

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2011, Heft 1

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer

Schriftleiter:
Prof. Dr. rer.nat. Carsten Jürgens, Prof. Dipl.-Ing. Thomas P. Kersten,
Prof. Dr. rer.nat. Lutz Plümer und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

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



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



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

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



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



GeoUnion
Alfred-Wegener-Stiftung

Herausgeber:

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

Published by:

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

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch®) Journal Citation Reports/Science Edition
Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Institut für Angewandte Informatik, Universität der Bundeswehr München, D-85577 Neubiberg, e-mail: Helmut.Mayer@unibw.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, Prof. Dipl.-Ing. Thomas P. Kersten, HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik, Hebebrandstr.1, D-22297 Hamburg, e-mail: thomas.kersten@hcu-hamburg.de, Prof. Dr. rer.nat. Lutz Plümer, Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn, e-mail: Lutz.Plumer@ikg.uni-bonn.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: 6 Hefte pro Jahrgang.

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

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

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

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

PFG – Jahrgang 2011, Heft 1

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

LUHMANN, T., OHM, J., PIECHEL, J. & ROELFS, T.: Geometrische Kalibrierung von Thermografiekameras	5
XIE, H., HEIPKE, C., LOHMANN, P., SOERGEL, U., TONG, X. & SHI, W.: A New Binary Encoding Algorithm for the Simultaneous Region-based Classification of Hyperspectral Data and Digital Surface Models	17

Berichte und Mitteilungen

Berichte von Veranstaltungen

ISPRS Commission III Symposium »Photogrammetric Computer Vision« vom 1.–3. September in Paris, Frankreich	35
10 th International Scientific and Technical Conference “From imagery to map: Digital photogrammetric technologies” vom 20.–23. September 2010 in Gaeta, Italien	36
47. Tagung der Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS (AgA) vom 27.–28. September 2010 in Dresden	39
Enviroinfo2010 – Umweltinformatiktagung in Kooperation mit der INTERGEO vom 6.–8. Oktober 2010 in Köln und Bonn	41
Workshop der ISPRS WG I/4 vom 11.–13. Oktober 2010 in Istanbul, Türkei	42

Persönliches

Dr.-Ing. WOLFGANG BRINDÖPKE †	44
Ehrenpräsident Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ †	45

Veranstaltungskalender	47
Neuerscheinungen	48
Zum Titelbild	49
Korporative Mitglieder	50

Zusammenfassungen der „Originalbeiträge“ und der Beiträge „Aus Wissenschaft und Technik“
(deutsch und englisch) sind auch verfügbar unter www.dgpf.de/neu/pfg/ausgaben.htm



Geometrische Kalibrierung von Thermografiekameras

THOMAS LUHMANN, JULIA OHM, JOHANNES PIECHEL & THORSTEN ROELFS, Oldenburg

Keywords: Thermalkamera, geometrische Kalibrierung, Genauigkeit, Testfeld, Bündelausgleichung

Summary: *Geometric Calibration of Thermal Cameras.* This paper discusses strategies, tools and methods for the geometric calibration of close-range thermal cameras as they are widely used for building monitoring and material testing. Two different testfields have been developed and tested whereby each of them provides target points in the thermal spectrum. Four different cameras with solid-state imaging sensors have been calibrated. In general, all lenses show relatively large distortions due to decentering of lenses and non-orthogonality of the image coordinate system. Using a 2D testfield with burning lamps an accuracy of 0.3 pixels can be achieved while a 3D testfield with reflective circular targets provides residuals in the order of 0.05 pixels. This leads to geometrically improved thermal images that can be used to achieve higher quality for various applications, such as mosaicking, 3D-texturing or pan sharpening.

Zusammenfassung: Dieser Beitrag befasst sich mit Strategien, Werkzeugen und Methoden zur geometrischen Kalibrierung von Thermografiekameras, wie sie für Bauwerksüberwachung und Materialprüfung eingesetzt werden. Hierfür wurden zwei verschiedene Testfelder entwickelt und erprobt, mit denen Punktziele im thermalen Spektralbereich der Kameras bereitgestellt werden können. Vier verschiedene Kameras mit Festkörper-Sensoren wurden kalibriert. Die Kalibrierergebnisse unterscheiden sich deutlich von Kamera zu Kamera. Alle Objektive weisen relativ große Verzeichnungen auf, hervorgerufen durch Dezentrierung der Linsen und durch Abweichungen von der Orthogonalität der Bildkoordinatenachsen. Die durchschnittlichen Genauigkeiten liegen bei 0,3 Pixel für ein mit Lämpchen versehenes, ebenes Testfeld, während ein reflektierendes 3D-Testfeld mit kreisförmigen Zielmarken zu Restfehlern von 0,05 Pixel führt. Ziel sind geometrisch verbesserte Thermalbilder für verschiedene Anwendungen, wie Mosaikbildungen, 3D-Texturierungen und Pan Sharpening, um deren Qualität signifikant zu steigern.

1 Kameratechnologie

1.1 Physikalischer Hintergrund

Thermografiekameras sind in den Bereichen Materialprüfung, Qualitätssicherung und Inspektion von Gebäuden weit verbreitet. In all diesen Fällen ist die radiometrische Information über Temperaturverteilung von größtem Interesse. Geometrische Anwendungen sind dagegen eher selten, die Entwickler und Anbieter von Kameras zeigen daher noch wenig Interesse an photogrammetrischen Techniken. Dementsprechend wird auch die geometrische Kalibrierung dieser Systeme in der Regel ver-

nachlässigt – mit Ausnahme einiger Beiträge, die sich mit dieser Problematik befassen (BUYUKSALIH & PETRIE 1999, LUHMANN et al. 2010). Allerdings werden mit steigender Auflösung von Thermografiekameras die geometrischen Eigenschaften der Bilder zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Zur präzisen geometrischen Modellierung eines Bildsensors ist es unerlässlich, die Wirkungsweise der Bildentstehung nicht nur in geometrischer Hinsicht, sondern auch in ihrer radiometrischen Weise zu verstehen. Im Folgenden werden daher die grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten kurz erläutert.

1.2 Detektoren

Die geometrische Auflösung von Bildaufnahmegeräten wird durch Beugung begrenzt. Der Durchmesser des Beugungsscheibchens (Airy-Scheibchens) d hängt ab von der Blende (Blendenzahl k) und der Wellenlänge:

$$d = 2,44 \cdot \lambda \cdot k \quad (3)$$

Als Beispiel ist die geometrische Auflösung bei einer Wellenlänge von $\lambda = 10 \mu\text{m}$ und einer Blendenzahl von $k = 2$ auf etwa $48 \mu\text{m}$ begrenzt. Gleichung (3) macht deutlich, dass die Pixelgröße von thermischen Sensoren viel größer sein kann als für Standard-RGB-Kameras. In der Tat arbeiten die meisten Thermalkameras mit Pixelgrößen zwischen 30 und $50 \mu\text{m}$.

Sensoren für Wärmebildkameras sind entweder Quantendetektoren oder thermische Detektoren (NOLTING 2007). Quantendetektoren basieren auf dem inneren photoelektrischen Effekt, bei dem Elektronen zwischen zwei Schichten eines Halbleiters freigesetzt werden. Quantendetektoren sind sehr empfindlich ($\pm 0,01 \text{ K}$) und schnell, benötigen aber eine externe Kühlung (Peltier-Elemente oder Stirling – FOUAD & RICHTER 2008).

Thermische Detektoren nutzen den Effekt, dass eine Temperaturänderung des Detektor-Elementes zu einer Veränderung der elektrischen Eigenschaften führt, z. B. des Widerstandes oder der Ladung (HIERL 2008). Diese Veränderungen können gemessen und in Intensitätswerte gewandelt werden. Thermische Detektoren sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, wie pyroelektrische Detektoren oder Bolometer. Sie sind weniger empfindlich ($\pm 0,1 \text{ K}$) und langsamer als Quantendetektoren, benötigen aber keine Kühlelemente. Sie sind daher preiswerter und werden meist für Anwendungen wie die Inspektion von Gebäuden eingesetzt.

Die modernsten thermischen Flächensensoren haben derzeit 320×240 Pixel bis zu 640×480 Pixel. Die Sensorgrößen liegen dann bei etwa $20\text{--}30 \text{ mm}$ in jeder Richtung. Neueste Kameraentwicklungen erreichen durch die Micro-Scanning-Technik (LUHMANN 2003, S. 187) Pixelzahlen von bis zu 1280×960 .

Im Prinzip können Thermografiekameras, die auf Festkörper-Sensoren basieren, wie photogrammetrische Standard-Kameras behandelt werden. Wegen der größeren Wellenlängen sind die Linsen von Thermografiekameras aus Germanium oder anderen einkristallinen Halbleitermaterialien gefertigt, was sie sehr teuer macht. Diese Objektive sind bezüglich der radiometrischen Auflösung optimiert, die geometrische Genauigkeit oder minimale Verzerrungen sind bisher von geringem Interesse.

2 Testfelder zur Kalibrierung

2.1 Ebenes Testfeld mit Lampen

Von der FH Dessau wurde ein ebenes Testfeld bereitgestellt, das aus 57 kleinen Lampen mit regelbarer Stromversorgung besteht, die sich beim Einschalten aufwärmen. Die Dimension der Grundplatte aus Holz beträgt etwa $1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ (Abb. 2a). Die Positionen der Lämpchen wurden mit einem Theodolitmesssystem mit einer Genauigkeit von etwa $0,2 \text{ mm}$ kalibriert.

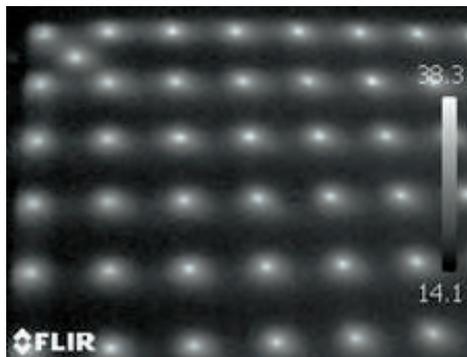
Die Qualität der aktiven Ziele erwies sich jedoch als nicht zufriedenstellend (Abb. 2b). Es ist offensichtlich, dass es sich nicht um Kreise (Ellipsen) handelt, und zentrale Punkte maximaler Temperatur sind nur schwer auszumachen. Daher können die Mitten der Lampen nicht mit einer Präzision gemessen werden, wie sie bei photogrammetrischen Zielmarken üblich ist. Darüber hinaus ist die Kalibrierung einer Kamera mit ebenem Testfeld im Vergleich zu einem 3D-Testfeld weniger aussagekräftig und zeigt höhere Korrelationen zwischen den Parametern der inneren und äußeren Orientierung (GODDING 1993, LUHMANN 2010).

2.2 Räumliches Testfeld mit codierten Zielmarken

Die Grundidee eines neu zu entwickelnden 3D-Testfeldes war, Zielmarken zu schaffen, die räumlich verteilt sind, scharf abgebildete Punktmuster erzeugen und genügend Bildkontrast im thermalen Spektrum bieten. Dar-



a) Testfeld



b) Abbildungsqualität der Zielpunkte

Abb. 2: Ebenes Testfeld mit aktiven Lampen.

über hinaus sollte das neue Prüffeld mobil und preiswert sein, einfach zu kalibrieren und ohne künstliche Erwärmung der Zielmarken funktionieren.

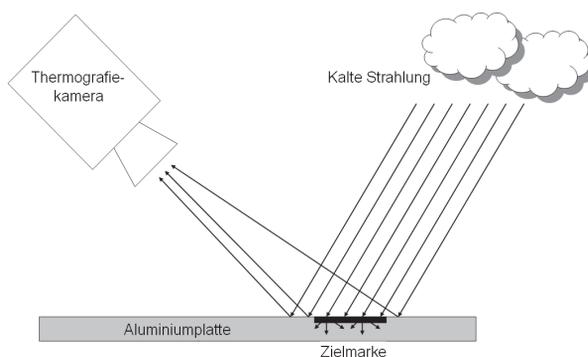
Verschiedene Experimente wurden durchgeführt, um eine geeignete Kombination von Material und Beleuchtung zu finden. Schließlich wurde der Effekt der kalten Himmelsstrahlung genutzt, die zu einer hinreichenden Reflexion auf einer polierten Aluminiumplatte führt. Damit konnte ein Testfeld-Design geschaffen werden, das die genannten Spezifikationen erfüllt.

Abb. 3 zeigt das zugrunde liegende Prinzip. Es geht davon aus, dass die Metallplatte des Testfeldes die kalte Temperatur des Himmels reflektiert. Die Zielmarken dagegen bestehen aus selbstklebender Folie und emittieren nur Strahlung, die sich aus der Eigentemperatur

ergibt. Im Bild entsteht dadurch ein starker Kontrast, die Zielmarken erscheinen hell, die Umgebung dagegen dunkel (Abb. 4).

Basierend auf diesem neuen Zielmarken-Design wurde ein mobiles Testfeld angefertigt. Es besteht aus 17 codierten und 35 uncodierten Marken und zusätzlichen, demontierbaren Höhenpunkten (Abb. 5), ergänzt durch temperaturstabile Maßstäbe aus CFK (grau) mit gleichartigen Zielmarken.

Wegen des beweglichen Aufbaus und der Wärmeausdehnung des Metalls muss das Testfeld unmittelbar vor und/oder nach jedem Einsatz konventionell photogrammetrisch kalibriert werden. Mit hochgenau kalibrierten Maßstäben (gelb), einer hochauflösenden Kamera und Bündelausgleichung werden präzise Koordinaten der Passpunkte abgeleitet. Bei einer Größe des Testfeldes von etwa

**Abb. 3:** Strahlung des kalten Himmels, absorbiert durch die Zielmarke.

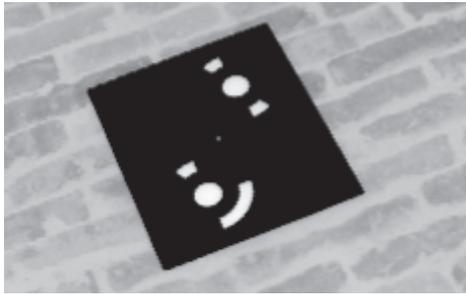


Abb. 4: Zielmarken im Thermalbild.

1 000 mm × 700 mm × 200 mm liegt die Genauigkeit dieser Punkte bei etwa $\pm 8 \mu\text{m}$ im Objektraum (1 Sigma).

Das neue Testfeld ist fast ohne Einschränkungen – bei allen Außentemperaturen, bei bewölktem Himmel wie auch bei Sonnenschein – einsetzbar, weil die oberen Luftschichten (und auch die Wolken) immer kälter sind als Objekte am Boden. Weiterhin sollte freie Sicht nach oben herrschen, damit sich keine Häuser, Bäume usw. auf der Metallplatte spiegeln.

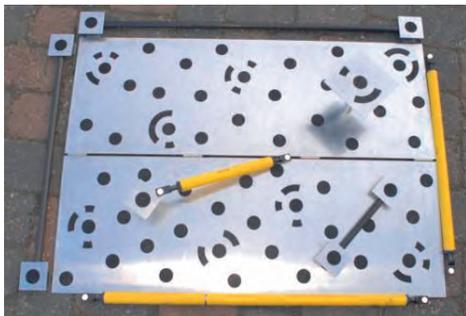


Abb. 5: 3D-Testfeld mit codierten Marken.

3 Ergebnisse der Kalibrierung

3.1 Kameras

Vier Thermografiekameras stehen derzeit an der Jade-Hochschule zur Verfügung, die in den Test einbezogen wurden (Abb. 6). Sie ähneln sich mehr oder weniger in ihren technischen Daten (Anzahl und Größe der Pixel), unterscheiden sich aber – vor allem wegen der Qualität der Objektive und der Detektorelemente – nicht unerheblich im Preis. Tab. 1 gibt



FLIR Infra Cam



FLIR B200



Testo 880-3



InfraTec VarioCam

Abb. 6: Untersuchte Thermografiekameras.

Tab. 1: Technische Daten der untersuchten Kameras.

	FLIR InfraCam	FLIR B200	Testo 880-3	InfraTec VarioCam
Pixelanzahl	240 × 240	320 × 240	320 × 240	384 × 288
Pixelgröße	0,025 mm	0,04 mm	0,035 mm	0,035 mm
Brennweite	10 mm	30 mm	10 mm	11 mm
Thermale Auflösung	$\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,08 \text{ }^\circ\text{C}$	$< 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$	0,08 – 0,05 $^\circ\text{C}$
Preis [€]	ca. 4000	ca. 9000	ca. 6500	ca. 19000

einen Überblick zu den technischen Daten der verwendeten Kameras.

3.2 Kalibrierung und Resultate

Jede Kamera wurde in den üblichen Aufnahmeanordnungen mit etwa 20 konvergenten Bildern kalibriert (LUHMANN 2003, GODDING 1993, LUHMANN 2010). Beide in Abschnitt 2 beschriebenen Testfelder wurden verwendet (Abb. 7). Das ebene Testfeld mit den aktiven Lampen kann in einem Labor aufgenommen werden, während das reflektierende 3D-Testfeld im Freien verwendet werden muss, dabei jedoch keine Stromversorgung benötigt.

Bildmessung und Ausgleichung wurden mit dem Programm AICON 3D Studio (Messung codierter Marken, Ausgleichung mit Simultankalibrierung) und der am IAPG entwickelten Software StereoMess (manuelle und automatische Messungen per Template Matching und mit Ellipsenoperator) durchgeführt. Die Bündeltriangulation wurde als freie Ausgleichung

in Form einer Gesamtpurminimierung berechnet. Die Ergebnisse der Kalibrierung mit dem räumlichen Testfeld und mit einem Parametersatz, wie er für photogrammetrische Messkameras Anwendung findet (LUHMANN 2003, S. 120 ff.), sind in der Tab. 2 aufgelistet. Das ebene Testfeld führt zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich der geschätzten Parameter – bei verminderter Genauigkeit der Bildmessung und der Parameter, die deswegen hier nicht weiter betrachtet werden.

Die Kameras FLIR InfraCAM, FLIR B200 und Testo 880-3 zeigen relativ schlechte Ergebnisse in Form von Bildmessgenauigkeiten (zwischen $\pm 2,6$ und $\pm 3,8 \mu\text{m}$) im Vergleich zur InfraTec VarioCam ($\pm 0,6 \mu\text{m}$) und entsprechend höhere Standardabweichungen von Kamerakonstante und Bildhauptpunkt.

Von den herstellereitig angegebenen Brennweiten unterscheiden sich die Kamerakonstanten nicht unerheblich. Dies kann nicht nur daran liegen, dass die Kameras auf den Nahbereich fokussiert waren, sondern

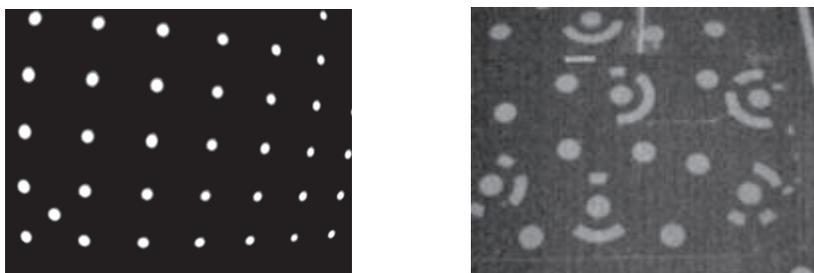


Abb. 7: Thermalbilder des ebenen (links) und des räumlichen Testfeldes (rechts).

Tab. 2: Kalibrierte Kameraparameter.

