

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2009, Heft 4

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 2009



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

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



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



Herausgeber:

© 2009 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geo-
wissenschaften, 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 Ham-
burg, 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 Geobasis-
information Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 107, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@geo
basis-bb.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 185,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kosten-
los. Der Online-Zugang ist im Abonnement-Preis enthalten, Mitglieder der DGPF erhalten ihn kostenlos.

Anzeigenverwaltung: Dr. E. Nägele, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller),
Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711 351456-0; Fax: 0711 351456-99.

e-mail: mail@schweizerbart.de, Internet: <http://www.schweizerbart.de>

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

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

PFG – Jahrgang 2009, Heft 4

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

KERSTEN, T.P., MECHELKE, K., LINDSTAEDT, M. & STERNBERG, H.: Methods for Geometric Accuracy Investigations of Terrestrial Laser Scanning Systems	301
WEIDNER, U. & CENTENO, J.A.S.: Pansharpening – Simple Approaches and Their Evaluation	317

Aus Wissenschaft und Technik

BUCHROITHNER, M.F. & GAISECKER, T.: Terrestrial Laser Scanning for the Visualization of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System	329
---	-----

Berichte und Mitteilungen

Bericht von der 29. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF
24.–26. März 2009 in Jena

Bericht über die Jahrestagung	341
Bericht über die Firmenausstellung	342
Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009	342
Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009	
Sabine Hofmann (TU Dresden)	344
Werner Mücke (TU Wien)	344
Eric Matti (FH Nordwestschweiz, Muttenz)	345
Berichte der Arbeitskreise der DGPF	
3D-Stadtmodelle	346
Aus- und Weiterbildung	347
Auswertung von Fernerkundungsdaten	348
Bildanalyse und Bildverstehen	350
Geoinformatik	351
Hyperspektrale Fernerkundung	352
Nahbereichsphotogrammetrie	353
Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning	354
Sensoren und Plattformen	355
Standardisierung und Qualitätssicherung	357
Mitteilungen der DGPF	
30. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Wien 2010	358
Ausschreibung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010	358
Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme	359
Berichte von Veranstaltungen	
3D-ARCH 2009 Workshop on "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" vom 25.–28. Februar in Trento, Italien	362

GeoViz_Hamburg 2009 vom 3.–5. März in Hamburg	363
Geoinformatik 2009 vom 31. März – 2. April in Osnabrück	364
Hochschulnachrichten	
Universität Zürich, Dissertation Silvia Huber	366
Universität Zürich, Dissertation Jürg Schopfer	367
TU Berlin, Dissertation Stephan Gehrke	368
Auszeichnung für IPI der Leibniz Universität Hannover	369
Persönliches	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Weimann †	370
Veranstaltungskalender	372
Zum Titelbild	373
Korporative Mitglieder	374

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

Methods for Geometric Accuracy Investigations of Terrestrial Laser Scanning Systems

THOMAS P. KERSTEN, KLAUS MECHELKE, MAREN LINDSTAEDT & HARALD STERNBERG, Hamburg

Keywords: Accuracy, evaluation, inclination compensation, laser beam, positioning, standards

Summary: Currently the second, or for some manufacturers even the third, generation of terrestrial laser scanning systems is available on the market. Although the new generation of terrestrial 3D laser scanning systems offer several new (geodetic) features and better performance, it is still essential to test the accuracy behaviour of the new systems for optimised use in each application. As a continuation of previously published investigations the Department Geomatics of the HafenCity University Hamburg (HCU Hamburg) carried out comparative investigations into the accuracy behaviour of the new generation of terrestrial laser scanning systems (Trimble GX, Leica ScanStation 1 and 2, and Riegl LMS420i using time-of-flight method and Leica HDS6000, Z+F IMAGER 5006, and Faro LS880 HE using phase difference method). The results of the following tests are presented and discussed in this paper: test field for 3D accuracy evaluation of laser scanning systems, accuracy tests of distance measurements in comparison with reference distances, accuracy tests of inclination compensation, and influence of the laser beam's angle of incidence on 3D accuracy.

Zusammenfassung: *Methoden für geometrische Genauigkeitsuntersuchungen terrestrischer Laserscanningsysteme.* Die neueste Generation der terrestrischen 3D-Laserscanner bietet einige neue geodätische Eigenschaften und bessere Leistung. Dennoch ist es weiterhin sehr wichtig, das Genauigkeitsverhalten auch neuer Systeme zu testen, um sie optimal in verschiedenen Anwendungen einsetzen zu können. Standardisierte Prüfverfahren für terrestrische Laserscanner gibt es jedoch bisher heute noch nicht. Das Department Geomatik der HafenCity Universität Hamburg (HCU Hamburg) hat eigene Prüfverfahren entwickelt, die Aussagen über das Genauigkeitsverhalten terrestrischer Laserscannersysteme (TLS) erlauben. In diesem Beitrag werden Untersuchungen mit den Systemen Trimble GX, der Leica ScanStation 1 und 2, dem Riegl LMS-Z420i (alle mit Impulslaufzeitverfahren), sowie Faro LS880, Leica HSD 6000 und dem baugleichen IMAGER 5006 von Zoller + Fröhlich (alle mit Phasendifferenzverfahren) vorgestellt. Streckenvergleiche im 3D-Testfeld und auf einer Vergleichsstrecke, sowie Genauigkeitstests der Neigungssensoren und Untersuchungen zum Einfluss des Auftreffwinkels des Laserstrahles auf die 3D-Punktgenauigkeit wurden durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse bestätigen weitestgehend die technischen Spezifikationen der Systemhersteller.

1 Introduction

Terrestrial laser scanning (TLS) systems have been available on the market for about ten years and within the last five years the technology has become accepted as a standard method of 3D data acquisition, finding its position on the market beside established methods such as tacheometry, photogrammetry and GPS. Terrestrial laser scanning also stands for a paradigm change “from the representa-

tive single point to the exact and highly detailed 3D point cloud” (STAIGER & WUNDERLICH 2006). Advanced technology and new features of 3D laser scanners have been developed in the past two years, introducing additional instrument features such as electronic levels, inclination compensation, forced-centring, on the spot geo-referencing, and sensor fusion (e. g., digital camera and GPS). Most of these elements are obviously equivalent to features that can be seen in total stations. Several au-

thors have already reported on different approaches for investigations into terrestrial laser scanning systems. Nevertheless, standardized test and calibration methods of laser scanning systems do not yet exist for the user.

Due to the huge variety of types of terrestrial laser scanners it is difficult for the user to find comparable information about potential and precision of the laser scanning systems in the jungle of technical specifications and to be able to validate the technical specifications, which are provided by the system manufacturers. Thus, it may be difficult for users to choose the right scanner for a specific application, which emphasises the importance of comparative investigations into accuracy behaviour of terrestrial laser scanning systems.

Therefore several groups, primarily university-based, carried out geometrical investigations into laser scanning systems in order to derive comparable information about the potential of the laser scanners and to find practical testing and calibration methods (BOEHLER et al. 2003, INGENSAND et al. 2003, JOHANSSON 2003, CLARK & ROBSON 2004, SCHULZ & INGENSAND 2004, LICHTI & FRANKE 2005, RIETDORF 2005, NEITZEL 2006, RESHETYUK 2006, BÜTTNER & STAIGER 2007, SCHULZ 2007, WEHMANN et al. 2007, GORDON 2008, GOTTWALD 2008, KERN 2008, GOTTWALD et al. 2009). The department Geomatics of the HafenCity University Hamburg (HCU Hamburg) validates terrestrial laser scanners since 2004, in order to develop their own testing and evaluation methods (KERSTEN et al. 2004, KERSTEN et al. 2005, STERNBERG et al. 2005, MECHELKE et al. 2007, MECHELKE et al. 2008), which allow statements about the accuracy behaviour and about the application potential of terrestrial laser scanner systems to be made.

2 The Terrestrial Laser Scanning Systems Used

The investigations into the accuracy behaviour of terrestrial laser scanners were carried out by using the following laser scanning systems: Trimble GX, Leica ScanStation 1, Leica ScanStation 2, Leica HDS 6000, Faro LS 880, IMAGER 5006 from Zoller & Fröhlich, and RIEGL LMS-Z420i (cf. Fig. 1).

The technical specifications and the important features of these laser scanners are summarised in Tab. 1. The tested scanners are panoramic scanners, but they represent two different distance measurement principles: Faro LS880, Z+F IMAGER 5006, and Leica HDS6000, which is structurally identical with the IMAGER 5006, use phase difference method, while Leica ScanStation 1/2, Trimble GX, and Riegl LMS-Z420i scan with the time-of-flight method. In general it can be stated that phase difference method is fast, but signal to noise ratio depends on distance range and lighting conditions. If one compares scan distance and scanning speed in Tab. 1, it can be clearly seen, that scanners using the time-of-flight method measure longer distances but are relatively slow compared to the phase difference scanners. Trimble GX and both Leica ScanStation instruments scan with a green laser beam (532 nm), while the other three scanners use laser light with wavelengths at near infrared. The precision (internal accuracy) of the scanning instrument is not unitarily specified in the specifications of the manufacturer, i. e., some uses the 3D position and some the distance as a precision criterion.

Most of the presented investigations use spheres as test bodies to obtain the reference positions. The diameters of the used spheres



Fig. 1: Terrestrial laser scanning systems for investigation at HafenCity University Hamburg: Trimble GX, Leica ScanStation 1 and 2, Riegl LMS-Z420i, Faro LS 880HE, IMAGER 5006 from Zoller & Fröhlich, and Leica HDS6000.

are 76.2 mm, 145 mm, and 199 mm, respectively. The materials in the spheres are solid plastic for the small diameter (76.2 mm) and hollow plastic with a special surface coating and centring option for the larger spheres (145 mm & 199 mm). These spheres are of matt white colour and are checked for eccentricity and exact diameter. To obtain centre

positions of the spheres, each point cloud representing the sphere was manually corrected for outliers. The fitting of the sphere geometry was performed for each scanner station using algorithms in the Trimble software RealWorks Survey and 3Dipsos, where the radius of the sphere was fixed with the known value. The algorithm for sphere fitting used by the Trim-

Tab. 1: Summary of technical specifications (according to system manufacturer) of the tested laser scanning systems.

Scanner/Criterion		Trimble GX	Leica ScanStation 1	Leica ScanStation 2	Riegl LMS-Z420i	FARO LS 880 HE	Z+F IMAGER 5006 / HDS 6000
Scan method		Time-of-flight				Phase difference	
Field of view [°]		360×60	360×270	360×270	360×80	360×320	360×310
Scan distance [m]		350	300	300	2–1000	0,6–76	< 79
Wavelength [nm]		532	532	532	~1500	785	658
Scanning speed [pts/sec]		≤ 5000	≤ 4000	≤ 50000	≤ 11000	120000	≤ 500000
Angular resolution [°]	V	0,0018	0,0023	0,0023	0,0020	0,00900	0,0018
	H	0,0018	0,0023	0,0023	0,0025	0,00076	0,0018
Spot size at 10 m		0,6 mm	4,0 mm	4,0 mm	2,5 mm	2,5 mm	3,2 mm
Precision	position	12 mm/100m	6 mm/50 m	6 mm/50 m	–	–	10 mm/50m
	distance	7 mm/100 m	4 mm/50 m	4 mm/50 m	10 mm/50 m	3 mm/25 m	6 mm/50 m
Camera		integrated			add-on option		
Inclination sensor		compensator				yes	yes



Fig. 2: 3D test field at the HafenCity University Hamburg for geometrical investigations into TLS systems.

ble software has not been published. These results of the fitting were compared to results of a MATLAB routine on a random basis. The programmed MATLAB software uses the sphere fitting algorithm as described by DRIXLER (1993). Since there were no differences in the centre coordinates of the spheres, the Trimble software continued to be used for all fitting tasks due to simplified data handling. The standard deviation for sphere fitting was in the range of 0.4–1.0 mm for the test field investigations (cf. Section 3.1), although some deviations increased to 6.0 mm dependent on distance length and sphere diameter.

3 Geometric Investigations

3.1 3D Test Field for Accuracy Evaluation of 3D Laser Scanning Systems

Referring to the guidelines in part 2 and part 3 of the VDI/VDE 2634 (VDI/VDE 2634 2002) the accuracy of 3D optical measuring systems based on area scanning shall be evaluated by checking the equipment at regular intervals. This can be achieved by means of length standards and artefacts, which are measured or scanned in the same way as typical measurement objects. One important quality parameter can be defined as sphere spacing error similar to that in ISO 10 360 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 2007). Instead of calibrated artefacts in object space reference distances

between spheres were used for the accuracy evaluation at HCU Hamburg. However, the precision of 3D laser scanning systems is composed of a combination of errors in distance and angle measurements, and in the algorithm for fitting the spheres/targets in the point cloud. The influence of these errors is difficult to determine independently and this causes issues when the goal is the testing of the whole system (hard- and software). However, in metrology, the accuracy of measurements is affected by the impacts of all random components and systematic errors. For the following evaluations accuracy is defined as a measure to an independent reference.

A durable established 3D test field was used in the hall of building D at the HCU campus (cf. Fig. 2) for test campaigns in March, October and December 2007. This was used in order to evaluate the 3D accuracy of distance measurements derived from the sphere coordinates and of point cloud registration regarding the practical acceptance and verification methods of VDI/VDE 2634. The volume of the test field is $30 \times 20 \times 12 \text{ m}^3$, including 53 reference points, which can be set up with prisms, spheres or targets. Just 38 (in March) and 30 points (in October/December) were used for these investigations. The points are distributed over three hall levels on the floor, on walls or on concrete pillars using M8 thread holes. The reference points were measured from four stations with a Leica TCRP 1201 total station. In a 3D network adjustment using the software Leica GeoOffice the station coordinates were determined with a standard deviation of less than 0.5 mm, while the standard deviation of

Tab. 2: Comparison of 3D distances (all in all combination (left) and seven selected distances (right)) between laser scanner and reference in the 3D test field (tests in March 2007).

Scanner	# 3D points	# dist.	Δl_{\min} [mm]	Δl_{\max} [mm]	span [mm]	syst. shift [mm]	$ \Delta l $ [mm]	# dist.	Δl_{\min} [mm]	Δl_{\max} [mm]	span [mm]
Leica ScanStation 1	38	703	- 9.2	2.3	11.5	-3.6	3.6	7	-5.6	1.6	7.2
Trimble GX	38	703	-27.6	16	43.6	-5.5	6.5	7	-5.9	-1.8	7.7
Z+F IMAGER 5006	38	703	- 6.6	7.4	14.0	0.3	1.8	7	-2.1	3.3	5.4
Faro LS 880 HE	38	703	-30.7	41.1	71.8	0.1	5.0	7	-3.5	29.9	33.4

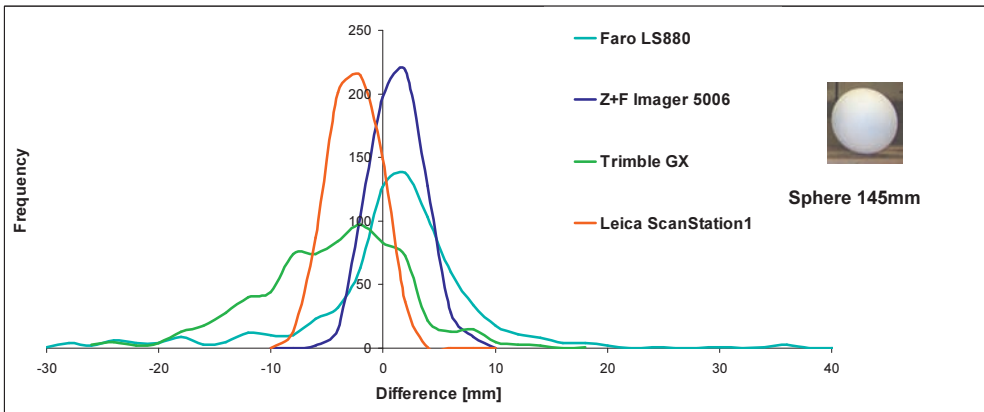


Fig. 3: Distribution of differences (2 mm interval) between scanned distances and reference distances for four tested terrestrial laser scanner (test campaign in March 2007).

the coordinates of the reference points is less than 1 mm (local network). Specially built adapters of the same length as those used with the prisms guaranteed a precise, stable and repeatable set up of spheres. Thereafter, spheres with a diameter of 145 mm (in March 2007) and 199 mm (in October and December 2007) were installed on these reference points. These spheres were scanned with all tested scanners from five scan stations for each system, where two scan stations were located on the ground floor, two on the first floor and the fifth station was placed on the second floor, so that a good geometric configuration for point determination could be guaranteed. For evaluation, all combinations of distances between all reference points were compared to those obtained from the centres of the fitted spheres derived from the registered point cloud. In accordance with the guidelines of VDI/VDE 2634 part III all scan stations were transformed into one common object coordinate system for each laser scanner using the determined coordinates of each sphere centre. The sphere-spacing error Δl is determined by $\Delta l = l_m - l_k$, where m is measured and k is the reference distance. Additionally, the mean value of all absolute values $|\Delta l|$ (sphere spacing error) has been determined according to HEISTER (2006). The minimum distance is 1.5 m and the maximum distance is 33.1 m in the test field, which is within the scanning range of each tested scanner.

Two results of the 3D test field investigations from the March 2007 test campaign are shown in Tab. 2: (a) all differences between scanned and reference distances for all stations (registered in one common object coordinate system using the sphere centre coordinates for transformation), and (b) the differences between scanning and reference of seven selected well-distributed distances (same distances for all scanners) are summarised as the span ($\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min}$) from minimum to maximum deviation value as an indication of the accuracy of each system. The differences between the distances in case (a) are highly correlated, while the distances in case (b) were selected as proposed in the VDI/VDE 2634, and to avoid these correlations. Instead of seven distances, HEISTER (2006) proposed eight spatial distances in the object for this test. This range value Δl is influenced by the measurement precision of the instrument and by the algorithm for the fitting of the sphere. Since the fitting with the Trimble software has been checked as previously mentioned, errors in sphere fitting can be excluded. The best result was a range from minimum to maximum of 11.5 mm for all differences, which was achieved with the Leica ScanStation 1, while for the IMAGER 5006 a span of 5.4 mm was obtained using the seven differences of distances (see Tab. 2). The three scanners ScanStation 1, GX und IMAGER 5006 show similar accuracy behaviour (between 5 and 8 mm) using the same seven distances, while the Faro

Tab. 3: Comparison of 3D distances (all in all combination (left) and seven selected distances (right)) between laser scanner and reference in the 3D test field (Oct./Dec. 2007).

