible, young authors must submit their paper to Congress Director Chen Jun by 1st February 2008. At the Congress, a total of 16 *Best Poster Papers Awards* (1988) are sponsored by ISPRS. A jury for each of the eight ISPRS Commissions observes the poster presentations and selects the two best Poster Papers from the Commission. The award consists of a gift and certificate from the Congress Director.

At the Congress, the *CATCON Prizes* (1996), a software Computer Assisted Teaching Contest, will be organized by ISPRS Technical Commission VI and funded by The ISPRS Foundation. The main objective of the contest is to promote the development and dissemination of good, user-friendly software packages, www contents and data sets for computer assisted teaching, which preferably are non-commercial and free. Typically the prizes consist of a Gold Award (SFr. 3,000), Silver Award (SFr. 2,500), and Bronze Award (SFr. 1,500) and a certificate.

Submission Details

Brock Gold Medal Award: to the Secretary General by 1st October 2007.

The *Otto von Gruber Award*: to the President by 1st January 2008.

The *Schwedefsky Medal*: to the President by 1st January 2008.

The *Willem Schermerhorn Award*: to the President by 1st January 2008.

The *Samuel Gamble Award*: to the Secretary General by 1st January 2008.

The *Eduard Dolezal Award*: to the President by 1st December 2007.

The *U.V. Helava Award*: will not require a formal submission.

The *Gino Cassinis Award*: to the President by 1st January 2008.

The *Wang Zhizhuo Award*: to the President by 1st January 2008.

The *President's Honorary Citation*: to the President by TCPs by 1st January 2008.

Best Papers submitted by Young Authors, to the Congress Director by 1st February 2008.

Contact addresses

President: IAN DOWMAN
University College London
Fax: +20-7380-0453
e-mail: idowman@ge.ucl.ac.uk

Secretary General: ORHAN ALTAN
Istanbul Technical University
Fax: +90-212-285-6587
e-mail: oaltan@itu.edu.tr

Congress Director: CHEN JUN
National Geomatics Centre of China
Fax: +10 6842 4101
e-mail: chenjun@nsdi.gov.cn
e-mail: chenjun_isprs@263.net

Treasurer: STAN MORAIN
University of New Mexico
Fax: +1-505 277 3614
e-mail: smorain@edac.unm.edu

First Vice President: JOHN C. TRINDER
University of NSW, Sydney
Fax: +61- 2- 9313- 7493
e-mail: j.trinder@unsw.edu.au

Second Vice President: EMMANUEL BALTSAS-
VIAS, ETH- Hoenggerberg, Zürich
Fax: +1-633-1101
e-mail: manos@geod.baug.ethz.ch

Hochschulnachrichten

Leibniz
Universität Hannover 

Seit dem 1. Juli 2006 trägt die Universität Hannover einen neuen Namen: GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ Universität Hannover Die Umbenennung fällt mit dem 360. Ge-

burtstag des Universalgenies zusammen. LEIBNIZ wurde am 1. Juli 1646 in Leipzig geboren und hat von 1676 an mit kurzen Unterbrechungen bis zu seinem Tod 1716 in Hannover gewirkt. Dazu der Hannoveraner Universitätspräsident Professor BARKE: „GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ steht für eine

große wissenschaftliche Breite mit spezifischer Stärke im ingenieur- und naturwissenschaftlichen Bereich. Dieses passt exzellent zum aktuellen Profil und zur Weiterentwicklung unserer Universität“.

CHRISTIAN HEIPKE, Hannover

TU München

Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen



Geodäsie und Geoinformation

Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie IAPG

Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie, Prof. REINER RUMMEL
 Fachgebiet Geodätische Raumverfahren, Prof. URS HUGENTOBLER

Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement

Lehrstuhl für Geodäsie, Prof. THOMAS WUNDERLICH

Lehrstuhl für Bodenordnung und Landentwicklung, Prof. HOLGER MAGEL
 Fachgebiet Geoinformationssysteme, Prof. MATTHÄUS SCHILCHER

Institut für Photogrammetrie und Kartographie

Fachgebiet Photogrammetrie und Fernerkundung, Prof. UWE STILLA
 Lehrstuhl für Methodik der Fernerkundung, Prof. RICHARD BAMLER
 Lehrstuhl für Kartographie, Prof. LIQIU MENG

Technische Universität Wien

Dipl.-Ing. GOTTFRIED MANDLBURGER wurde im Oktober 2006 an der Fakultät für Mathematik und Geoinformation der Technischen Universität Wien mit der Dissertation *Topographische Modelle für Anwendungen in Hydraulik und Hydrologie* zum Doktor der technischen Wissenschaften (Dr. techn.) promoviert.

1. Begutachter: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. NORBERT PFEIFER, TU Wien

2. Begutachter: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. HELMUT HABERSACK, IWHW Universität für Bodenkultur Wien

Kurzfassung

Das Thema Gefahrenzonenplanung ist durch die Hochwasserereignisse der jüngsten Zeit in den Blickpunkt des öffentlichen und medialen Interesses gerückt. Die Festlegung gesetzlicher Überschwemmungsgrenzen erfolgt dabei auf der Basis von numerischen Modellen aus dem Bereich der Hydraulik und der Hydrologie. Die wesentlichste Eingangsgröße für diese Modelle ist die Topographie in Form eines digitalen Geländemodells des Wasserlaufs (DGM-W), bestehend aus Gewässerbett und Flussvorland. Die rasante Entwicklung im Bereich der Sensortechnik ermöglicht eine immer genauere und detailliertere Erfassung der Erdoberfläche und der Flusssohle. Das dabei entstehende Datenvolumen macht einen direkten Einsatz des hoch auflösenden DGM-W in den komplexen physikalischen Rechenmodellen unmöglich. Zur Bewältigung der Datenmenge wird in der Praxis zu sehr einfachen Methoden der Datenreduktion gegriffen, bei welchen der wesentliche geometrische Inhalt oft verloren geht.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt daher einerseits auf einer, zunächst möglichst präzisen, Beschreibung der Topographie des Flusslaufes und seiner Umgebung, und andererseits auf einer qualifizierten Reduktion und fachgerechten Aufbereitung der Geometrie. Letztlich besteht das Ziel darin, eine optimale geometrische Datenbasis hinsichtlich Datenanordnung und Datenvolumen für die weiterführende Anwendung in den Modellen der Hydraulik und Hydrologie zu schaffen. Diese einleitenden Gedanken unterstreichen den interdisziplinären Charakter der Arbeit zwischen Geodäsie und Hydrologie bzw. Hydraulik.