Parameter	FLIR InfraCam	FLIR B200	Testo 880-3	InfraTec VarioCam
c [mm]	-13,8971 \pm 0,0104	-36,9443 \pm 0,0223	-19,9373 \pm 0,0297	-11,8188 \pm 0,0014
x'0 [mm]	-0,2940 \pm 0,0188	1,4445 \pm 0,0574	-0,1571 \pm 0,0524	0,0201 \pm 0,0013
y'0 [mm]	-0,3430 \pm 0,0197	-1,8332 \pm 0,0420	0,2110 \pm 0,0376	0,1400 \pm 0,0012
A1	-2,80 \cdot 10 ⁻³ \pm 1,33 \cdot 10 ⁻⁴	-2,69 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 1,94 \cdot 10 ⁻⁵	-7,25 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 1,20 \cdot 10 ⁻⁴	-2,41 \cdot 10 ⁻³ \pm 4,93 \cdot 10 ⁻⁶
A2	6,86 \cdot 10 ⁻⁷ \pm 2,03 \cdot 10 ⁻⁵	-7,47 \cdot 10 ⁻⁷ \pm 6,94 \cdot 10 ⁻⁷	-9,59 \cdot 10 ⁻⁶ \pm 7,19 \cdot 10 ⁻⁶	8,76 \cdot 10 ⁻⁶ \pm 1,83 \cdot 10 ⁻⁷
A3	7,76 \cdot 10 ⁻⁷ \pm 9,52 \cdot 10 ⁻⁷	2,79 \cdot 10 ⁻⁹ \pm 7,40 \cdot 10 ⁻⁹	1,86 \cdot 10 ⁻⁷ \pm 1,28 \cdot 10 ⁻⁷	-2,67 \cdot 10 ⁻⁸ \pm 2,05 \cdot 10 ⁻⁹
B1	1,91 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 2,10 \cdot 10 ⁻⁵	-2,78 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 5,21 \cdot 10 ⁻⁶	5,12 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 1,22 \cdot 10 ⁻⁵	5,23 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 1,11 \cdot 10 ⁻⁶
B2	-2,69 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 2,25 \cdot 10 ⁻⁵	-1,72 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 6,18 \cdot 10 ⁻⁶	-3,51 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 1,72 \cdot 10 ⁻⁵	-1,29 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 1,14 \cdot 10 ⁻⁶
C1	6,84 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 1,99 \cdot 10 ⁻⁴	-6,11 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 2,60 \cdot 10 ⁻⁴	7,50 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 3,16 \cdot 10 ⁻⁴	-7,79 \cdot 10 ⁻⁵ \pm 2,47 \cdot 10 ⁻⁵
C2	-2,22 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 2,21 \cdot 10 ⁻⁴	-8,66 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 2,61 \cdot 10 ⁻⁴	8,18 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 2,96 \cdot 10 ⁻⁴	1,85 \cdot 10 ⁻⁴ \pm 1,91 \cdot 10 ⁻⁵

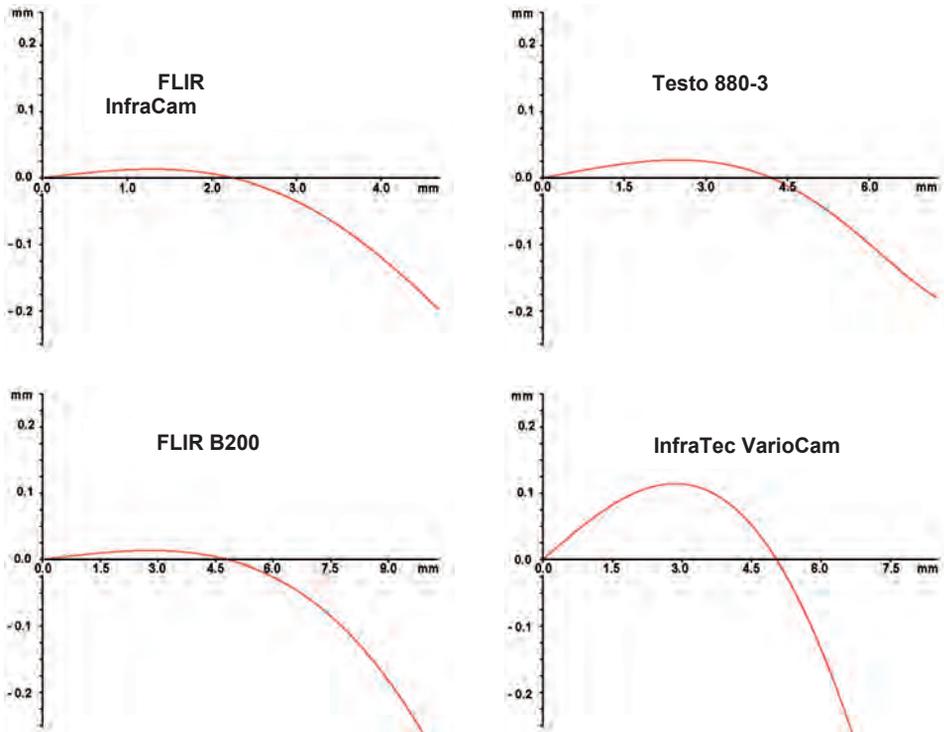


Abb. 8: Verzeichnungskurven.

es ist naheliegend, dass die publizierten Brennweiten und/oder die Pixelgrößen nicht der Realität entsprechen. Bemerkenswert ist weiterhin, dass bei der FLIR B200 die Hauptpunktverschiebung mehr als 1,4 mm bzw. 1,8 mm beträgt, was mehr als 35 Pixel bzw. 45 Pixel entspricht – bei Pixelanzahlen von 320×240 .

Alle Kameras zeigen relativ große radiale Verzeichnungswerte (Abb. 8). Der radialsymmetrische Anteil A_1 ist vergleichsweise hoch und wird signifikant bestimmt, während die restlichen Parameter mehr oder weniger schlecht bestimmbar sind, da ihre

Standardabweichungen in der Größenordnung der Parameter selbst liegen. Während es in dieser Arbeit zunächst darum ging, die geometrischen Eigenschaften der Kameras näher zu untersuchen, sollte sich für Anwendungen in der Praxis die endgültige Ausgleichung auf die relevanten Parameter beschränken.

Die Kamera InfraTec VarioCam liefert die besten Ergebnisse in Bezug auf die Genauigkeit der geschätzten Parameter. Die Präzision der Bildpunktmessung liegt in der Größenordnung von $1 \mu\text{m}$ oder $1/30$ Pixel. Bei dieser Kamera ist der Hauptpunkt nur geringfügig

Tab. 3: RMS-Werte der Objektkoordinaten.

Kamera	X	Y	Z
FLIR InfraCam	0,110 mm	0,118 mm	0,143 mm
FLIR B200	0,148 mm	0,185 mm	0,145 mm
Testo 880-3	0,137 mm	0,160 mm	0,236 mm
Infratec VarioCam	0,038 mm	0,029 mm	0,062 mm

von der Bildmitte verschoben, und die Kamerakonstante liegt nahe bei der vom Hersteller angegebenen Brennweite.

Die resultierende Genauigkeit im Objektraum wird abgeschätzt durch die RMS-Werte der ausgeglichenen Objektkoordinaten. Tab. 3 fasst die Ergebnisse zusammen. Entsprechend der oben diskutierten Güte der Kalibrierung ergeben sich bei den drei Kameras FLIR InfraCAM, FLIR B200 und Testo 880-3 RMS-Werte (1 Sigma) von ca. 0,11 bis 0,24 mm. Dies entspricht einer relativen Genauigkeit von etwa 1 : 6000 in Bezug auf die größte Objektausdehnung. Bei der InfraTec VarioCam liegen die RMS-Werte bei 0,03 bis 0,06 mm, das entspricht etwa 1 : 20000.

4 Anwendungen

Wenn Thermografiekameras in Bezug auf das geometrische Bildmodell kalibriert sind, können sie für eine Vielzahl von praktischen Anwendungen verwendet werden (KAPLAN 2007).

4.1 Zweidimensionale Anwendungen

Für zweidimensionale Anwendungen können Thermalbilder in verzeichnungsfreie Bilder umgerechnet werden. Als ein Beispiel zeigt Abb. 9 das Originalbild, aufgenommen mit der InfraTec VarioCam. Die radiale tonnenförmige Verzeichnung ist deutlich sichtbar. Abb. 10 zeigt das gleiche Bild nach Korrektur der Verzeichnung. Geometrisch korrigierte thermografische Bilder können als thermale

Orthophotos, als Karten oder Mosaik oder als präzise Texturen für 3D-Stadtmodelle oder Gebäudemodelle verwendet werden.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass modifizierte Thermografie-Aufnahmen oft nicht durch die Software-Pakete verarbeitet werden können, die mit einem bestimmten Kamerasystem mitgeliefert werden. Beispielsweise erlaubt die FLIR-Software eine Nachbearbeitung, z. B. von Temperaturskalen oder Farbtabelle, ausschließlich von originalen FLIR-Bildern.

4.2 3D-Verarbeitung

Dreidimensionale Anwendungen sind ebenfalls möglich, so dass Thermografie-Aufnahmen grundsätzlich in der gleichen Weise verwendet werden können wie herkömmliche photogrammetrische Bilder. Voraussetzung ist, dass ein entsprechender thermaler Bildverband aufgenommen wird und in diesem homologe Punkte bestimmbar sind. So ließen sich z. B. prinzipiell 3D-Gebäudemodelle aus Thermalaufnahmen ableiten, wenn keine anderen Bild- oder Messdaten zur Verfügung stehen.

Abb. 11 zeigt ein Beispiel von vier überlappenden Thermalbildern, die innerhalb weniger Minuten aufgenommen wurden, ohne die Kameraeinstellungen zu ändern. Es ist offensichtlich, dass die thermische Emission der Hauswand sich nicht wie ein diffuser Lambert-Strahler verhält. Identische Objektbereiche sind in verschiedenen Farben (Temperaturen) dargestellt.

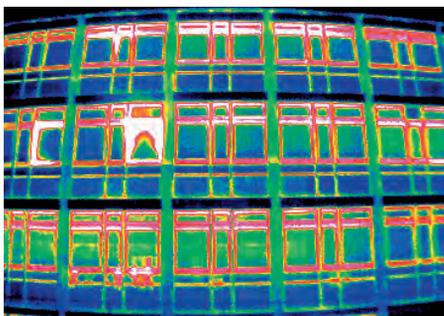


Abb. 9: Originales Thermalbild.

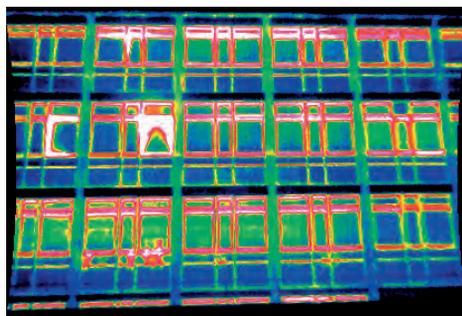


Abb. 10: Verzeichnungsfreies Thermalbild.

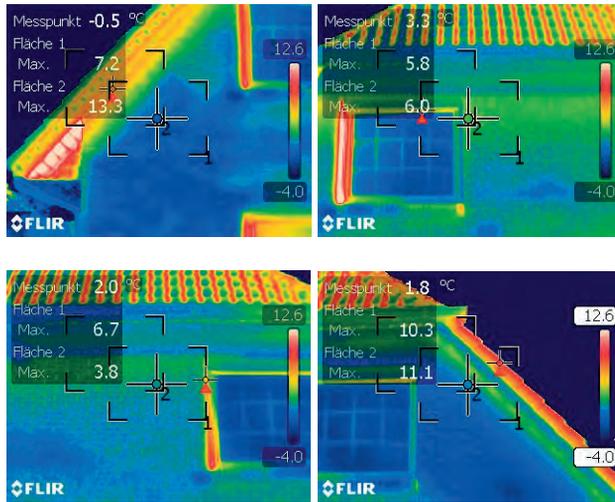


Abb. 11: Mehrbild-Thermografie.

Zukünftige Untersuchungen am IAPG werden sich u.a. auf die 3D-Modellierung mit Hilfe von Thermalbildern unter Berücksichtigung radiometrischer Objektmodelle konzentrieren.

4.3 Pan Sharpening

Wenn zusätzlich zum (niedrig aufgelösten) Thermalbild ein panchromatisches oder RGB-Bild mit hoher Auflösung verfügbar ist, so können beide per Pan Sharpening kombiniert werden. Dazu müssen beide Bilder geome-

trisch identisch sein. Abb. 12 zeigt den prinzipiellen Datenfluss beim thermalen Pan Sharpening, wie es in dem unten dargestellten Beispiel angewandt wurde.

Beispielhaft zeigt Abb. 13 ein originales Thermalbild einer Gebäudefassade. In Abb. 14 ist das Ergebnis des Pan Sharpening mit Hilfe eines hochauflösten digitalen Bildes einer Nikon D2x-Kamera. Im Gegensatz zu den Standardmethoden der Fernerkundung (z. B. TOET et al. 1989, EHLERS et al. 2009) erfordert in der Nahbereichsphotogrammetrie die Anwendung des Pan Sharpening auf nicht ebene Objekte entweder identische Perspektiven für

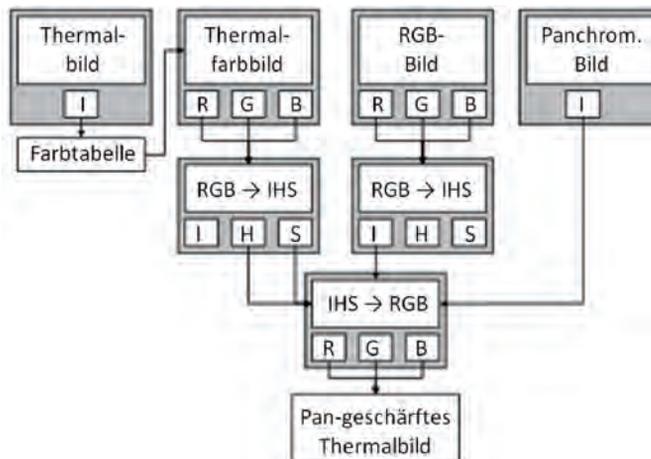


Abb. 12: Datenfluss beim Pan Sharpening von Thermalbildern.

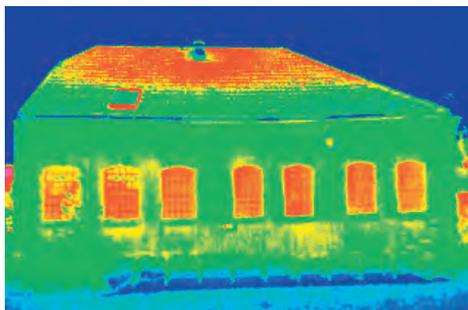


Abb. 13: Original-Thermalbild.

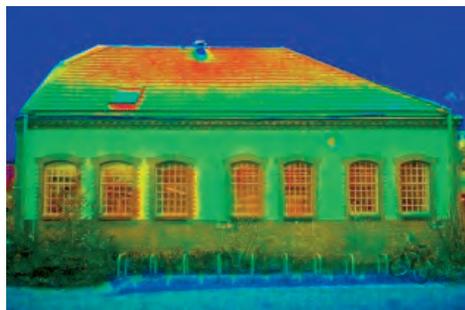


Abb. 14: Pan-geschärftes Thermalbild.

beide Bilder oder aber 3D-Objektmodelle und die vollständigen Orientierungsparameter für jedes Bild. Das obige Beispiel zeigt noch verbleibende geometrische Fehler beim hinteren Teil des Daches, da hier nur ein zweidimensionaler Korrekturansatz verwendet wurde.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die Farben durch diese Verarbeitung verändert werden und eine Zuordnung von Temperaturen in einem folgenden Schritt zu falschen Werten führen kann. Andererseits ist die Methode des Pan Sharpening gut geeignet bei der Präsentation von thermografischen Untersuchungsergebnissen, da sich hiermit Objektde-tails gut hervorheben lassen.

5 Fazit

In diesem Beitrag haben wir das Potential einiger Thermografiekameras hinsichtlich ihrer geometrischen Eigenschaften untersucht. Standardverfahren der Kamerakalibrierung können auch auf Thermalbilder im Nahbereich angewendet werden, wenn es sich um Kameras mit Flächensensoren handelt. Darüber hinaus muss das beobachtete Objekt Zielpunkte besitzen, die im thermalen Spektralbereich sichtbar sind. Zu diesem Zweck wurde ein neues Testfeld konzipiert, das die kalte Thermalstrahlung des Himmels verwendet, um einen ausreichenden Bildkontrast zu schaffen.

Die Ergebnisse der Kamerakalibrierung zeigen, dass gängige Thermografiekameras hohe Verzeichnungswerte und große Hauptpunktverschiebungen haben. Nur eine der untersuchten Kameras (InfraTec VarioCam) bie-

tet eine Genauigkeit, die vergleichbar mit RGB-Kameras ist.

Einige beispielhafte Anwendungen werden angesprochen, die von zweidimensionaler Bildverarbeitung (Entzerrung, Mosaikbildung) und Ansätzen zum Pan Sharpening bis hin zu 3D-Modellierungen reichen, bei denen thermale Bilder in der gleichen Weise wie in der klassischen Mehrbildphotogrammetrie verwendet werden können. Es müssen jedoch die radiometrischen Modelle der thermischen Emission von Objekten noch detaillierter untersucht werden, um den Prozess der Bildentstehung in konvergenten Fällen besser zu verstehen.

Literatur

- BUYUKSALIH, G. & PETRIE, G., 1999: Geometric & Radiometric Calibration of Frame-Type Infrared Imagers. – ISPRS Joint Workshop Sensors and Mapping from Space 1999, Hannover.
- DERENIAK, E.L. & BOREMAN, G.D., 1996: Infrared Detectors and Systems. – Wiley-Interscience, 561 S.
- EHLERS, M., KLONUS, S., ÅSTRAND, P.J. & ROSSO, P., 2009: Multi-sensor image fusion for pansharpening in remote sensing. – *International Journal of Image and Data Fusion* 1 (1): 25–45.
- FOUAD, N.A. & RICHTER, T., 2008: Leitfaden Thermografie im Bauwesen. – Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 127 S.
- GODDING, R., 1993: Ein photogrammetrisches Verfahren zur Überprüfung und Kalibrierung digitaler Bildaufnahmesysteme. – *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung* 2: 82–90.
- HIERL, T., 2008: Hochauflösende Infrarot-Detektormatrizen. – In: *Handbuch zur Industriellen Bild-*

- verarbeitung. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 41–46.
- KAPLAN, H., 2007: Practical applications of infrared thermal sensing and image equipment. – SPIE Publications, 192 S.
- LUHMANN, T., 2003: Nahbereichsphotogrammetrie. – Wichmann Verlag, Heidelberg, 570 S.
- LUHMANN, T., OHM, J., PIECHEL, J. & ROELFS, T., 2010: Geometric Calibration of Thermographic Cameras. – International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **38** (5): 411–416
- LUHMANN, T., 2010: Erweiterte Verfahren zur geometrischen Kamerakalibrierung in der Nahbereichsphotogrammetrie. – Habilitationsschrift, Deutsche Geodätische Kommission C (645).
- NOLTING, J., 2007: Detektoren für optische Strahlung. – DOZ Optometrie **4**-2007: 50–56.
- SCHUSTER, N. & KOLOBRODOV, V.G., 2004: Infrarotthermographie. – Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 354 S.
- TOET, A., VAN RUYVEN, J.J. & VALETON, J.M., 1989: Merging thermal and visual images by a contrast pyramid. – Optical Engineering **28** (7): 789–792.
- WOLFE, W.L. & ZISSIS, G.J., 1985: The Infrared Handbook. – Environmental Research Institute of Michigan, 1700 S.

Adresse der Autoren:

Prof. Dr.-Ing. habil. THOMAS LUHMANN, Dipl.-Ing. JULIA OHM, Dr.-Ing. JOHANNES PIECHEL und THORSTEN ROELFS (M.Sc.), Jade Hochschule Oldenburg, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, D-26121 Oldenburg, Tel.: +49-441-7708-3164, Fax: -3170, e-mail: vorname.name@jade-hs.de.