Scanner	# 3D points	# dist.	Δl_{\min} [mm]	Δl_{\max} [mm]	span [mm]	syst. shift [mm]	$ \Delta l $ [mm]	# dist.	Δl_{\min} [mm]	Δl_{\max} [mm]	span [mm]
Leica ScanStation 1	27	351	-6.4	5.4	11.8	-0.7	1.8	7	-3.1	1.6	4.8
Leica ScanStation 2	28	378	-8.6	4.8	13.4	-2.2	2.6	7	-4.3	-2.3	6.6
Riegl LMS420i	27	351	-6.5	19.8	26.3	6.3	6.5	7	2.5	12.8	10.3
Leica HDS6000	29	406	-6.3	6.7	13.0	0.2	2.0	7	-2.4	2.4	4.8
Z+F IMAGER 5006	29	406	-7.7	5.7	13.4	-0.4	2.1	7	-4.4	1.6	6.0

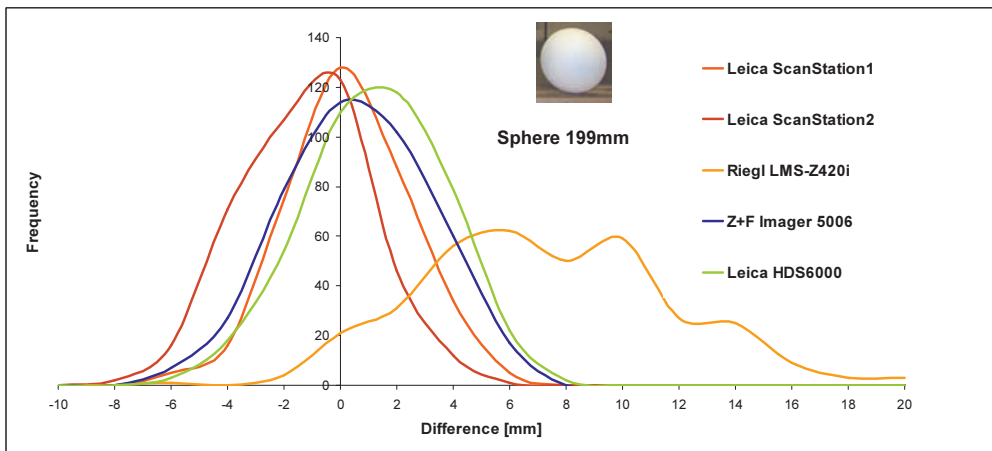


Fig. 4: Distribution of differences (2 mm interval) between scanned distances and reference distances for five tested terrestrial laser scanner (test campaign in October and in December 2007).

scanner is significantly worse. In contrast to these good results the spans of the Trimble GX and Faro scanners show huge values of 43.6 mm and 71.8 mm, respectively (cf. Tab. 2), using all differences, which demonstrates that these scanners obviously have problems with some 3D distances. In an earlier investigation, which is not published, a significantly better result (span min/max = 17.3 mm) was achieved with the Trimble GS100, the predecessor model of the GX. The average value of all differences was less than +1 mm for Faro and Z+F scanner, while this value was -3.6 mm for Leica ScanStation 1 and -5.5 mm for Trimble GX scanner, which indicates a systematic shift and which is clearly illustrated in Fig. 3. Currently, these systematic shifts cannot be ex-

plained. As demonstrated in Tab. 2 the sphere spacing error (Δl) is very good for IMAGER 5006 with 1.8 mm, while this error is worse by a factor 3–4 for Faro LS880 (5.0 mm) and Trimble GX (6.5 mm).

The results of the subsequent 3D test field investigations in October and December 2007 for the five scanners Leica ScanStation 1 and 2, Leica HSD6000 and IMAGER 5006, and Riegl LMS-Z420i are summarised in Tab. 3. In these test field investigations spheres with a diameter of 199 mm were used since significantly more measured points were achieved on each sphere over longer distances when compared to the smaller spheres. These results confirm the previous results from March 2007, where the span ($\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min}$), which was ob-

tained with the Riegl scanner, is slightly worse, but better than the span for GX and Faro LS880. Again, two scanners (Leica ScanStation 2 and Riegl) show a systematic shift in the deviation from the reference (cf. Tab. 3), which is also illustrated in Fig. 4. On the other hand the systematic shift, which was computed for the Leica ScanStation 1 in March 2007 (cf. Tab. 2), could not be confirmed with a different Leica ScanStation 1 in the investigation of October 2007 (see Tab. 3). As shown in Tab. 3 the sphere spacing error $|\Delta|$ is very good for both ScanStations (1.8 mm/2.6 mm), for HDS6000 (2.0 mm) and for IMAGER 5006 (2.1 mm), while this error is worse by a factor 3 for Riegl LMS420 (6.5 mm). However, in general the results of the IMAGER 5006 (and HDS6000) are very similar for both independent test campaigns in March and October 2007, which is also a confirmation of the reliability of the approach used.

Better results of the span ($\Delta_{\max} - \Delta_{\min}$) and of the sphere spacing error have been achieved for Leica HDS6000 (3.5 mm/1.8 mm) and Faro LS880 (8.9 mm/2.0 mm) by KERN & HUXHAGEN (2008) using a test field with short distances between 0.9 m and 3.5 m for spheres with a diameter of 76.2 mm. The number of reference distances used for this test is not published. GORDON (2008) used a test field with the dimensions of 12.5 m \times 5 m \times 3.5 m with 37 spheres for the IMAGER 5003. In this test slightly worse results have been obtained for the span: 17.8 mm using 666 distances with 37 spheres and 15.6 mm for 8 sphere distances.

3.2 Accuracy Tests of Distance Measurements in Comparison to Reference Distances

Accuracy tests of distance measurements using reference distances derived from a precise total station were performed in an outdoor environment for distance ranges from 10 m to 100 m in steps of 10 m (targets on a tripod) for Trimble GX, Leica ScanStation 1, Faro LS 880HE and for Z+F IMAGER 5006 in March 2007. Reference distances were measured with a Leica TCRP1201 10 times before and 10 times after the scanning using averaging distance measurement mode. The differences between the first and second measurement sequences were less than 0.3 mm. A standard deviation of 0.1 mm was achieved for the reference distances. Since all tested scanners use Wild-type forced-centring, it was possible to exchange prisms for scanner targets. By using special adaptors the centre of the scanner target could be placed in the same position as the prism centre.

All scanning distances for Faro LS880 and IMAGER 5006 were derived from scanned spheres with a diameter of 145 mm, while for Leica ScanStation HDS targets and for Trimble GX green flat targets were used. For repeatability and reliability reasons each distance to sphere or target was scanned three times in the sequence forward-backward-forward with each scanner from the same position. Due to the limitation of scanning range Faro LS880 scans were checked to the dis-

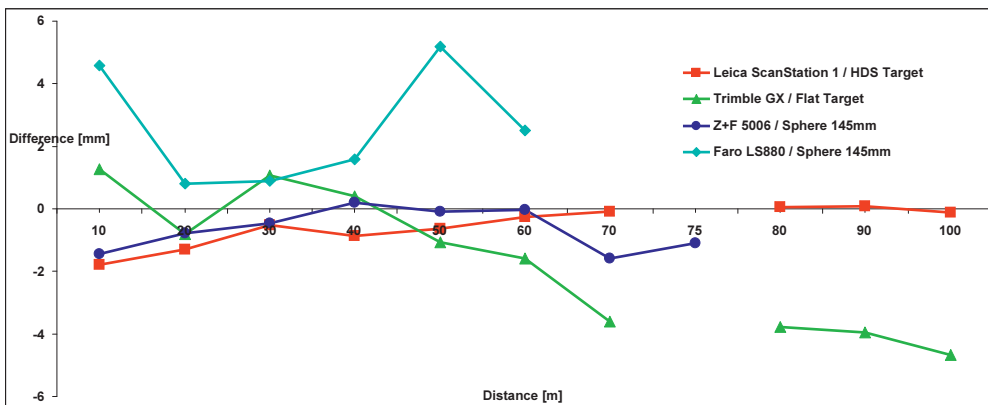


Fig. 5: Comparison of the differences between scanning and reference distances (campaign March 2007).

tance of 60 m and IMAGER 5006 scans to 75 m. All major results of this accuracy test are illustrated in Fig. 5. This figure clearly indicates that the differences between the Leica ScanStation and IMAGER 5006 and the reference distances are always less than 2 mm, while for the Trimble GX the differences are also less than 2 mm between 10–60 m, but from 70 to 100 m distance the differences increased to a systematic effect of 3–5 mm. The differences between the Faro LS880 scans and the reference were in the range of 1–5 mm. Although Faro LS880 and Z+F IMAGER 5006 are capable of measuring up to 80 m, it must be stated that even with the highest resolution the number of ‘hits’ on the 145 mm sphere is not high enough for distances beyond 50 m to allow precise fitting of sphere geometry. Additionally, in several practical outdoor tests it was notable that signal to noise ratio rises depending on daylight conditions for longer distances.

Due to the long range of the Leica ScanStation 2 and the Riegl LMS-Z420i the investigations into the accuracy of distance measurements were carried out with a different setup on the official baseline of the city of Hamburg in Ohlsdorf, which consists of seven granite columns and covers a distance range up to 430 m. For these investigations additional points in 10 m intervals were integrated on a tripod

for the distance range up to 75 m. All reference distances were measured by a precision total station Leica TCA2003. These determined reference distances deviated on average by ± 0.5 mm from distances which were measured with a high precision Kern Mekometer 5000 before these investigations.

The scans of the ScanStation 2 to different targets (HDS flat blue target, HDS black/white target as well as spheres with a diameter of 199 mm) were controlled using the software Leica Cyclone 5.8. The spheres used are plastic hollow balls with a special surface coating and centring option, which were developed at the HCU. All scans were executed with active inclination compensation and distance corrections for atmospheric pressure and temperature, whereby each target was scanned four times. The respective sphere centre coordinates were computed automatically in Cyclone and averaged afterwards in order to compare the scanned horizontal distances with the reference distances (cf. Fig. 6).

As a result, indicated in Fig. 6, a scale factor of approx. +65 ppm can be derived for the ScanStation 2. In the scan range under 100 m measurements to the HDS flat targets show the smallest residuals (<5 mm), while over 100 m distance the measurements to the spheres indicate the best results (residual of max. 12.5 mm to a distance of 287 m). It can be

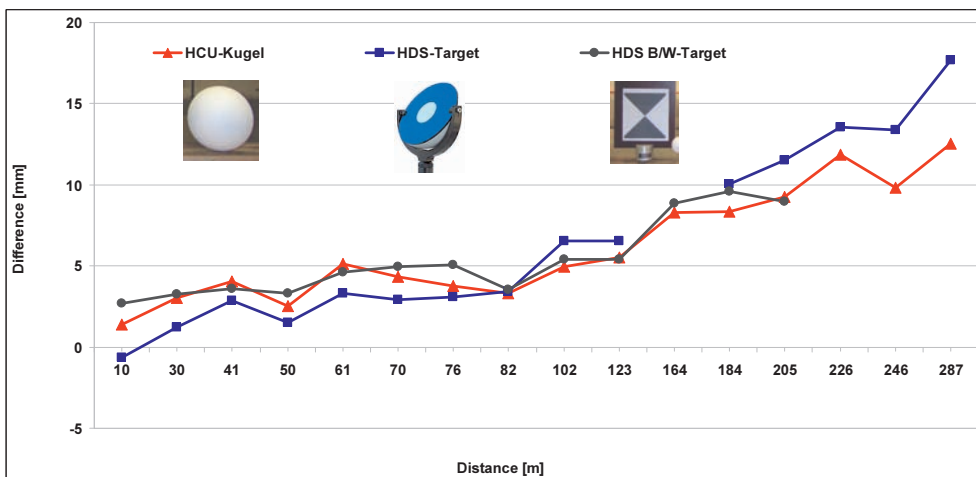


Fig. 6: Comparison of the differences between scanning and reference distances for the Leica ScanStation 2 (test campaign in October 2007).

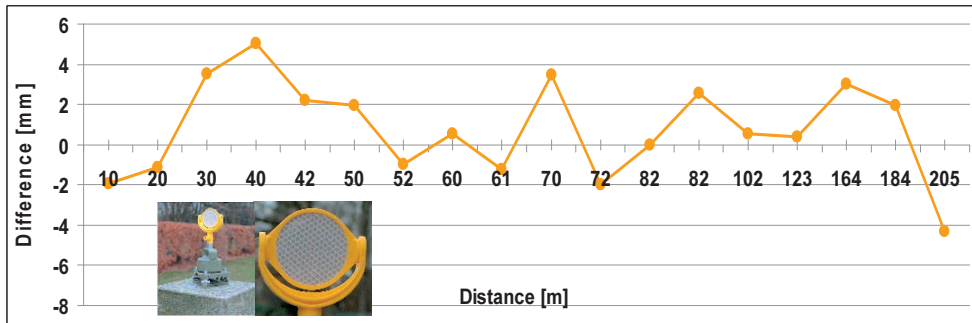


Fig. 7: Comparison of the differences between scanning and reference distances for the Riegl LMS 420i using the reflective target (test campaign in December 2007).

assumed that the fitting algorithm is positive affected by the larger sphere surface compared to the HDS flat blue target. For the measurements to black/white targets the fitting algorithm of Cyclone could only supply a result up to a distance of 205 m. This scale factor is affected by the targets/spheres being too small in relation to the long scan distances (over 200 m). Larger targets/spheres would probably yield better results. Therefore other ScanStations 2 should be tested for the presence of the same problems.

The results of the investigations into the scanning accuracy of the Riegl LMS-Z420i scanner using the reflective target (size 50 mm), which was scanned three times for each position, are illustrated in Fig. 7. The differences between scanning distance and reference are in the range of ± 5 mm for distances up to 205 m, but for distances over 205 m the target used was too small to derive reliable results from these scanned distances. Thus, the target size must be adapted to a larger size (e. g., 100 mm) for scanning longer distances in future tests. TAUBER (2005) could achieve similar results on the baseline of the Leibniz University Hanover using the Riegl LMS 360i.

The accuracy investigations into the tested laser scanning systems clearly demonstrated that the systems meet the technical specifications of the manufactures for distances up to 200 m.

3.3 Accuracy Tests of Inclination Compensation

All scanners in the test programme are equipped with an inclination sensor (see also Tab. 1), making it possible to level the scanner during measurements. Leica ScanStation 1/2 and Trimble GX are able to compensate for changes of main axis inclination during measurement, while Faro LS 880 uses corrections only for post-processing (in the registration of scans). The Z+F IMAGER 5006 uses the inclination sensor for gross error detection to indicate changes during the scanning, and for corrections of the scanned data in the post processing. If the inclination sensor is switched on during the scanning process, it is assumed for the time-of-flight scanners that the XY-plane of the scanner coordinate system is horizontal.

In order to check the accuracy of inclination compensation of each scanner, an outdoor test field was established using 12 spheres in steps of 30° on the circumference of a circle with a radius of 50 m. Each sphere was set up on a pole and was adjusted to the same height by using a Wild N3 high-precision level instrument, while the tested scanners were set up in the centre of the circle on a heavy-duty tripod (cf. Fig. 8). While scanning the spheres, it is assumed that the centre coordinates of the fitted geometries (spheres) lie in-plane and that this plane is horizontal ($Z = \text{constant}$). To check for movements of the scanner tripod during scanning, a Leica Nivel20 inclination sensor was fixed to the tripod, recording inclination in x and y direction in intervals of 5

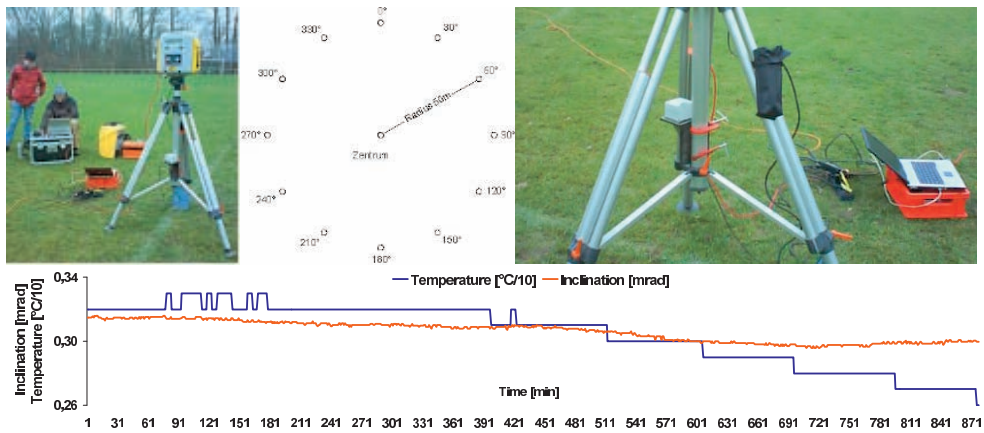


Fig. 8: Test field for inclination compensator of the terrestrial laser scanner: scanner on solid tripod (left), schematic test configuration for scanner and spheres (centre), inclination sensor Leica Nivel20 fixed at the scanner tripod (right) and illustration of tripod movement derived from Nivel20 measurements over the test period of more than 871 minutes (bottom).

seconds. The recordings of the Nivel20 showed no significant movements of the tripod during scanning (cf. Fig. 8).

Each sphere was scanned consecutively three times (March 2007) and five times (October and December 2007) with the highest possible resolution settings. The fitting of sphere geometries was performed using Trimble RealWorks Survey 5.1. Before sphere fitting, outliers were removed manually from the point cloud. The derived average Z-coordinates of all fitted spheres were compared to the reference horizontal plane for each scanner. Differences in Z vs. the reference plane were obtained from the average Z-coordinate of each position in the circle and are shown in Fig. 9. This is a clear indication that the compensation of inclination works almost perfectly for all tested time-of-flight scanners, while for the phase difference scanner it can be seen that scanning has been conducted in an inclined plane.