Zu Beginn werden daher die grundlegenden Begriffe und Konzepte der Geländemodellierung, wie auch der numerischen Modellierung in Hydrologie und Hydraulik, vorgestellt. Dem Spezialisten einer Fachrichtung soll dadurch ein Einblick in das je-

weils fachfremde Gebiet gegeben werden. Schwerpunktmäßig wird anschließend der Aufbau eines möglichst genauen DGM-W erläutert. Teilaspekte sind dabei die Ableitung der Wasser-Land-Grenze zur Trennung der Vermessungsdaten des Vorlandes und des Gewässerbereiches, die Modellierung der Gewässersohle, der Aufbau eines digitalen Geländemodells der Wasseroberfläche und die Ableitung hydraulisch relevanter Geländekanten. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf die Generierung des DGM-W auf Basis der derzeit gebräuchlichsten Erfassungsmethoden – Airborne Laser Scanning sowie Digitale Photogrammetrie für das Vorland und Echolot für das Gewässerbett – gelegt. Darüber hinaus wird auch auf die Problematik der Datenzusammenführung und des Datenmanagements eingegangen.

Im zweiten Teil der Arbeit wird zunächst ein allgemeiner Rahmen zur Datenreduktion dichter Geländemodelle vorgestellt. Der grundlegende Ansatz ist dabei, dass, ausgehend von einer initialen Approximation der Fläche, solange zusätzliche Punkte eingefügt werden, bis die geforderte maximale Höhentoleranz eingehalten wird. Die Verfeinerung kann prinzipiell entweder

durch Analyse der lokalen Geländekrümmung und -neigung, oder durch adaptive Verdichtung eines Dreiecksnetzes erfolgen. Darauf aufbauend wird anschließend ein Konzept zur fachgerechten Datenaufbereitung von Geometriedaten für die Anwendung in der hydrodynamisch-numerischen (HN-) Modellierung präsentiert. Dieses Konzept besteht einerseits in einer differenzierten Datendichte, wobei die für die HN-Modellierung wichtigen Bereiche entsprechend detaillierter abgebildet sind. Andererseits kommt im Bereich des Gewässerbettes einer an die Fließrichtung angepassten Datenaufbereitung besondere Bedeutung zu. Mittels derart aufbereiteter Geometriedaten werden abschließend konkrete Beispiele hydrodynamisch-numerischer Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse kritisch diskutiert.

Es stellt sich dabei heraus, dass durch die in dieser Arbeit vorgestellten Ansätze eine detaillierte Berücksichtigung der Geometrie in den numerischen Modellen der Hydraulik und Hydrologie gelingt. Dieses Ergebnis wird als Anstoß für eine weitere vertiefte Zusammenarbeit zwischen Hydrologen, Hydraulikern und Geodäten verstanden.

Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßen wir:

Dipl.-Geogr. VOLKER BALLHAUSEN, Duderstadt

Prof. Dr. LUTZ BANNEHR, Berlin

FRANZISKA BÄRENKLAU, Karlsruhe

ANITA BAYER, Möglingen

Dipl.-Ing. MATHIAS BOEDECKER, Berlin

Dr. MATTHIAS BRAUN, Bonn

Dipl.-Ing. REINHARD BRUCKMÜLLER, Innsbruck

Dipl.-Geol. TILMAN U. BUCHER, Berlin

Dr. RUDOLF H. DITTEL, Königsbrunn

MARTIN FIMIARZ, Berlin

Dipl.-Ing. PETRA HELMHOLZ, Hannover

PIERRE KARRASCH, Dresden

ALEXANDRA KÄßNER, Freiberg

CHRISTIAN KELLER, Mainz

GESINE KRISCHAUSKY, Berlin

MATTHIAS KUNZ, Dresden

Prof. Dr. RALF LUDWIG, Kiel

Dipl.-Forstwirt MATTHIAS MÖLLENKAMP, Ebergötzen

Dr. MARCO NEUBERT, Dresden

B. Sc. TOBIAS NEUMANN, Bochum

ANDREAS P. REDECKER, Witten

MATTHIAS ROLAND, Hannover

FRANZ KAI RONELLENFITSCH, Trier

Dipl.-Ing. STEFFEN SCHELLER, Dresden
 Dipl.-Geogr. DIRK TIEDE, Salzburg
 Dipl.-Umweltwiss. DANIEL TOMOWSKI,
 Osnabrück
 Dipl.-Landschaftsökologe ANDREAS VÖL-
 KER, Münster
 Prof. Dr.-Ing. GEORGE VOSSELMAN, Ensche-
 de
 Dipl.-Ing. THOMAS WESER, Angermünde

Neue Korporative Mitglieder – Firmen:
 Luftbilddatenbank Ingenieurbüro Dr.
 Carls, Estenfeld

Neue Korporative Mitglieder – Behörden:
 Amt für ländliche Räume Husum, Husum

Neue Korporative Mitglieder – Hochschu-
 len: Universität Köln, Geographisches Insti-
 tut

Buchbesprechungen

THOMAS JEKEL, ALFONS KOLLER, JOSEF STROBL, (Hrsg.), 2006: Lernen mit Geoinformation. 160 Seiten, ISBN 978-3-87907-442-6. Herbert Wichmann Verlag.