Manuskript eingereicht: September 2010

Angenommen: November 2010



A New Binary Encoding Algorithm for the Simultaneous Region-based Classification of Hyperspectral Data and Digital Surface Models

HUAN XIE, Shanghai, China; CHRISTIAN HEIPKE, PETER LOHMANN, UWE SOERGEL, Hannover; XIAOHUA TONG, Shanghai, China & WENZHONG SHI, Hong Kong, China

Keywords: Hyperspectral images, DSM, binary encoding, region-based classification, integration

Summary: In this paper, an approach is proposed to integrate hyperspectral image data, object and height information into a new region-based binary encoding algorithm for automatically deriving land cover information. After georeferencing the different data sets and deriving a normalized digital surface model (nDSM), connected regions are extracted from the hyperspectral data by applying an edge-based segmentation algorithm. The mean spectrum per region is considered representative for the region. Five parameters are defined to describe the size and shape of the region, namely area, asymmetry, rectangular fit, ratio of length to width, and compactness. Together with the spectral information these parameters and the corresponding height values per region from the nDSM are converted into a binary code. This code is then matched to that of a training data set for classification.

In order to evaluate the suggested approach we applied it to a test area in Oberpfaffenhofen, Germany. A manually generated classification served as reference. We also compare our result with the well known support vector machine (SVM) classifier. Based on our test data, we could show that the inclusion of size, shape, and height improves the classification accuracy of binary encoding. We could also show that the new method obtained more accurate and more efficient results when compared to the SVM classification.

Zusammenfassung: *Ein neuer Binärcodierungsalgorithmus zur gemeinsamen regionenbasierten Klassifikation von Hyperspektraldaten und Digitalen Oberflächenmodellen.* In diesem Artikel schlagen wir einen neuen Ansatz zur automatischen Klassifikation der Landbedeckung durch Integration hyperspektraler Bilddaten mit Höheninformation vor. Der Ansatz setzt auf einer Segmentierung der Bilder auf und beruht auf der Binärcodierung. Nach der Georeferenzierung der verschiedenen Datensätze und der Ableitung eines normalisierten Digitalen Oberflächenmodells (nDOM) werden die Hyperspektraldaten mit Hilfe eines kantenbasierten Verfahrens segmentiert. Das mittlere Spektrum wird jeweils als repräsentativ für das gesamte Segment betrachtet. Fünf Parameter beschreiben die Größe und Form jedes Segments: Fläche, Asymmetrie, Rechteckigkeit, Verhältnis von Länge zu Breite und Kompaktheit. Diese Parameter werden zusammen mit der spektralen Information und der Höhe aus dem nDOM in einen Binärcode transformiert, der dann dem entsprechenden Binärcode von Trainingsgebieten zugeordnet wird. Zur Evaluation des neuen Ansatzes wurden Tests mit einem Datensatz aus Oberpfaffenhofen durchgeführt, eine per Hand erstellte Klassifikation diente dabei als Referenz. Wir haben unsere Ergebnisse auch mit denen einer Support Vector Machine (SVM) verglichen. Für unser Testgebiet konnten wir zeigen, dass die Berücksichtigung von Größe, Form und Höhe die Ergebnisse im Vergleich zur standardmäßigen Binärklassifikation verbessert, dabei hat die neue Methode auch im Vergleich zu dem SVM Ansatz genauere Ergebnisse geliefert und war darüber hinaus deutlich schneller.

1 Introduction

Hyperspectral imaging, also known as imaging spectroscopy, is a relatively new technique in remote sensing that generates hundreds of images by spectral filtering and binning of the received radiance into narrow bands (also called channels) of different center wavelength for the same area on the surface of the earth (CHANG 2003). In principle, standard classification algorithms designed for multispectral imagery can be directly applied to hyperspectral data, because no theoretical limitations on the number of bands exist, provided that enough training samples are available. Otherwise, the Hughes phenomenon is likely to be encountered, see HUGHES (1968). However, in practice algorithms such as Maximum-Likelihood (ML), even with improvements (BOLSTAD & LILLESAND 1991, LEE & LANDGREBE 1991), tend to perform poorly when applied to hyperspectral imagery. Furthermore, in case of ML the class mean vectors and the covariance matrices have to be estimated from the training data assuming a Gaussian distribution. Therefore, a number of alternative classification tools have been developed tailored to the processing of hyperspectral imagery. Their structure is not only driven by a need for efficiency, but also by different types of pattern recognition approaches, e.g., object-based analysis, made possible by the high-resolution spectral data.

The huge amount of information in hyperspectral imaging has always been a great challenge for scientific understanding and data exploration. Recently research focused on the retrieval of land surface variables (VERHOEF & BACH 2007, DARVISHZADEH et al. 2008, MARTIN et al. 2008), image classification and feature extraction (BAZI & MELGANI 2006, BALL & BRUCE 2007, HEIDEN et al. 2007, HSU 2007, DUARTE-CARVAJALINO et al. 2008, PRASAD & BRUCE 2008, RAJAN et al. 2008), and pre-processing methods for classification, e.g., band selection and data reduction (MARTINEZ et al. 2006, MARTINEZ-USO et al. 2007, ROGGE et al. 2007, SERPICO & MOSER 2007, DEMIR & ERTURK 2008). Since the first hyperspectral sensor became available in 1983 (CHIOU 1984) a number of studies (e.g., BRUCE & LI 2001, NASCIMENTO & DIAS 2005) were also con-

cerned with reducing computational cost and improving algorithmic efficiency and such studies continue until today. These investigations mainly focused on the spectral information contained in the data and achieved great successes in their research fields.

The advent of advanced processing techniques and high speed computers have led to the possibility of supplementing hyperspectral image data with information about different kinds of objects during classification, for example, size and shape. Other data sources, e.g., digital surface models, provide height information and can also be integrated into the classification. Instead of focusing exclusively on the spectral information, several studies began to focus on methods for the representation of spatial information in hyperspectral data (HUANG et al. 2007), the spectral-spatial classification methods (ZHANG et al. 2006, CAMPS-VALLS et al. 2006, MARCONCINI et al. 2009, JIA & RICHARDS 2008), and the use of multisource data for hyperspectral classification (HEPNER et al. 1998, GAMBA & HOUSHMAND 2000, GREIWE & EHLERS 2005, FEINGERSH et al. 2010). These studies show that additional information (e.g., spatial characteristics) can be very helpful during the application of hyperspectral data, however some are computationally rather expensive.

Our research considers hyperspectral image analysis from a broader perspective than the individual methods listed above. We focus on the simultaneous analysis of spectrum, size, shape and height from hyperspectral images and data from digital surface models (DSM). The current paper integrates a region-based classification approach with a traditional hyperspectral processing method (binary spectral encoding) to enhance the information extraction from remote sensing data. Binary spectral encoding is well known as a simple, effective hyperspectral analysis method with very small computational load in classification, search of similar spectra and identification of mineral components (MAZER et al. 1988). In the proposed method the information present in the input data after segmentation, i.e., spectrum, size, shape, and height per region, is translated into binary codes. Based on training data land cover classes of interest to the user are transformed into binary codes,

too. Subsequently, an algorithm to evaluate the similarity between the binary codes of regions and land cover classes is applied. The suggested procedure can be considered a useful pre-processing method for further image analysis, as it has proven to be an efficient classifier in our experiments.

Following this introduction, we describe the employed binary encoding method in Section 2. Especially the representation and coding of the different kinds of features and the computation of the signature distance are explained. Practical tests obtained using a test area in Oberpfaffenhofen, Germany, illustrating the proposed methods are presented in Section 3, and finally some conclusions are drawn.

2 Methods

2.1 Overview

Fig. 1 shows the overall flowchart of the suggested method. Several pre-processing steps

for the hyperspectral images (we use HyMap data in our work, see Cocks et al. 1998 for a description of this sensor) and the DSM data are performed, e. g., the geometric, radiometric and atmospheric correction of the HyMap images and the generation of the normalized DSM (nDSM) from the given height data by first generating and then subtracting a digital terrain model (DTM) from the DSM (note that a DSM represents height including objects such as buildings and vegetation, whereas a DTM does not and a nDSM only contains these objects). Afterwards, image regions are extracted from the HyMap image using an edge-based segmentation algorithm. Then, the mean spectrum per image region is computed, as it is considered as a representative spectral description of the region. Subsequently, five descriptors, defined to represent object size and shape, are calculated for each region: Area, asymmetry, compactness, rectangular fit, and ratio of length to width. While it can be argued that size and shape descriptors may be less suitable in the presence of segmentation deficiencies – e. g., area may not be an appro-

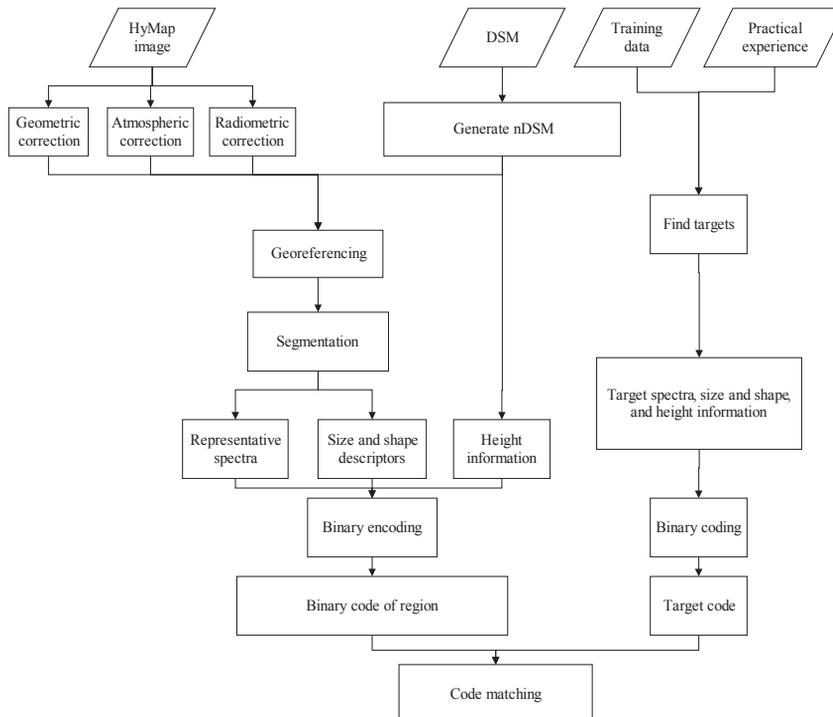


Fig. 1: Project flow chart.

priate descriptor in case of over- or under-segmentation – such descriptors have been successfully used in image classification in the past (MEHTRE et al. 1997, MOHANTY et al. 2005), and the descriptors selected here were carefully evaluated and have shown to be useful for our purposes.

After intersecting the nDSM and the region borders, for each region the average heights from the nDSM are grouped into three classes; all the information is finally converted into a binary code. This code is then matched to the target codes derived from training data for classification.

2.2 Segmentation

A segmentation algorithm is used with the expectation that it will divide the image into semantically significant regions useful for further processing. Several segmentation approaches have been proposed in the literature, e. g., LE MOIGNE & TILTON (1995), KARTIKEYAN et al. (1998), ACHARYYA et al. (2003), DUARTE-CARVAJALINO et al. (2008), and comparisons were carried out to evaluate the quality of segmentation (TRIAS-SANZ et al. 2008). Since segmentation is only considered a pre-processing step in our research, we selected a simple edge-based segmentation and merging algorithm (ROBINSON et al. 2002), which according to visual inspection performed well on our test data. After subdividing the image into a large number of small segments based on the Mumford-Shah functional (MUMFORD & SHAH 1985), the algorithm iteratively merges adjacent segments by combining spectral and spatial information. Merging proceeds if the algorithm finds a pair of adjacent regions, i and j , such that the merging cost t_{ij} is less than a pre-defined threshold λ :

$$t_{ij} = \frac{\frac{|O_i||O_j|}{|O_i|+|O_j|} \|u_i - u_j\|^2}{length(\partial(O_i, O_j))} \quad (1)$$

where O_i and O_j represent the two considered segments i and j , $|O_i|$ and $|O_j|$ describe the area of O_i and O_j , u_i and u_j are the vectors of pixel mean grey values (mean spectra) of O_i and O_j ,

$\|u_i - u_j\|$ is the Euclidean distance between the mean spectra, and $length(\partial(O_i, O_j))$ is the length of the common boundary of O_i and O_j .

2.3 Binary Encoding for Image Regions

Binary encoding is a standard technique in classifying hyperspectral images (e. g., JIA & RICHARDS 1993). The basic idea is to reduce the large amount of data while preserving as much information as possible. Standard binary encoding reduces the information of a pixel (often represented as 8 bit per channel) into one or two bits per channel only. In our research we consider regions rather than individual pixels, and our code for an image region is $2L+28$ bits long, where L is the number of spectral channels of the hyperspectral image. The code consists of four parts, i. e., spectrum, size, shape, and height. The spectral amplitude and slope are represented by $2L$ bits, the size and shape of the segment is coded by 25 bits, and the relative height of a segment is represented by 3 bits (as will become clear below, size and shape as well as relative height could have been coded with less bits, but in this paper we are not concerned with minimum bit encoding; we have thus chosen a somewhat redundant but simple coding scheme).

2.3.1 Spectrum

According to MAZER et al. (1988), spectral mean values (mean grey values over all available channels) are calculated from the individual channel grey values in standard spectral binary encoding. A single spatial resolution element of the image (pixel) is denoted by an L -dimensional vector, where the indices (i, j) refer to the spatial location of the pixel within a given scene and $X(l)$ describes the grey value of channel l . Defining the scalar quantity v_{ij} as the spectral mean of pixel (i, j) ,

$$v_{ij} = \left[\frac{1}{L} \right] \sum_{l=1}^L X_{ij}(l) \quad (2)$$

an L -bit binary code vector $\overline{Y_{ij}^{sa}}$ can be constructed from

$$\overline{Y}_{ij}^{sa} = \begin{cases} 0, & [X_{ij}(l) - v_{ij}] < 0 \\ 1, & [X_{ij}(l) - v_{ij}] \geq 0 \end{cases}, l=1,2,\dots,L \quad (3)$$

The constructed vector is a binary representation of spectral amplitude; however, considerable information is contained also in the local slope at each measured channel. Therefore, an additional L -bit code vector \overline{Y}_{ij}^{ss} is constructed from

$$\overline{Y}_{ij}^{ss} = \begin{cases} 0, & [X_{ij}(l+1) - X_{ij}(l-1)] < 0 \\ 1, & [X_{ij}(l+1) - X_{ij}(l-1)] \geq 0 \end{cases}, l=1,2,\dots,L \quad (4)$$

Here $X_{ij}(0) = X_{ij}(L), X_{ij}(L+1) = X_{ij}(1)$, these two code vectors \overline{Y}_{ij}^{sa} and \overline{Y}_{ij}^{ss} are then concatenated to form a single, $2L$ -bit code vector \overline{Y}_{ij} , which is taken to be the binary code word representing the spectrum of pixel (i, j) .

In our region-based approach we use the average grey values per region for each channel in equations (2)–(4) rather than the grey values of the individual pixels, and then proceed in the way described above.

Size and Shape Parameters

The size and shape of a segment are represented by five descriptors: Area, asymmetry, compactness, rectangular fit, and ratio of length to width; they are explained in detail below; see also BENZ et al. (2004). Although these descriptors are somewhat correlated as they encode similar information (e.g., asymmetry and length/width ratio) we have opted to use all five descriptors for our study based on the experimental results. Each descriptor has been encoded using 5 bits.

Area

The area of a region is measured as the number of pixels covering it.

Asymmetry

The lengthier a region, the more asymmetric it is. As we can see in Fig. 2, an ellipse is approximated to each region and the asymmetry is expressed as 1 minus the ratio of the length of minor axis n and the length of major axis m of this ellipse:

$$Asymmetry = 1 - \frac{n}{m} \quad (5)$$

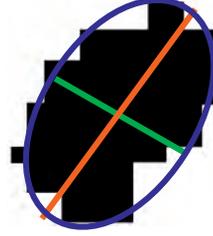


Fig. 2: The bounding box and ellipse of an image object (see also length/width ratio below).

The feature value increases with the asymmetry of the region, and the asymmetry value for a segment ranges from zero to one.

Compactness

Compactness is defined in our research as the ratio of the area A_p of a polygon representing the image region to the area of a circle with the same perimeter. The computation of polygons are obtained from the borders of each region and then generalized by means of the Douglas-Peucker algorithm (DOUGLAS & PEUCKER 1973). The following formula is used to calculate the compactness of the selected polygon:

$$Compactness = \frac{4\pi A_p}{Perimeter^2} \quad (6)$$

Perimeter is the sum of the lengths of all edges which form the polygon. The compactness of a polygon ranges from zero to one and a circle has the highest compactness value.

Rectangular fit

A first step in the calculation of the rectangular fit is the creation of a rectangle with the same area as the considered region. In the creation of the rectangle the proportion of length and width of the bounding box of the region (see Fig. 2) is taken into account. Then, the area of the rectangle not covered by the image object A_o is compared with the area A covered by the image object. The better the fit the larger is the value, 1 stands for a perfect fit.

$$RectangularFit = 1 - \frac{A_o}{A} \quad (7)$$

Length to width ratio

The length to width ratio is approximated using the bounding box (see Fig. 2 and Russ 2006):

$$\gamma = \frac{a^2 + ((1-f) \cdot b)^2}{A} \quad (8)$$

Parameters a and b are length and width of the region's bounding box, respectively, f is the degree of filling, which is the area A covered by the region divided by the total area $a \cdot b$ of the bounding box. The minimum value of the length/width is 1.

Encoding Size, Shape and Height

Encoding for the size and shape descriptors follows a similar way as for the spectra. The values of each descriptor are grouped into five bins. After constructing a histogram, boundaries are set at 20 %, 40 %, 60 % and 80 % of the total number of pixels (see Fig. 3 for an example of rectangular fit). In this example the peaks in the histogram are caused by different objects: The peaks around 0.1 mainly by connected roads, the peaks around 0.4 represent the majority of the image object, the peak around 0.55 is caused by regular cropland, while the peaks around 0.6 are mainly caused by buildings, and parking lots. The number and position of the bin boundaries was selected based on prior tests. Note that instead of using fixed boundaries, thresholds could have also been derived from the histogram minima. However, such an approach would have resulted in a more unstable procedure (consider various side minima in a local neighborhood) and a variable length code. Therefore, we have opted to work with fixed thresholds. Finally, a five digit code is constructed for each descriptor of a region: "1" is set for the bin the descriptor belongs to, "0" is used elsewhere. For example, 00100 means the descriptor lies in bin 3 of the histogram, i. e., between 40 % and 60 %.

The codes for the heights are determined from the average nDSM heights per image region. Heights are classified into three bins (again, this number was selected based on prior tests): Height less than 1.5 meters, height between 1.5 and 5 meters, and height larger

than 5 meters. The codes are then generated in the same way as for size and shape, e. g., "001" means that the relative height of the considered region is larger than 5 meters.

The codes for the features size, shape, and height are concatenated in a vector of 28 bit length,

$$\bar{Z}_i = [Z_i(1), Z_i(2), \dots, Z_i(28)]^T \quad (9)$$

The elements $Z_i(1)$ to $Z_i(25)$ encode size and shape in 5-digit codes each, $Z_i(26)$ to $Z_i(28)$ encode height.

2.4 Encoding the Land Cover Classes

The target land cover classes (or targets) need to be coded in a similar way as the input data. While in principle all necessary values could be learnt from training data, in our research we use a combination of empirical values derived from training data (e. g., for the spectra) and of general knowledge about the land cover classes under consideration (for size, shape, and height). The latter capture general statements such as 'buildings have a height of at least 3 meters' or 'forests are more likely to have lower compactness than grassland in a city'. While these statements are assumed to be valid for more than one test scene, adjustments may obviously be necessary if data showing different landscapes etc. are to be processed.

As an example consider the class 'Industrial buildings':

- The area of industrial buildings is not very large (compared to that of other classes); the buildings are likely to have different sizes;
- Industrial buildings have regular shapes; the compactness and rectangular fit are comparatively high;
- Industrial buildings are often higher than 5 meters.