Leica and Trimble scanners show maximum deviations of 2 mm with a very minor sine oscillation, probably resulting from calibration error of the inclination sensor (cf. Fig. 9 top). Faro LS880 shows huge differences up to 15 mm, which may be influenced by the comparably low resolution (8 mm / 50 m) and the large signal to noise ratio of this scanner. The behaviour of the IMAGER 5006, tested in March with spheres with a diameter of 145 mm

and in October 2007 with spheres with a diameter of 199 mm, is almost identical and is very similar to the Faro LS880. These effects are influenced by a slight inclination of the rotation axis. In Fig. 9 (bottom) differences from an average plane fitted through the centre coordinates of the spheres are shown. Since all spheres were positioned on a plane, differences should be zero. The resulting differences may be interpreted as effects of a tumbling error of the trunnion axis, but especially for the Faro and Z+F scanners the results are influenced by the sphere fitting error due to the scanning noise on the longer distances. Further investigations have to be performed with bigger targets and/or smaller radius of circle to guarantee sufficient numbers of scanned points on the spheres for reliable and precise sphere fitting, especially for phase difference scanners with limited scan distances.

Fig. 10 (left) shows a sine oscillation resulting from an inclined vertical axis when the inclination compensation of the Leica ScanStation 2 is switched off. The magnitudes of the amplitude following the 360° rotation depend on the inclination angle. When inclination compensation is switched on, the graph shows very minor deviations of better than 1mm for the z coordinate vs. the horizontal plane (cf. Fig. 10 right). Since these results are very similar to the previous tests using Leica ScanStation 1 and Trimble GX (cf. Fig. 9 top),

it can be stated that the dual axis (tilt) compensator of the scanners with the time-of-flight method almost perfectly adjusts for changes of inclination during scanning.

3.4 Influence of the Laser Beam's Angle of Incidence on 3D Accuracy

Among other effects the accuracy of a point cloud is dependent on the angle of incidence of

the laser beam. Reasons for this effect are the spot size and shape of the laser beam and the reflectivity of the object. The shape and its centre position influences the reflectance of the laser beam, which affects the precision of the scanned distance, and the 3D position of a scanned point within the point cloud. To evaluate the influence of the laser beam's angle of incidence on 3D accuracy of the point cloud a planar white stone slab with a dimension of $75 \times 79 \text{ cm}^2$ (cf. Fig. 11 centre) was mounted in a metal frame and could be swivelled in this

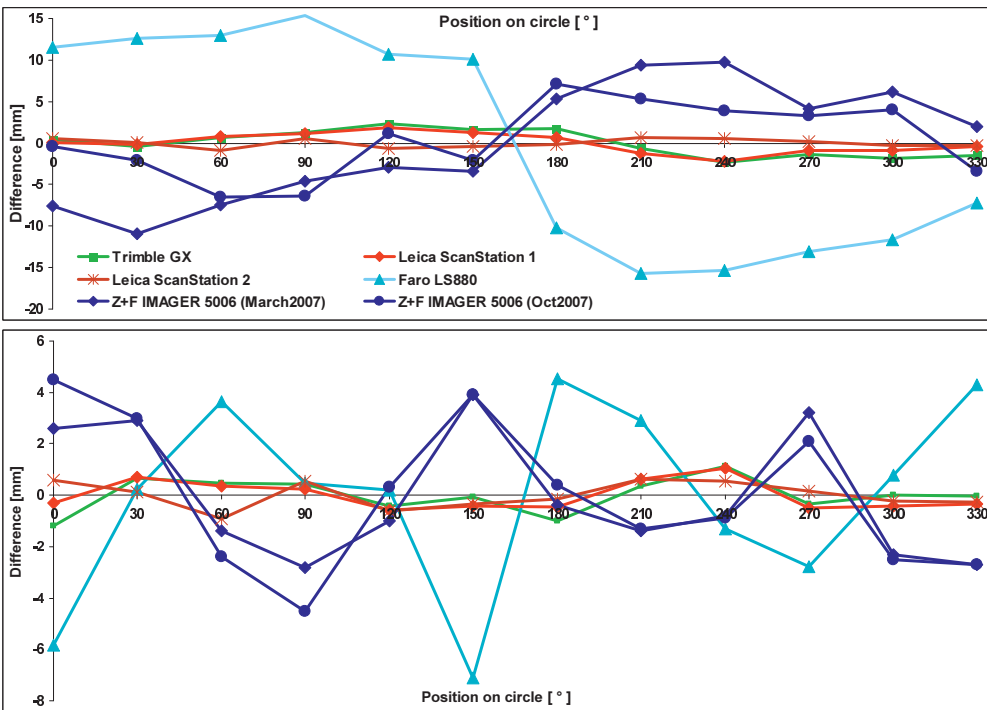


Fig. 9: Test of inclination sensor in comparison: Differences between scanned spheres and horizontal XY plane (top), and average XY plane (bottom).

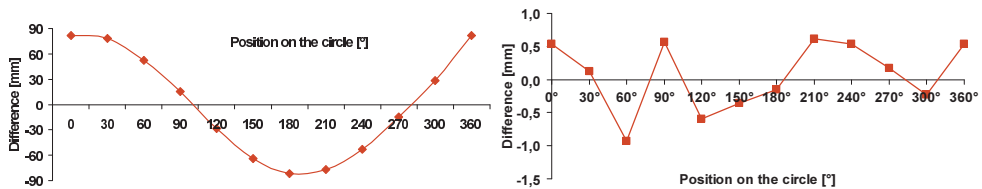


Fig. 10: Leica ScanStation 2: Differences vs. horizontal plane (z-coordinate) for switched off compensator (left) and active inclination compensator (right). Note the difference in y-scale between the two graphs.



Fig. 11: Scanning set up for the investigations into the laser beams angle of incidence on 3D accuracy with swivelling planar white stone slab (centre).

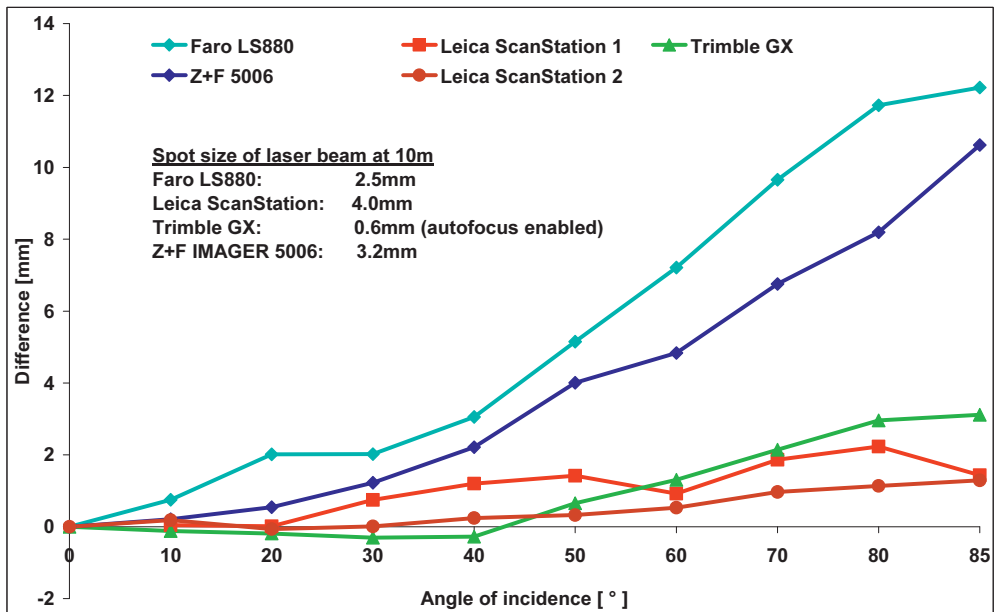


Fig. 12: Influence of angle of incidence on 3D accuracy in comparison.

frame. The frame was equipped with a reading device to set the stone slab at defined angular positions with a precision of 5°. Additionally, four spheres (radius 38.1 mm) were fixed on the stone slab, thus swivelling together with the stone slab. The stone slab and the spheres were scanned with a resolution of 3 mm at an object distance of 10 m. In total, ten scans were acquired in angular positions of the stone slab from 90° to 5°. Each plane, which was fitted in the resulting point cloud of

the stone slab, was compared to reference points.

Since the angular position of the stone slab has no effect on the point cloud of the spheres, the centres of the spheres were selected as reference points for each position. Thus, the distance between the centre of the sphere and an average plane fitted through the point cloud representing the stone slab should be constant in an ideal case for each angular position of the stone slab. Nevertheless, it can be observed

in Fig. 12 that the distance between the centres of the spheres and the computed plane increases with an increasing angle of incidence. The time-of-flight scanners show minor effects of up to 3 mm for an angle of incidence of 80°–85°, while the phase difference scanners achieve difference values of up to 12 mm for the same angle. But generally, it can be stated that if the angle of incidence is more than 45°, significant influence on the accuracy of the point cloud can be expected. The conditions in the test environment were the same for all scanning systems. But to achieve results for comparison with other test environments, the spectral reflectance of the stone slab should be determined in relation to the wavelength of the laser beam. Additionally, further investigations are still necessary to check the influence of angle of incidence for longer object distances.

4 Conclusions and Outlook

The major results of different tests using the current instruments of the new generation of terrestrial laser scanners are summarised in this paper. The investigations in the 3D test field showed that the range value (span), which is influenced by the measurement precision of the instrument and by the algorithm for the fitting of the sphere, varied from 11.5 mm to 71.8 mm for the tested scanners. It must be stated that these results are derived from highly correlated differences between scanned and reference distances. According to the proposal of HEISTER (2006) and the VDI/VDE 2634 (2002) a span from 4.8–10.3 mm (exceptional case 33.4 mm for Faro) has been achieved in the test field using just seven selected well-distributed distances for comparison. However, the influence of errors in distance and angle measurements have not been determined separately due to the purpose of testing the complete laser scanning system (hard- and software). In this test it could be demonstrated that only the time-of-flight scanners achieved a systematic shift of up to +6 mm in the derived distances. The sphere spacing error was better than 3 mm for most of the scanners, exceptions were Trimble GX, Riegl LMS420 and Faro LS880.

The accuracy tests of distance measurements in comparison to reference distances showed clearly that the results of most of the scanners met the accuracy specification of the manufacturer, although the accuracy (defined as measured versus reference distance) is slightly different for each instrument. As shown in Tab. 5 only the Faro scanner has slight problems meeting the accuracy specification. Furthermore, the accuracy is decreasing significantly for increasing distances longer than 200 m. It can be assumed that the targets/spheres used for these longer distances were too small. Consequently, the target/sphere size must be adapted to the scanning distance. However, it could be seen in several practical outdoor tests that signal to noise ratio rises in daylight conditions for longer distances.

The accuracy tests of the inclination compensation show that the inclination of the time-of-flight scanners is successfully compensated, while the phase difference scanners show effects (not errors) resulting from inclination of the vertical axis. A trunnion axis error could not be proven. The influence of angle of incidence on 3D accuracy can be neglected for time-of-flight scanners, while phase difference scanners show significant deviations, if the angle of incidence is more than 45°. The accuracy is also not influenced by the spot size of the laser with respect to the angle of incidence. Nevertheless, previous investigations into the influence of object colour on the quality of laser distance measurements showed that for the Faro and Trimble scanners some object colours cause significant effects on the accuracy of the scanning distance (MECHELKE et al. 2007).

All investigations showed clearly that the tested scanners are still influenced by instrumental errors, which might be reduced by instrument calibration. Therefore, it is necessary to define standards for investigations and tests of laser scanning systems to derive simple calibration methods for the scanners as is usual for total stations and which can be applied by the user. These presented test procedures may be taken into consideration for future discussions on the implementation of standardized test procedures. A valuable proposal for the definition of standardised quality param-

ters for the investigation of terrestrial laser scanning systems is already summarised by HEISTER (2006) and practically tested by KERN & HUXHAGEN (2008). Future investigations in TLS should refer to these definitions.

References

- BOEHLER, W., BORDAS VICENT, M. & MARBS, A., 2003: Investigating Laser Scanner Accuracy. – XIXth CIPA Symposium, Antalya, Turkey, cipa.icomos.org/fileadmin/papers/antalya/189.pdf.
- BÜTTNER, E. & STAIGER, R., 2007: Erste Untersuchungen des Laserscanners IMAGER 5006 von Zoller+Fröhlich. – Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Wichmann, Heidelberg: 260–269.
- CLARK, J. & ROBSON, S., 2004: Accuracy of measurements made with CYRAX 2500 laser scanner against surfaces of known colour. – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **35** (B4): 1031–1037.
- DRIXLER, E., 1993: Analyse der Form und Lage von Objekten im Raum. – DGK Reihe C **409**, München.
- GORDON, B., 2008: Diskussion von Feldprüfverfahren zur Messunsicherheitsbestimmung. für terrestrische Laserscanner. – Terrestrisches Laserscanning (TLS2008), DVW-Schriftenreihe **54**: 125–142.
- GOTTWALD, R., 2008: Field Procedures for Testing Terrestrial Laser Scanners – A Contribution to a Future ISO Standard. – FIG Working Week 2008, Stockholm, Sweden.
- GOTTWALD, R., HEISTER, H. & STAIGER, R., 2009: Zur Prüfung und Kalibrierung von terrestrischen Laserscannern – eine Standortbestimmung. – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement **2**: 88–96.
- HEISTER, H., 2006: Zur standardisierten Überprüfung von terrestrischen Laserscannern (TLS). – Terrestrisches Laser-Scanning (TLS 2006). DVW-Schriftenreihe des DVW, Wißner-Verlag, Augsburg, **51**: 15–34.
- INGENSAND, H., RYF, A. & SCHULZ, T., 2003: Performances and Experiences in Terrestrial Laser Scanning. – Optical 3-D Measurement Techniques **VI**: 236–243.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2007: ISO 10360 – Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) – Part 1–6.
- JOHANSSON, M., 2003: Explorations into the behaviour of three different high-resolution ground-based laser scanners in the built environment. – CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording, Corfu, Greece: 33–38.
- KERN, F., 2008: Prüfen und Kalibrieren von terrestrischen Laserscannern. – Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Wichmann, Heidelberg: 306–316.
- KERN, F. & HUXHAGEN, U., 2008: Ansätze zur systematischen Kalibrierung und Prüfung von terrestrischen Laserscannern (TLS). – Terrestrisches Laserscanning (TLS2008), DVW-Schriftenreihe **54**: 111–124.
- KERSTEN, TH., STERNBERG, H., MECHELKE, K. & ACEVEDO PARDO, C., 2004: Terrestrischer Laserscanner Mensi GS100/GS200 – Untersuchungen und Projekte an der HAW Hamburg. – Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Wichmann, Heidelberg: 98–107.
- KERSTEN, TH., STERNBERG, H. & MECHELKE, K., 2005: Investigations into the Accuracy Behaviour of the Terrestrial Laser Scanning System Trimble GS100. – Optical 3-D Measurement Techniques **VII I**: 122–131.
- LICHTI, D. D. & FRANKE, J., 2005: Self-calibration of the iQsun 880 laser scanner. – Optical 3-D Measurement Techniques **VII I**: 112–121.
- MECHELKE, K., KERSTEN, TH., & LINDSTAEDT, M., 2007: Comparative Investigations into the Accuracy Behaviour of the New Generation of Terrestrial Laser Scanning Systems. – Optical 3-D Measurement Techniques **VIII I**: 319–327.
- MECHELKE, K., KERSTEN, TH., & LINDSTAEDT, M., 2008: Geometrische Genauigkeitsuntersuchungen neuester terrestrischer Laserscanningssysteme – Leica ScanStation 2 und Z+F IMAGER 5006. – Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Wichmann, Heidelberg: 317–328.
- NEITZEL, F., 2006: Untersuchung des Achssystems und des Taumelfehlers terrestrischer Laserscanner mit tachymetrischem Messprinzip. – Terrestrisches Laser-Scanning (TLS2006), DVW-Schriftenreihe **51**: 15–34.
- RESHETYUK, Y., 2006. Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners. – Licentiate thesis in Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- RIETDORF, A., 2005: Automatisierte Auswertung und Kalibrierung von scannenden Messsystemen mit tachymetrischem Messprinzip. – DGK Reihe C, Nr. **582**, München.
- SCHULZ, T., 2007: Calibration of Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy. – Dissertation No. 17036, ETH Zürich.

- SCHULZ, T. & INGENSAND, H., 2004: Influencing Variables, Precision and Accuracy of Terrestrial Laser Scanners. – 'Ingeo 2004', Bratislava, www.geometh-data.ethz.ch/downloads/SchulzT_TS2_Bratislava_2004.pdf.
- STAIGER, R. & WUNDERLICH, T., 2006: Terrestrisches Laserscanning 2006 – technische Möglichkeiten und Anwendungen. – Terrestrisches Laser-Scanning (TLS2006), DVW-Schriftenreihe **51**: 3–14.
- STERNBERG, H., KERSTEN, TH. & CONSEIL, N., 2005: Untersuchungen des terrestrischen Laserscanners Trimble GS100 – Einfluss unterschiedlicher Oberflächeneigenschaften auf die Punktbestimmung. – Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Wichmann, Heidelberg: 56–65.
- TAUBER, S., 2005: Untersuchung zur Mess- und Registrierengenauigkeit des Laserscanners Riegl LMS-Z360i. – Diplomarbeit im Institut für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, www.ikg.uni-hannover.de/publikationen/diplomarbeiten/2005/tauber/da_tauber_2005.pdf.
- VDI/VDE 2634, 2002: Optische 3D-Messsysteme – Systeme mit flächenhafter Antastung. – VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), VDI/VDE Richtlinien, Düsseldorf.
- WEHMANN, W., ZYL, CH. VAN, KRAMER, H., WIDIGER, D. & ZIMMERMANN, R., 2007: Einrichtung eines Prüffeldes zur Genauigkeitsbestimmung von Laserscannern und Untersuchung des Scanners LMS-Z360i der Firma Riegl in diesem Testfeld. – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement **3**: 175–180.