Digitale Geoinformation und die Werkzeuge der Geoinformatik spielen in vielen Lebensbereichen eine zunehmend wichtige Rolle. Der Zugang zu Geodaten ist einfacher geworden bzw. sie sind nicht selten schon integrierter Bestandteil vieler Geräte und Medien.

Der Einzug der Geoinformatik in Alltagsanwendungen (Routenplanung, Location Based Services, virtuelle Globen etc.) spiegelt sich auch in der schulischen und nachschulischen Ausbildung wieder. Mit der verbesserten technischen Infrastruktur ergibt sich die Möglichkeit und zunehmend auch die in Lehrplänen verankerte Anforderung, Geoinformationssysteme bzw. digitale raumbezogene Daten im schulischen Unterricht und in der Erwachsenenbildung einzusetzen. Mittlerweile ist eine Reihe von Tutorials und Unterrichtsbeispielen zur Anwendung von Desktop-GIS und Web-GIS für Schule, Weiterbildung und die Geoinformatikausbildung entwickelt worden. Aber wie sieht es dabei mit der Entwicklung didaktisch fundierter Methoden und Anwendungen aus? Als Kritikpunkt wird häufig angeführt, dass insbesondere in der Schule die Geoinformatik zu wenig in der Ausbildung der Lehrkräfte vertreten ist. Ein wei-

teres Problem stellt die vielerorts dürftige Hardware-Ausstattung der Schulen und sonstigen Bildungs-Institutionen dar. In diesem Zusammenhang orientiert das Buch „Lernen mit Geoinformation“ vor allem auf die technischen und konzeptionell-methodischen Herausforderungen, Probleme und Perspektiven des GIS-Einsatzes in Schule, Erwachsenenbildung und Hochschulausbildung. Den Herausgebern gelingt es mit der Veröffentlichung auch, beispielhafte Lösungsansätze bis hin zu erfolgreichen Anwendungen zu zeigen.

Das Buch gliedert sich in 3 thematische Abschnitte: Den Anfang bildet ein Themenblock zur Konzeption des Lernens mit Geoinformation, die aus verschiedenen Blickwinkeln (Geographie, Fachdidaktik, Umweltbildung und Lernpsychologie) betrachtet wird. Themenschwerpunkte sind u. a. die Trends der Ergänzung bzw. Substitution traditioneller Lehrmedien durch interaktive Onlinemedien im Unterricht, die aktuelle Situation des GIS-Einsatzes an Schulen und auf lerntheoretischen Erkenntnissen basierende didaktische Ansätze.

Im 2. Teil des Buches werden anhand von erprobten Anwendungen Beispiele für thematische bzw. methodisch-technologische Ansätze gezeigt: GIS als Unterrichtsmedium für den Unterricht, WebGIS, GPS und Desktop-GIS-Anwendungen sowie für den Unterricht verfügbare Geodaten (dienste).

Der 3. Abschnitt beschäftigt sich mit dem Einsatz insbesondere von e-Learning-Angeboten in der Geoinformatik-Ausbildung. Dabei geht es u. a. um die Optimierung der Wirksamkeit der Lernprozesse, die Erleichterung des Einstieges in e-Learning und organisatorisch-strategische und ökonomische Aspekte zur nachhaltigen Nutzung von Online-Lehrmaterialien. Die Darstellung der Entwicklungs- und Verbreitungstendenzen von digitalen Unterrichtsmedien und deren Voraussetzungen runden die Darstellung ab.

Das Buch ist jedem zu empfehlen, der sich einen Einblick in das Thema verschaffen möchte. Es wendet sich dabei insbesondere an Lehrer an Schulen, Lehrende an Hochschulen, Anbieter von Geoinformation sowie Studierende und Wissenschaftler in den Bereichen Fachdidaktik und Geoinformatik.

THOMAS KASTLER, Osnabrück

MARCO NEUBERT, 2006: Bewertung, Verarbeitung und segmentbasierte Auswertung sehr hoch auflösender Satellitenbilddaten vor dem Hintergrund landschaftsplanerischer und landschaftsökologischer Anwendungen. In: Csaplovics, E. (Hrsg.): Fernerkundung und angewandte Geoinformatik. Bd. 1. Rhombos-Verlag: Berlin. 152 S. ISBN 3-938807-20-2

Seit wenigen Jahren steht eine stetig zunehmende Vielfalt an sehr hoch auflösenden Satellitenbilddaten und neuen Auswertungsmethoden zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund stellt Marco Neubert in seiner Veröffentlichung anhand von IKONOS-Daten die Potenziale und Probleme sehr hoch auflösender Satellitenbilddaten vor und analysiert die zunehmend verbreiteten segmentbasierten Auswertungsverfahren. Er nähert sich in der Veröffentlichung seiner Dissertation dem Thema sehr hoch auflösender Satellitenbilddaten zum einen methodisch mit dem Schwerpunkt der segmentbasierten Klassifikationsverfahren, dem Vergleich unterschiedlicher Segmentierungssoftware sowie dem Vergleich von segment- und pixel-

basierter Klassifikation. Zum anderen verfolgt er einen anwendungsorientierten Schwerpunkt mit den Beispielen Landschaftsanalyse und Aktualisierung der Biotop- und Nutzungstypenkartierung sowie Möglichkeiten der Berechnung von Landschaftsstrukturmaßen. In dieser methodischen und gleichzeitig anwendungsorientierten Sichtweise geht er über den technologisch möglichen Einsatz hinaus und bezieht Fragen der Kosten-Nutzenanalyse in seine Darstellung mit ein, um einen kritischen Beitrag zum Einsatz neuer Daten und Verfahren zu leisten.