Translated to binary codes and considering the existence of a considerable number of irregularly shaped buildings, we assume the area of industrial buildings to fall into bins 1 or 2, compactness to be mapped into bins 3, 4, or 5, rectangular fit to fall into bins 3, 4, or 5,

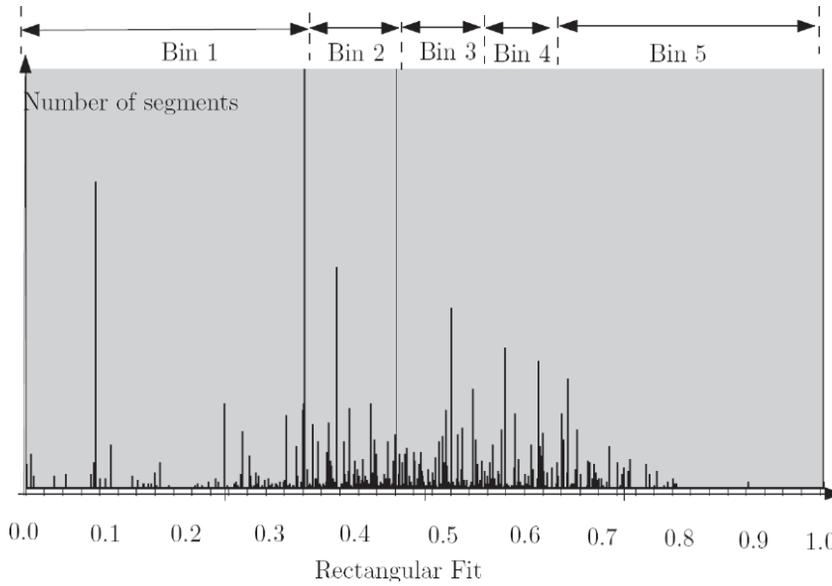


Fig. 3: The encoding rule for rectangular fit.

Tab. 1: Codes for the land cover classes used in our research.

Land cover class	Number of training samples	Bin(s) of histogram					Height
		Size and shape					
		Area	Asymmetry	Compactness	Rectangular fit	Length/width	
Stockyard or parking lot	4	1-2	1	4-5	4-5	1-2	1
Surface sealed with concrete	6	1-2	1-4	2-5	1-5	1-3	1
Street	8	1-2	4-5	1-2	1-3	5	1
Runway	3	4	5	1	1	5	1
Tennis ground	3	1	1-2	5	3-5	1-2	1
Farmhouse	8	1	1-4	2-5	1-5	1-3	1-3
Mixed trees*	6	1-4	1-4	1-5	1-5	1-5	1
Industrial buildings	14	1-2	1-5	3-5	3-5	1-5	2-3
Industrial area	9	1-3	1-5	1-5	1-5	1-5	1
Cropland	28	2-4	1-5	1-5	1-5	1-5	1
Grass	31	2-4	1-5	1-5	1-5	1-5	1

* trees were not captured as part of the DSM, therefore, the corresponding regions are assumed to feature a low height value (see Section 3.1 for more information).

and height to fall into bins 2 or 3. For the asymmetry and length/width ratio, we assume that all bins (bin 1 to bin 5) are possible.

In a similar way codes were constructed for all relevant land cover classes (see Tab. 1). Referring to the land use and land cover categories put forward by USGS (ANDERSON et al. 1976) and taking into account our test area (see Section 3), 11 classes were chosen: Stockyard or parking lot, Surface sealed with concrete, Street, Runway, Tennis ground, Farmhouse, Mixed trees, Industrial buildings, Industrial area, Cropland, and Grass. From the table it can be seen that while for some classes the additional size, shape, and height information should be of considerable value (e. g., for streets and runways), other classes will not be significantly improved by integrating the additional information (e. g., industrial area, cropland, grassland). This fact reflects the variable size and especially shape of these classes and should not be seen as a counterargument to region-based approaches as such.

2.5 Code Matching

The dissimilarity measure we use to determine spectral signature matches is the Hamming distance (HAMMING 1950, VITERBI & OMURA 1979):

$$D_s(\bar{Y}_i, \bar{Y}_m) = \sum_{l=1}^{2L} Y_i(l)(XOR)Y_m(l) \quad (10)$$

which is seen to be just a $2L$ sum of bit-wise exclusive-OR operations. Indices i and m refer to the considered region and the target under consideration, respectively. In the actual implementation of this algorithm, the Hamming distances D_s^{sa} and D_s^{ss} for the two components of the vectors \bar{Y}_i and \bar{Y}_m being compared (see equations (3) and (4)) are computed separately. This gives the user some additional flexibility in choosing weights for amplitude and slope information. This distance measures the dissimilarity between the two binary vectors. If the distance equals zero, then these two vectors are identical.

Different from the spectral data, the operator used in the similarity evaluation of size,

shape, and height descriptors is the bit-wise AND operation, which is computed from

$$D_h(\bar{Z}_i, \bar{Z}_m) = 6 - \sum_{l=1}^{28} Z_i(l)(AND)Z_m(l) \quad (11)$$

The AND operation is more like a mask operation. For one descriptor (5 codes for shape, 3 codes for height), only 1 (matched) or 0 (unmatched) can result from the calculation. As a total of six descriptors (five size and shape descriptors, and one height descriptor, represented by 28 bits altogether) are used in our research, D_h equals zero if all descriptors are matched, while D_h equals 6 if all descriptors are unmatched. Thus, D_h measures dissimilarity, as does the Hamming distance. In the actual implementation of our algorithm, the separate distances D_h^h and D_h^s are computed for for height and for size and shape.

Using proper weights (see Section 3 for a discussion on how to select them), we now combine the different dissimilarity measures into the final measure D , which represents the dissimilarity between the image object and the target:

$$D = D_s^{sa} + D_s^{ss} + w_s D_h^s + w_h D_h^h \quad (12)$$

3 Results

In order to evaluate the proposed method, we tested it using data from an area in Oberpfaffenhofen, Germany. The area was mapped manually by an experienced human operator using the composite true color image (Bands 18, 8 and 1 of the HyMap image for red, green and blue channels, the center wavelengths of these bands are 735 nm, 570 nm, and 465 nm) to create reference data. This result was then compared to different versions of the new method and also to the results of a number of established classification algorithms. This section contains the results of these tests.

3.1 Study Area and Data

The study area Oberpfaffenhofen is located in the south of Germany. The available digital surface model of this region has a resolution of

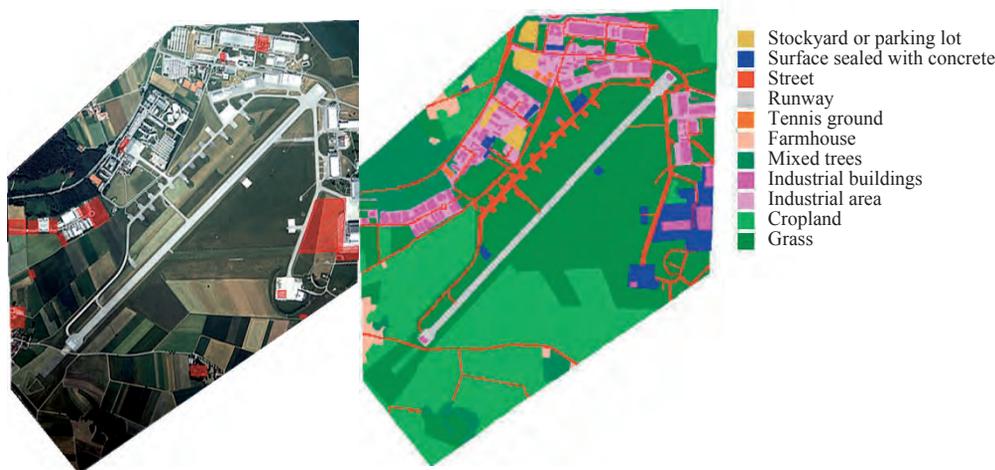


Fig. 4: The aerial photo of 1994 and the manual reference interpretation of the HyMap data of 2004.

0.5 meters and was generated by manual stereo measurements from a true color stereo pair of June 1994 at a scale of 1 : 13,000. While buildings were captured as part of the DSM, trees were not. HyMap data of this area was captured at 1:00 pm, June 7, 2004 (thus, 10 years later) at a flying altitude of 2580 m above sea level (corresponding to approximately 2000 m above the ground), and a flying direction from south to north (3.6°). These data have a ground resolution of 4 meters and 126 channels. The digital surface model (DSM) and the HyMap image are both available for an area of approximately 4.6 km². Technical details of the HyMap sensor can be found in COCKS et al. (1998). Fig. 4 shows the aerial photo of 1994 of the test area on the left and the manual reference interpretation of the HyMap data of 2004 on the right. As can be seen, the classes cover a significantly different amount of terrain, which somewhat reduces the value of the reference map, but conclusions as to the classification accuracy can still be drawn. Also, there have been some changes especially in the construction of new buildings within the 10 year difference of both data sets, part of the changes are marked by red regions on the aerial photo of 1994.

3.2 Experimental Results

Results of the New Method

We first tested the proposed new method in our test area with a number of training samples (and optimum weights, see Tab. 1 and below). In the segmentation step, a value of 88 was used for λ (see eq. (1)) based on a few tests, resulting in an average region size about 200 pixels. Note that the areas which changed during the time difference of 10 years between the two image acquisitions (depicted red in Fig. 4, left) are masked out and have no effect on the results.

Fig. 5 shows the HyMap RGB composite image and the classification result using the proposed method. Comparing the result to the reference classification (see Fig. 4, right) the first qualitative impression seems to be rather convincing.

The corresponding error matrix is shown in Tab. 2. From the table we can see that despite the good visual impression of the results the overall classification accuracy is actually not very high, i. e., 76.0% with a kappa index of 0.677. Since about 2/3 of the pixels belong to either cropland or grass, we also report the overall accuracy for the remaining classes, it amounts to 69.9%. Incorrect classifications can be found for Street, Farmhouse and Industrial area, these are the main reasons affecting

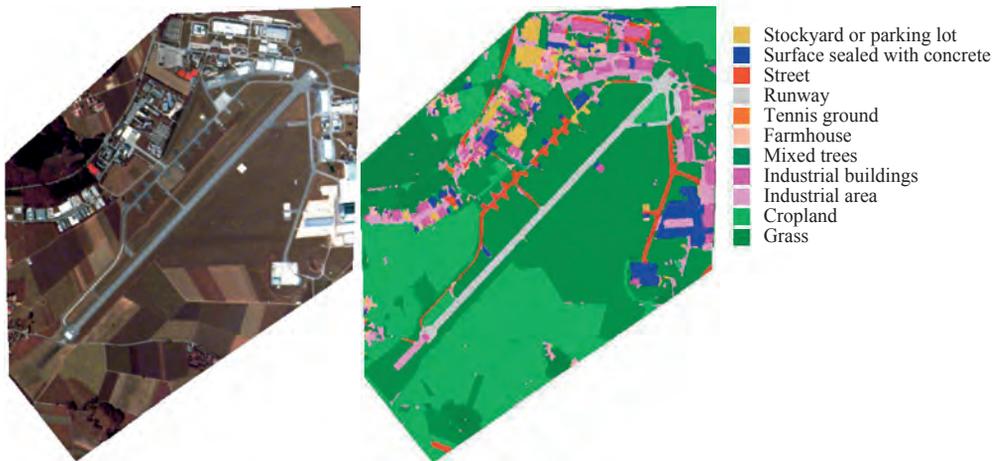


Fig. 5: The HyMap RGB composite image and the classification results derived using the proposed new method.

the overall accuracy. The ground resolution of only 4 meters of the HyMap image is seen as the main reason for the relatively low classification accuracy of Street and Farmhouse, the resolution is not sufficient to extract these relatively small objects. The low accuracy of Industrial area is probably due to the variability of this land cover class, which may contain industrial buildings, streets, small grass areas etc. Another potential reason for the relatively low classification accuracy is the time difference between image and height data: Several buildings present in the HyMap image do not exist in the DSM.

Setting the Weights

As was mentioned in Section 2.5, the spectral and the additional information (size, shape, and height) need to be properly weighted with respect to each other to obtain good results. Ideally, different weights should be chosen for each land cover class, e. g., based on the variability of the codes (see Tab. 1).

In order to investigate the impact of the weights w_s for size and shape and w_h for height on the classification performance, we systematically tested different set-ups. The results are shown in Fig. 6, the upper half shows the overall accuracy computed based on the training data to check the plausibility, while the lower half shows the overall accuracy with respect to data not used during the training

phase. In Fig. 6, the case of $w_s = 0$ and $w_h = 0$ shows the classification result only using the spectral information. With the help of size, shape, and height the classification accuracy of the training data increases moderately from 93 % to 94 %, while for the test data the accuracy increases more significantly, namely from 69.0 % to 76.0 % (see Tab. 3). As can be seen, best results for the overall accuracy are reached for $w_s = 2$ and $w_h = 4$, these values are used in the remainder of this paper (they have also been used for the results presented in Fig. 5 and Tab. 2).

It should be noted that the relatively large difference between the results for the training and the reference data points to a potential over-fitting problem. This issue can be further investigated only by employing more and different data sets, which we do not have at hand. As a consequence, we are not able to fully assess the merits of the new method. However, we believe that our results can still be used to investigate its potential and to compare it with more traditional classification schemes.

Comparison with Standard Methods

In order to put the obtained results into context, we compared them to pixel- and region-based standard binary encoding and to a classification based on support vector machines (pixel- and region-based as well as including size, shape, and height features).

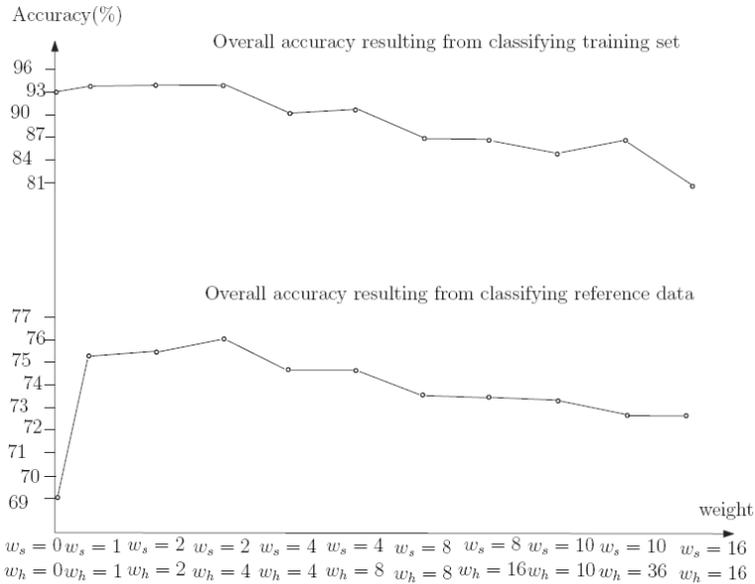


Fig. 6: The classification accuracy using different weights (see text for details).

The support vector machine (SVM) is a universal learning machine for solving classification or regression problems (SMOLA & SCH-OELKOPF 1998, VAPNIK 1998). In remote sensing applications the Gaussian radial basis function kernel $K(x, x_i) = \exp(-\gamma|x-x_i|^2)$ proved to be effective with reasonable processing times, it's adopted in this paper to compare the results of the new method to those obtained with a standard classification scheme. In SVM the user needs to select two parameters: The parameter γ that defines the width of the Gaussian kernel function and a regularization parameter controlling the trade-off between the maximization of the margin between the training data vectors and the decision boundary plus the penalization of training errors (BURGES 1998). In order to obtain suitable parameters for the SVM classification, a grid search (RABE et al. 2009) is advisable, as default settings normally yield poor results.

SVM and binary encoded were both tested in three different versions: Pixel-based, region based using spectral information only, and region-based using spectral and spatial (size, shape, height) information. Of course, the last binary encoding run corresponds to the new improved method. In the SVM classifier we chose the radial basis function (RBF) kernel

and all 126 channels. In all cases identical training areas were used, again the areas which had changed between image acquisition were masked out, and all region-based methods are based on the same segmentation, as described in Section 2.2. All experiments were performed on a PC with a 2,53 GHz Intel Core 2 Duo CPU and 4 GB RAM.

The obtained results are visualized in Fig. 7. and Tab. 3, containing the user's and the producer's accuracy for each class, the overall accuracy, the kappa index, and the computing times for the different steps.

From Tab. 3, we can find that among all approaches, the proposed method has the highest overall classification accuracy and kappa index, 76.0% and 0.667, respectively, while the pixel based binary encoding classification has the lowest overall accuracy and kappa index, 50.7% and 0.348, respectively. The region-based approach significantly improves the binary encoding classification accuracy by 18.3%, note however, the wrongly classified road depicted in red in the lower part of Fig. 7 (d). With the help of the additional features shape and height, the classification accuracy can be improved by a further 7.0%. The same type of improvement cannot be reached using SVM. On the other hand, the pixel-based SVM

Tab. 2: Error matrix resulting from proposed method.

Reference Data ^a	SP	SC	S	R	TG	F	T	B	I	C	G	Row Total		
Classification Data														
SP	3078	184	961	0	15	62	97	285	1281	7	210	6180		
SC	0	3057	366	0	0	52	2	794	633	4	210	5118		
S	2	80	5092	0	0	6	6	63	768	293	635	6945		
R	0	0	618	6362	0	0	0	24	492	0	905	8401		
TG	0	0	0	0	328	17	1	7	74	0	0	427		
F	3	63	439	0	6	729	15	564	986	18	181	3004		
T	68	134	796	0	0	285	16571	88	951	1581	1961	22435		
B	0	322	209	23	0	132	3	7375	1323	0	322	9709		
I	99	916	4056	49	28	849	1026	1181	7349	804	1777	18134		
C	15	3	3261	13	34	585	1406	59	483	68431	8980	83270		
G	78	327	4513	341	4	333	1840	333	2691	9633	88738	108831		
Column Total	3343	5086	20311	6788	415	3050	20967	10773	17031	80771	103919	272454		
	Producer's acc. ^b					User's acc. ^c					Producer's acc.		User's acc.	
SP	92.07%					49.81%					T		73.86%	
SC	60.11%					59.73%					B		75.96%	
S	25.07%					73.32%					I		40.53%	
R	93.72%					75.73%					C		82.18%	
TG	79.04%					76.81%					G		81.54%	
F	23.90%					24.27%								
Overall accuracy = 76.0%	Accuracy in built-up areas ^d = 69.9%							Kappa = 0.677						

^a SP: Stockyard or parking lot; SC: Surface sealed with concrete; S: Street; R: Runway; TG: Tennis ground; F: Farmhouse; T: Mixed trees; B: Industrial buildings; I: Industrial area; C: Cropland; G: Grass

^b Producer's accuracy: Relates to the probability that a reference sample will be correctly mapped and measures the errors of omission.

^c User's accuracy: Indicates the probability that a sample from land cover map actually matches the reference data and measures the error of commission.

^d Accuracy in built-up areas: Refers to the classification accuracy except Cropland and Grass.