Address of the Authors:

THOMAS KERSTEN, KLAUS MECHELKE, MAREN LINDSTAEDT, HARALD STERNBERG, HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik, D-22297 Hamburg, Tel.: +49-40-42827-5343, Fax: +49-40-42827-5399, e-mail: {Thomas.Kersten, Klaus.Mechelke, Maren.Lindstaedt, Harald.Sternberg}@hcu-hamburg.de

Manuskript eingereicht: Februar 2009
Angenommen: Mai 2009

Pansharpening – Simple Approaches and their Evaluation

UWE WEIDNER, KARLSRUHE & JORGE ANTONIO SILVA CENTENO, CURITIBA, Brasilien

Keywords: Data fusion, pansharpening, quality assessment

Summary: Fusing data of different resolution and possibly of different sensors has been already addressed for a long time. With the development of high-resolution optical satellite systems, fusion techniques became more important with the task to fuse low-resolution multispectral with high-resolution panchromatic data of the same sensor. Therefore the requirements with respect to consistency and maintaining the spectral properties increased. Older simple approaches – simple with respect to implementation within toolboxes of image processing and remote sensing software packages – often fail to fulfil this requirement mainly because properties of the data are not taken into account. Spectral consistency was not required for the intended application. This led to the development of more sophisticated and complex approaches. Nonetheless the simple approaches may provide data for visualisation with just a few improvements. In this contribution simple pansharpening approaches and improvements are discussed and applied. The results are quantitatively evaluated based on the criterion proposed by WANG & BOVIK (2002) already adapted to four channels by Alparone et al. (2004), but here extended to image data with arbitrary number of channels.

Zusammenfassung: *Panschärfung – Einfache Ansätze und ihre Bewertung.* Nicht erst seit der Verfügbarkeit hochauflösender Satellitendaten sind zahlreiche Verfahren für die Fusion von Daten unterschiedlicher Auflösungen entwickelt worden. Stand zu Beginn der Entwicklungen häufig die Fusion von Daten unterschiedlicher Sensoren zur Visualisierung im Vordergrund, so liegt der Schwerpunkt der Entwicklungen heute auf der Fusion der multispektralen und der panchromatischen Daten von hochauflösenden Sensoren wie QuickBird. Hierdurch ergeben sich andere Anforderungen an die Verfahren hinsichtlich der spektralen Konsistenz der pangeschärften Daten. Einfache Verfahren – hinsichtlich Realisierung innerhalb einer Toolbox von Bildverarbeitungs- oder Fernerkundungssoftware – wie das Verfahren nach Brovey genügen diesen Anforderungen in der Regel nicht, da sie oftmals nicht die Eigenschaften der Eingangsdaten berücksichtigen. Dies führte zur Entwicklung von komplexeren Verfahren, jedoch können einfache Verfahren durch geringe Modifikationen verbessert werden, so dass auch sie zu spektral konsistenteren Ergebnissen führen. In diesem Beitrag werden einige einfache Verfahren zur Panschärfung und deren Modifikationen vorgestellt. Die Ergebnisse werden anschließend quantitativ bewertet. Diese Bewertung erfolgt auf der Grundlage des von WANG & BOVIK (2002) vorgeschlagenen Bewertungsmaßes. Dieses ist von Alparone et al. (2004) auf der Basis von Quaternionen für Daten mit vier Kanälen angepasst worden und wird hier für Daten mit beliebiger Anzahl von Kanälen verallgemeinert.

1 Introduction

High-resolution remote sensing systems often do not only register multispectral but also panchromatic data. Due to physical and technical reasons, the panchromatic data provides high-

er geometric resolution than the multispectral. This limitation with respect to the multispectral channels' geometric resolution led to the development of a number of approaches for fusing the panchromatic with the multispectral data in order to provide multispectral im-

ages with the same geometric resolution as the panchromatic. These pansharpener approaches have been categorised by ZHANG (2004) into four groups: (1) approaches based on arithmetic combination of the multispectral channels with the panchromatic channel, (2) approaches based on IHS-transformation, (3) approaches based on principal component analysis, and (4) approaches based on frequency analysis or wavelets. All approaches lead to an improvement of the multispectral data with respect to its geometric visual interpretability, but they often also lead to colour shifts and distortions in the pansharpener channels. In particular approaches based on transformation and substitution like IHS or based on arithmetic combination like Brovey are often regarded as inferior to more complex approaches. In part this is due to the fact that some of the simple approaches were originally designed to fuse data of different types (e. g., optical and RADAR data) from different sensors for visualisation only and not to fuse optical data from one sensor with the requirement to deliver spectrally consistent data. On one hand spectral distortions are due to the used approach, on the other they depend on the used input data itself. In both cases sometimes quantities are combined which are either not meaningful physical quantities for combination or not similar and of different ranges.

In this contribution the focus is on pansharpener as data fusion of low-resolution multispectral with high-resolution panchromatic data using simple approaches based on arithmetic combinations, on transformation and substitution, and linear filtering, which can be easily implemented in common toolboxes of standard image processing / remote sensing packages. In Section 2 some of these simple approaches are discussed and improvements as well as new approaches based on the lessons learned from the discussion are proposed. Results of pansharpener for a number of these approaches and an evaluation of these results are given in Section 3 followed by conclusions and an outlook. Computationally more complex approaches as, e. g., (ZHANG 2002) based on estimating signal characteristics by adjustment are not included. Nevertheless, the used criteria allow a comparison with the results of ALPARONE et al. (2007).

2 Pansharpener and Evaluation Approaches

The intention of this section is neither to give an overview on the state of the art of sophisticated pansharpener approaches nor their evaluation – for both aspects please refer to Data Fusion Contests of IEEE (cf. ALPARONE et al. 2007). The aim is to provide the principal ideas of simple pansharpener techniques which can be easily implemented in common image processing toolboxes and furthermore to outline their limitations and possible improvements. Therefore descriptions of the applied approaches are given in the next section. The subsequent section is dedicated to a short discussion of aspects of quality evaluation performed in Section 3.

2.1 Approaches for Pansharpener

(ZHANG 2004) categorised pansharpener approaches into four different groups depending on their principle concept as stated in Section 1. Here a slightly different categorisation is proposed keeping the number of groups. These groups are (1) arithmetic combinations, (2) colour space transformations, (3) orthogonal transformations, and (4) frequency analysis. The first and the last group are the same as given by ZHANG (2004). The second group consists of colour-space transformations including the IHS-transformation. The third group comprises orthogonal transformations including the principal component transformation (PCT). A joint characteristic of the approaches of group (2) and (3) is the inherent component substitution. In the following the considered simple approaches are described in sequence of the given categorisation above. C_i denotes the i -th low-resolution multispectral channel, C_{pan}^{pan} the high-resolution panchromatic channel, and $C_{i,pansh}$ the i -th pansharpener multispectral channel. For IKONOS and QuickBird the range of the panchromatic channel covers the ranges of the multispectral channels. Therefore the physically meaningful assumption

$$C_{pan} \propto \sum_j^n w_j C_j + e_s \quad (1)$$

with $n=4$, $w_i > 0$ and the constant e_s about the data is valid. This assumption is also used by Kalpoma & Kudoh (2007) and Aiazzi et al. (2007). From this assumption follows the existence of a linear transform to map the panchromatic channel to the weighted sum. An example for such a linear transformation is histogram matching based on the means and the standard deviations of the histograms. For approaches based on component substitution the high-resolution channel and the component to be substituted have to be similar, thus

$$C_{pan} \propto C_{sub} + e_{sub} \quad (2)$$

with $e_{sub} = const.$ and high correlation between the two channels is required.

In the following the considered simple approaches, namely the Brovey transformation, IHS based approaches, approaches based on orthogonal transformations and an approach based on linear filtering are presented.

The **Brovey transformation** is applicable for an arbitrary number of multispectral channels and performs an arithmetic combination of the multispectral channels with the panchromatic channel according to

$$C_{i,pansh} = \frac{C_i}{C_{MSI}} C_{pan} \quad \text{with } C_{MSI} = \sum_j^n C_j \quad (3)$$

This transform is likely to lead to colour shifts and distortions. The reason for this is the fact that the computed mean intensity c_{MSI} and the panchromatic channel C_{pan} are not spectrally consistent. In order to overcome this problem (cf. WEIDNER & MÜLLER 2006) we may first compute a weighted sum of the channels

$$C_{wMSI} = \sum_j^n w_j C_j \quad (4)$$

With the assumption given in (1) the weights can be set according to the ranges of the single channels as a rough approximation leading to a higher spectral correspondance of the computed intensity and the panchromatic channel. This processing may be improved by modelling of the weights using the spectral response of the sensors (OTAZU et al. 2005) or by adjustment (KALPOMA & KUDOH 2007, AIAZZI et al. 2007). Besides the use of the weighted mean

the panchromatic channel can be linearly transformed by histogram matching based on the computed intensity channel. At the end of processing the computed pansharpned channels $C_{i,pansh}$ can be linearly transformed via histogram matching with respect to the input channels C_i .

The principal idea of **IHS-transformation-based pansharpning** is to transform RGB-data into the IHS colour space, substitute the intensity I by the panchromatic channel C_{pan} and transform this data back to the RGB colour space. In order to achieve acceptable results an approximate spectral consistency with respect to (2) of the two channels involved in substitution is required, but often not fulfilled. As example let us consider the first three channels of the IKONOS or QuickBird systems. The computed intensity I may differ severely from the panchromatic channel in particular within vegetation areas. In order to solve this problem the panchromatic channel may be reduced by the near infrared fraction. Still the IHS transform is designed for three channels only leading to the question how to incorporate $n > 3$ into the procedure. An adaption as given in (TU et al. 2004) is necessary.

Approaches relying on **Principal Component Transformation (PCT)** are applicable for an arbitrary number of multispectral input channels. They are based on a forward transformation of the data which yields the principal components, the substitution of the first component PC_1 by the panchromatic channel C_{pan} , and the inverse transformation of the data. The transformation matrices are computed based on the input data and are orthogonal. As within all transformation based approaches the question arises whether the computed channel to be substituted corresponds to the panchromatic channel according to (2). An indicator is the shape of the histogram or more strictly the correlation. If it does not correspond, a histogram matching does not improve the quality of results. Furthermore the data dependence may lead to quite different results for different data sets.

The **Ohta transform** was proposed by OHTA et al. (1980). It is an orthogonal transformation as pre-processing step for the segmentation of RGB images with the transformation matrix

$$T_{Ohta} = \begin{pmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ -1/4 & 1/2 & -1/4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

This matrix approximated the matrices of eigenvectors derived for a set of RGB images, thus a similar approach to the tasseled-cap transformation described below. The sequence of the channels is symmetric, i. e., that either RGB or BGR can be used yielding the same results having in mind that the second row may be multiplied by -1. The transformation was designed for RGB images. Thus it is not directly applicable for data sets of other dimensionality.

Originally the **Tasseled-Cap Transformation** was proposed by KAUTH & THOMAS (1976) for Landsat data. (HORNE 2003) determined a tasseled-cap transformation matrix for IKONOS imagery as mean of PC transformations leading to the transformation matrix

$$T_{TCAP} = \begin{pmatrix} 0.326 & 0.509 & 0.560 & 0.567 \\ -0.311 & -0.356 & -0.325 & 0.819 \\ -0.612 & -0.312 & 0.722 & -0.081 \\ -0.650 & 0.719 & -0.243 & -0.031 \end{pmatrix} \quad (6)$$

This tasseled-cap transformation is an orthogonal transformation. The transformation matrix is not derived for each data set separately, but in advance based on a number of data sets. Similar to PCT pansharpener approaches the first component is substituted by the panchromatic channel, followed by an inverse transformation.

Based on the discussion of approaches above an **Orthogonal Transform** (OrthT) is proposed. The principal idea is to design a transformation for which the resulting first component $OrthT_1$ is spectrally similar to the panchromatic channel C_{pan} and thus allowing a meaningful substitution followed by the inverse transformation yielding the pansharpener channels. This transformation can be applied to data of arbitrary dimensionality with the assumption in (1). For QuickBird data with four channels

$$T_{OrthT} = \begin{pmatrix} t_1 & t_2 & t_3 & t_4 \\ t_4 & t_3 & -t_2 & -t_1 \\ t_3 & -t_4 & -t_1 & t_2 \\ t_2 & -t_1 & t_4 & -t_3 \end{pmatrix} \quad \text{with} \quad t_i = \frac{w_i}{\sum_j w_j} \quad (7)$$

is such a transformation matrix. The first row of the transformation matrix consists of the normed weights for the single channels C_i , thus the first component is C_{wMSI} according to (4). Keeping in mind that we just want to define a transformation which is applicable for pansharpener, the other rows are computed based on the first row with the condition that the rows form an orthogonal base and therefore the transformation matrix is orthogonal like in the PC, tasseled-cap and Ohta transformations. The transformation matrix is not unique, because after a multiplication of rows or cols with a scalar the orthogonality is still fulfilled, but uniqueness is not required, only orthogonality.

The next approach is **Pansharpener based on linear filter** (PanshLapl). In this approach a high-pass filter – the Laplace filter – is applied to the panchromatic channel C_{pan} and the result is fused with the multispectral channels C_i . Therefore it belongs to the group of frequency analysis based approaches. This approach is motivated by the observation that the Laplace filtered image Δ is given by the difference of the Gaussian smoothed image G and the original image I

$$\Delta = G - I \quad (8)$$

which is quite closely related to (THOMAS et al. 2008). Although approaches like (TU et al. 2004) and (AIAZZI et al. 2007) are motivated differently, they use (8). As pre-processing a weighted mean C_{wMSI} according to (4) of the multispectral channels C_i is computed and the high-resolution panchromatic image is adopted using histogram matching. This step is in accordance with the Gram-Schmidt pansharpener described in (AIAZZI et al. 2007) and is motivated by the fact that the intensities may differ by a linear stretch leading to poor approximation of the Laplace values with respect to the multispectral information. For the com-

putation of the Laplace image the smallest filter

$$\Delta_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

is applied which is sensitive to noise. Therefore the adopted high-resolution image is smoothed by a selectable filter. Rewriting (8) and replacing G by the low-resolution multispectral channels C_i and the original image by $C_{i, pansh}$ yields

$$C_{i, pansh} = C_i - \Delta \quad (10)$$

where Δ is computed based on the high-resolution panchromatic channel, thus the Laplace is subtracted from the single multispectral channels directly. An alternative is given by subtracting the Laplace from the computed mean C_{wMSI} and compute the pixel values of the pansharpned multispectral channels by

$$C_{i, pansh} = C_i \frac{C_{wMSI} - \Delta}{C_{wMSI}} \quad (11)$$

2.2 Approaches for Evaluation

WANG & BOVIK (2002) proposed an index which measures the similarity between two images. It is defined as

$$\rho_{WB} = \frac{4\sigma_{AB}\mu_A\mu_B}{(\sigma_A^2 + \sigma_B^2)(\mu_A^2 + \mu_B^2)} \quad (12)$$

where μ_A and μ_B denote the means, σ_A^2 and σ_B^2 the variances and σ_{AB} the covariance of the images. For explanation it can be rewritten to

$$\rho_{WB} = \frac{\sigma_{AB}}{\sigma_A\sigma_B} \cdot \frac{2\mu_A\mu_B}{\mu_A^2 + \mu_B^2} \cdot \frac{2\sigma_A\sigma_B}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} \quad (13)$$

The first term in (13) is the correlation coefficient. The range of this term is $[-1, 1]$, the best value 1. The second term measures a linear shift of the image means. Its range is $[0, 1]$ and the best value is 1 achieved only if $\mu_A = \mu_B$. The third term measures a difference in image contrast and has a range of $[0, 1]$. It is 1 only if

$\sigma_A = \sigma_B$. Therefore ρ_{WB} is in the range of $[-1, 1]$. Its best value 1 for two images with $\mu_A = \mu_B$, $\sigma_A = \sigma_B$, and $\rho_{AB} = 1$. ρ_{WB} is less than zero, if the correlation is negative, and $\rho_{WB} = -1$ only if $\mu_A = \mu_B$, $\sigma_A = \sigma_B$, and $\sigma_{AB} = -1$, thus an image B is an inverted and shifted version of image A .

Although often used to evaluate the results of pansharping only, ρ_{WB} may be also used to check the similarity of those channels involved in substitution. This similarity is a prerequisite for simple approaches to yield acceptable results. The first condition is that the means of the two images are approximately the same. Therefore the second term in (13) is approximately 1 and the equation simplifies to

$$\rho_{WB} \approx \frac{\sigma_{AB}}{\sigma_A\sigma_B} \cdot \frac{2\sigma_A\sigma_B}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} \quad (14)$$

If similar variances $\sigma_A^2 \approx \sigma_B^2$ are assumed the equation reduces to

$$\rho_{WB} \approx \frac{\sigma_{AB}}{\sigma_A^2} \quad (15)$$

indicating that ρ_{WB} is proportional to the correlation coefficient in this case. Both conditions can be satisfied by histogram matching. Examples based on the multispectral data shown in Fig. 1 are given in Tab. 1. The table compiles the quantity ρ_{WB} and the correlation coefficient between the panchromatic channel shown in Fig. 2 and the channels or components to be substituted without and with applied histogram matching. Obvious are the low correlation of the panchromatic channel with the first principal component PC_1 and the high correlation with the first component of the orthogonal transformation $OrthT_1$. In this case the weights are 0.2 for the first three channels and 0.4 for the near-infrared channel.

A review of evaluation approaches (cf. WEIDNER & MÜLLER 2006) shows that single components of (13) are used as only criterion or as one among others. The correlation coefficient is used by SANJEEVI et al. (2001), AIAZZI et al. (2003), GARZELLI et al. (2005), and CHIBANI (2006) for the evaluation of their pansharping approaches, the difference of means by HSU & BURKE (2003) and LAPORTERIE DEJEAN

Tab. 1: ρ_{WB} and correlation – panchromatic channel and channels to be substituted – without and with histogram matching.