Der Autor bringt sein Fachwissen, das er durch seine Arbeit am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. in Dresden (IÖR) und an der Technischen Universität Dresden gesammelt hat, hervorragend und gut verständlich an den Leser. Mit dieser Veröffentlichung als ersten Band der neu begründeten Schriftenreihe „Fernerkundung und angewandte Geoinformatik“ des Lehrstuhls Fernerkundung der Technischen Universität Dresden ist von den Herausgebern sicherlich der Weg bereitet für die angewandte Fernerkundung in der Landschaftsplanung und -ökologie, einem Forschungsfeld, in dem sowohl die TU Dresden als auch das IÖR bereits langjährige Erfahrungen aufweisen.

Das Buch ist in drei Teile gegliedert: Zunächst werden in dem *ersten Teil* nach einer Einführung in die Thematik, Grundlagen und Stand der Wissenschaft zu Eigenschaften sehr hoch auflösender Satellitenbilddaten erläutert sowie verschiedene Verfahren der Auswertung vorgestellt und miteinander verglichen. Mit einem abschließenden Abschnitt zu Problemen der Fernerkundung wendet sich die Arbeit von dem zuvor beschreibenden Stand der Technik zur Anwendungsorientierung. Im *zweiten Teil* werden die verwendeten Datengrundlagen und die Methodik erläutert. Der Autor geht auf die analysierten IKONOS-Szenen (Dresden und vordere Sächsische Schweiz) sowie die angewendeten Verfahren der Vorprozessierung ein und bewertet diese. Anschließend wird die Software eCognition vorgestellt, mögliche Verfahren der Segmentierung so-

wie acht verschiedene Segmentierungsprogramme werden verglichen. Die Klassifikationsergebnisse der segmentbasierten Auswertung werden der pixelbasierten Klassifikation gegenübergestellt. Im letzten und *dritten Teil* behandelt der Autor die Anwendung segmentbasierter Klassifikationsverfahren auf IKONOS-Daten am Beispiel der Landschaftsanalyse und der automatisierten Aktualisierung der Biotop- und Nutzungstypenkartierung.

Seine Ergebnisse stellt Marco Neubert in tabellarischer Form und anhand von Bildbeispielen klar und anschaulich dar. Dem Autor ist es gelungen, dieses aktuelle Thema gut verständlich und umfassend dazulegen. Der Spagat zwischen der Veröffentlichung einer wissenschaftlichen Arbeit und einer für ein sehr heterogenes Leserauditorium verschiedener Disziplinen gelingt ihm. Die umfassende Darstellung des aktuellen Forschungsstandes bedingt jedoch gleichzeitig, dass sich diese Arbeit stark am derzeitigen Stand der Technik orientiert, der sich gegenwärtig rapide weiterentwickelt. Zum anderen mag sich der Leser fragen, inwieweit die Ergebnisse der analysierten IKONOS-Daten in den zwei Untersuchungsgebieten, auf andere sehr hoch auflösende Datensätze und Räume übertragbar sind. Ähnlich hätte auch der Einsatz von Landschaftsstrukturmaßen, der in dieser Studie für die Landschaftsanalyse vorgesehen war, jedoch aufgrund der Lage der Objektgrenzen auf Probleme stieß, in eine weiterführende Diskussion eingebettet werden können. Hinsichtlich des Mehrwertes neuer segmentbasierter Verfahren hätte sich der Leser an einigen Stellen eine kritischere Herangehensweise gewünscht.

Besonders hervorzuheben ist diese Arbeit vor allem aufgrund der Gegenüberstellung und Bewertung verschiedener segmentbasierter Verfahren, die dem Autor gut gelungen ist. Die von Marco Neubert aufgezeigten offenen Fragen weisen auf den großen Forschungs- und vor allem Evaluierungsbedarf in der angewandten Fernerkundung hin.

Zusammenfassend kann das Buch sowohl Wissenschaftlern der Fernerkundung, als

auch interessierten Praktikern der Landschaftsplanung und -ökologie empfohlen werden. Marco Neuberts Veröffentlichung bietet dem Leser einen sehr gelungenen Einstieg in Einsatzmöglichkeiten sehr hoch auflösender Fernerkundungsdaten mithilfe segmentbasierter Verfahren. Es wird sicherlich auf großes Interesse stoßen und einen guten Auftakt für diese neue Schriftenreihe darstellen.

TOBIA LAKES, Berlin

RAINER SANDAU, (Hrsg.) 2005: International Study on Cost-Effective Earth Observation Missions. 160 S., gebunden. A.A. Balkema Publishers, a member of Taylor & Francis Group plc. P.O. Box 447, NL-2300 AK Leiden, e-mail: Pub.NL@tandf.co.uk. ISBN 10: 0-415-39136-9, ISBN 13: 9-78-0-415-39136-8. Copyright: DLR Berlin

Die Internationale Akademie der Astronautik (IAA) ist gegenwärtig sehr darum bemüht, die Kosten für Erdbeobachtungen zu reduzieren. RAINER SANDAU als verantwortlicher Leiter eines großen Forschungsbereiches des DLR und Leiter der Kommission Space Systems Operation & Utility der IAA (siehe auch PFG 3/2006, S. 243/244), hat in diesem Buch die neuesten Erkenntnisse und Ergebnisse zu diesem Komplex zusammengetragen. Insgesamt sind 34 Autoren beteiligt an diesem Werk.

Das Buch ist in folgende Kapitel gegliedert:

- Zusammenfassung
- Einleitung
- Definition der Kosteneffektivität von Erdbeobachtungs-Missionen
- Grundlagenmaterial und Organisation
- Die „Kosten-Treiber“ der Missionen
- Kosten-Abschätzung und -Modellierung
- Wie erreicht man Kosteneffektivität für Missionen?
- Anwendungen, Status quo und Vorhaben
- Schulung und Ausbildung
- Schlussfolgerungen und Vorschläge

In der Zusammenfassung wird in Erinnerung gerufen, dass zu Beginn der Raumfahrt

alle Raumflugkörper klein waren. Aus den Erfahrungen mit dem Betrieb der ersten Satelliten ergaben sich Wünsche, Forderungen, Vorschläge für immer komplexere Systeme. Die Realisierung dieser Forderungen führte zu spiralförmig wachsenden Kosten, zu längeren Entwicklungszeiten, damit zu weniger Missionen.