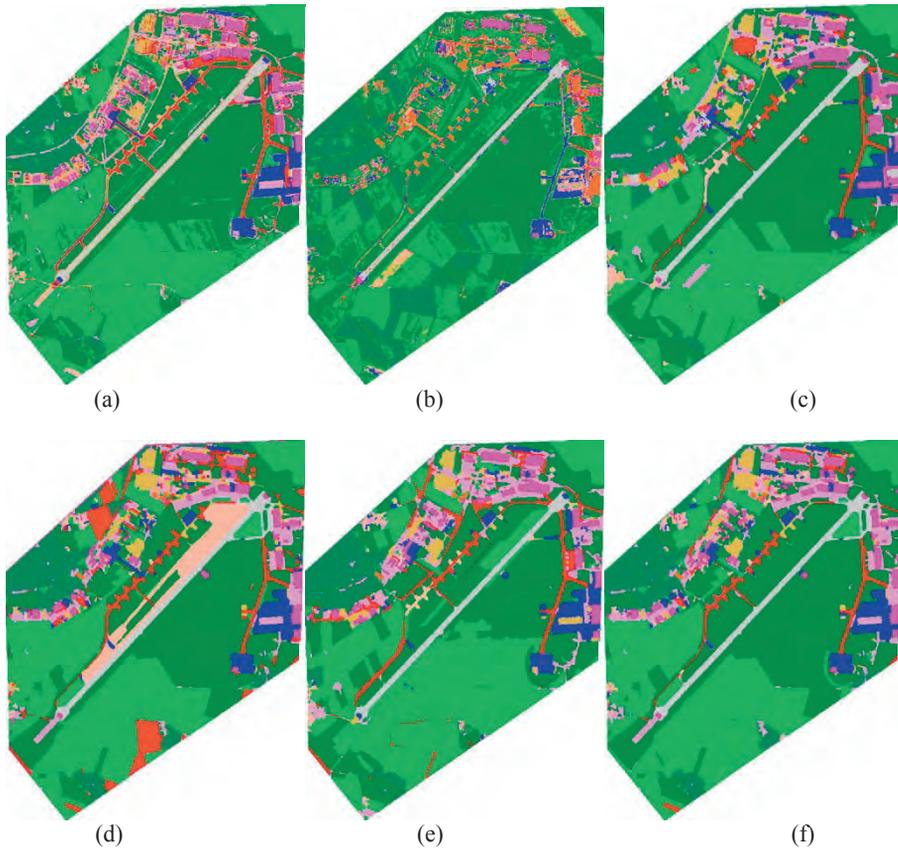


Fig. 7: Results of the classification using different approaches: (a) pixel-based SVM, (b) standard pixel-based binary encoding, (c) region based SVM using spectral information only, (d) region-based binary encoding using spectral information only, (e) region-based SVM using spectral and spatial information. (f) proposed new method.

classification already performed quite well, and shows almost the same classification accuracy (73.1 %) as the region-based SVM classification (73.2 %). The SVM classifier associated with shape and height information reached virtually the same classification accuracy (72.0 %). Similar trends can be observed for the results of the built-up areas, i. e., not considering the 2/3 of the area covered by cropland and grass. It should be noted that for all methods the accuracy figures as such are not extremely high, which could be a consequence of the Hughes phenomenon (HUGHES 1968, see also HSU 2007). Improvements are possible either by increasing the number of training samples or by reducing the number of employed channels.

With the exception of pixel-based binary encoding the reported accuracy figures are relatively similar, however, the computing times are not. The reason is the grid search to find suitable parameters for the SVM training (see Tab. 3). The grid search accounts for 70 to 90 % of the whole computing time and thus significantly slows down SVM classification. From the performance point of view, the newly developed binary encoding method thus has clear advantages.

Overall, the binary encoding result is consistent with our expectations: Ground objects with similar spectra do not always belong to the same class. For example, if the classification only considers the spectrum, a building with a concrete roof would probably be classi-

Tab. 3: Classification results.

Classification method	SVM		Binary encoding		SVM, only spectral		Binary encoding, only spectral		SVM, spectral and spatial		Proposed new method	
	Pixel based				Region based							
(see Fig. 7)	a		b		c		d		e		f	
Accuracy (%)	U ^a	P ^b	U ^a	P ^b	U ^a	P ^b	U ^a	P ^b	U ^a	P ^b	U ^a	P ^b
SP	18	64	7	14	23	60	36	92	46	89	50	92
SC	64	68	19	24	55	66	51	59	59	75	60	60
S	54	31	29	8	56	21	38	32	58	33	73	25
R	73	74	59	74	66	94	73	94	87	94	76	94
TG	75	77	4	71	69	73	78	79	75	77	77	79
F	26	25	2	4	34	38	5	22	28	30	24	24
T	87	73	32	77	81	78	74	79	84	75	74	79
B	86	67	79	27	61	55	69	60	83	67	76	68
I	25	32	24	8	33	27	42	35	42	49	41	43
C	83	85	58	40	84	82	80	77	72	86	82	85
G	82	81	66	74	78	87	81	75	80	72	82	85
Accumulated accuracy values	Overall [%]	73.1		50.7		73.2		69.0		72.0		76.0
	kappa index	0.641		0.348		0.638		0.596		0.627		0.677
	Overall ^c [%], built-up areas	67.0		36.1		68.2		67.5		70.7		69.9
Computing time [min]	segmentation	-		-		0'58		0'58		0'58		0'58
	grid search	18'12		-		7'18		-		7'24		-
	classification	3'31		5'33		1'21		1'12		1'43		1'21
	total	21'43		5'33		9'37		2'10		10'05		2'10

^a U: User's accuracy^b P: Producer's accuracy^c Accuracy in build-up areas: Refers to the classification accuracy except Cropland and Grass

SP: Stockyard or parking lot; SC: Surface sealed with concrete; S: Street; R: Runway; TG: Tennis ground; F: Farmhouse; T: Mixed trees; B: Industrial buildings; I: Industrial area; C: Cropland; G: Grass

fed as Surface sealed with concrete, while a building covered by green plants would probably be classified as Grass or Cropland. In our method, with the help of height information, this kind of mistakes can be minimized. Taking the class Street as another example, the spectrum of road and the parking lot adjacent to the road are often very similar. If we do not consider the regular shape of the parking lot and the length of a road, these two types may

readily be confused during classification, whereas shape information can help to improve the results. Obviously, this general line of argumentation should also hold for SVM classification; however we did not observe any related improvements in our experiments. At this point the reason for this observation is not clear, finding an answer will be part of our future research.

4 Conclusions

Based on the idea that integrating multi-source remote sensing data may improve automatically derived interpretation results, a new binary encoding classification method was presented. In this method regions rather than individual pixels are considered as basic units and size, shape, and height information for each segment are integrated into the classification. The information itself is encoded into a 280 bit code, which makes the method useful for hyperspectral image data.

The results obtained from our study area show that incorporating region-based information and also spatial additions significantly improve binary encoding, and that the new method, while somewhat suffering from a lack of representative training data, achieves higher accuracy and efficiency than the SVM classification. This is particularly interesting, as in binary encoding a portion of the available radiometric information is knowingly sacrificed in the coding step, whereas the SVM makes use of the full radiometric resolution of the image data.

In future, more analysis on refining the selection of shape descriptors and the similarity evaluation algorithm is necessary, as well as investigations into band selection and feature reduction to better cope with the Hughes phenomenon. We also plan a more comprehensive comparative experiment in a larger study area, and to introduce texture measures into our new method.

Acknowledgements

Special thanks go to the hyperspectral research group at DLR, Oberpfaffenhofen, especially Dr. Andreas Müller and Wieke Heldens, who enabled this work by supplying the hyperspectral data and the DSM. Thanks are also due to Dipl.-Ing. Ulla Wißmann and Dipl.-Ing. Adelheid Elmhorst, both from IPI, who generated the reference map.

This study was substantially supported by the China Scholarship Council, National Natural Science Foundation of China (Project No. 40771174), National High Technology Research and Development Program of China

(863 Program No. 2007AA12Z178 and 2009AA12Z131), Key Laboratory of Advanced Engineering Surveying of SBSM (Project No. TJES0810)*, and grants from the Program for Young Excellent Talents in Tongji University (Project No. 2009KJ094).

References

- ACHARYYA, M., DE, R.K. & KUNDU, M.K., 2003: Segmentation of remotely sensed images using wavelet features and their evaluation in soft computing framework. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **41** (12): 2900–2905.
- ANDERSON, J.R., HARDY, E.E., ROACH, J.T. & WITMERA, R.E., 1976: Land Use and Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. – U.S. Geological Survey Professional Paper **964**; USGS, Washington, D.C.
- BALL, J.E. & BRUCE, L.M., 2007: Level set hyperspectral image classification using best band analysis. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **45** (10): 3022–3027.
- BAZI, Y. & MELGANI, F., 2006: Toward an optimal SVM classification system for hyperspectral remote sensing images. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **44** (11): 3374–3385.
- BENZ, U., HOFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I. & HEYNEN, M., 2004: Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **58** (3–4): 239–258.
- BOLSTAD, P.V. & LILLESAND, T.M., 1991: Rapid maximum likelihood classification. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **57** (1): 64–74.
- BRUCE, L.M. & LI, J., 2001: Wavelets for computationally efficient hyperspectral derivative analysis. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **39** (7): 1540–1546.
- BURGES, C.J.C., 1998: A tutorial on Support Vector Machines for pattern recognition. – *Data Mining and Knowledge Discovery* **2** (2): 121–167.
- CAMPS-VALLS, G., GOMEZ-CHOVA, L., MUNOZ-MARI, J., VILA-FRANCES, J. & CALPE-MARAVILLA, J.,

* Kwang-Hua Fund for College of Civil Engineering, Scientific Research Foundation of Key Laboratory for Land Environment and Disaster Monitoring of SBSM (Grant No. LEDM2010B02).

- 2006: Composite kernels for hyperspectral image classification. – *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* **3** (1): 93–97.
- CHANG, C.I., 2003: Hyperspectral imaging: spectral detection and classification. – Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, US.
- CHIOU, W.C., 1984: Dynamic descriptors for contextual classification of remotely sensed hyperspectral image data analysis. – *Applied Optics* **23** (21): 3889–3892.
- COCKS, T., JENSSEN, R., STEWART, A., WILSON, I. & SHIELDS, T., 1998: The Hymap™ Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. – 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Paris, 37–42.
- DARVISHZADEH, R., SKIDMORE, A., SCHLERF, M., ATZBERGER, C., CORSI, F. & CHO, M., 2008: LAI and chlorophyll estimation for a heterogeneous grassland using hyperspectral measurements. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **63** (4): 409–426.
- DEMIR, B. & ERTURK, S., 2008: Phase correlation based redundancy removal in feature weighting band selection for hyperspectral images. – *International Journal of Remote Sensing* **29** (6): 1801–1807.
- DOUGLAS, D.H. & PEUCKER, T.K., 1973: Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a line or its caricature. – *The Canadian Cartographer* **10** (2): 112–122.
- DUARTE-CARVAJALINO, J.M., SAPIRO, G., VELEZ-REYES, M. & CASTILLO, P.E., 2008: Multiscale representation and segmentation of hyperspectral imagery using geometric partial differential equations and algebraic multigrid methods. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **46** (8): 2418–2434.
- FEINGERSH, T., BEN-DOR, E. & FILIN, S., 2010: Correction of reflectance anisotropy: a multi-sensor approach. – *International Journal of Remote Sensing* **31** (1): 49–74.
- GAMBA, P. & HOUSHMAND, B., 2000: Hyperspectral and IFSAR data for 3D urban characterization. – IGARSS 2000, Honolulu, CD-ROM.
- GREIWE, A. & EHLERS, M., 2005: Combined analysis of hyperspectral and high resolution image data in an object oriented classification approach. – 3rd International Symposium on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, 13–15.
- HAMMING, R.W., 1950: Error-detecting error-correcting codes. – *Bell System Technical Journal* **29**: 147–160.
- HEIDEN, U., SEGL, K., ROESSNER, S. & KAUFMANN, H., 2007: Determination of robust spectral features for identification of urban surface materials in hyperspectral remote sensing data. – *Remote Sensing of Environment* **111** (4): 537–552.
- HEPNER, G.F., HOUSHMAND, B., KULIKOV, I. & BRYANT, N., 1998: Investigation of the Integration of AVIRIS and IFSAR for Urban Analysis. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **64** (8): 813–820.
- HUANG, X., ZHANG, L. & LI, P., 2007: Classification and extraction of spatial features in urban areas using high-resolution multispectral imagery. – *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* **4** (2): 260–240.
- HUGHES, G.F., 1968: On the mean accuracy of statistical pattern recognizers. – *IEEE Transactions on Information Theory* **IT-14** (1): 55–63.
- HSU, P.H., 2007: Feature extraction of hyperspectral images using wavelet and matching pursuit. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **62** (2): 78–92.
- JIA, X. & RICHARDS, J.A., 1993: Binary coding of imaging spectrometer data for fast spectral matching and classification. – *Remote Sensing of Environment* **43**: 47–53.
- JIA, X. & RICHARDS, J.A., 2008: Managing the spectral-spatial mix in context classification using Markov random fields. – *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* **5** (2): 311–314.
- KARTIKEYAN, B., SARKAR, A. & MAJUMDER, K.L., 1998: A segmentation approach to classification of remote sensing imagery. – *International Journal of Remote Sensing* **19** (9): 1695–1709.
- LEE, C. & LANDGREBE, D.A., 1991: Fast likelihood classification. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **29** (4): 509–517.
- LE MOIGNE, J. & TILTON, J.C., 1995: Refining image segmentation by integration of edge and region data. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **33** (3): 605–615.
- MARCONCINI, M., CAMPS-VALLS, G. & BRUZZONE, L., 2009: A composite semisupervised SVM for classification of hyperspectral images. – *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* **6** (2): 234–238.
- MARTIN, M.E., PLOURDE, L.C., OLLINGE, S.V., SMITH, M.-L. & McNEIL, B.E., 2008: A generalizable method for remote sensing of canopy nitrogen across a wide range of forest ecosystems. – *Remote Sensing of Environment* **112** (9): 3511–3519.
- MARTINEZ, P.J., PEREZ, R.M., PLAZA, A., AGUILAR, P.L., CANTERO, M.C. & PLAZA, J., 2006: End-member extraction algorithms from hyperspectral images. – *Annals of Geophysics* **49** (1): 93–101.
- MARTINEZ-USO, A., PLA, F., SOTOCA, J.M. & GARCIA-SEVILLA, P., 2007: Clustering-based hyperspectral band selection using information measures. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **45** (12): 4158–4171.

- MAZER, A.S., MARTIN, M., LEE, M. & SOLOMON, J.E., 1988: Image processing software for imaging spectrometry data analysis. – *Remote Sensing of Environment* **24**: 201–210.
- MEHTRE, B.M., KANKANHALLI, M.S. & LEE, W.F., 1997: Shape measures for content based image retrieval: A comparison. – *Information Processing and Management* **33** (3): 319–337.
- MOHANTY, N., RATH T.M., LEE, A. & MANMATHA, R., 2005: Learning Shapes for Image Classification and Retrieval. – *Lecture Notes in Computer Science* **3568**: 589–598.
- MUMFORD, D. & SHAH, J., 1985: Boundary detection by minimizing functionals. – *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* **1**: 22–26.
- NASCIMENTO, J.M.P. & DIAS, J.M.B., 2005: Vertex component analysis: a fast algorithm to unmix hyperspectral data. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **43** (4): 898–910.
- PRASAD, S. & BRUCE, L.M., 2008: Decision fusion with confidence-based weight assignment for hyperspectral target recognition. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **46** (5): 1448–1456.
- RABE, A., VAN DER LINDEN, S. & HOSTERT, P., 2009: imageSVM, Version 2.0, software available at www.hu-geomatics.de.
- RAJAN, S., GHOSH, J. & CRAWFORD, M.M., 2008: An active learning approach to hyperspectral data classification. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **46** (4): 1231–1242.
- ROBINSON, D.J., REDDING, N.J. & CRISP, D.J., 2002: Implementation of a fast algorithm for segmenting SAR imagery. – *Scientific and Technical Report*, Australia: Defense Science and Technology Organization.
- ROGGE, D.M., RIVARD, B., ZHANG, J., SANCHEZ, A., HARRIS, J. & FENG, J., 2007: Integration of spatial-spectral information for the improved extraction of endmembers. – *Remote Sensing of Environment* **110** (3): 287–303.
- RUSS, J.C., 2006: *The image Processing Handbook*, Fifth edition. – Boca Raton, FL: CRC Press.
- SERPICO, S.B. & MOSER, G., 2007: Extraction of spectral channels from hyperspectral images for classification purposes. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **45** (2): 484–495.
- SMOLA, A. & SCHOELKOPF, B., 1998: A Tutorial on Support Vector Regression. – *Statistics and Computing* **14** (3): 199–222.
- TRIAS-SANZ, R., STAMON G. & LOUCHET, J., 2008: Using colour, texture, and hierarchical segmentation for high-resolution remote sensing. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **63** (2): 156–168.
- VAPNIK, V.N., 1998: *Statistical Learning Theory*. – Wiley, New York, NY.
- VERHOEF, W. & BACH, H., 2007: Coupled soil-leaf-canopy and atmosphere radiative transfer modeling to simulate hyperspectral multi-angular surface reflectance and TOA radiance data. – *Remote Sensing of Environment* **109** (2): 166–182.
- VITERBI, A. J. & OMURA, J.K., 1979: *Principles of Digital Communication and Coding*. – McGraw-Hill, New York, NY: 81.
- ZHANG, L., HUANG, X., HUANG, B. & LI, P., 2006: A pixel shape index coupled with spectral information for classification of high spatial resolution remotely sensed imagery. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **44** (10): 2950–2961.

Addresses of the Authors:

Dr. HUAN XIE, Prof. Dr. XIAOHUA TONG, Tongji University, Department of Surveying and Geo-informatics, Siping Road No.1239, 200092, Shanghai, P.R. China. Tel.: +86-21-6598-3686, -8851, Fax: -1085, e-mail: huanxie@tongji.edu.cn, xhtong@tongji.edu.cn.

Prof. Dr.-Ing. CHRISTIAN HEIPKE, Dr.-Ing. PETER LOHMANN, Prof. Dr.-Ing. UWE SOERTEL, Leibniz Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI), Nienburger Str. 1, D-30167 Hannover, Germany, Tel: +49-511-762-2482, -2486, -2981, Fax: -2483, e-mail: heipke@ipi.uni-hannover.de, lohmann@ipi.uni-hannover.de, soertel@ipi.uni-hannover.de.

Prof. Dr. WENZHONG SHI, Hong Kong Polytechnic University, Department of Land Surveying and Geo-Informatics, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong. Tel.: +852-2766-5975, Fax: +852-2330-2994, e-mail: lszwzshi@polyu.edu.hk.

Manuskript eingereicht: Januar 2010
Angenommen: November 2010

Berichte von Veranstaltungen

ISPRS Commission III Symposium »Photogrammetric Computer Vision« vom 1.–3. September in Paris, Frankreich

Das Symposium der Commission III „Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis“ der ISPRS fand vom 1.–3. September 2010 in Saint Mandé (Paris), Frankreich statt und wurde vom IGN (Institut Géographique National) organisiert. Hauptverantwortliche waren NICOLAS PAPARODITIS, MARC PIERROT-DESEILLIGNY, CLÉMENT MALLET und OLIVIER TOURNAIRE.

Eröffnet wurde die Konferenz – nach freundlicher Begrüßung – durch die Keynote von Prof. WOLFGANG FÖRSTNER mit dem Thema: *“Graphical Models for image analysis”*. Prof. FÖRSTNER gab einen tiefen Einblick in verschiedene graphische Modelle – vor allem in Markoff-Ketten, Bayes Netze und Markov Random Fields (MRF) – und stellte eine breite Palette an Anwendungsgebieten im Bereich der Bildverarbeitung dar. Der Vortrag war ein hochinteressanter Einstieg in die Themengebiete und Problematiken, die während der kommenden Tage präsentiert und diskutiert werden sollten. Anschließend folgte die erste Session: *„Pattern Recognition and Classification“*, geleitet von WOLFGANG FÖRSTNER. Präsentiert wurden zwei interessante Beiträge zu den Themen Parameterschätzung und Integration von Klassifikationsaussagen durch Fuzzy Majority Voting. Die zweite Session, die von HELMUT MAYER und MAXIME LHUILLIER geleitet wurde, widmete sich dem Thema *„Surface Recognition and Matching“*. Es wurden Ansätze zur Modellierung und zum Matching von Oberflächen präsentiert, die auf der Auswertung von Luftbildern, Low-Cost Kameradaten und multispektralen Daten basierten. Nach dem Mittagessen folgte dann die erste Poster Session, die Möglichkeit gab, die präsentierten Themen mit den Autoren intensiv zu diskutieren. Der erste Tag endete mit der Session *„Point Cloud Processing“*. Die Sitzung wurde geleitet von FRÉDÉRIC BRETAR und

GEORGE VOSSSELMAN. Es wurden fünf Vorträge gehalten, die die Klassifikation, aber auch das Denoising von Punktwolken behandelten. Methodisch standen hier MRF, Wavelets und Random Forests im Vordergrund. Zum Abschluss stellte CHRIS BELLMAN den Planungsstand für den XXII. ISPRS Kongress 2012 in der seiner Einschätzung nach „greatest city of the world“ – Melbourne – vor. In einer einladend gestalteten Präsentation stimmte er erwartungsfroh auf die Organisation eines hochklassigen Kongresses ein.