Channel used for substitution	ρ_{WB}	corr
1. principal component (PC1)	0.00	0.70
1. principal component (PC1) after histogram matching	0.70	0.70
1. component of tasselled cap transformation (TCAP)	0.70	0.89
1. component of tasselled cap transformation (TCAP) after histogram matching	0.89	0.89
1. component of orthogonal transformation (OrthT)	0.86	0.90
1. component of orthogonal transformation (OrthT) after histogram matching	0.90	0.90

et al. (2003), and contrast related quantities by VIJAYARAJ et al. (2004) and NIKOLAKOPOULOS (2005). ALPARONE et al. (2004) generalised the index of (WANG & BOVIK 2002). This generalised index is used in (ALPARONE et al. 2007) besides two other measures – SAM and ERGAS. Their generalisation is based on the use of quaternions and thereby restricted to evaluate results of images with $n = 4$ channels. We therefore propose to generalise the index of (WANG & BOVIK 2002) by

$$\rho_{WB}^* = \frac{4tr(\Sigma_{AB})|\underline{\mu}_A||\underline{\mu}_B|}{(tr(\Sigma_A) + tr(\Sigma_B))(|\underline{\mu}_A|^2 + |\underline{\mu}_B|^2)} \quad (16)$$

where $\underline{\mu}_A$ denotes the vector of mean values of data set A, $|\underline{\mu}_A|$ the length of the vector, Σ_A the covariance matrix of A, and Σ_{AB} the covariance matrix of the data sets to be compared. Instead of the quantity Q4 proposed by ALPARONE et al. (2004), (16) is not restricted to four channels. For the special case ($n = 4$) it is equivalent to the index proposed by ALPARONE et al. (2004). ZHANG (2008) questioned the outcome of the comparison of pansharpening approaches presented by ALPARONE et al. (2007). He argues that the quantities are not fully meaningful for quality assessment giving a counter example based on linear transformed data sets using visual inspection and the results of ISODATA clustering. These results are the same for all transformed data sets, although the quantity Q4 indicates differences in quality. These differences for Q4 are due to different signal means and variances caused by the linear transformations, whereas the clustering is not sensitive and thereby the results are not influenced by these transformations. Nonetheless other subsequent process-

ing and classification algorithms may be sensitive. Thus using ρ_{WB} or its generalisation as criterion imposes harsher requirements.

Within all the above mentioned approaches the quality measures are computed based on the entire image, although the results of pansharpening may differ in homogeneous and non-homogeneous image regions. Therefore, (PERKO 2004) – focussing on images from digital aerial cameras – proposed to distinguish between these regions. Accordingly the similarity index of (WANG & BOVIK 2002) is computed for the entire image, the homogeneous and the non-homogeneous image regions to evaluate the results of pansharpening. Evaluation of the spatial content of the pansharpened image as in (WANG et al. 2004) or (BUNTILOV & BRETSCHNEIDER 2007) is not considered in this contribution. The index ρ_{WB} according to (12) is applied for the evaluation of each channel in order to show differences in the results. Furthermore ρ_{WB}^* as given in (16) and SAM are taken into account, the later for comparison with (ALPARONE et al. 2007).

3 Results

For the evaluation of the approaches different QuickBird data sets are used. A detailed analysis is presented for a subset of an urban scene (dataset A) including building and larger vegetation areas. Fig. 1 displays the original multispectral data resampled to the same pixel size as the panchromatic channel (cf. Fig. 2). Figs. 4 to 8 display the results of pansharpening. For some of the approaches different alternatives for processing exist and are evaluated (cf. Tab. 2).



Fig. 1: Original multispectral data.

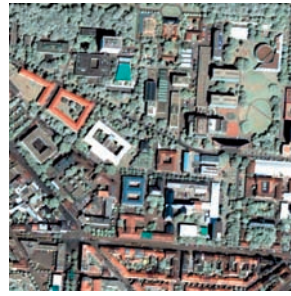


Fig. 5: PCT.



Fig. 2: Panchromatic data.



Fig. 6: TCAP2.



Fig. 3: Non-homogeneous regions (edges).

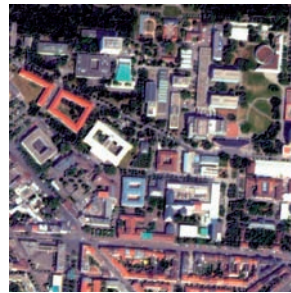


Fig. 7: OrthT2.



Fig. 4: BROV4.



Fig. 8: PanshLapl2.

Tab. 2: List of applied approaches.

<i>BROV1</i>	Brovey without histogram matching
<i>BROV2</i>	Brovey with histogram matching I: C_{pan} to C_{wMSI}
<i>BROV3</i>	Brovey with histogram matching II: $C_{i,pansh}$ to C_i
<i>BROV4</i>	Brovey with histogram matching I+II
<i>TCAP1</i>	Tasselled cap transformation without histogram matching
<i>TCAP2</i>	Tasselled cap transformation with histogram matching: C_{pan} to $TCAP_1$
<i>PCT</i>	Principal component transformation with histogram matching: C_{pan} to PC_1
<i>OrthT1</i>	Orthogonal transformation without histogram matching
<i>OrthT2</i>	Orthogonal transformation with histogram matching: C_{pan} to $OrthT_1$
<i>PanshLapl1</i>	according to (10)
<i>PanshLapl2</i>	according to (11)

A visual inspection of the results—paying attention to same visualisation conditions—indicates that the *PCT* transform leads to a colour shift in particular for the vegetation areas. *BROV4* and *Orth2* yield similar results. The best results are obtained from *TCAP2* and *PanshLapl2*. All—except *PCT*—exhibit colour distortions at object edges. With respect to this effect *PanshLapl1* yields the best results although they appear to some degree noisier than the result of *TCAP2* due to the inherent Laplace.

The evaluation using ρ_{WB}^* for the entire image, the non-homogeneous regions as shown in Fig. 3, and the homogeneous regions is given

in Tab. 3. For this evaluation the original multispectral data is taken as reference. Analysing the results in detail yields the importance of pre-processing by histogram matching. The impact is, e. g., visible for the different alternatives of pansharpening according to Brovey. Note that the approaches are already improved with respect to the original procedure, where the ratio of the panchromatic channel and the computed intensities according to (3) is used for which $\rho_{WB}^* = 0.90$ without (*BROV1*) and $\rho_{WB}^* = 0.94$ with histogram matching (*BROV4*). For the result of *PCT* $\rho_{WB}^* = 0.86$ —the worst result of all—and clearly verifies the visual impression. The best re-

Tab. 3: Evaluation based on ρ_{WB}^* for dataset A.

Approach	ρ_{WB}^*	$\rho_{WB(nh)}^*$	$\rho_{WB(h)}^*$
<i>BROV1</i>	0.90	0.84	0.94
<i>BROV2</i>	0.94	0.89	0.96
<i>BROV3</i>	0.93	0.87	0.96
<i>BROV4</i>	0.94	0.89	0.97
<i>PCT</i>	0.86	0.82	0.87
<i>TCAP1</i>	0.94	0.90	0.96
<i>TCAP2</i>	0.94	0.89	0.96
<i>OrthT1</i>	0.93	0.87	0.96
<i>OrthT2</i>	0.94	0.90	0.96
<i>PanshLapl1</i>	0.97	0.93	0.99
<i>PanshLapl2</i>	0.97	0.93	0.99

Tab. 4: Evaluation based on *SAM* for dataset A.

Approach	<i>SAM</i>	<i>SAM_(nh)</i>	<i>SAM_(h)</i>
<i>BROV1</i>	0.00	0.00	0.00
<i>BROV2</i>	0.00	0.00	0.00
<i>BROV3</i>	1.91	2.04	1.86
<i>BROV4</i>	0.47	0.50	0.46
<i>PCT</i>	5.17	5.53	5.01
<i>TCAP1</i>	2.41	2.98	2.17
<i>TCAP2</i>	1.92	2.47	1.68
<i>OrthT1</i>	2.44	2.90	2.24
<i>OrthT2</i>	1.47	2.10	1.19
<i>PanshLapl1</i>	0.97	1.76	0.62
<i>PanshLapl2</i>	0.00	0.00	0.00

Tab. 5: Evaluation for datasets B – D for selected approaches.

Approach	Dataset B		Dataset C		Dataset D	
	ρ_{WB}^*	SAM	ρ_{WB}^*	SAM	ρ_{WB}^*	SAM
BROV1	0.90	0.00	0.98	0.00	0.95	0.00
BROV2	0.95	0.00	0.98	0.00	0.95	0.00
BROV3	0.94	1.48	0.98	1.12	0.96	0.95
BROV4	0.96	0.68	0.98	0.46	0.96	0.68
PCT	0.76	10.98	0.94	3.94	0.92	2.21
TCAP1	0.96	2.05	0.98	2.90	0.95	2.58
TCAP2	0.96	1.65	0.99	1.16	0.97	1.11
OrthT1	0.94	1.70	0.98	1.28	0.96	1.30
OrthT2	0.96	1.17	0.98	1.06	0.96	1.16
PanshLapl1	0.98	1.01	0.99	0.68	0.98	0.73
PanshLapl2	0.98	0.00	0.99	0.00	0.98	0.00

sults are obtained using the approaches based on linear filtering (*PanshLapl*).

An evaluation based on SAM (optimal value is zero) yields a totally different ranking of the approaches. The reason for this is the fact that ρ_{WB}^* puts harsher requirements on the results of pansharpenering than SAM and thus should be preferred as a general measure. The results also indicate those pansharpenering approaches – e. g., Brovey without any histogram matching or the approach based on linear filtering according to (11) – which do not change the spectral angle and thus should be used if this angle is important for further processing.

The evaluation was also performed for other datasets. Dataset B and C are taken from the same QuickBird scene, but with different image content: dataset B comprises a forested and an industrial area, dataset C comprises forested areas, fields and a larger river. The last dataset D is taken from a scene showing rural and lagoon areas in Benin. The results for these datasets compiled in Tab. 5 support the results discussed for dataset A. Moreover, the data dependence of the principal component based approach is clearly obvious. For some approaches the results slightly differ for the used datasets, only for the approaches based on linear filtering the results are almost the same.

4 Conclusions

In this contribution we focussed on simple approaches for pansharpenering and their evaluation. We showed that some of these approaches can be easily improved by pre-processing in order to yield spectrally consistent data. The improvements of the results have been shown using known quantities for the evaluation of pansharpenering results. In order to cope with data of arbitrary dimensionality we generalised the quality measure of (WANG & BOVIK 2002). Although the visual and quantitative evaluations based on the generalised similarity measure are quite consistent the question arises which quantity should be used. As an example the SAM has been computed yielding a different ranking. In our opinion this question can not be answered uniquely, because requirements of the applications vary depending on the further analysis. Nonetheless we consider the generalised similarity indices more appropriate than other quantities, because they entail more demanding conditions on the similarity than others. Thus the pansharpenered data that passes the quality assessment will be suited for a larger range of applications.

References

- AIAZZI, B., ALPARONE, L., BARONTI, S., GARZELLI, A. & SELVA, M., 2003: An MTF-based spectral distortion minimizing model for pan-sharpening of very high resolution multispectral images of urban areas. – 2nd GRSS / ISPRS Workshop on Data Fusion and Remote Sensing over Urban Areas: 90–94.
- AIAZZI, B., BARONTI, S. & SELVA, M., 2007: Improving component substitution pansharpening through multivariate regression of MS+pan data. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **45** (10): 3230–3239.
- ALPARONE, L., BARONTI, S., GARZELLI, A. & NENCINI, F., 2004: A global quality measurement of pan-sharpened multispectral Imagery. – IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters **1** (4): 313–317.
- ALPARONE, L., WALD, L., CHANUSSOT, J., THOMAS, C., GAMBA, P. & BRUCE, L.M., 2007: Comparison of pansharpening algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S data-fusion contest. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **45** (10): 3012–3021.
- BUNTILOV, V. & BRETSCHNEIDER, T.R., 2007: A content separation image fusion approach: Toward conformity between spectral and spatial Information. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **45** (10): 3252–3263.
- CHIBANI, Y., 2006: Additive integration of SAR features into multispectral SPOT images by Means of the à trous wavelet decomposition. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing **60** (5): 306–314.
- GARZELLI, A., NENCINI, F., ALPARONE, L. & BARONTI, S., 2005: Multiresolution fusion of multispectral and panchromatic images through the curvelet transform. – IGARSS 2005, Seoul.
- HORNE, J.H., 2003: A tasseled cap transformation for IKONOS images. – ASPRS Convention 2003, Anchorage.
- HSU, S.M. & BURKE, H.-H.K., 2003: Multisensor fusion with hyperspectral imaging data: Detection and classification. – Lincoln Library Journal, Massachusetts Institute of Technology **14** (1): 145–159.
- KALPOMA, K.A. & KUDOH, J.-I., 2007: Image fusion processing for IKONOS 1-m color imagery. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **45** (10): 3075–3086.
- KAUTH, R.J. & THOMAS, G.S., 1976: The tasseled cap – A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. – Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University of West Lafayette, Indiana: 4b–41 – 4b–51.
- LAPORTERIE DEJEAN, F., LATRY, C. & DE BOISSEZON, H., 2003: Evaluation of the quality of panchromatic / multispectral fusion algorithms performed on images simulating the future Pleiades Satellites. – 2nd GRSS / ISPRS Workshop on Data Fusion and Remote Sensing over Urban Areas: 95–98.
- NIKOLAKOPOULOS, K.G., 2005: Comparison of six fusion techniques for SPOT5 data. – IGARSS 2005, Seoul.
- OHTA, Y.-I., KANADE, T. & SAKAI, T., 1980: Color information for region segmentation. – Computer Graphics and Image Processing **13**: 222–241.
- OTAZU, X., GONZALES-AUDICANA, M., FORS, O. & NUNEZ, J., 2005: Introduction of sensor spectral response into image fusion methods. Application to wavelet-based methods. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **43** (10): 2376–2385.
- PERKO, R., 2004: Computer vision for large format digital aerial cameras. – PhD thesis, Institute for Computer Graphics and Vision, Graz University of Technology.
- SANJEEVI, S., VANI, K. & LAKSHMI, K., 2001: Comparison of conventional and wavelet transform techniques of IRS-1C LISS-III and Pan Images. – 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
- THOMAS, C., RANCHIN, T., WALD, L. & CHANUSSOT, J., 2008: Synthesis of multispectral images to high spatial resolution: A critical review of fusion methods based on remote sensing physics. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **46** (5): 1301–1312.
- TU, T.-M., HUANG, P.S., HUNG, C.-L. & CHANG, C.-P., 2004: A fast Intensity-Hue-Saturation fusion technique with spectral adjustment for IKONOS imagery. – IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters **1** (4): 309–312.
- VIJAYARAJ, V., O'HARA, G.O. & YOUNAN, N.H., 2004: Quality analysis of pansharpened images. – IGARSS 2004, Anchorage.
- WANG, Z. & BOVIK, A.C., 2002: A universal image quality index. – IEEE Signal Processing Letters **9** (3): 81–84.
- WANG, J., THIESSON, B., XU, Y. & COHEN, M., 2004: Image and video segmentation by anisotropic kernel mean shift. – European Conference on Computer Vision, Springer, Berlin, LNCS **3022**: 238–249.
- WEIDNER, U. & MÜLLER, M., 2006: Pansharpening – Ein Beitrag zur quantitativen Bewertung. – 26. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF 2006: 221–228.

- ZHANG, Y., 2002: A New Automatic Approach for Effectively Fusing LANDSAT7 and IKONOS Images. – IGARSS 2002, Toronto.
- ZHANG, Y., 2004: Understanding image fusion. – Photogrammetric Engineering & Remote Sensing **70** (6): 657–661.
- ZHANG, Y., 2008: Methods for image fusion quality assessment – A review, comparison and analysis. – International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **37** (B7): 1101–1110.

Addresses of the Authors:

Dr.-Ing. UWE WEIDNER, Universität Karlsruhe (TH), Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe, Tel.: +49-7621-608-3549, Fax: +49-7621-608-8450, e-mail: uwe.weidner@ipf.uni-karlsruhe.de

Dr.-Ing. JORGE ANTONIO SILVA CENTENO, Geomatics Department, Federal University of Paraná, Po.Box 19001, 81.531-990 Curitiba, Paraná, Brazil, e-mail: centeno@ufpr.br

Manuskript eingereicht: Dezember 2008
Angenommen: April 2009

Terrestrial Laser Scanning for the Visualization of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System

MANFRED F. BUCHROITHNER, Dresden & THOMAS GAISECKER, HORN, Österreich

Keywords: Cave Surveying, 3D Visualisation, Dachstein, Karst Hydrology, Terrestrial Laser Scanning

Summary: The 3D surveying of two big cavities with very complex shapes in the Dachstein South-face Cave, Styria, Austria, serves as an example to demonstrate the efficiency of exact coordinate registration in caves by means of laser scanning. The surveyed cave is not open to the public and classified as difficult. The complicacy of a suggestive visualisation of such complex cavities is shown using the so-called Ramsau Dome as an example. Digital animations are considered the only possibility to adequately visualise such cave systems. During a surveying campaign of several days the Riegl Z-420i laser scanner worked reliably as data acquisition instrument despite the extreme conditions regarding temperature, air humidity and dirt. The generated point cloud models represent the presently best data bases for application modelling like for well discharges in karst hydrology and photo-realistic visualisations.

Zusammenfassung: *Terrestrisches Laserscanning zur Visualisierung eines komplexen Hohlraums in einem extremen alpinen Höhlensystem.* Am Beispiel der Vermessung von zwei mächtigen und formmäßig komplexen Hohlräumen in der Dachsteinsüdwandhöhle, Steiermark, Österreich, wird das Potential für deren Formerfassung mittels Laser-Scanner erläutert. Die Höhle ist nicht für die Öffentlichkeit zugänglich und gilt als schwer begehbar. Anhand des so genannten Ramsauer Doms wird die sehr schwierige graphische Darstellung solch komplexer Hohlräume demonstriert und als einzige Möglichkeit für eine adäquate Visualisierung die digitale Animation erkannt. Der eingesetzte Laser-Scanner Riegl LMS Z420i hat sich unter extremen Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Schmutz während des mehrtägigen Einsatzes als Datenerfassungsinstrument bewährt. Die letztendlich entstandenen Punktwolkenmodelle stellen die bislang besten Datengrundlagen für verschiedene Applikationsmodellierungen, wie z. B. für Quellschüttungen in der Karsthydrologie und fotorealistische Visualisierungen, dar.

1 Motivation and Location

Being the most valuable resource of the 21st century, water – and in particular potable water – is gaining increasing importance, also in research. In the Alps and world-wide the calcareous karst mountains are the main bearers of underground water. Therefore it is certainly of high interest for karst hydrologists and, hence, speleologists to obtain detailed information about shape and volume of the cavities inside the limestone mountain ranges. This allows to get a grip onto their water storage ca-

capacity and to model both seepage/percolation and run-off.