Die Rückkehr zu kleineren Satellitensystemen wurde eingeleitet durch:

- Beschränkung der Missionen auf ein einziges Gerät bzw. einen Sensor für spezifische Aufgaben,
- Reduzierung der Budgets für die Raumfahrt.

Die IAA hatte schon 1988 dazu aufgerufen, die Forschungs- und Entwicklungspotentiale auf Studien zur Entwicklung kleiner, kostengünstiger Satellitenmissionen zu orientieren. Dieser Vorschlag wurde von UN-Copuos und den UNISPACE-Konferenzen aufgegriffen und favorisiert. Die IAA hat schließlich im Jahre 2002 eine Arbeitsgrup-

pe unter Leitung von RAINER SANDAU installiert, um diese Aufgabe zu untersuchen. Die Ergebnisse sind in diesem Buch zusammengefasst.

Ein Resultat der Aktivitäten der Arbeitsgruppe ist der Vorschlag, folgende Nomenklatur für kleine Satelliten einzuführen:

- Mini-Satelliten < 1000 kg
- Mikro-Satelliten < 100 kg
- Nano-Satelliten < 10 kg
- Pico-Satelliten < 1 kg

Dieses Buch enthält eine Fülle von interessanten Informationen. Auch wenn einige Beiträge, wie z. B. der im Kapitel 8 über Training and Education, hier etwas deplatziert erscheinen, das Werk ist eine Sammlung von sehr unterschiedlichen Aspekten der Raumfahrt/ Fernerkundung. Es ist sicher auch kein Lehrbuch für Hochschulen, aber es wird 3–5 Jahre aktuell bleiben, als Nachschlagewerk sehr nützlich sein und manche Entscheidung erleichtern.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

Vorankündigungen

2007

11.–17. Februar: 14. **Internationale Geodätische Woche** des Instituts für Geodäsie der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck in **Obergurgl**, Tirol, Österreich. Auskünfte durch: Dr. Thomas Weinhold, A-6020 Innsbruck, Technikerstr.13, Tel.: +43-512-507-6757 oder 6755, Fax: +43-512-507-2910, e-mail: geodaetischewoche@uibk.ac.at, http://geodaesie.uibk.ac.at/geod_wo.html

19.–24. Februar: **International Conference on Environment: Survival & Sustainability (ESS2007)** in **Nicosia**, Nord Zypern. Auskünfte durch: Conference Secretariat, e-mail: ess2007@neuconference.org, <http://www.neuconference.org/>

20.–22. Februar: **GlobalGeo, 3rd Geomatics Geotelematics International Show** in **Barce-**

lona. Auskünfte durch: Tel.: +34-93-233 2000, www.globalgeobcn.com

20.–23. Februar: 7th **Geomatic Week in Barcelona**. Auskünfte durch: Romina Canals, Tel.: +34-93-556-9280, e-mail: recepio@ideg.es, info@setmana-geomatiga.org, www.setmana-geomatiga.org/front/en/

1./2. März: **INTERGEO East 2007** in **Sofia**. Auskünfte durch: Tel.: +49-721-93133 750, e-mail: dkatzer@hinte-messe.de, www.tergeo-easr.com

4.–7. März: **GITAs Annual Conf. 30** in **San Antonio, TX, USA**. Auskünfte durch: Tel.: +1-303-337 0513, e-mail: info@gita.org, www.gita.org

5.–8. März: **CARIS 2007** in **Kuala Lumpur**. Auskünfte durch: Tel.: +1-506-458 8533,

e-mail: caris2007@caris.com, www.caris.com/caris2007

9.–12. März: **ACSM-IPLSA-MSPS Annual Conference** in **St. Louis, MI, USA**. Auskünfte durch: Tel.: +1-240-632 9716, e-mail: colleencampbell@mindspring.com, www.acsm.net

12.–14. März: **ISPRS WG VII/1 Joint 10th International Symposium on Physical Measurement & Signatures in Remote Sensing** in **Davos, Schweiz**. Auskünfte durch: Michael Schaepman, e-mail: Michael.Schaepman@wur.nl oder Dr. Mathias Kneubuehler, e-mail: kneub@geo.unizh.ch, http://www.ispmsrs07.org

13.–16. März: **GeoForm+** in **Moskau**. Auskünfte durch: Tel.: +7-495-982 5069, e-mail: info@mvk.ru, www.mvk.ru

14.–16. März: **12. Münchner Fortbildungseminar "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.rundertischgis.de; vollständiges Programm und Anmeldung: www.rtg.bv.tum.de/index.php/article/archive/18/, Tel.: +49-89-2892 28 49, Fax: +49-89-2892 28 78, e-mail: roland.dietrich@bv.tum.de

15.–21. März: **CeBIT 2007** in **Hannover**. Auskünfte: www.cebit.de

26.–29. März: **Map Middle East 2007** in **Dubai, UAE**. Auskünfte durch: Tel.: +971-4-2045 350-51, e-mail: info@mapmiddleeast.org, www.mapmiddleeast.org

28./29. März: **GI – TAGE – NORD – 2007** „Technologien und Perspektiven für Digital-Earth-Initiativen: Nachhaltigkeit und GDI“. Geodateninfrastrukturen, 3D-Modellierungen und Umweltmodellierungen in **Hannover**. Auskünfte durch: Verein zur Förderung der Geoinformatik in Norddeutschland (GIN) e.V., Tel.: +49-541-969 4591, e-mail: info@gin-online, www.gi-tage-nord.de