Der zweite Tag begann mit der Keynote von Prof. RICHARD HARTLEY (Department of Information Engineering, Australian National University). Thema des Vortrags war *„Cameras and Convex Optimization“*. Prof. HARTLEY stellte den Teilnehmern etablierte und moderne Verfahren der Szenenrekonstruktion aus Kamerabildern vor – wobei er die Stimmung mit dem Abspielen des „Fundamental Matrix Song“ (zu finden bei YouTube) aufheiterte. Besonderen Wert legte er in seinem Vortrag auf neue Kameramodelle und neue Methoden der konvexen Optimierung. Die folgenden Sessions *„Registration“* und *„Registration and Sensor Pose Estimation“* widmeten sich der exakten Passpunktextraktion, dem Bildmatching und der Fahrzeuglokalisierung in verschiedenen Datentypen und für verschiedenste Anwendungen. Interessante Diskussionen regte Prof. FÖRSTNERS Vortrag zum Thema *„Optimal vanishing point detection and rotation estimation of single images from a Lego-land scene“* an. Eine weitere Poster Session bot erneut Gelegenheit zur intensiveren Diskussion. Abgeschlossen wurde der Tag mit einer Session zum Thema *„Building Reconstruction“* geleitet von CAROLINE BAILLARD & GUNHO SOHN. Die Beiträge behandelten die Detektion, Segmentierung und Klassifizierung von Gebäuden und Dachflächen in verschiedenen Datentypen (InSAR, Luftbilder, Punktwolken). Das Abendprogramm bestand aus einem Besuch im Musée d’Orsay, in welchem vorrangig Malerei und Plastik des ausgehenden 19. Jahrhunderts ausgestellt sind. In diesem Museum wurde dann auch das Gala-

Dinner serviert. Während diesem wurde der Best-Poster Award verliehen, der an PHILIPP MEIXNER und FRANZ LEBERL vom Institute for Computer Graphics and Vision der TU Graz für ihren Beitrag „*Characterizing building façades from vertical aerial images*“ ging.

Am letzten Tag hielten zwei weitere Sessions das hohe Niveau der Konferenz aufrecht. Die erste, „*Facade Reconstruction and Modelling*“, geleitet von FRANZ ROTTENSTEINER und MICHEL ROUX behandelte vorrangig die Automatisierung von Fassadendetektion und Modellierung. Die zweite, die von UWE STILLA und MATTHIAS BUTENUTH geleitet wurde, befasste sich mit der Erkennung von Straßen und Straßennetzwerken aus unterschiedlichen Datentypen. Zum Abschluss wurde der Best-Paper Award verliehen. Ihn erhielten STEFAN KLUCKNER und HORST BISCHOF von der TU Graz, die das Thema „*Image-based building classification and 3D modeling with super-pixels*“ vorgestellt hatten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Konferenz hervorragend organisiert war, wofür den Verantwortlichen vom IGN und ihren Helfern Dank gilt. Die Vortragsreihen waren interessant gestaltet und boten einen breiten Einblick in viele Themen, ohne es dabei an der nötigen Tiefe fehlen zu lassen. Neben den von den Teilnehmern präsentierten Themen waren nicht zuletzt die beiden thematisch und didaktisch gut aufbereiteten Keynotes eine Bereicherung für die Anwesenden. Auch das ansprechende Ambiente während der Mittag- und Abendessen wird vielen Teilnehmern sicher noch lange in guter Erinnerung bleiben und Lust auf weitere ISPRS Veranstaltungen machen. Die Beiträge und weitere Informationen können auf der Homepage pcv2010.ign.fr erhalten werden.

ANDREAS BRAUN & STEFAN HINZ, Karlsruhe

10th International Scientific and Technical Conference “From imagery to map: Digital photogrammetric technologies” vom 20.–23. September 2010 in Gaeta, Italien

For the 2010 Racurs Conference Dr. VICTOR ADROV, the CEO of the Racurs Company, has chosen the ancient city of Gaeta in Latium, Italy. Gaeta is older than Rome and is situated on the coast between Rome and Naples. It has splendid four star conference facilities for accommodation, water sports, and Napolitan sea food.

The annual Racurs Conferences are an excellent opportunity for Europeans to gain knowledge about the very interesting Russian and Eastern European developments in the Geoinformatics field. Racurs is a major photogrammetric hardware and software producer in the Russian Federation. Contrary to most Western European developments in this field, which due to globalization have been sold out to international consortia, Racurs is still an independent national effort. The information exchange between Russian and Western European Geoinformatics professionals is especially made easy due to the availability of an excellent simultaneous translation of the paper presentations and discussions for Russian and English. This is unique for Geoinformatics conferences held in Western Europe.

The conference, therefore, constitutes an important possibility for global intercommunication in the field. On Monday, September 20, the program consisted of four blocks: Introduction, General Issues, New Developments in Photogrammetry, and Developments at Racurs. On Tuesday, September 21 the next four blocks were covered: Applications, Developments of Space Sensors, Space Data Use, and Space Data Applications. On Wednesday, September 22 the entire day was devoted to “Master Classes” on Racurs Software: Automatic DTM creation, Distributed Processing, and Radar Processing. On Thursday, September 23 the participants enjoyed a visit to Naples and to Pompeii.

Introduction

Dr. ADOV, Racurs, reminded the participants, that this was the 10th Anniversary of the Racurs Conferences, which began in the Russian Federation, but which more recently have taken place in Belorussia, Latvia, Montenegro, Bulgaria, Croatia, and Greece. The Mayor of Gaeta, Mr. RAIMONDI, reminded the listeners, that the origin of Gaeta dates back to Greek settlers (Aeneus). RENZO CARLUCCI reported on the Italian SDI efforts within the European INSPIRE program. As there are 20 regions in Italy with their own geospatial jurisdictions, a lack of central coordination is felt. Nevertheless, Italy uses modern technology: This was demonstrated by MARCO CHIAUDANO for his mobile mapping system using digital panoramic cameras, GPS, IMU, and WiFi. GOTTFRIED KONECNY of Leibniz University Hannover presented the 100 years of historic development of ISPRS, which he compiled for the ISPRS celebrations in Vienna on July 4, 2010.

General Issues

GOTTFRIED KONECNY presented a paper on Topographic Map Updating Issues, stating, that only countries, which have a functioning transaction updating system for buildings can update part of the topo (graphical) map features in near real time. In the UK topo map updates via DGPS are possible by great efforts with a delay of up to 6 months. Otherwise topo maps must be updated via aerial or satellite imagery, which depending on the size and the state of the country, can take place every 5 to 50 years. The use of high resolution satellite imagery appears to be most effective. ARMIN GRUEN of ETH Zürich discussed 3D/4D City Modelling Progress and Prospects, showing "Cyber City" applications (Firenze, Paris, Salzburg, Hamburg) and applications for cultural monument documentation (Xochicalco, Honduras, Peru, China). Prof. ALEXANDER MIKHAYLOV of MIIGAİK, Moscow, discussed photogrammetric education at his department, which was established as early as 1925. At present there are about 50 graduates of photogrammetry per year at MIIGAİK and about 25 per year at SSGA in Novosibirsk. The graduates have no difficulty finding employment.

The adaptation to the European Bologna process (B.Sc. and M.Sc.), however, is painful. IVAN KATZARSKY of Bulgaria discussed his country's contribution to the International Federation of Surveyors FIG.

New Developments in Photogrammetry

MIKHAIL PECHATNIKOV of Vision Map, Israel noted, that his company employs 25 developers. There are two major developments at Vision Map: A mobile mapping system with 5 cm ground sampling, by which all roads of Israel were mapped. Development and use of the Vision Map A3 digital panoramic camera with a scan angle of 110 degrees, a GSD of 1 cm at nadir direction and a weight of only 35 kg. With this camera an orthophoto flight at 25 cm GSD can be executed for 25 000 square km in 6 hours, which is not possible by other digital cameras. PETER SCHREIBER of Leica Geosystems presented the new developments of the RCD100 medium accuracy frame based digital camera, the staggered array processing for the Leica ADS80 scanner camera, and the full waveform Lidar recording of the ALS80 laser scanner. ARMIN GRUEN of ETH Zürich discussed UAV photogrammetry. There are about 250 groups in the world utilizing this technology, which yields very high resolution (1 cm) for small areas. There is great flexibility in sensor design and use (vertical, oblique, quasi-terrestrial). He has applied the technology in Peru and Bhutan using a quadricopter. SERGEY SKUBIEV of the State University of Land Management, Moscow used UAVs for orthophoto mapping at scales 1 : 10 000 and 1 : 20 000.

New Developments at Racurs

DMITRY KOCHERGIN noted that the program system Photomod 5.0 had been introduced in Greece in 2009. There is now project format optimization. Up to 200 000 images per block may be used. These can be distributed over the network necessitating a workflow change. Also Vision Map A3 images are supported. There is an automatic DTM creation with DTM filters to remove buildings and vegetation. Self calibration is included in bundle block adjustment. In the future images of the 3DAS-1 camera will be supported. ALEXANDRA KISELEVA presented a paper entitled: "Ef-

fective techniques for working with Photomod”, which included the resource system in a distributed network, ADS80 image processing, and the use of UltraCam metadata. ALEXEY ELIZAROV discussed the advances in DTM creation, like the corresponding point search on epipolar lines, the use of multi image matching, and the use of building and vegetation filters. ALEXANDER SECHIN commented on the interpolation of smooth contours for graphic output using soap film equations of second order according to Dirichlet. YURI RAIZMAN of Vision Map discussed the implementation of the Visionmap A3 images into Photomod. He also showed excellent accuracy results of about 15 cm not using IMUs, but by using multiple overlaps of images. The absolute accuracy has been obtained via GPS-PPP.

Applications

VALERIO ZUNINO of Studio SIT discussed the 1 : 500 scale aerial survey for the Municipality of Pisa to detect illegal buildings in the 185 square km area, where the historic centre was flown at 8 cm GSD, and the outside areas at 22 cm GSD with a Rolleimetric camera mounted on an Aero Stab 3 stabilizer. A thermal pollution survey on Lake Garda was done with a 50 cm GSD thermal camera. YANNIS YANNIRIS of NTUA Greece reported how the free version of Photomod Lite 4.4 was used at the National Technical University Athens to teach the 100 geodetic diploma engineering students in two obligatory courses of photogrammetry. LEO AUTELITANO of Aspromonte National Park in Calabria discussed biodiversity mapping using RC30 aerial photography. LEONID BYKOV of VISHAGI, Omsk, reported the update of urban map planimetry by aerial photography and of DTM creation using laser scans with 15 cm grid elevation accuracy.

Developments of Space Sensors

ANDREY SHUMAKOV of GeoEye, USA, reported, that his company operates the following satellites: IKONOS (1m GSD), GeoEye1 (0.41 m GSD available at 0.5 m GSD). GeoEye2 (0.33 m GSD) is foreseen for launch in 2013 and GeoEye3 in 2017. The responsible US Federal Agency has allocated 3.8 B\$ for the “Enhanced View Program” available to authorized users.

700 M\$ of this are to support infrastructure and services. GeoEye1 is one of the most powerful satellite image data acquisition systems. In 2009 3.7 M square km were covered of Russia, and in 2010 4.7 M square km (this compares to 0.4 M square km by IKONOS in 2009 and 1.2 M square km in 2010). The IQ Information services supply images via a portal to all users, who have clearance. Commercial GeoEye1 products with 50 cm GSD sell for 25 \$ per square km, and for 40 \$ per square km in stereo. For archive data the charge is 50 %. PAWEL ZIEMBA of Digital Globe, UK, discussed the products of his company: Quickbird (GSD 60 cm), WorldView-1 (50 cm GSD) and WorldView-2 (50 cm GSD). Altogether 1 B square km of imagery has now been acquired. While WorldView-1 is only panchromatic, WorldView-2 has 8 spectral bands: blue, green, red, infrared, like Quickbird, and in addition coastal for chlorophyll, yellow for vegetation and turbidity, red edge for environmental chlorophyll studies, and an additional NIR channel. For land use/land cover surveys this permits to classify 15 types with 93 % accuracy. Applications are: military, vegetation analysis (NDVI), illegal crop analysis, bathymetry, and oil spills.

FELIX PULS of EDAF (WorldView Global Alliance) discussed the possibilities offered by his company to create direct satellite access by installation and operation of new antennas, e.g., in Munich and by Space Imaging in Dubai. Optimization of operations is provided by receiving real time weather data from geostationary satellites every 15 minutes with an 80 % success rate, as opposed to weather forecasts only (50 % success) and no weather data (30 % success). VLADIMIR SEDELNIKOV of FSUE Goscentr “Priroda” talked about future Russian Remote Sensing Systems: Four optical satellites “KA-OJN” and two radar satellites “KA-RLN”, which permit to cover the Russian Federation at resolutions better than 1 m in 140 days. Downlink is foreseen by the 4 current antennas at Moscow, Tumen, Irkutsk and Khabarovsk. Two more antennas will be added. The 50 B Roubles program has presidential approval for launch in 2015. VALENTIN DEMCHENKO of RNIIRS Russia gave details of the antenna systems with a downlink capability of 170 Mbit/channel. OLGA GERSHENZON of

Scanex covered their online services for international satellites (EROS A,B, Terra, Aqua, Spot 2,4,5, Resurs, Radarsat 1,2, Envisat, Landsat 5, Formosat 2, Cartosat 2A, 2B, Theos, TerraSar X, Tandem X and Cosmo Sky-med 1,2,3). A test to download Pleiades and GeoEye has also been successful for the antennas at Moscow, Megion, Irkutsk and Magadan. For geocoding GPS-PPP was used. The thermal channel of Landsat 5 was useful in the fire disaster. Applications were in spring flood monitoring and in illegal fishing in the Asov sea.

MILANA ELERDOVA of Sovzond discussed Sovzond's history: the company was created in 1992 to utilize Sovjet space images. In 2004 partnerships were created with Digital Globe and Space Imaging, in 2008 with Inpho and RapidEye, and in 2010 with ESRI. The following satellites proved to be useful in mapping without ground control: WorldView-1 at 1:10 000, Quickbird at 1:50 000, Alos at 1:25 000, Spot and RapidEye at 1:100 000. RapidEye proved useful as agricultural monitoring system in Kazakhstan. OLGA KOLESNIKOVA of Sovzond propagated the combined use of RapidEye (5 channels at 5 m GSD, possible weekly) with WorldView-2 (8 channels at 50 cm GSD, possible monthly), and the image distribution through portals. ALBERT DEMIDENKO of KB Panorama covered GIS and Remote Sensing applications in regional projects. IGOR ELIZAVETIN of Racurs presented a fair assessment of artifacts in SAR images of Envisat, Radarsat, TerraSar X and Almaz. ROMAN SHUVALOV discussed the new Radar processing modules for differential interferometry, for permanent scatterer interferometry and for pixel classification using mean amplitude, mean stability and mean coherence. In all cases co-registration is very important. IVAN KATZARSKY presented a paper by SofiaGIS. The entire agricultural area of Bulgaria (40 % of the country) was covered by GeoEye 1 images at 0.5 m GSD for orthophoto generation. The DTM was derived from scanned available topo maps.

Master Class

The Master Class was held in two groups, Russian and English. It covered the operations

of all phases of a RC30 mapping project including DTM creation and orthophoto mosaicking as well as the use of UltraCam digital images. Furthermore, radar processing for Pulsar L Band and for TerraSar X imagery was demonstrated. In preparation for the excursion on Thursday, Sept 23, 2010 ARMIN GRUEN demonstrated the 3D modeling of the Roman Forum of Pompeii created by terrestrial optical images.

The Racurs Conference 2010 was again for the participants one of the highlights of the year. Congratulations and thanks to Dr. VICTOR ADROV and his charming organizing team for the perfect arrangements for an important international exchange of knowledge.

GOTTFRIED KONECNY, Hannover

47. Tagung der Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS (AgA) vom 27.–28. September 2010 in Dresden

In diesem Jahr fand die AgA Tagung auf Einladung von Prof. DIRK BURGHARDT an der Technischen Universität Dresden statt. Auf die Tagungsbesucher wartete ein umfangreiches und breit aufgestelltes Programm mit insgesamt 25 Fachvorträgen sowie einer interessanten Führung durch die Sonderausstellung „Genau messen = Herrschaft verorten“ der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden im „Neuen Grünen Gewölbe“.

Die Vortragenden aus Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung sowie Wissenschaft und Forschung präsentierten über zwei Tage aktuelle Forschungsergebnisse, Projekte und Produktinnovationen. Der Schwerpunkt lag in den Themenbereichen „3D-Modellierung“, „Generalisierung“, „Laserscanning“ und „Geodateninfrastruktur (GDI) / Webdienste“. In den Pausen sowie während der gemeinsamen Abendveranstaltung konnten Kontakte geknüpft und Diskussionen vertieft werden.

Frau Prof. MONIKA SESTER, Vorsitzende der Arbeitsgruppe, eröffnete die Veranstaltung und stellte einleitend die spannende Frage an das Auditorium „Warum nutzen so viele Menschen ‚Google‘ und so wenig die amtlichen

Geodaten, -dienste und -anwendungen?“. Der Gastgeber, Herr Prof. Dr. BURGHARDT leitete nach Begrüßung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer direkt in das Vortragsprogramm über.

Repräsentation, Modellierung, 3D

Mit dem ersten Vortrag „Alternate Hierarchical Decomposition (ADH)“ stellte ANDREW U. FRANK (TU Wien) eine „neue Methode zur Repräsentation von Geometrie unabhängig von der Dimension“ vor. Im Anschluss präsentierte CATIA REAL EHRLICH (TU Darmstadt) die Ergebnisse ihrer Diplomarbeit zur „3D-Innenraummodellierung auf Basis eines geometrisch-topologischen Datenmodells“. Es folgten Referate von HORST KREMERS (CODATA Germany) zur „Modellierung von Kontexten am Beispiel ‚Risiko‘“ sowie JAN BEHMANN (Uni Bonn) zur „Intelligenten Benutzerführung für die Navigation in 3D-Stadtmodellen“. Abgeschlossen wurde der Vortragsblock durch BETTINA PETZOLD (Stadt Wuppertal) mit einem Erfahrungsbericht zum „Solarkataster Wuppertal“ und CLAUDIA KNUST (TU Dresden) mit dem Diplomarbeitsthema „Autostereoskopische Displays für themenkartographische Mehrbildmodelle“.

Kartographie: Design und Generalisierung

Der zweite Block wurde durch ANETTE HEY (Uni Rostock) mit dem Thema der „Automatisierung kartographischer Darstellungsmethoden“ eröffnet, mit Fokus auf die Erstellung von Punktstreueungskarten mit Spiralarmen. Im Anschluss referierten JOACHIM BOBRICH (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie – BKG) in Anknüpfung an seinen Vortrag zur AgA-Tagung 2006 zur „Automatisierten Platzierung von Höhenliniennzahlen in topographischen Karten“ sowie ANDRÉ MÜLLER (HTW Dresden) zur „Automatischen Erstellung von Blattschnittübersichten aus CSW Metadaten“. Der Vortrag zur „Linienvereinfachung in der Modellgeneralisierung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Produktionsbetriebes“ wurde von MATTHIAS ELLSIEPEN (CPA Systems GmbH) am zweiten Tag der Tagung gehalten.