Moreover, caves allow geologists and in particular structural geologists, to combine scarce and often vague surface evidences concerning the geological structure of mountains with explicit and indicative subterranean observations to a clear(er) three-dimensional tectonic development model of the respective area. This applies especially to the Dachstein Massif where mighty layers of carbonatic rocks have been thrust over the metamorphic clastites of the East-Alpine Greywacke Zone (BUCHROITHNER 1993).

Based on our present knowledge of the Dachstein South Face Cave (DSFC) the idea sounds both intriguing and plausible that deep in the mountain the cave might intersect along the aforementioned thrust-plane, thus allowing not only a visual inspection of this major tectonic feature of the Alps but also the possibility of quantitative subterranean measurements.

A particular appeal and challenge for the exploration of the DSFC is the expectation that possibly the connexion between the DSFC and the complex cavity system of the Hierlatz Cave System on the northern side of the Dachstein Massif, which has already been proved by tracer experiments, may one day be crossable, i. e., climbable, by men. Such an extreme traverse under the whole massif of the Dachstein Mountains would then represent one of the most adventurous and hugest speleological enterprises in the world (cf. also

statements by the first author formulated by SCHÖN 2007a, 2007b).

Moreover, the application of modern 3D surveying techniques like 360° rotational laser scanning to very complex cave systems had been another challenge. Their outcome might be expected to serve the visualisation of the complex best. Hence, one of the major motivation aspects of another 3D cave surveying campaign (cf. Section 4) was the attempt to achieve adequate measurements for a close-to-nature optimised geovisualisation. Since different textures and colours do not play that big a role in this pure limestone cave, priority was given to the mere extraction of the cave shape, and no photographs were acquired simultaneously.

The entrance of the DSFC is located right below the prominent peak of Hoher Dachstein (2995 m), at 47° 28' 00.85" N and 13° 36' 31.92" E in a rock-wall called Mitterstein (cul-

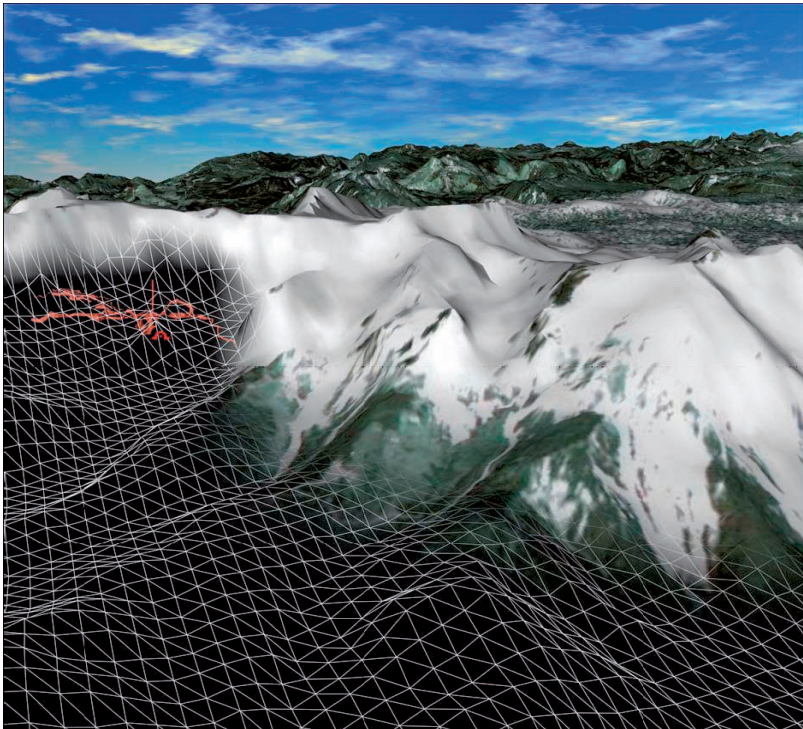


Fig. 1: Digital terrain model of the Dachstein Massif, view towards northwest, in the near range represented as a triangular network draped with a geo-coded Landsat TM imagery viewed against the Dead Mountain Range in the background. In the upper left corner the position of the Dachstein South Face Cave (DSFC) can be seen through the wireframe of the relief model. For location of cave entrance in map see Fig. 2. 4 mm left the Ramsau Dome.

minating at 2122 m) in 1834 m at the foot of the mighty, almost 900 m high and roughly 2900 m wide Dachstein South Face. It can only be reached by climbing. From the end of the curvy Dachstein Road at 1710 m a mountain trail, passing the Dachstein South Face Hut (1910 m), leads close to the Mitterstein rock face where a one-pitch rock climb allows to reach the cave entrance (cf. Fig. 1 and 2). The position of the “Dachstein Hole”, as it is called by the local population, is illustrated in Fig. 1. The cave is indexed in the Austrian Cave Catalogue under Code No. 1543/28. Its explored extension under the Dachstein at the end of 2007 is shown in Fig. 2.

Due to the initiative and the repeated invitation of the Cave Research Group of the Schladming Chapter of the Austrian Alpine Club (OeAV), in 1996 (GRAF 1996) the first author of this paper and a group of venturesome students from Dresden started a series of survey campaigns in the DSFC. Their intention was to obtain a three-dimensional cave model by conventional geodetic measurements. In order to achieve this, a traverse with frequent cross-sectional measurements has been surveyed, an undertaking of extreme hardness. This finally resulted in the Dresden proposal to test the advanced technique of rotational laser-

scanning in order to survey some of the bigger halls in this complex cave system which is, moreover, comparatively difficult to climb.

2 Previous Surveys

Already in 1910, the Moravian speleologist Ing. Hermann Bock, his wife and companions set out from Graz and made a first survey of the outer parts of the DSFC, which was discovered by the Dachstein mountain guide Johann Knauß in 1886 and even earlier by local hunters, and published in 1913 a first simple sketch-map up the famous Ramsau Dome. One-hundred years later, in 1986, the Salzburg-based karst hydrologist W. Gadermayr and companions performed an uranine tracer experiment at a spring between Bivouac 2 and 3 and also produced a new map (GRAF 1996). Based on these advance efforts in the same year a first surveying reconnaissance trip into the cave until close to Bivouac 3, i. e., behind the Schladming Dome, was carried out by Fritz Ebner, Mining University in Leoben, Austria, Anton Streicher, Vice Mayor of the City of Schladming and head of the Cave Research Group in Schladming, Austria, and the first author. The years 1996 to (spring of) 2007

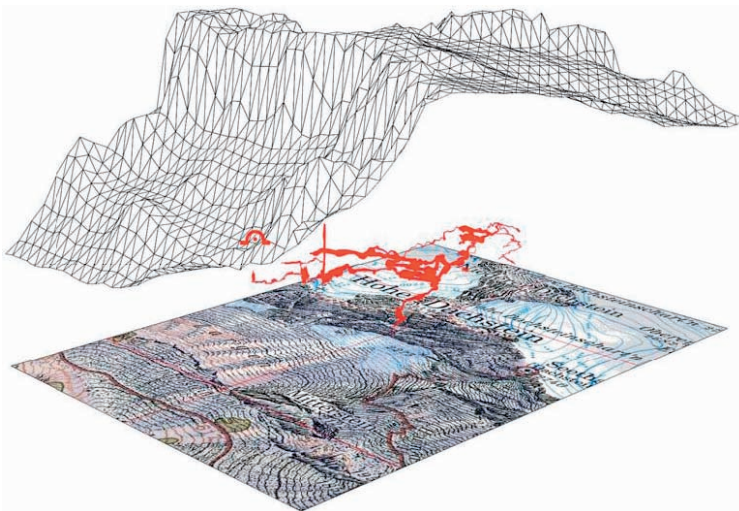


Fig. 2: Depiction of the complex system of the Dachstein South Face Cave (as explored until the end of 2006) in between a wireframe representation of the relief and a reproduction of a part of the 1:25 000 sheet “Dachstein” of the Alpenverein Map Series, Edition 2005. The vertical red spike represents the famous Schladming Shaft which reaches a height of at least 150 meters and which was also measured by laser scanner during the described campaign.

saw seven multi-day cave expeditions jointly performed by the Institute for Cartography of the Dresden University of Technology (TUD), the Cave Explorer Group from Landshut, Bavaria, and naturally the aforementioned cavers from Schladming. Within these years the DSFC was measured using traditional surveying-equipment, i. e., theodolite and suspension compass, in the manner described above (cf. Section 1). A short speleological history account by VHO (2008) is also accessible under www.hoehle.at/deutsch/SuedwandGeschichte.htm.

As an outcome of these operations, apart from a final internal surveying report of the Institute for Cartography of the Dresden University of Technology written by GRAF (1998) and a comprehensive diploma thesis about the detailed 3D modeling and animated cartographic visualization of the – at that time surveyed parts of the – “Dachstein Hole” by TEICHMANN (1999), two popular-scientific educational films about the activities of the Dresden Group were published. These films of 18 and 36 minutes length respectively were several times on the programs of various TV channels, thus very well documenting the surveying methods used for the public. Using these methods, the measuring of extremely big cavities with adequate precision was rather unrealistic. To get a more detailed 3D-model of these halls the first author of this paper decided to make use of the advantages of laser-scanning.

3 Campaign Logistics

In the winter semester 2006/07 speleologists from Bad Mitterdorf in Styria, Austria, together with 8 cavers from Dresden undertook a big combined surveying campaign of 10 days under the leadership of Robert Seebacher, Bad Mitterdorf, and the first author. This enterprise which comprehended the surveying of both, the so-called Ramsau Dome and the Schladming Shaft, and an advance to the most distant parts of the cave system, some 8.7 km away from the entrance, required an intensive preparation and complex logistics. The latter ones included precursors to this event performed by both the Bad Mitterdorf and the

Dresden speleology groups. Moreover, cartography students of the Dresden University of Technology were employed as porters for nutrition and gear along the small trail up to the cave entrance. Last but not least the laser scanner weighing some 16 kg incl. wrapping, the laptop, several smaller lead-acid batteries (cf. Section 4) and the tripod had to be carried into the cave – and finally back out!

The whole surveying campaign was realised under extreme circumstances regarding both the accessibility of and the rock-climbing difficulties in the cave: So the way back from the bottom of the Schladming Shaft, a near-vertical cavity of some 12 m in diameter and approx. 150 m in height requires about 60 m of jumars-ascending on a freely suspended rope. Moreover, constrictions barely wide enough to squeeze the laser scanner (cf. Figs. 2+3) through them had to be negotiated.

Thanks to the cooperation with the cavers from Schladming a nearly horizontal suspension rope-bridge of 9.4 m length (calculated using the Riegl RiPROFILE® post-processing software) had been installed in the Ramsau Dome in order to facilitate movement in this part of the DSFC (cf. Fig. 4, 6, and 9). Previ-



Fig. 3: At the lower end of the 60 m-rappel through the nearly vertical Schladming Shaft. Note the caving pack containing the 60 cm×40 cm×25 cm wrapping and the laser scanner which is all in all weighing approx. 16 kg.

ously, it had only been possible to proceed by rappelling 11.5 m to the base of the dome on one side and ascending the other one by difficult rock climbing. In any case, to reach the Schladming Shaft, first 17.3 m have to be climbed on a free-suspended rope by jumars-ascending. This is, above all, an interesting statement that corrects the passed-on overestimation of the cavers that you have to negotiate a vertical distance of 20 m plus. (All distances calculated using the Riegl RiPROFILE® software).

4 Laser Scanning

As already mentioned, it was unrealistic to measure the extremely large cavities inside the DSFC by using the described traditional methods. In order to get a more detailed 3D-model of these cavities the first author decided to use a Riegl LMS Z420i laser scanner (cf. Fig. 4). Its technical specifications can be obtained from the product information provided by Riegl Laser Measurement Systems. The whole system is battery-powered and easily portable, but yet robust and operable under a wide range of environmental conditions.

Moreover, the decision to use this scanner instead of a phase difference scanner was triggered by the fact that the very model had already previously been successfully used for the scanning of open pits and constructed tunnels. Riegl Corp. also welcomes another test of their LMS Z420i under extreme conditions.

Despite the exceptional circumstances regarding temperature, air humidity, argillaceous dirt and dripping water, the instrument demonstrated in these harsh situations its outstanding qualities with respect to robustness and usability. Fig. 3 documents a typical climbing situation during the scanner transportation inside the cave, and Fig. 5 shows a picture taken during the work with the laser scanner in the Ramsau Dome.

The scanner can be manually tilted in 5-degree steps to guarantee a full $360^{\circ} \times 360^{\circ}$ field of view. Fig. 4 illustrates this and all the other features described in this paragraph (cf. Number 1 in Fig. 4). The system is complemented by a data acquisition system based on a standard laptop (3). Data acquisition, sensor configuration, data processing and storage are operated by the companion software RiSCAN PRO®. The scanner is mounted on a standard



Fig. 4: Operating the Riegl LMS Z420i at a rock pulpit in the Ramsau Dome. Location cf. Fig. 2. For explanation of the figure see text above.

surveying tripod (2), power supply can be realized by any power-resource between 12 and 28 voltage. Inside the cave special light-weighted battery-packs were used (4). The laptop was also running on these batteries. Recharging of the battery-packs was realized by using a generator-station located in the “base-camp” at the cave entrance.

Marked ground-control points already precisely measured in both directions (inbound and outbound) by measuring tape and analogue theodolite during previous campaigns were used to obtain the correct orientation of the point-cloud acquired by the scanner, within the global coordinates. Special fixing equipment was used to guarantee an exact position of the reflector targets. Despite the high humidity no difficulties occurred with the signal reflection.

Five 360° high-resolution scans with 12000 points were acquired on each side of the basal canyon (cf. Fig. 4, 6, and 9). In order to obtain near-realtime point-cloud visualisations of the measured surfaces – last not least for quality control and the detection of concealed spaces – Riegl software was used, too. The companion program systems RiSCAN PRO® and the post-processing tool RiPROFILE® enabled an automatic registration of the acquired point-clouds using a minimum of three but mostly four targets. This allows skipping the levelling of the scanner and the measuring of the scan-position to a degree of sub-minute accuracy. RiSCAN PRO® and RiPROFILE® automatically detected the targets because of their high reflectivity. Due to the complexity of their shape and the resulting occluded surface portions, in the Ramsau Dome as well as in the Schladming Shaft measurements at several scan positions and with different tilting angles at each position had to be carried out.

Using control points measured in a traditional geodetic way (accuracy some millimeters) each point cloud, acquired from different scan positions, was then automatically registered into the given global coordinate system. In a first step the global coordinates of the ground control points were imported as ASCII into RiSCAN PRO®. For each scan-position the scanner detects all visible ground control points because of the high reflectivity of the reflector targets. The highest possible resolu-

tion of the scanner guarantees a maximum precision and accuracy for the target measurements. The resulting coordinates are stored in the scanner’s own coordinate system. To register a scan position into global coordinates it is necessary to calculate the correct translation- and rotation matrix which was also done by means of the aforementioned software.

If a minimum number of only three targets is available, the matrix is calculated fully automatically by finding corresponding points between the scanner’s own coordinate system and the given global coordinates. The algorithm which is used to find the corresponding points compares all 3D distances between the targets. In this case the user can mount the scanner in any orientation. In principle the scanner can be also mounted over a ground-control point and leveled by means of the laser scanner’s inclination sensors. One visible target is enough to calculate the correct bearing angle. This workflow, called “backsighting orientation”, however, turned out to be not applicable under the narrow conditions inside the cave.

RiSCAN PRO® also allows registering the point-cloud of a certain scan position by just using overlapping scan areas of an already registered scan position. This workflow is not limited to two scan positions, it can be run on a number of different scan positions at the same time. The algorithm (the so-called ICP algorithm, BESL & MCKAY 1992) works iteratively and detects the closest point of the other point-clouds for each point in a point-cloud. The adjustment iteratively modifies position and orientation information of each scan position until the error reaches a minimum.

All these registration tasks deliver results of just a few millimeters of standard deviation. The overall accuracy (geo-reference) depends on the precision of the given ground control points (cf. above).

5 Visualization of Surveying Results and Derivates

After the registration at each scan station the primary output delivered is one combined point cloud for each of the surveyed huge cavities (halls, domes), representing a sampled

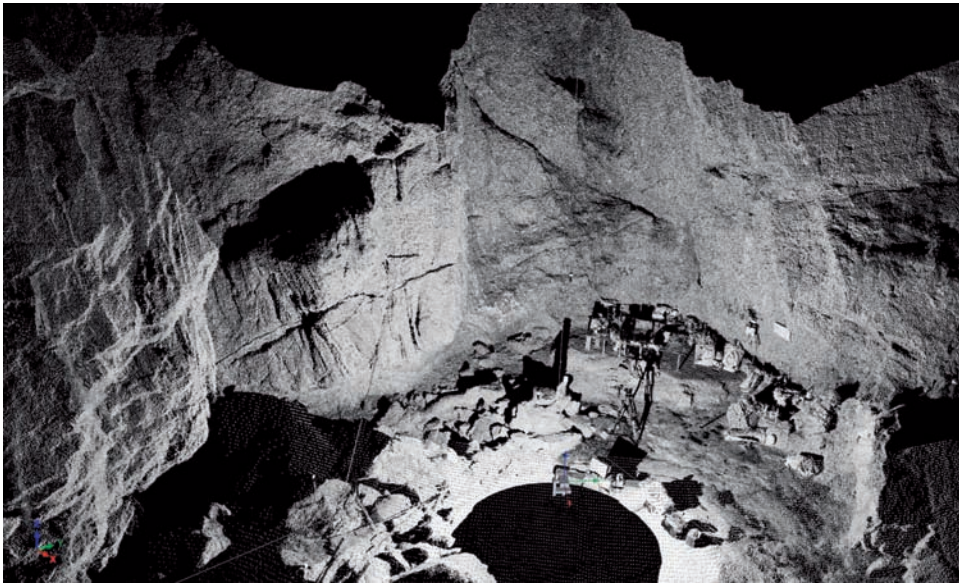


Fig. 5: Illustration of an $\sim 200^\circ$ sector of the point cloud of one single rotational laser scan showing the rock pulpit (“plateau”) where (the former) Bivouac 1 is located below the rock face in the background (cf. Figs. 7–9). Note the rope of the suspension bridge (lower left) and another fixed rope obliquely leading some 25 m up the rock face to the cave tunnel which leads to the Schladming Shaft. Distance from viewing point to far range approx. 25 m.