11.–13. April: **4th IEEE GRSS und ISPRS WG III/2 + 5, VIII/1, VII/4 Joint Workshop on Remote Sensing & Data Fusion over Urban Areas** and **6th International Symposium on Remote Sensing of Urban Areas in Paris**. Auskünfte durch: Paolo Gamba, e-mail: paolo.gamba@unipv.it oder urban_2007@unipv.it oder Carsten Jürgens, e-mail: cars ten.juergens@rub.de, tlc.unipv.it/urban-remote-sensing-2007/

17.–20. April: **Internationaler Ingenieurvermessungskurs** in **Graz**. Tagungsleiter: Prof. Dr. Fritz K. Brunner, TU Graz, Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme. Informationen: www.iv2007.tugraz.at

23.–25. April: **ISPRS WG VII/1 + 3 Joint 5th EARSeL SIG IS Workshop "Imaging Spectroscopy: Innovation in Environmental Research"** in **Bruges, Belgien**. Auskünfte durch: Ms. June Cools, e-mail: june.cools@vito.be oder Walter Debruyne (Co-Chair WG VII/3), e-mail: walter.debruyne@vito.be, http://5thearselsigis.vgt.vito.be/

7.–11. Mai: **ASPRS Annual Conference "Identifying Geospatial Solutions"** in **Tampa, FL, USA**. Auskünfte durch: ASP RS, e-mail: asprs@asprs.org, www.asprs.org/tampa2007/

14.–18. Mai: **SSC2007 – Spatial Sciences Institute International Biennial Conference** in **Hobart, Australien**. Auskünfte durch: Tel.: +61-3-9682 0244, e-mail: ssc2007@icms.au, www.ssc2007.com

16.–18. Mai: **ISPRS WG VII/2 + 7 joint Conference on Information Extraction from SAR & Optical Data** in **Istanbul**. Auskünfte durch: Dr. Cigdem Goksel, Tel.: +90-212-285 3411, e-mail: goksel@itu.edu.tr, www.isprs2007ist.itu.edu.tr/

23.–25. Mai: **Joint CIG and ISPRS WG IV/8 + 5 3rd International Symposium on Geoinformation for Disaster and Risk Management (Gi4DM2007)** in **Toronto**. Auskünfte durch: Jonathan Li, Tel.: +1-416-979 5000 6469, e-mail: junli@ryerson.ca, www.cig-acsg.ca/cig2007/

- 28.–31. Mai: **ISPRS IC WG I/V + V/I, WG I/2 + 3 5th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT20 07)** in **Padua**, 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, www.cirgeo.unipd.it/sitocirgeo/mmt_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 oder Christian Heipke, e-mail: heipke@ipi.uni-hannover.de, http://www.ipi.uni-hannover.de/ISPRS_workshop_07
- 2.–6. Juni: **FIG XXX General Assembly and Working Week in HongKong**. Auskünfte durch: FIG Office, e-mail: fig@fig.net, www.fig.net/events/events2007.htm
- 7./8. Juni: **3. GIS-Ausbildungstagung 2007** am GFZ in **Potsdam**. Auskünfte: Prof. Jochen Schiewe, e-mail: jschiewe@igf.uni-osnabrueck.de, <http://gis.gfz-potsdam.de>
- 13.–15. Juni: **ISPRS WG II/7 Spatial Data Quality 2007 – 5th International Symposium** in **Enschede**, Niederlande. Auskünfte durch: Wenzhong SHI, Tel.: +852-2766-5975 oder +31-53-4874 333, e-mail: lswzshi@polyu.edu.hk oder issdq2007@itc.nl, www.itc.nl/issdq2007
- 14.–16. Juni: **3rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies – “Space for a More Secure World” (RAST 2007)** in **Istanbul**. Auskünfte durch: RAST2007 Secretariat, e-mail: rast2007@rast.org.tr, www.rast.org.tr/
- 19.–21. Juni: **Gemeinsame Jahrestagung 2007 von SGPBF, DGPF und OVG** in Muttenz/Schweiz unter dem Motto »*Von der Medizintechnik bis zur Planetenforschung*«. – 80. Hauptversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung SGPBF (www.sgpbf.ch/content/view/9/16/).
- 27. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation DGPF (www.dgpf.de).
- Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation OVG (www.ovg.at).
- Organisation: Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institut Vermessung und Geoinformation, Gründenstrasse 40, CH-4132 Muttenz, Prof. Stephan Nebiker, Tel.: +41-61-467-4336, Fax: +41-61-467-44 60, e-mail: Stephan.nebiker@fhnw.ch
- 20.–22. Juni: **Geoinformation Forum Japan 2007** in **Pacifico Yokohama**, Japan. Auskünfte durch: Tel.: +81-3-5684 3356, e-mail: geoforum@jsurvey.jp, www.jsurvey.jp/eng-geoforum2006.htm
- 23.–27. Juni: **IEEE/IGARSS 2007 with ISPRS WG VII/4 Joint session in Barcelona**. Auskünfte durch: IEEE Conference Services, e-mail: conference-services@ieee.org oder Roman Arbiol (Chair WG VII/4), e-mail: arbiol@icc.es, www.grss-ieee.org/
- 25.–29. Juni: **32nd International Symposium on Remote Sensing of Environment: Sustainable Development through Global Earth Observation with ISPRS WG VII/6 special session in San Jose**, Costa Rica. Auskünfte durch: Chiyo Yamashita-Gill, Tel.: +520-621-8567, Fax: +520-621-7834, e-mail: chio@ag.arizona.edu oder Jie Shan (Co-Chair WG VII/6), e-mail: jshan@ecn.purdue.edu, www.symposia.org
- 27.–29. Juni: **Joint Workshop von ISPRS WG II/3 + 5, IV/4 + 6 und DGFK “Visualization & Exploration of Geospatial Data”** in **Stuttgart**. Auskünfte durch: Prof. Jochen Schiewe, e-mail: jschiewe@igf.uni-osnabrueck.de oder Prof. Michael Hahn, e-mail: michael.hahn@hft-stuttgart.de, www.igf.uni-osnabrueck.de/isprs07/