Fortführung und Änderungsdetektion

Wie die Küstenerosion auf der Insel Sylt durch flugzeuggetragene Fernerkundung nachgewiesen und quantifiziert werden kann, stellte ANETTE RICHTER (TU Dresden) mit ihrem Projekt „Veränderungsdetektion ausgewählter Küstenregionen auf Sylt mittels multitemporaler Flugzeuglaserscannerdaten“ anschaulich dar. Im dritten Vortragsblock wurden darüber hinaus die Themen „Automation des ATKIS-DTK Herstellungs- und Fortführungsprozesses“ durch AJAY MATHUR (Axes Systems AG) und „DLM-DE2009 LC – Stand der Dinge bei der Land Cover Komponente des Digitalen Landschaftsmodells für Bundeszwecke“ durch STEPHAN ARNOLD (BKG) präsentiert und vorgestellt.

Methoden und Algorithmen

In den vierten Block leitete MATHIAS JAHNKE (TU München) mit seinem Vortrag „Development of geo-data analysis methods – from data enrichment to advanced visualization and communication“ ein und stellte u.a. Ansätze für ein multimodales Routing vor. Anschließend demonstrierten CHRISTIAN STERN und ANDRÉ DITTRICH (Hochschule Karlsruhe) am Beispiel von Wasserschutzgebieten ein Werkzeug zur „Integration flächenhafter Umweltdaten in kleinmaßstäbigen DLM“. Es folgte STEFAN HAHMANN (TU Dresden) mit dem Thema „Ein WMS zur Erzeugung semantischer Annotationen aus OpenStreetMap Tags“. Im ersten Vortrag des zweiten Tages erläuterte NADINE MEIERHOLD (TU Dresden) ihre Ergebnisse und Erfahrungen bei der „Automatischen Merkmalszuordnung für die Orientierung von Einzelbildern zu 3D-Laserscannerdaten“. Weitere Themen dieses Vortragsblocks waren die automationsgestützte Kartenerstellung sowie die dienste-basierte Geodatenfusion. SARAH TAUSCHER (TU Braunschweig) stellte einen Ansatz zur „Generierung angereicherter schematischer Karten zur Unterstützung von Routenplanungen“ vor. Aktuelle Projektergebnisse zur „Automationsgestützten Kartierung schuttbedeckter Gletscherzungen“ am Mount Everest präsentierte TINO PIECZONKA (TU Dresden) dem Auditorium. Mit einem interessanten Ansatz zur „Fusion von Geodaten unterschiedlicher Quellen in Geo-

dateninfrastrukturen am Beispiel von ATKIS und OpenStreetMap“ schloss STEFAN WIEMANN (TU Dresden) den Themenblock ab.

GDI und Webdienste

Mit „Webdienste leicht gemacht – Der Einstieg mit dem ‚BKGViewer‘“ führte MANUEL FISCHER (BKG) in den letzten Block der AgA ein. Es folgte der Vortrag von HOLGER BRONSCH (AED SICAD AG), der die neuen ATKIS®-Produkte seines Unternehmens für die „Kartographie auf dem Weg zur Geodateninfrastruktur GDI-DE“ vorstellte. CHRISTIAN LÖFFELHOLZ (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz) gab anschließend einen Praxisbericht zur Einführung einer „interaktiven Auskunftsplattform mit Open Source – WebGIS“ in der Thüringer Landentwicklungsverwaltung. Ansätze und Pilotprojekte zur flächendeckenden Erweiterung der GDI um die dritte Dimension stellte JENS OPTIZ (M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH) in seinem Beitrag „3D Geodateninfrastruktur – Automatisierter Aufbau und Nachhaltigkeit“ vor. Das Vortragsprogramm wurde durch UTA GRIWODZ (con terra GmbH) mit dem hochaktuellen Thema des Bezugssystemwechsels zu ETRS89 unter Verwendung der landesspezifischen Transformationslösungen abgeschlossen.

Das Organisationsteam der AgA-Geschäftsstelle beim BKG (Frau GÜNTER und Herr Dr. BOBRICH) sowie das Institut für Kartographie der TU Dresden als Ausrichter (Herr Prof. BURGHARDT) haben mit der 47. Tagung der Arbeitsgruppe wieder ein sehr informatives Programm mit breitem Themenspektrum und Bezug zu aktuellen Fragestellungen geboten. Die einleitende Frage von Frau Prof. SESTER (Google vs. amtliche Daten, Dienste und Anwendungen) konnte zwar nicht abschließend beantwortet werden, jedoch gab es eine Vielzahl von Anregungen und Ansätzen zur Verbesserung der Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS. Dieses wird die amtlichen Systeme unter Beibehaltung der hohen Genauigkeit und Aktualität schrittweise den Google-Applikationen in punkto Benutzerfreundlichkeit näher bringen.

Die Vorträge der Tagung werden auf der AgA-Webseite (www.ikg.uni-hannover.de/

aga/) veröffentlicht. Ausgearbeitete schriftliche Beiträge erscheinen in der Schriftenreihe „Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie“. Die nächste Sitzung der AgA findet am 5. und 6. September 2011 am Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn statt. Interessierte Gäste und Referenten sind herzlich willkommen.

CHRISTIAN LÖFFELHOLZ, Erfurt

Enviroinfo2010 – Umweltinformatiktagung in Kooperation mit der INTERGEO vom 6.–8. Oktober 2010 in Köln und Bonn

Vom 6.–8. Oktober 2010 fand die wissenschaftliche Tagung Enviroinfo2010 statt. Enviroinfo ist eine der führenden europäischen Konferenzen mit den Themen Informatik für den Umweltschutz, nachhaltige Entwicklung und Risikomanagement. In diesem Jahr wurde die Enviroinfo in enger Kooperation mit der INTERGEO ausgerichtet, um Teilnehmern beider Veranstaltungen Synergieeffekte nutzbar zu machen. Diese Kooperation diente dem Austausch zwischen Fachleuten aus den Bereichen Geo- und Umweltinformation, denn aufgrund der hohen Vernetzung können beide Gruppen von einem intensiven Austausch wechselseitig profitieren. Um diese fachliche Kommunikation zu initiieren, wurde die Enviroinfo am 6. Oktober als fachlicher Track in die INTERGEO in Köln integriert.

Als Keynote Speaker für den Eröffnungsvortrag konnte der ESRI-Gründer und einer der wichtigen Vordenker im Bereich Geoinformation JACK DANGERMOND gewonnen werden. Er zeigte in seinem Vortrag die aktuellen Entwicklungen der Geoinformationstechnologie in Kombination mit den Herausforderungen des Umweltschutzes und der Nachhaltigkeitsdiskussion auf. Im Anschluss stellten hochrangige Experten den aktuellen Stand der Entwicklung im Bereich der Umweltinformatik dar und diskutierten mit Konferenzteilnehmern von INTERGEO- und Enviroinfo über die EU INSPIRE Richtlinie und die Perspektiven einer grenzen- und fachübergreifenden europäischen Geodateninfrastruktur. Deutlich wurde, dass die Konzepte und Tech-

nologien von Geodateninfrastrukturen und Umweltinformationssystem nahezu vollständig konvergiert sind und sich daraus viele gemeinsame Themen für Geo- und Umweltinformatiker und die Anwender der entsprechenden Technologien ergeben.

Am 7. und 8. Oktober wurde die Enviroinfo2010 im Geographischen Institut in Bonn fortgesetzt. Den Auftakt machte eine Keynote von OGC-Präsident MARK REICHARDT über Stand und Notwendigkeit der Standardisierung von Geoinformationstechnologien für umweltrelevante Fragestellungen. Im Mittelpunkt des Bonner Teils der Konferenz standen Probleme der Integration von Umweltinformationen in Europa u.a. in den Programmen INSPIRE und GMES. Hierzu gab es eine weitere Keynote von PAUL SMIT vom Joint Research Center der Europäischen Union, der die Vielfalt und Bedeutung der EU-Programme zur Umweltinformatik hervorhob. Behandelt wurden auch klassische Themen der Umweltinformatik wie Environmental Modelling and Simulation, ICT and Climate Change, Green IT, Environmental Management Information Systems und vieles mehr. Auffällig waren die starke internationale Prägung der Diskussionen und der Austausch zwischen und mit EU-, UN- und OGC-Experten.

Den 160 Teilnehmern aus 21 Staaten wurde ein breites, attraktives Programm aus Vorträgen, Workshops und Posterpräsentationen geboten. Abgerundet wurde die Veranstaltung von gut organisierten Social Events, wofür den Veranstaltern, Prof. KLAUS GREVE und seinen äußerst engagierten Mitarbeitern, hier noch einmal explizit Dank gesagt werden muss.

MATTHIAS MÖLLER, Berlin

Workshop der ISPRS WG I/4 vom 11.–13. Oktober 2010 in Istanbul, Türkei

Die Arbeitsgruppe 4 der ISPRS Kommission I veranstaltete vom 11. bis 13. Oktober einen Workshop über *Modeling of optical airborne and spaceborne Sensors* in Istanbul. Das wissenschaftliche Programm des Workshops wurde von Dr. KARSTEN JACOBSEN (Leibniz Universität Hannover) und Prof. Dr. PETER

REINARTZ (DLR Oberpfaffenhofen) zusammengestellt. Die lokale Organisation des Workshops erfolgte durch Prof. Dr. GÜRCAN BÜYÜKSALIH (BIMTAS) und seinem Team in den Räumlichkeiten von BIMTAS-IMP, einer Firma der Stadtverwaltung von Istanbul. Die über 30 Teilnehmer des Workshops kamen aus Hochschulen und Forschungsinstituten, aber auch aus dem Anwendungsbereich, hauptsächlich aus den vier Ländern Deutschland, Ungarn, Jordanien und der Türkei.

In sechs Sitzungen zu je 90 Minuten wurden insgesamt 18 Vorträge gehalten, so dass in jeder Sitzung mit je drei Präsentationen ausreichend Zeit für die anschließenden intensiven Diskussionen nach jedem Vortrag zur Verfügung stand. Die Themen der sechs Sitzungen beinhalteten digitale Luftbildkameras (zwei Sitzungen), Optische Sensoren (z. B. Laser) und Radar sowie Ergebnisse durch Modellierung von Sensordaten (Digital Elevation Model und Object Extraction).

Am ersten Tag stellte THOMAS KRAUSS die vom DLR entwickelten Methoden zur detaillierten Erstellung digitaler Höhenmodelle im Stadtbereich und die Klassifizierung von Gebäuden und Vegetation aus Satelliten-Stereomodellen dar. Die pixelweise Bildzuordnung erlaubt die genaue Erfassung der Gebäudeformen. BERIL SIRMACEK (DLR) zeigte Möglichkeiten zur Bestimmung von Gebäudeänderungen, besonders Gebäudezerstörungen, durch Höhenmodelle aus hoch auflösenden Satellitenaufnahmen, bei denen die Objektformen durch die Bilder verbessert werden. ÖZGÜN OK (Middle East Technical University, Ankara) erläuterte die automatische Bestimmung linearer Objekte aus Luftbildern. KARSTEN JACOBSEN gab einen Überblick über die Entwicklung digitaler Luftbildkameras in Verbindung mit ihrem Leistungspotential. Besonders wurde auf die Entwicklung großformatiger CCDs eingegangen. ÖZGÜR YILMAZ (Tubitak, Ankara) präsentierte die Einflüsse von Luftdruck und Temperatur auf die Bildqualität und Geometrie digitaler Kameras. Anhand der Daten des DGPF-Kameratests zeigte KHALDOUN QTAISHAT (Mutah Universität, Karak, Jordanien) Details des Potentials der digitalen Luftbildkameras.

Am zweiten Tag präsentierte PETER REINARTZ im zweiten Teil der Sitzung *Digital Aerial*

Cameras ein vom DLR entwickeltes System zum Monitoring von Katastrophensituation und Verkehrsanwendungen in fast Echtzeit aus Bildserien, die mit einem System von drei Canon EOS 1 Mark II von vornehmlich einer Cessna aufgenommen werden. Wichtig bei dem System ist der optische Downlink von 1.25 GBit/s. Anschließend stellte TAMAS SZIRÁNYI (MTA SZTAKI/DEVA, Budapest) ein System vor, das sich auf Multi Target Tracking aus Luftbildvideos (hier von einem Ballon) speziell für militärische Anwendungen spezialisierte. ÖZGÜR SELİMÖGLÜ (TÜBITAK, Ankara) diskutierte als Abschluss der Sitzung Möglichkeiten mechanischer Forward Motion Compensation zur Vermeidung von Bildunschärfe in digitalen Luftbildkameras. In der nächsten Session über *Laser* zeigte FALLAH VAZIRABAD (Middle East Technical University, Ankara), wie man aus airborne Laserscanning-Daten Baumcharakteristiken detektieren kann. Danach stellte THOMAS KERSTEN (HCU Hamburg) erste Erfahrungen mit der Integration terrestrischer Laserscanner (IMAGER 5006i und Riegl VZ-400) in mobile hydrographische Multi-Sensorsysteme (z. B. Fächerecholot für simultane Datenerfassung unter Wasser) mit Beispieldaten aus dem Hamburger Hafen als so genanntes shipborne System vor. Danach ging es aber wieder in den Weltraum, denn ALI DEMIR (Technical University Istanbul) präsentierte das Genauigkeitspotential von Geländemodellen im Raum Istanbul, die aus Daten von RADARSAT-2 (ultrafine mode) abgeleitet wurden. Dabei stellte sich heraus, dass ein Vergleich mit Referenzdaten oft sehr schwierig ist, da häufig nur Geländemodelle zum Vergleich mit Oberflächenmodellen zur Verfügung stehen, die dann durch Vegetation und Gebäude eine Verschiebung in Z beinhalten.

Ein ähnliches Problem stellte sich auch UMUT SEFERCIK (Universität Zonguldak), der am dritten Tag des Workshops in der Sitzung *Object extraction* Oberflächenmodelle im 3 m Raster, abgeleitet aus Terra X und IKONOS Daten, mit hoch genauen Geländemodellen

verglichen, das sich in einer Höhengenaugigkeit von 7 m widerspiegelte. TAMAS SZIRÁNYI stellte danach verschiedene Computer Vision Methoden vor, um Formen von strukturellen Änderungen in temporalen Luftbildern längerer Zeitepochen automatisch zu detektieren. Zum Abschluss dieser Session präsentierte HOSSEIN AREFI (DLR Oberpfaffenhofen) die automatische Generierung von 3D-Modellen komplexer Gebäude (LoD 2) durch Kantenzerlegung in hoch auflösenden airborne Laserscanning-Daten. In der letzten Sitzung des Workshops zeigte YOLDAS ATASEVEN (Middle East Technical University, Ankara), wie man mithilfe von SRTM-Daten und durch den so genannten optischen Fluss, der die Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit jedes Bildpunktes nutzt, schnell Stereobildpaare von IKONOS Daten am Beispiel von Hobarth (Australien) erstellen kann. ÖZGÜR SELİMÖGLÜ (TÜBITAK, Ankara) stellte danach den Salzsee Tuz Gölü (Türkei) als Testfeld zur Kalibrierung der Radiometrie von Satellitenbildern vor. Abschließend diskutierte MEHMET ALKAN (Universität Zonguldak) in einer Fallstudie in Zonguldak die zeitliche und räumliche GIS-Analyse zur Erfassung von Veränderungen mithilfe von IKONOS Daten.

Insgesamt betrachtet war der ISPRS Istanbul Workshop eine sehr gelungene Veranstaltung, da sich nach den Vorträgen viele interessante Diskussionen und neue Ideen entwickelten. Durch die kleine Gruppe von Teilnehmern konnten in vielen persönlichen Gesprächen neue Kontakte geknüpft werden. Die Proceedings sind auf CD-ROM erhältlich und werden im Internet als *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* unter www.isprs.org veröffentlicht. Den Organisatoren um Dr. KARSTEN JACOBSEN und Dr. PETER REINARTZ sowie insbesondere dem örtlichen Organisationsteam um Dr. GÜRCAN BÜYÜKSALIH ist für die Durchführung des Workshops herzlich zu danken.

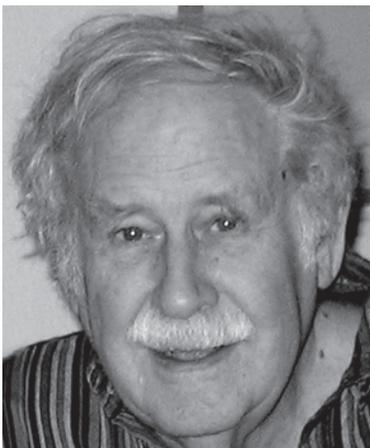
THOMAS KERSTEN, Hamburg

Persönliches

Nachruf Dr.-Ing. Wolfgang Brindöpke

Anfang Juni 2010, wenige Tage nach seinem 80. Geburtstag, ist Dr. WOLFGANG BRINDÖPKE verstorben. Ich habe WOLFGANG BRINDÖPKE 1964 kennengelernt, als er bei der Landesvermessung in Hannover niedersächsischer Beamter und Dezernent für Photogrammetrie geworden war. 1992 habe ich ihn in den Ruhestand verabschieden dürfen. Es war wahrscheinlich Zufall, dass WOLFGANG BRINDÖPKE nach Hannover gekommen ist, denn seine beruflichen Wurzeln lagen in Nordrhein-Westfalen. Dort hatte er Geodäsie studiert und seine Referendarzeit absolviert. Ferner war er einige Zeit bei Professor SCHERMERHORN beim ITC in Delft. Während seiner Promotion bei Professor JUNG in Aachen verstarb sein Doktorvater plötzlich und Professor LEHMANN in Hannover bot WOLFGANG BRINDÖPKE an, seine Dissertation bei ihm zu beenden. So hat es ihn nach Niedersachsen verschlagen.

WOLFGANG BRINDÖPKE war der wichtigste Photogrammeter in der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung. Ihm ist es zu verdanken, dass es heute ein vollständiges, hoch auflösendes Digitales Geländemodell für Niedersachsen gibt. Außerdem hat er die Grundlagen dafür gelegt, dass für ganz Niedersachsen flächendeckend Orthophotos im Maßstab 1 : 5 000 vorgehalten werden. Sein



erstes berufliches Ziel war es, ganz Niedersachsen, das sind immerhin ca. 48 000 km², vollständig in Luftbildern im Maßstab 1 : 12 000 vorzuhalten und dafür ein Landesluftbildarchiv einzurichten. Es dauerte mehr als zehn Jahre, dieses Ziel zu erreichen, denn die eigenen Vergabemittel für Bildflüge waren knapp. Nur durch sein ausgeprägtes Verhandlungsgeschick und die Kooperation mit anderen Behörden, z. B. der Straßenbauverwaltung, der Forstverwaltung, der Wasserwirtschaftsverwaltung und einigen Landkreisen, war es möglich, dieses Vorhaben umzusetzen.

Eine der damaligen Hauptaufgaben der Photogrammetrie war die Höhenauswertung für die Deutsche Grundkarte 1 : 5 000. Das war ein Mammutunternehmen, etwa 12 000 Blätter der DGK 5 standen an. Diese Auswertungen wurden vor allem für wasserwirtschaftliche Maßnahmen in sehr ebenen Gebieten angefordert und auch bezuschusst. Damals herrschte noch die Auffassung, dass dafür Höhenlinien das Sinnvollste wären. Es war eine große technische Herausforderung, dieses photogrammetrisch zu leisten und dabei einen Qualitätsstandard zu garantieren. BRINDÖPKES Lösung war, den Aufnahmemastab auf 1 : 6 000 zu vergrößern, die photogrammetrische Auswertung durch geeignete Kontrollpunkte zu verifizieren und die Auswertung auf ein Höhenpunktraster zu beschränken. Die Höhenlinien wurden dann vom Topographen vor Ort entworfen. BRINDÖPKE verfolgte ständig die Neuerungen im Fach und erprobte, ob er effektivere Verfahren entwickeln konnte. So erkannte er auch frühzeitig die technischen und wirtschaftlichen Vorteile des Color-Diafilms für die Photogrammetrie.