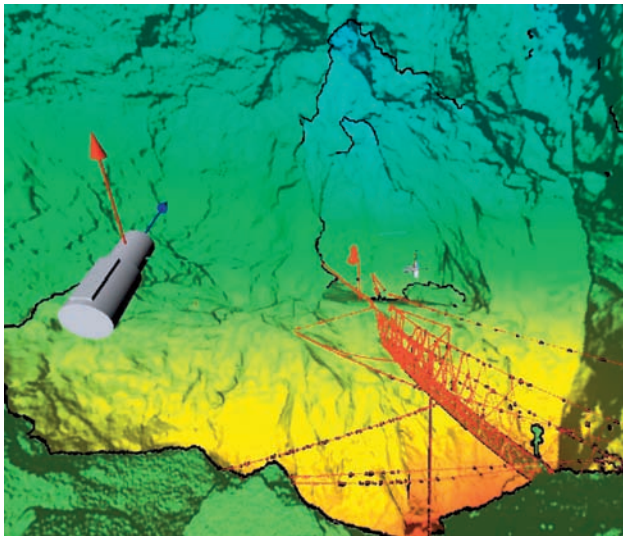


Fig. 6: Visualization of a portion of the point cloud of one scan of the Ramsau Dome as seen from near the measuring position with relief-shaded and color-coded visualization. Distance from the reddish near range, which corresponds more or less to the position of the laser scanner in the depicted scene, to the blue far range amounts to approx. 23.6 m. The RGB arrows indicate the orientation of the laser scanner at this scan position. Red lines correspond to the ropes of a suspension bridge erected for easier crossing of the basal canyon of the cavity.

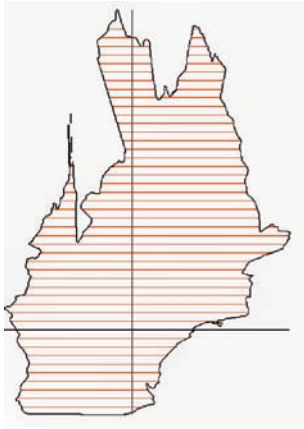


Fig. 7: East–West trending vertical cross-section through the Ramsau Dome showing 1 m contours in red. Black coordinate lines correspond to the vertical rotation axis of the different visualizations of the cavity and the internally defined “zero level” of the laser scanning campaign. The total height of this cavity amounts to 47 m (which cannot be displayed in one vertical section though). On the right is the rock pulpit of Bivouac 1 at a height of some 11 m above the bottom (cf. Figs. 4 + 8).

replica of the objects’ surface (cf. Fig. 6). Triangulating the point-cloud results in a 3D surface model (cf. Figs. 6, 8, and 9), this model can then be used for further post-processing: volume calculation, contouring and horizontal as well as vertical and horizontal profiling (cf. Fig. 7) can easily be performed.

The total height of the dome is approx. 46.9 m, its maximum horizontal diameter 28.1 m. Its volume amounts to 325 m³. This calculation is based on the fact that some remaining uncovered patches of the irregular surface of the cavity have simply been closed by an approximating algorithm (see below). Hence, this figure represents a minimum value.

The impossibility to make extrapolations for surface portions not shown in the point clouds prevents to close holes subject to dead corners/blind spots by methods commonly used for geometrically well-defined objects in urban environments (e. g., SCHNABEL et al. 2006 cum lit.). Here, the use of methods based on Bézier splines like NURBS led to acceptable results. It has, however, to be kept in mind that – in contrast to anthropogenous objects – principally these interpolations represent solutions void of any proximity to reality. In any case, the closed point cloud models outweigh by far

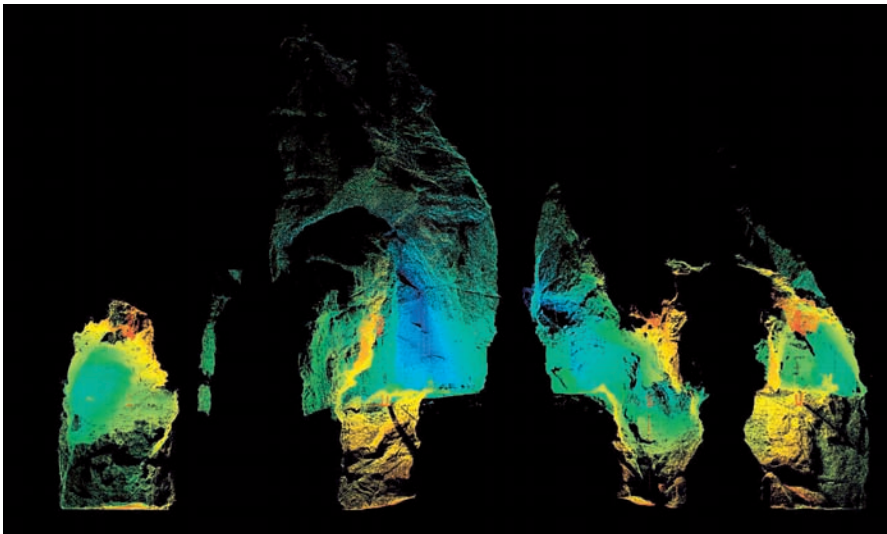


Fig. 8: The individual figures show color-coded views from 4 different directions into the slit cavity of the Ramsau Dome. Apart from animated visualizations, possibly such multiple illustrations represent the best possible way of conveying an impression of the complex shapes of such cave domes. Spectral color-coding in this and the following figure is not to scale but adjusted to the respective maximum range.

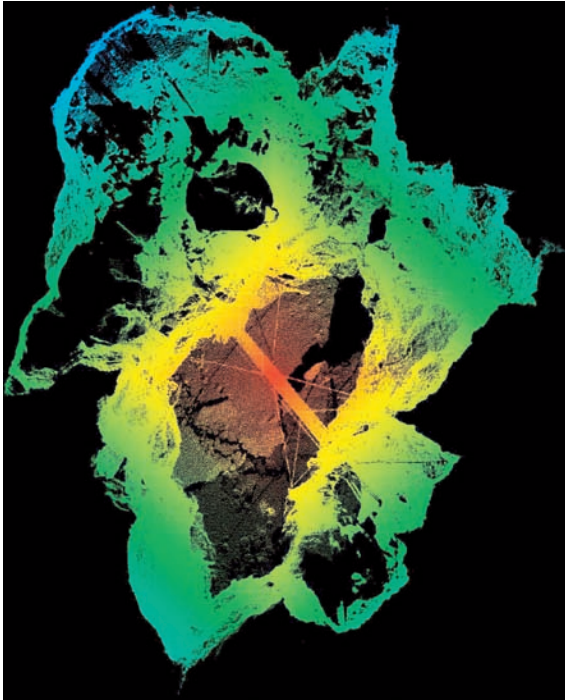


Fig. 9: Top-down view (radial color-coding from central axis into the Ramsau Dome). The suspended 9.4 m long rope bridge over the basal canyon with its wirings can be clearly seen.

the previous results made with bump-mapping techniques draped on TIN models which were generated by the “classical” surveying methods described above (cf. TEICHMANN 1999).

Comparisons between laser distometer measurements of the distances between polygon points of previous surveys and the corresponding distances acquired during the laser scanning campaign showed practically no deviation, i. e., less than 2 cm. The absolute elevation of the afore mentioned suspended rope-bridge in the Ramsau Dome amounts to 1780.4 m asl (WGS84). This statement is possible due to the fact that the interior measurements within the DSFC were linked to previously surveyed points tied to the National Geodetic Network of Austria. It corroborates the previously made relative vertical measurements, which indicate a 60 m descent from the cave entrance.

6 Assessment of Results

Until present time laser scanning has been frequently used for the three-dimensional surface documentation of cultural heritages of different size such as architectural, archaeological or natural ones (cf. HERDT & JONES 2008, PETTIT et al. 2007, BIRCH 2008, www.stonepages.com/news/archives/000757.html, KERSTEN et al. 2009, NOTHEGGER & DORNINGER 2009).

Caves have mainly been surveyed by 3D laser scanning if their access and their “walkability” were comparatively easy (cf. FRYER et al. 2008, www.high-pasture-cave.org/index.php/news/comments/168/), as it is usually the case with caves affiliated to mines (which are mostly easily accessible; cf. the Cueva de los Cristales near Naica, Mexico, a site connected to mining shafts; www.faro.com/content.aspx?ct=ge&content=news&item=14; CANEVESE et al. 2008) and with natural tourist caves which are open to the public. Actual “research caves” which are only climbable for speleologists

have, so far, only rarely been surveyed by means of laser-scanners. To the authors' knowledge, the second-largest cave chamber in the world at Majlis Al Jinn in Oman has been surveyed using a laser scanner. This hall, however, is "easily" accessible by "simple" rappelling over a distance of 150 meters (www.youtube.com/watch?v=QgDHTDQp8Q0).

There, neither creeping through super-narrow bottlenecks nor climbing is required. Also in terms of visualisation of complex natural caves, so far almost exclusively simplified box-shape representations have been published (cf. www.esri.com/industries/cavekarst/graphics/karst_ro_bg.jpg).

Hence, the surveying reported in this paper to some degree represents a premiere. Certainly, the transportation of a terrestrial laser scanner of the quality and weight of the Riegl LMS Z420i both through a bottleneck which was barely big enough to squeeze the laser scanner through and over a freely suspended 60 m rappel-and-ascend pitch with dripping water is a rather unique undertaking.

7 Conclusions and Outlook

In conclusion, the described cave surveying campaign, which was from its beginning meant to serve as a test operation, well demonstrated the feasibility of the used methodology and also of the utilised laser scanning device for the three-dimensional measuring of complex irregular cavities of medium to large size (up to several tens of meters) with frequent dead spots. The instrument, according to the producer's fact sheet dust- and splash-water-proof, turned out to be also reasonably "mud-proof".

Future operations of this type will – personnel with adequate scientific and technical background *and* alpinistic and speleological skills provided – certainly be able to serve both the purpose of solving tectonic underground conditions and of quantifying the shapes and volumes of subterranean cavities. This, again, allows to acquire information about the genesis of particular karst caves and to come closer to a quantitative model of karst-water behaviour, and thus to better estimates of the "porosity" and storage volume of lime-

stone massifs, and hence possible discharge rates of karst wells.

With respect to a visualisation which allows the viewer of "flat" (i. e., non-autostereoscopic) depictions to obtain a realistic conception of the respective complex cavities, however, one has to state that the only means providing an adequate picture of the shapes is a digital animation. Even a series of different cross-sections and colour-coded oblique views from different directions (see above, in particular Fig. 10) cannot be sufficiently suggestive of the physical shape. In this respect electronic visualisation means are clearly superior to hardcopy displays. At this point the animation of the High Pasture Cave published by BIRCH (2008) in the digital version of *Past Horizons* has to be seen as one of, if not *the* first reasonable example.

Acknowledgements

The strong support of Robert Koschitzky, Dresden University of Technology (TUD), and his devoted team of Dresden hobby speleologists during the preparatory phase of the surveying campaign and during the field-work is highly appreciated. Robert Seebacher, internationally renowned speleologist and head of the Cave Research Group in Bad Mitterdorf, Styria/Austria, kindly assisted with his wide experience in both the mission planning and the further surveying of the Dachstein Hole. Anton Streicher, Deputy Mayor of the City of Schladming, Austria, provided substantial infrastructural, logistic and financial support. Bernd Hetze, Centre for Information Technology Services and High-Performance Computing of the TUD, kindly assisted in the data processing for Fig. 1 and 2. For all other figures depicting the point clouds of the laser scanning results Thomas Himpel from the Institute for Cartography of TUD has to be thanked. Finally, without the generous provision of the LMS-Z420i 3D scanner through Riegl Inc., Horn, Austria, the whole project could not have been carried out at all. Further, the critical reading of three unknown reviewers significantly improved the quality of this article.

References

- BESL, P. & MCKAY, N., 1992: A method for Registration of 3-D Shapes. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence **14** (2): 239–256.
- BIRCH, S., 2008: Excavations at High Pasture Cave, Isle of Skye. – Past Horizons (electronic version), **5/2008**: 28–31.
- BIRCH, S., 2008: Laser Scanning at High Pasture Cave. – www.high-pasture-cave.org/index.php/news/comments/168/ [30 December 2008].
- BUCHROITHNER, M.F., 1993: Korallenriffe und Gletscherströme. Zur geologischen Entwicklung des Dachsteins. – Alpenvereinsjahrbuch “Berg 93” **117**: 61–74.
- CANAVESE, E.P., TEDESCHI, R. & FORTI, P., 2008: Scanning the Caves of Naica in Mexico. Laser Scanning Technology in Extreme Environments. – GEOInformatics (electronic version), December 2008: 6–9.
- THE COURIER, 2004: 3D laser scanning of the Wemyss caves. – www.stonepages.com/news/archives/000757.html [last access: 30 December 2008].
- FRYER, J.G., CHANDLER, J.H. & EL-HAKIM, S.F., 2008: Recording and Modelling an Aboriginal Cave Painting: With or without Laser-Scanning? – ISPRS Proc. 3D Archaeology, 8 p., CD-ROM., www.commission5.isprs.org/3darch05/pdf/3.pdf.
- GRAF, M., 1996: Exkursionsbericht zur Fahrt der Landshuter Höhlenforscher nach Schladming, Steiermark, Österreich, vom Donnerstag, den 21.3.1996, bis Dienstag, den 26.3.1996. – Internal Report, Institute for Cartography, Dresden University of Technology.
- GRAF, M., 1998: Exkursionsbericht zur Film- und Sondierungsforschung der Höfen Landshut gemeinsam mit der ÖAV-Höhlengruppe Schladming und der TU Dresden vom Mittwoch, den 17.6.98, bis Sonntag, 21.6.98. – Internal Report, Institute for Cartography, Dresden University of Technology.
- HERDT, G. & JONES, M.W., 2008: Scanning Ancient Building Components. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **4/2008**: 245–251.
- KERSTEN, T.P., LINDSTAEDT, M. & VOGT, B., 2009: Preserve the Past for the Future – Terrestrial Laser Scanning for the Documentation Analysis of Easter Island’s Moai. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **1/2009**: 79–90.
- NOTHEGGER, C. & DORNINGER, P., 2009: Filtering of High-Resolution Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Documentation. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **1/2009**: 53–64.
- PETTITT, P., BAHN, P.G. & RIPOLL, S., 2007: Palaeolithic Cave Art at Creswell Crags in European Context. – Oxford University Press.
- SCHNABEL, R., WAHL, R. & KLEIN, R., 2006: Shape Detection in Point Clouds. – *Technical Report CG-2006-2*, Universität Bonn.
- SCHÖN, ST., 2007a: Mit dem Laser im Labyrinth. – Sächsische Zeitung, March 24/25, 2007: M2.
- SCHÖN, ST., 2007b: Vorstoß ins Dachstein-Massiv. – National Geographic Magazine Deutschland, April 2007: 42–49.
- TEICHMANN, D., 1999: Großmaßstäbige 3D-Modellierung und animierte kartographische Visualisierung der Dachstein-Südwandhöhle, Steiermark (Österreich). – Unpubl. Diploma Thesis, Institute for Cartography, Dresden University of Technology.
- VEREIN FÜR HÖHLENKUNDE IN OBERSTEIER (VHO), 2008: Geschichte der Südwandhöhle (Dachsteinloch) – www.hoehle.at/deutsch/SuedwandGeschichte.htm [30 December 2008].

Addresses of the Authors:

Prof. Dr. phil. habil. MANFRED F. BUCHROITHNER, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, D-01062 Dresden, Tel.: +49-351-4633-7562, Fax: +49-351-4633-7028, e-mail: manfred.buchroithner@tu-dresden.de

Mag. Thomas GAISECKER, Riegl Laser Laser Measurement Systems GmbH, A-3580 Horn, Riedenburgerstraße 48, Österreich, Tel. +43 2982 4211. Fax +43 2982 4210, e-mail: tgaisecker@riegl.co.at

Manuskript eingereicht: Januar 2009
Angenommen: April 2009

Bericht von der 29. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF vom 24.–26. März 2009 in Jena

Bericht über die Jahrestagung

Die 29. wissenschaftlich-technische Jahrestagung der DGPF fand im Anschluss an die Festveranstaltung „100 Jahre DGPF“ vom 24. bis 26. März in Jena statt.

Festveranstaltung

Im Rahmen der Festveranstaltung eröffnete Prof. Dr. rer. nat. CORNELIA GLÄSSER am 24. März die diesjährige Jahrestagung: Der Titel der Veranstaltung „100 Jahre DGPF – Zukunft mit Tradition“ hätte nicht treffender ausgewählt werden können, denn die Beständigkeit der Gesellschaft liege in ihrer Dynamik über die vergangenen Jahrzehnte. In den Fest- und Fachvorträgen der drei Veranstaltungstage werde man erfahren, wie sich die Gesellschaft weiterentwickelt hat und es auch in der Zukunft tun werde. Dies werde auch durch die Gründung von Arbeitskreisen zu aktuellen Themen zum Ausdruck gebracht.

In seinem Grußwort brachte der Minister für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt des Freistaates Thüringen Dr. VOLKER SKLENAR zum Ausdruck, dass ohne die Methoden der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation eine Umsetzung vieler Maßnahmen der Flurbereinigung und z. B. die flächendeckende Waldschadenserfassung nicht denkbar seien.

Der Präsident der ISPRS Prof. Dr.-Ing. ORHAN ALTAN gratulierte der DGPF zu ihrem Jubiläum und bescheinigte der Gesellschaft „jugendliche Frische“, die auf vielen nationalen und internationalen Kongressen zu spüren sei. Als ordentliches Mitglied der ISPRS spiele die DGPF eine Schlüsselrolle.

In seinem Festvortrag „Einhundert Jahre Gesellschaft für Photogrammetrie – Eine Zeitreise“ stellte Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ viele Persönlichkeiten und Ereignisse vor, die in den letzten 100 Jahren die Arbeitsmethoden in der Gesellschaft prägten und zu den heutigen wissenschaftlichen Erfolgen führten. Sowohl die gerätetechnische Entwicklung als

auch die personelle Prägung über die Jahrzehnte wurden sehr anschaulich und spannend präsentiert. Bisher nur selten gesehene Bild-dokumente und Filmausschnitte illustrierten die interessante Zeitreise durch 100 Jahre DGPF.