3.–6. Juli: **GI_FORUM – Symposium and Exhibit for Applied Geoinformatics in Salzburg**. “We solicit papers on emerging topics and research outcomes related to Geoinformatics methodology”. Conference Chair: Josef Strobl, Programme Chair: Adrijana Car. Auskünfte: www.gi-forum.org

4.–6. Juli: **AGIT 2007 – Symposium und Fachmesse für Angewandte GeoInformatik in Salzburg**. Themen: Naturraum und Landschaft, Klima und Hydrologie, Health GIS: Gesundheit, Medizin und Umwelt, geoGovernment u. a. 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, Thomas Blaschke, e-mail: Thomas.Blaschke@sbg.ac.at, www.uni-salzburg.at/zgis/lang, www.agit.at/obia

9.–12. Juli: **8th Conference on Optical 3D Measurement Techniques in Zürich**. Auskünfte durch: Liliane Steinbruckner, e-mail: stein@geod.baug.ethz.ch, Prof. A. Gruen, e-mail: agruen@geod.baug.ethz.ch, www.photogrammetry.ethz.ch/optical3d

12./13. Juli: **2nd ICA Workshop on Geospatial Analysis & Modeling “Spatial Structure & Dynamics of Urban Environments” in Athens, GA, USA**. Auskünfte durch: Dr. Xiaobai Angela Yao, e-mail: xyao@uga.edu, Dr. Bin Jiang, e-mail: bin.jiang@polyu.edu.hk, www.ggy.uga.edu

18.–20. Juli: **4th Bi-annual International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Data (MULTI TEMP-2007) in Leuven, Belgien**. Auskünfte durch: Dr. Pol Coppin, Tel.: +32-16-32 1622, Fax: +32-16-32 1999, e-mail: multi-temp-2007@biw.kuleuven.be, www.biw.kuleuven.be/multitemp2007

23.–27. Juli: **IEEE/IGARSS 2007 with ISPRS WG VII/4 joint session in Barcelona**. Auskünfte durch: Conference Secretariat,

Tel.: +34-93-401-7441, e-mail: igarss07@cimne.upc.es, Roman Arbiol, e-mail: arbiol@icc.es, www.igarss07.org

4.–10. August: **XXIII ICA International Cartographic Conference in Moskau**. Auskünfte durch: ICC2007 Secretary, Tel./ Fax: +7-95-124-3535, e-mail: info@icc2007.com, www.icc2007.com/

15./16. August: **2th ISPRS 3D-Arch Conference “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures” in Zürich**. Auskünfte durch: Fabio Remondino, e-mail: Fabio@geod.baug.ethz.ch, www.3d-arch.org

20.–23. August: **45th URISA (Urban and Regional Information Systems Association) Annual Conference and Exposition in Washington, DC**. Auskünfte durch: Tel.: +1-847-824 6300, e-mail: info@urisa.org, www.urisa.org/

28./29. August: **ISPRS Workshop on “Updating Geospatial Databases with Imagery” & the 5th ISPRS Workshop on DMGIS in Urumchi, China**. Auskünfte durch: Jie Jiang, Tel.: +86-10-6848 3218, e-mail: jiangjie_263@263.net, www.isprs.wg41.nsd.gov.cn

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, www.ifp.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltungen.html

12.–14. September: **ISPRS WG I/4, IV/9 Workshop & Annual Conference of the Remote Sensing and Photogrammetry Society (RSPSoc) 2007 “Challenges for earth observation – scientific, technical and commercial” in Newcastle upon Tyne, UK**. Auskünfte durch: Jon Mills, e-mail: j.p.mills@ncl.ac.uk und David Holland, e-mail: david.holland@ordnancesurvey.co.uk www.rspso2007.org/

12.–14. September: **ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop on Laser Scanning – LS2007** in **Espoo**, Finnland. Auskünfte durch: Juha Hyypä, Tel.: +358-9-2955-5305, Fax: +358-9-2955-5200, e-mail: juha.hyypa@fgi.fi, www.foto.hut.fi/lis2007/lis2007.html

12.–15. September: **45. Wissenschaftliche Tagung des Deutschen Markscheider-Vereins „Wir geben die Richtung vor“** in **Leipzig**. Auskünfte durch: Carsten Wedekind, e-mail: c.wedekind@wismut.de oder geschaeftsstelle@dmv-ev.de, www.dmv-ev.de („Aktivitäten“)

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, www.ipk.bv.tum.de/isprs/pia07

19.–23. September: **Conference on Spatial Information Theory (COSIT)** in **Melbourne**, Australien. Auskünfte durch: Stephan Winter, Tel.: +61-3-8344-7875, Fax: +61-3-9347-2916, e-mail: winter@unimelb.edu.au, http://www.cosit.info

24.–28. September: **XIII. ISM (International Society for Mine Surveying) Congress** in **Budapest**. Auskünfte durch: Tel.: +36-1-301-2945, e-mail: kalman_baratosi@mbh.hu, www.ism.rwth-aachen.de

25.–27. September: **ISPRS WG II/1, VII/6 + 7 joint Conference on Techniques & Applications of Optical & SAR Imagery Fusion “Mapping without the Sun”** in **Chengdu**, China. Auskünfte durch: Secretariat, Tel.: +86-10-6824 7205, e-mail: imagefusion07@casm.ac.cn, www.commission7.isprs.org/wg6

25.–27. September: **13. INTERGEO 2007** „Wissen und Handeln für die Erde“ in **Leipzig**, Messengelände. Auskünfte durch: e-mail:

www.dvw.de, www.intergeo.de und www.hinte-messe.de

1.–6. Oktober: **ISPRS XXI CIPA International Symposium** in **Athen**. Auskünfte durch Organizing Committee, e-mail: cipa thens_2007@survey.ntua.gr, Congress Secretariat, e-mail: Cipa07_secr@triaenatou rs.gr, www.survey.ntua.gr/hosted/cipathens_2007/