Neben seinen dienstlichen Aufgaben hat sich WOLFGANG BRINDÖPKE wie kaum ein anderer für die Mitgliederwerbung der DGPF engagiert. Oft hat er mir erzählt, wie viele Mitglieder er neu geworben hat. Seine über Niedersachsen hinausgehend bedeutendste Leistung war aber wohl die Organisation der Firmenausstellung für den Kongress der ISPRS 1980 in Hamburg, in die er viel Leidenschaft

und viele Ideen investierte. Auch als Pensionär hat er noch aktiv in der DGPF mitgewirkt und war zuletzt auf der 100-Jahrfeier der DGPF in Jena präsent. Wir werden darüber hinaus WOLFGANG BRINDÖPKE wegen seiner offenen und bis weilen unkonventionellen Art als einen zielstrebigem und dennoch fröhlichen Menschen gern in Erinnerung behalten.

HANS BAUER, Garbsen

Nachruf auf Prof. Dr.-Ing. Jörg Albertz (Ehrenpräsident der DGPF)

Am 28.10.2010 ist der Ehrenpräsident der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ überraschend nach kurzer schwerer Krankheit verstorben. Die sehr würdige Trauerfeier fand am 26.11.2010 im Rathaus in Berlin-Charlottenburg statt. An dieser Verabschiedung nahmen zahlreiche Kollegen, Mitarbeiter und Schüler von JÖRG ALBERTZ teil, die zum Teil aus Kanada, den USA, der Türkei, aus Israel, aus Griechenland und aus allen Teilen Deutschlands von sehr weit her angereist waren.

Die sehr herzliche Trauerrede wurde von Dipl.-Inf. GERHARD KÖNIG, einem der engsten Mitarbeiter, gehalten. Grußadressen kamen von der TU Berlin (Prof. LOTHAR GRÜNDIG, Berlin), von der Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (Prof. CORNELIA GLÄSSER, Halle), vom Präsidenten der Interna-



tionalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (Prof. ORHAN ALTAN, Istanbul) und vom Vizepräsidenten der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (Prof. MANFRED BUCHROITHNER, Dresden). Alle Trauerreden, einschließlich der Beiträge der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin und der Freien Akademie, bezeugten die hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen, die über den engen fachlichen Horizont blickende Persönlichkeit und die große Beliebtheit, die für JÖRG ALBERTZ charakteristisch waren.

JÖRG ALBERTZ wurde am 29.2.1936 in Eslingen am Neckar als jüngerer Zwillingssbruder geboren. Nach der am Gymnasium abgeschlossenen Reifeprüfung begann er 1955 an der Technischen Hochschule Stuttgart das Studium des Vermessungswesens, das er 1959 mit einer Diplomarbeit bei Prof. ERNST GOTTHARDT abschloss. Wegen des sehr guten Abschlusses wurde er bei Prof. RUDOLF BURKHARDT an der TU Berlin wissenschaftlicher Assistent, als Kollege des späteren Professors der TU Braunschweig, GÜNTER WEIMANN. Bereits 1963 wurde er historisch tätig. Er verfasste eine Zusammenstellung über das deutsche Schrifttum der Photogrammetrie von 1938 bis 1960 für die Zeitschrift Bildmessung und Luftbildwesen (BuL). 1965 promovierte er zum Dr.-Ing. mit einer Arbeit über Blocktriangulation von Einzelbildern.

Nach einer kurzen freiberuflichen Tätigkeit in Berlin in den Jahren 1966 und 1967 bestellte ihn Prof. KURT SCHWIDEFSKY an seinem Institut für Photogrammetrie und Topographie in Karlsruhe zum Oberingenieur und Lehrbeauftragten. Somit hatte JÖRG ALBERTZ mit nahezu allen bedeutenden photogrammetrischen Wissenschaftlern der Bundesrepublik in den Sechzigerjahren (GOTTHARDT, BURKHARDT, SCHWIDEFSKY) enge persönliche Kontakte. In Karlsruhe verfasste er gemeinsam mit WALTER KREILING das beliebte in mehrere Sprachen übersetzte *Photogrammetrische Taschenbuch*, das jetzt in fünf deutschen Auflagen existiert.

Im Jahre 1973 erhielt er ein halbjähriges Stipendium für einen Studienaufenthalt in den USA und Kanada, den er zur Vertiefung seiner Kenntnisse auf dem Gebiet der sich dort rapide entwickelnden Fernerkundung nutzte. Für seinen Bericht darüber in der Zeitschrift BuL erhielt er den Hansa-Luftbild-Preis 1974.

Im Jahre 1976 bekam er dann einen Ruf an die TH Darmstadt auf die erste Fernerkundungsprofessur in Deutschland. In diese Zeit (1975–1979) fällt sein Vorsitz des Arbeitskreises Fernerkundung bei der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie. 1978 wurde er Dekan des Fachbereichs Vermessungswesen an der TH Darmstadt.

1979 erhielt er einen Ruf an die TU Berlin als Nachfolger seines Lehrers Prof. RUDOLF BURKHARDT. So betreute er anfänglich die unter BURKHARDT begonnenen Arbeiten in der nicht-topographischen Photogrammetrie und der Elektronenmikroskopie, um sich bald seinen in Karlsruhe und Darmstadt gefestigten Interessen für die Bildinterpretation und die Fernerkundung zu widmen. Neben seinen Publikationen auf diesen Gebieten erschien sein Lehrbuch „*Fernerkundung*“ im Jahre 1991. Die 2. Auflage folgte 2001.

Als JÖRG ALBERTZ im Jahre 1979 den Ruf in Berlin annahm, konnte er nicht ahnen, dass die TU Berlin ein Jahrzehnt später eine Schlüsselstellung bei der Integration beider deutscher Staaten in die Bundesrepublik und ihrer wissenschaftlichen Aktivitäten einnehmen würde. JÖRG ALBERTZ war es vergönnt, diese Herausforderungen im Bereich der Photogrammetrie und Fernerkundung aktiv voranzutreiben. Dieses betrifft einerseits seine enge Kooperation mit dem DLR Berlin-Adlershof in den Marsprojekten Mars 96 und Mars Express 2003. Andererseits ergab sich in Berlin aber auch die enge Zusammenarbeit mit den Kollegen aus den neuen Bundesländern, insbesondere in der DGPF.

Dabei kam ihm zugute, dass er von 1978 bis 1987 gemeinsam mit WALTER HOFMANN als Schriftleiter in der Nachfolge von KURT SCHWIDEFSKY tätig war. In den Jahren als Vizepräsident der DGPF von 1993–1996 und als Präsident der DGPF von 1996–2000 konnte er die Weichen stellen. Diese erfolgreichen Aktivitäten, gepaart mit seiner Bescheidenheit und seinem ruhigen und ausgeglichenen Urteil führten schließlich zu der im Jahre 2004 in Halle verliehenen Ehrenpräsidentschaft der DGPF, aus deren Anlass KARL KRAUS aus

Wien einen eindrucksvollen Abriss der Persönlichkeit von JÖRG ALBERTZ verfasste.

Der Lehrstuhl für Photogrammetrie war der älteste in Deutschland. Er wurde 1930 mit OTTO LACMANN besetzt. Dies war für JÖRG ALBERTZ eine Verpflichtung, die historische Bedeutung von Berlin in der Photogrammetrie zu pflegen. JÖRG ALBERTZ verstand es z. B. durch Veranstaltung einer besonderen Tagung in Berlin, die Erinnerung an ALBRECHT MEYDENBAUER anlässlich seines 75. Todestages im Jahre 1996 wachzurufen. Er sorgte für die Verleihung des Goldenen Doktordiploms an seinen früheren Chef KURT SCHWIDEFSKY und 1989 an Prof. WANG ZHI ZHUO, einen der Begründer der Wuhan Technischen Universität für Vermessungswesen in China, der bei LACMANN 1939 promoviert hatte.

Besonders in Erinnerung bleiben wird die von JÖRG ALBERTZ verfasste Schrift „*100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation 1909–2009*“, basierend auf seinem im Jahre 2009 gehaltenen hervorragenden Vortrag bei der 100 Jahrfeier der DGPF in Jena, in dem er wie kein anderer, die historischen Zusammenhänge in der Entwicklung unserer Disziplin darzustellen wusste.

Wie kommt es, dass JÖRG ALBERTZ neben seinen fachspezifischen Interessen auch die übergeordneten Zusammenhänge erfassen und weitergeben konnte? Gleich nach seiner Berufung nach Berlin im Jahre 1979 wurde er Präsident der Freien Akademie, der er durch Herausgabe einer Schriftenreihe im Jahr 1980 ein Denkmal gesetzt hat. Die Freie Akademie ist ein politisch und religiös unabhängiger Zusammenschluss von Personen, die sich um eine wissenschaftliche und kulturelle Auseinandersetzung von Daseins- und Wertefragen unserer Zeit bemühen. Darin liegt wohl der Schlüssel, das breite Lebenswerk von JÖRG ALBERTZ zu verstehen. Er verdient unsere Hochachtung. Er ist mit 74 Jahren von uns gegangen, er wird uns sehr fehlen.

GOTTFRIED KONECNY, Hannover

Veranstaltungskalender

2011

2.–5. März: 4th International Conference **3D-ARCH 2011 on 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures** in Trento, Italien. Infos: www.3d-arch.org/

10.–11. März: **GeoViz Hamburg 2011**: Linking Geovisualization with Spatial Analysis and Modeling an der HafenCity Universität **Hamburg**. www.geomatik-hamburg.de/geo-viz/

21.–24. März: 16. **Münchener Fortbildungseminar Geoinformationssysteme in München**. Infos: www.rtg.bv.tum.de/

29.–30. März: 10. Internationales **3D-Forum Lindau**. Infos: www.3d-forum.li

4.–8. April: 8th **IAA Symposium on Small Satellite for Earth Observation** in Berlin. www.dlr.de/iaa.symp

11.–13. April: **JURSE 2011** – Joint Urban Remote Sensing Event (URBAN 2011 + URS 2011) in **München**. www.jurse2011.tum.de

13.–15. April: **EOGC 2011** – 3rd Conference on Earth Observation for Global Changes in **München**. www.eogc2011.tum.de

13.–15. April: 30. **Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF** in Mainz. www.dgpf.de/neu/jahrestagung/informationen.htm

3.–8. Mai: **Gi4DM – GeoInformation for Disaster Management** in Antalya, Türkei. www.gi4dm2011.org/

12.–13. Mai: 7. **GIS-Ausbildungstagung 2011** in Potsdam. gis.gfz-potsdam.de/

23.–26. Mai: **SPIE Optical Metrology – Videometrics, Range Imaging, and Applications** in München. spie.org/x6506.xml

26.–29. Mai: ISPRS ICWG V/I joint ICA/ISPRS/FIG **International Symposium on Lidar & Radar Mapping: Technologies &**

Applications (LIDAR & RADAR 2011) in Nanjing, China. www.lidar2011.org/

30. Mai – 1. Juni: **Symposium Königslutter 2011**. Info/Anmeldung: www.angewandte-kartographie.de

13.–16. Juni: 7th **International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT11)** in Cracow, Polen. www.mmtracow2011.pl/

14.–17. Juni: ISPRS WG IV/2 **Workshop on High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information** in Hannover. www.commission4.isprs.org/wg2/

15.–17. Juni: **GEOINFORMATIK 2011** in Münster. www.geoinformatik2011.de/

26.–27. Juni: ISPRS WG V/4, III/2+4, IV/4+8 **joint Workshop on 3D City Modelling & Applications** in Wuhan, China. www.lmars.whu.edu.cn/3DCMA2011/

3.–8. Juli: 25th **International Cartography Conference (ICC2011)** in Paris, Frankreich. www.icc2011.fr/

29.–31. August: ISPRS WG V/3 **Laser Scanning 2011** in Calgary, Kanada. www.ucalgary.ca/Laserscanning2011/

12.–16. September: XXIIIth **International CIPA-HD Symposium** in Prague, Tschechien. cipa.icomos.org/index.php?id=9

27.–29. September: **INTERGEO 2011** in Nürnberg. Infos: www.intergeo.de/de/deutsch/index.php

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

2012

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

Neuerscheinungen

RALF BILL, 2010: Grundlagen der Geo-Informationssysteme. 5. völlig neu bearbeitete Auflage, 809 Seiten, gebunden, ISBN 978-3-87907-489-1, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

MARINOS IOANNIDES, DIETER FELLNER, ANDREAS GEORGOPOULOS & DIOFANTOS G. HADJIMITSIS (Eds.) 2010. Digital Heritage – Third International Euro-Mediterranean Conference, EuroMed 2010, Lemessos, Cyprus, November 8–13, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6436, XIV, 550 p., Softcover, ISBN 978-3-642-16872-7, Springer Link.

MARKUS JOBST (Ed.), 2010. Preservation in Digital Cartography – Archiving Aspects. 1st Edition, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 309 p., ISBN 978-3-642-12732-8, Springer, Berlin.

DIETER LELGEMANN, 2010. Die Erfindung der Messkunst – Angewandte Mathematik im antiken Griechenland. 285 S., ISBN 978-3-534-23118-8, WBG, Darmstadt.

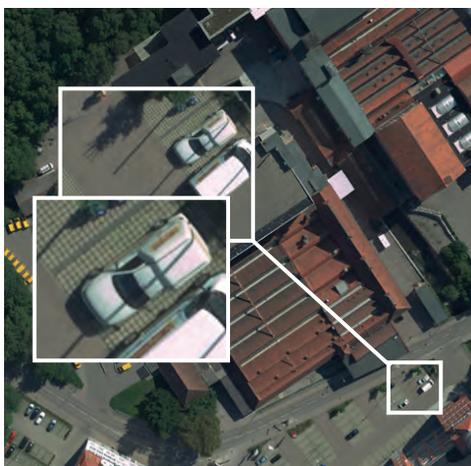
PAUL A. LONGLEY, MIKE GOODCHILD, DAVID J. MAGUIRE & DAVID W. RHIND, 2010. Geographic Information Systems and Science. 3rd Edition, 472 p., ISBN 978-0-470-72144-5, John Wiley & Sons.

THOMAS LUHMANN, 2010. Nahbereichsphotogrammetrie – Grundlagen, Methoden und Anwendungen. 3. vollst. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 674 Seiten, gebunden, ISBN 978-3-87907-479-2, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

Zum Titelbild

Großformatige digitale Luftbildkamera DMC II₁₄₀

Die Weiterentwicklung großformatiger digitaler Luftbildkameras hält ungebrochen an. Das Titelbild zeigt das Firmengelände der ehemaligen Spinnerei J.F. Adolff in Backnang (27 km nordöstlich von Stuttgart), aufgenommen mit 2 cm Bodenpixelgröße aus 350 m Flughöhe. Erstellt wurde die Aufnahme mit einer neuen DMC II₁₄₀ von Intergraph Z/I.



Die DMC II Kamerafamilie ist die Nachfolgeneration der erfolgreichen DMC. Z/I bietet drei verschiedene Kameramodelle an: DMC II₁₄₀, DMC II₂₃₀ und DMC II₂₅₀. Die Besonderheit an der DMC II ist ein extrem

großer CCD Flächensensor, mit 140 bzw. 250 Megapixel. Der Sensor bildet zusammen mit einer speziell entwickelten Hochleistungsoptik von Carl Zeiss einen monolithischen Kamerakopf. Dadurch wird das Zusammensetzen von kleinen CCDs überflüssig.

Die Vorteile dieser neuesten Kameratechnik sind eine bis heute nicht erreichte geometrische Genauigkeit, die höchste Qualität im klassischen Bildflug und absolute Präzision für den großmaßstäblichen Ingenieurbereich garantiert. Auch die hohe radiometrische Qualität der digitalen Luftbilder konnte durch dieses innovative Kameradesign weiter gesteigert werden. Nicht nur für die Orthophotoherstellung, sondern vor allem für Anwendungen in der Fernerkundung werden hier neue Möglichkeiten eröffnet. Lange Brennweiten erlauben eine hohe Auflösung aus großer Flughöhe, was vor allem im städtischen Bereich oder in Gegenden mit Luftraumbeschränkungen von Vorteil ist. Die schnelle Bildwiederholrate bietet die Möglichkeit, Daten mit bis zu 90 % Vorwärtsüberdeckung zu erfassen – wichtig zur Generierung von 3D-Stadtmodellen.

Weitere Informationen

Klaus Neumann
Intergraph Z/I Deutschland GmbH
Produktmanagement
Ziegelstraße 12, 73431 Aalen
+49 7361 88954540
Klaus.neumann@intergraph.com
www.intergraph.com/photo

Technische Daten der DMC II₁₄₀:

Kameradesign:	5 Kameraköpfe, 1 × PAN und 4 × Multispektral
Farbkanäle:	PAN, Rot, Grün, Blau & nahes IR, separate Farbfilter pro MS-Kanal
Bildformat:	12096 × 11200 Pixel
Brennweite PAN	92 mm
Brennweite MS	45 mm
Öffnungswinkel	50,7° × 47,3°
CCD Pixelgröße PAN	7,2 µm
CCD Pixelgröße MS	7,2 µm
A/D Auflösung	14 Bit
Bildwiederholrate	2,0 sec
Elektronische Forward Motion Compensation	für alle Kanäle
Bilddatenspeicher	SSD basierend bis zu 1,9 TByte, im Flug austauschbar

Korporative Mitglieder

Firmen

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

Behörden

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

Hochschulen

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



An der **Fakultät Geoinformation** ist zum 1. März 2012 folgende W2-Professur zu besetzen:

**Professur Fernerkundung/Digitale Bildverarbeitung/Informatik
(Chiffre: DD VK12)**

Das Berufungsgebiet umfasst die Lehrgebiete:

- Fernerkundung,
- Digitale Bildverarbeitung,
- Luftbildkunde und Luftbildinterpretation
- Informatik
- Photogrammetrie

Der Inhalt und der Umfang der Lehrveranstaltungen sind den jeweils aktuellen Erfordernissen anzupassen. Neben den Verpflichtungen in der Lehre und bei der Betreuung von Studien-, Praktikums- und Abschlussarbeiten wird die Bereitschaft zur selbstständigen Forschung und zur Mitwirkung in der akademischen Selbstverwaltung erwartet. Die Professur soll die Berufsgebiete anwendungsbezogen schwerpunktmäßig in Lehrveranstaltungen der Bachelor- und Masterstudiengänge sowie im Diplomfernstudiengang Vermessungswesen der Fakultät Geoinformation vertreten. Das Berufsgebiet Luftbildkunde und Luftbildinterpretation ist in den Lehrveranstaltungen der Bachelorstudiengänge Umweltmonitoring/Umweltanalyse und Landschafts- und Freiraumentwicklung der Fakultät Landbau/Landespflege zu vertreten. Die Wahrnehmung von Lehraufgaben in der Geoinformatik-ausbildung in Studiengängen der Fakultät Geoinformation der Hochschule ist bei Bedarf ebenfalls erforderlich.

Vorausgesetzt werden fundierte wissenschaftliche Kenntnisse (Promotion oder äquivalente Leistungen gem. § 58 SächsHSG) und praktische Erfahrungen auf den oben genannten Gebieten sowie pädagogische Fähigkeiten zur Wissensvermittlung. Erwartet werden berufserfahrene Persönlichkeiten, die bereit und in der Lage sind, interdisziplinär zu arbeiten.

Weitere Auskünfte erteilt die Fakultät Geoinformation (Telefon: 0351/462 3149).

Die Bewerberinnen/Bewerber müssen die Berufungsvoraussetzungen gem. § 58 des Sächsischen Hochschulgesetzes (SächsHSG) erfüllen. Die HTW Dresden strebt einen hohen Anteil von Frauen in Lehre und Forschung an. Qualifizierte Wissenschaftlerinnen sind deshalb ausdrücklich zur Bewerbung aufgefordert. Bei gleicher Eignung werden Schwerbehinderte bevorzugt berücksichtigt.

Bewerbungen sind unter Angabe der Chiffre mit aussagekräftigen Unterlagen (tabellarischer Lebenslauf, Darstellung des wissenschaftlichen und beruflichen Entwicklungsweges, Listen der Veröffentlichungen, Lehrveranstaltungen und Vorträge sowie Kopien der Urkunden und Zeugnisse über alle erreichten akademischen Grade) schriftlich bis zum 21.03.2011 zu richten an:

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Dezernat Personalangelegenheiten
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden
Te.: 0351-462 2127, Fax: 0351-462 2173