13.–16. November: **ISPRS WG I/6 Workshop on Earth Observation Small Satellites for Remote Sensing Applications** in **Kuala Lumpur**, Malaysia. Auskünfte durch: Mazlan Hashim, Tel.: +60-7-553 0873, Fax: +60-7-55 6163, e-mail: mazlan@fksg.utm.my, www.commission1.isprs.org/wg6

15.–17. November: **ISPRS WG VII/7 Workshop** in **Riyadh**, Saudi-Arabien. Auskünfte durch: Dr. Sultan Al Sultan, Tel.: +966-60-0050, e-mail: rsensing_2004@yahoo.com

4.–6. Dezember: **3rd International Conference „Earth from Space – the most Effective Solution“** in **Moskau**. Auskünfte durch: Tel.: +7-495-939-5640, e-mail: conference@sca nex.ru, www.transparentworld.ru/conference

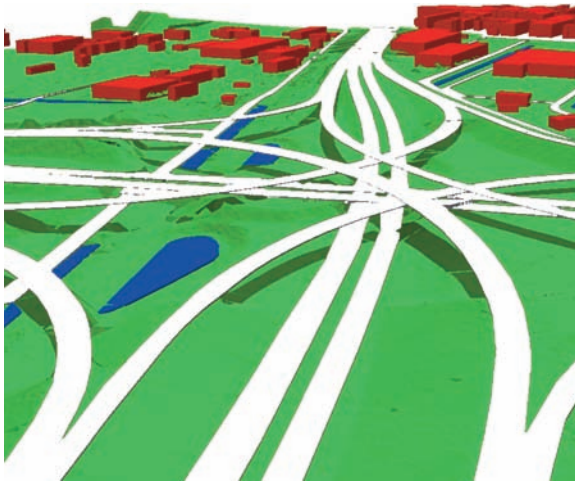
2008

14.–19. Juni: **FIG XXXI General Assembly & Working Week** in **Stockholm**. Auskünfte durch: FIG Office, e-mail: fig@fig.net, www.fig.net/events/2008/fig_2008_stockholm.pdf

3.–11. Juli: **XXI ISPRS Kongress** in **Beijing**, China. Auskünfte durch: Prof. Chen Jun (Congress Director), e-mail: congressdirector@isprs2008-beijing.org oder Mr. Wang Qian, Tel.: +86-10-6834 6614, Fax: +86-10-6831 1564, e-mail: loc@isprs2008-beijing.org, http://www.isprs2008-beijing.org/

Zum Titelbild

Modell eines Verkehrsknotens



Diese Rekonstruktion des Verkehrsknotens

‘Prins Clausplein’ *

in den Niederlanden ist eine Kombination der Topographischen Karte mittleren Maßstabes (1:10 000) mit automatisch aus Laser Scanner Daten rekonstruierten topographischen 3D-Objekten. Die Laserhöhenmessung aus dem Flugzeug oder dem Hubschrauber ergibt zuverlässige 3D-Informationen, die

bis zu einem gewissen Grade automatisch oder halbautomatisch in 3D-Darstellungen umgerechnet werden können. Unter Einbeziehung zusätzlicher Informationen, wie z. B. 2D GIS-Daten, lässt sich der Prozess zeitlich und hinsichtlich Zuverlässigkeit verbessern.

In der Abbildung ist zu erkennen, dass Wege in vier unterschiedlichen Ebenen dargestellt sind. Auch wenn der Laser nicht in der Lage ist, verdeckte Details von Wegen sichtbar zu machen, können mit den erarbeiteten Algorithmen Straßenführungen in allen vier Niveaus erfolgreich rekonstruiert werden und auch Diskontinuitäten erhalten bleiben.

* SANDER OUDE ELBRINK & GEORGE VOSSELMAN, 2006: Adding the third Dimension to a Topographic Database using Airborne Laser Scanner Data. Symposium of ISPRS Commission III: Photogrammetric Computer Vision, PCV’06, Bonn 20.–22.9.2006, p.92–97.

Neuerscheinungen

HANS-GERD MAAS & DANILO SCHNEIDER, (Edit.), 2006: Symposium of ISPRS Commission V – Image Engineering and Vision Metrology. Vol. XXXVI, Part 5. 325 S. mit CD ROM. ISSN 1682-1750. Available from GITC bv, P.O. Box 112, NL-8530 AC Lemmer. Fax: +31-514-56185, e-mail: mail box@gitc.nl www.gitc.nl

MICHAEL HERTER & BJÖRN KOOS, 2006: Java und GIS. Programmierung – Beispiele – Lösungen. IX, 318 S., Kartoniert, mit CD-ROM. ISBN 3-87907-379-1. Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. www.huethig.de. € 62.–

JOSEF STROBL & CORNELIUS ROTH (Hrsg.), 2006: GIS und Sicherheitsmanagement. XV, 188 S., Kartoniert. ISBN 3-87907-432-1. Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. www.huethig.de. € 40.–

PETER BARBER, (Hrsg.), 2006: Das Buch der Karten. Meilensteine der Kartographie aus drei Jahrtausenden. 360 S., über 200 meist farb. Abb., Gebunden mit SU. ISBN-10: 3-89678-299-1, ISBN-13: 978-3-89678-299-1. Primus Verlag, Riedeselstr. 57a, 64283 Darmstadt, www.primusverlag.de. € 49,90

DIETER DRESBACH & OTTO KRIEDEL, 2007: Kataster-ABC. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Kartoniert. ISBN 3-87907-408-9. Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. www.huethig.de

JÖRG ALBERTZ & MANFRED WIGGENHAGEN, 2007: Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung. 5., völlig neu bearb. und erw. Auflage. ca. 300 S. Gebunden. ISBN 3-87907-384-8 Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. www.huethig.de. € 44.–