Der Vortrag „Veränderungen im System Erde-Mensch – eine Herausforderung an die Satellitentechnologien“ von Prof. Dr. phil. nat. MARKUS ROTHACHER zeigte eindringlich, wie wichtig heutzutage tiefe Einsichten in die Prozesse auf und in der Erde sind. Erklärungen für die Plattenbewegungen der Erde, Tsunami-Frühwarnsysteme, oder auch Methoden zur Bestimmung der Massenänderungen in der Antarktis können nur mit Satellitenmethoden wirtschaftlich und mit hoher Genauigkeit formuliert werden.

Preise

Die Verleihung der Schwidofsky-Medaille der ISPRS wurde von Prof. Dr. mult. G. KONECNY und Prof. ALTAN vorgenommen. Prof. KLAUS SZANGOLIES erhielt diese Auszeichnung für seine langjährigen hervorragenden Leistungen in der Publizistik.

Dipl.-Ing. FRANK SCHOLTEN wurde für seine ausgezeichneten Entwicklungen in der digitalen Photogrammetrie insbesondere im Zusammenhang mit der HRSC-Mission die Albrecht-Meydenbauer-Medaille verliehen.

Im Anschluss überreichte Prof. Dr.-Ing. JOCHEN SCHIEWE die Urkunden an die Preisträger des Karl-Kraus-Nachwuchs-förderpreises 2009. Näheres ist im Bericht von Prof. JOCHEN SCHIEWE (auf den Seiten 342–343) nachzulesen.

Die Verleihung des Hansa-Luftbildpreises 2009 wurde von Dr. PAUL HARTFIEL vorgenommen. Der Preis wurde für die im PFG-Heft 2/2008 veröffentlichten Arbeit: „Grammar Based Facade Reconstruction Using rjMCMC“ von Dipl.-Math. NORA RIPPERDA vergeben.

Plenarvorträge

Die Veranstaltung wurde abgeschlossen mit „Drei Blicke in die Zukunft der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation“ in Form nachfolgender Plenarvorträge: Prof. Dr.-Ing. CHRISTIAN HEIPKE: „*Perspektiven der Photogrammetrie zwischen Fernerkundung und Geoinformation*“, Prof. Dr. rer. nat. HERMANN KAUFMANN: „*Fernerkundung – quo vadis?*“ und Prof. Dr. rer. nat. THOMAS KOLBE: „*Die Geoinformatik von morgen*“.

Vortragsprogramm

Am 25. und 26. März fanden die Fachvorträge gegliedert nach Arbeitskreisen parallel in vier Sitzungsräumen statt. Einzelheiten zu den Inhalten und Ergebnissen finden sich in den Berichten der Arbeitskreisleiter. Besonders viel Interesse weckte das DGPF-Projekt Kameraevaluierung und als Neuerung wurden erstmals auch die prämierten Arbeiten des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises präsentiert.

Posterbeiträge

In den Pausen zwischen den Vorträgen wurden die Poster der Nachwuchsförderpreisträger und weitere wissenschaftliche Poster präsentiert.

Rahmenprogramm

Sowohl beim Vorabendtreff in der Gaststätte „Zur Noll“ als auch beim festlichen Dinner im Planetarium Jena ergaben sich neue Einblicke und Erkenntnisse im gegenseitigen Austausch der über 320 Tagungsteilnehmer.

MANFRED WIGGENHAGEN, Hannover

Bericht über die Firmenausstellung

Die diesjährige Jahrestagung der DGPF stand ganz im Zeichen der Gründung der Gesellschaft vor einhundert Jahren in Jena. Für viele Firmen war das Anlass, sich an der Firmen-

ausstellung zu beteiligen. Insgesamt 28 Aussteller nutzten die Möglichkeit, über ihre neuen Produktentwicklungen zu informieren, auf bereits im Einsatz befindliche Gerätetechnik hinzuweisen, oder aus ihrem Verlagsprogramm Beispiele vorzulegen.

Die Aussteller fanden genügend Ausstellungsfläche in den Räumlichkeiten am Ausrichtungsort der Tagung, da die Ausstellung über zwei Etagen verteilt war. Die Besucher konnten unmittelbar von den Vortragsräumen in einen Teil der Ausstellung wechseln. Durch die verteilte Platzierung der Pausenversorgung in beiden Etagen konnte nach anfänglich verhaltenem Besuch des anderen Ausstellungsteils auch dort ein reger Besucherbetrieb beobachtet werden.

Hervorzuheben ist, dass insbesondere die Kamerahersteller und die Anbieter von Plottern mit ihrer Technik vor Ort waren, so dass man sich neben den bekannten technischen Parametern auch ein Bild von den Ausmaßen der Kameras machen oder sich von der Druckqualität der Plotter überzeugen konnte.

Zur Tagung konnten die Stände der folgenden Firmen besucht werden: AEROWEST, AICON 3D.systems, AMCAD & rauch, AS-TEC, AVT terra bildflug, con terra, CPA Systems, EFTAS, IGI, inpho, JENOPTIK, Leica, maila-push, MILAN Geoservice, RIEGL Laser Measurement Systems, Rollei Metric, SANCOPIE Dresden, SphereOptics, tec5 Technology for Spectroscopy, Trimble, VEXCEL Imaging, westermann, Wichmann und ZI-Imaging Intergraph sowie die Friedrich-Schiller-Universität Jena, das Landesamt für Vermessung und Geoinformation und der Verein Technik-Geschichte in Jena.

ECKHARDT SEYFERT, Werder/Havel

Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009

Im Rahmen der feierlichen Festveranstaltung „100 Jahre DGPF“ wurde am 24. März 2009 unter Anwesenheit von Frau URSULA KRAUS, der Witwe von Prof. KRAUS, der Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2009 verliehen.

Laut der Ausschreibung sollen mit diesem Preis herausragende Abschlussarbeiten auf

den Gebieten der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation und ihrer Nachbarbereiche ideell gewürdigt, finanziell honoriert und einer größeren Öffentlichkeit bekannt gemacht werden. Der Preis wird gemeinsam von den deutschen, österreichischen und schweizerischen Fachgesellschaften getragen.

Erfreulicherweise konnte für dieses Jahr mit 23 Bewerbungen eine neue Rekordbeteiligung erzielt werden. Die schwierige Aufgabe der Auswahl der Preisträger oblag auch in diesem Jahr wieder einer trinationalen Jury, die aus KIRSTEN WOLFF (ETH Zürich), NORBERT PFEIFER (TU Wien) und JOCHEN SCHIEWE (HafenCity Universität Hamburg) bestand.

Erstmalig in diesem Jahr hatten die Gewinner – nach einer kurzen Laudatio ihrer Betreuer – auch noch die Möglichkeit, im Rahmen einer Sondersitzung ihre Arbeiten mit einem Vortrag vorzustellen.

Die Preisträger des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009 lauten:

1. Preis: SABINE HOFMANN (TU Dresden, Betreuer: Prof. MAAS) zum Thema: „Konzeption und Aufbau eines optischen 3D Messsystems zur Analyse orthopädisch relevanter Bewegungsparameter“

2. Preis: WERNER MÜCKE (TU Wien, Betreuer: Prof. PFEIFER) zum Thema: „Analyse von Full-waveform Airborne Laserscanning Daten hinsichtlich der Verbesserung digitaler Geländemodelle“

3. Preis: ERIC MATTI (FH Nordwestschweiz, Betreuer: Prof. NEBIKER) zum Thema: „Prozessierung von hochaufgelösten drohnenbasierten Multispektralaufnahmen in der Agronomie“

Die Kurzfassungen der prämierten Arbeiten sind auf den nächsten Seiten abgedruckt.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg



Preisverleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009: Prof. Dr. STEPHAN NEBIKER (Präsident SGPBF), Dr. GERT STEINKELLNER (Präsident OVG), Frau URSULA KRAUS, Dipl.-Ing. WERNER MÜCKE, B.Sc. ERIC MATTI, Dipl.-Ing. SABINE HOFMANN, Prof. CORNELIA GLÄSSER (Präsidentin DGPF), Prof. Dr.-Ing. JOCHEN SCHIEWE (DGPF). Foto: Dr. Klaus-Ulrich Komp, EFTAS Münster.

Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten des trinationalen Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2009

Konzeption und Aufbau eines optischen 3D-Messsystems zur Analyse orthopädisch relevanter Bewegungsparameterer

Die messtechnische Erfassung und Auswertung menschlicher Bewegungen kann in vielen Anwendungen genutzt werden. In der medizinischen Diagnostik ist die Bewegungsanalyse z.B. hilfreich zur Erkennung von Fehlstellungen des Bewegungsapparats. Die sportmedizinische Untersuchung von Athleten kann Hinweise auf eine Verbesserung der Bewegungsausführung liefern.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein photogrammetrisches 3D-Bewegungsanalyse-system (Hardware und Software) entwickelt und in praktischen Anwendungen getestet. Das Messsystem besteht aus zwei Industriekameras, die über ein Triggersignal synchronisiert werden. Zur Markierung der Körperteile werden retroreflektierende Kugelmarker genutzt. Die Beleuchtung erfolgt über Ringleuchten.

Die photogrammetrische Datenverarbeitungskette zur automatischen Auswertung der stereoskopischen Bildsequenzen wurde während der Diplomarbeit entwickelt und in MATLAB implementiert. Dazu gehören Module zur Detektion und Messung von Retromarkern in Einzelbildern der Sequenz, Korrektur der Bildkoordinaten, Stereozuordnung korrespondierender Bildpunkte auf Grundlage von Epipolarlinien und Berechnung der 3D-Objektkoordinaten mittels räumlichem Vorwärtsschnitt.

Zentraler Punkt der Auswertesoftware ist die Zuordnung der unkodierten Messmarken zu den entsprechenden Körperteilen. Diese wird in der Punktwolke jeder Einzelepochen durchgeführt und erfordert kein Wissen über vorhergehende oder nachfolgende Epochen. Gewählt wurde ein 3D-Ansatz auf Basis der Invarianz der Abstände zwischen den Markern eines Körpersegments, z. B. Oberschenkel. Eine vorgegebene Referenztopologie dient mit bekannten Abständen als Vergleichsgröße. Die Auswertung ist auch möglich, wenn

einige Punkte in der jeweiligen Epoche verdeckt sind.

Die Zuverlässigkeit der Zuordnung wird durch ein zusätzliches Tracking erhöht. Dazu werden Marker mit geringem Bewegungsumfang, z. B. am Becken, durch die Bildsequenz verfolgt. Dies erleichtert die Suche nach der passenden Punktfolge durch Einführung einer zusätzlichen Bedingung. Nach der Zuordnung werden aus den 3D-Koordinaten der gemessenen Marker die Positionen der Gelenkzentren (bei einem Läufer z. B. Hüfte, Knie und Sprunggelenk) abgeleitet und auftretende Gelenkwinkel berechnet. Auf Basis der Gelenkpunkte erfolgt die Analyse weiterer Bewegungsparameter.

Die Validierung des Messsystems erfolgte an verschiedenen Bildsequenzen eines Läufers auf dem Laufband. Die Auswertung der Gangparameter umfasste Doppelschrittlänge, Schrittbreite, Schrittfrequenz, Symmetrie der Parameter und verschiedene Gelenkwinkel. Auch zur Analyse der Bewegungsabläufe eines Radfahrers wurde das System erfolgreich eingesetzt.

In verschiedenen Genauigkeitsuntersuchungen wurde die vom Anwender geforderte Genauigkeit von < 5 mm für Objektpunkte bestätigt. Die Gelenkwinkel können damit auf ca. 1° (einfache Standardabweichung) genau bestimmt werden. Die Angabe höherer Genauigkeiten für ermittelte Bewegungsparameter ist aufgrund von Hautbewegungen unabhängig vom darunterliegenden Knochen bzw. Gelenk nicht realistisch.

SABINE HOFMANN, Dresden
e-mail: sabine.sh.hofmann@gmx.de

Analyse von Full-waveform Airborne Laserscanning Daten hinsichtlich der Verbesserung digitaler Geländemodelle

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Nutzung von Full-waveform Airborne Laserscanning (ALS) Daten für die Erstellung von hoch

genauen digitalen Geländemodellen (DGM). Die neue Laserscannertechnologie erlaubt neben der Aufnahme der reinen Geometrie der gescannten Oberfläche außerdem die Speicherung von physikalischen Informationen, wie Amplitude und Breite des zurück gestreuten Echos oder Rückstreuquerschnitt der beleuchteten Fläche. Diese zusätzlichen Beobachtungen werden in der Diplomarbeit schrittweise hinsichtlich ihrer Trennschärfe zur Unterscheidung von Laserpunkten in Boden- und Nicht-Boden-Punkte analysiert. Basierend auf den Erkenntnissen dieser explorativen Datenanalyse werden drei Methoden zur Extraktion von Bodenpunkten aus der gesamten Punktwolke beschrieben und an einem Beispieldatensatz getestet. Zum einen werden harte Schwellwerte für die Full-waveform Attribute an die Einzelpunkte angebracht, um so eine Klassifizierung in Boden und Nicht-Boden vorzunehmen. Zum anderen werden die Einzelpunkte anhand der Full-waveform Information mit Gewichten versehen, welche die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit eines Punktes zur Klasse „Boden“ beschreiben. Die dafür verwendeten Wahrscheinlichkeits- und Gewichtsfunktionen werden vorgestellt. Die dritte Methode nutzt einen „Seeded Region Growing“-Segmentierungsalgorithmus, um Punkte mit ähnlichen Full-waveform Attributen zu einzelnen Segmenten zusammenzufassen. Es wird ein pragmatischer Ansatz zur Identifikation von daraus resultierenden Bodensegmenten präsentiert. Um die Verbesserung im Vergleich zu Geländemodellen, welche ohne die Verwendung von Full-waveform Informationen erstellt wurden, zu untersuchen, werden Geländemodelle von allen drei mit den zuvor genannten Methoden klassifizierten Punktwolken berechnet.

Die Integration von Full-waveform Informationen in die Erstellung der digitalen Geländemodelle führte zu einer Steigerung der Recheneffizienz und zu einer Verbesserung der Genauigkeit des resultierenden Modells in Bezug auf den Naturstand. Dies gilt vor allem dort, wo auf Grund dichter Vegetation und niedriger Durchdringungsrate des Laserstrahls nur wenige bis stellenweise keine Bodenpunkte vorhanden waren.

WERNER MÜCKE, Wels, Österreich
e-mail: wm@ipf.tuwien.ac.at

Prozessierung von hochaufgelösten drohnenbasierten Multispektralaufnahmen in der Agronomie

Basierend auf dem Prototyp einer sehr leichten Multispektralkamera wurde ein praxistauglicher Workflow zur minidrohnenbasierten Vegetationszustandsbestimmung entwickelt und untersucht. Dabei wurden die Datenverarbeitungsschritte der Co-Registrierung, der Sensorkalibrierung und der Mosaikierung anhand der Daten zweier Befliegungen auf ihre Praxistauglichkeit hin getestet. Speziell zu untersuchen waren die Robustheit des Workflows für unterschiedliche Kulturen sowie der Einfluss von radio- bzw. geometrischen Korrekturen und der Betrachtungsrichtung auf die Genauigkeit der Vegetationszustandsbestimmung.

Um Aufnahmen verschiedener Kulturarten zu erhalten, wurden zwei Testfelder der Syngenta Crop Protection AG befliegen. Dazu wurde die Multispektralkamera MSMS (MultiSpectralMicroSensor) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) mit einem Rot- und NIR-Kanal und einem Gesamtgewicht von ca. 350 g an der Minidrohne „AEROLDV100“ der Firma SwissCopter AG befestigt. Diese Aufnahmen lieferten nicht nur das erforderliche Bildmaterial, sondern auch wichtige Erkenntnisse für eine zukünftige verbesserte Signalisierung und Durchführung von drohnenbasierten Befliegungen.

Co-Registrierung der Bildkanäle: Die Co-Registrierung der einzelnen Aufnahmen im NIR- und Rot-Kanal zu einem einzigen Falschfarbenbild wurde mit einem selbst entwickelten MATLAB-Programm durchgeführt. Dieses erlaubt, über die Messung mehrerer Verknüpfungspunkte die Abbildung des einen Kanals auf den anderen wahlweise mittels einer Affin- oder einer Polynomtransformation durchzuführen. Die gewählte Methode ermöglicht eine automatische Co-Registrierung mehrerer Aufnahmen mit einer Genauigkeit kleiner einem Pixel.

Mosaikierung: Die Aerotriangulation, Orthorektifizierung und die Mosaikierung der einzelnen co-registrierten Aufnahmen zu einer einzigen Szene erlauben eine bessere Identifizierung der Testplots. Zusätzlich wird der Aufwand bei der automatischen NDVI-Werte-

berechnung pro Testplot für nachfolgende Auswertungen infolge der geometrischen Korrektur der Aufnahmen reduziert. Die Untersuchungen zeigen, dass eine Mosaikierung keinen signifikanten Einfluss auf die Klassifizierungsergebnisse hat, sofern keine radiometrische Anpassungen vorgenommen werden.

NDVI-Berechnung pro Testplot: Für die Berechnung wurde für jeden Testplot ein Polygon digitalisiert. Durch einen batch-definierten Layerverschnitt der einzelnen Polygone mit dem Mosaik wurden die NDVI-Werte pro Testplot berechnet.

Rektifizierung des NDVI-Wertes: Ziel der Rektifizierung war es, die berechneten NDVI-Werte in den Wertebereich der Referenzdaten zu überführen und die Genauigkeit der Vegetationszustandsbestimmung ausweisen zu können. Die Überführung erfolgt mittels der Bestimmung linearer Regressionsparameter unter Einbezug ausgewählter Testplots.

Um die Eignung des entwickelten Workflows beurteilen zu können, wurde die Korrelation zwischen den Referenzdaten und den NDVI-Werten sowie die Standardabweichung der Vegetationszustandsbestimmung berech-

net. Für Kartoffel- und Getreidekulturen wurden mit einer Korrelation von 0,8 bzw. 0,9 und einer Standardabweichung von 5,1% bzw. 8,8% viel versprechende Resultate erreicht. Die früher erzielten guten Resultate bei Reben (NEBIKER et al. 2008) konnten auf Grund der GSD von > 15 cm nicht bestätigt werden und erfordern weitere Untersuchungen.

Die Vegetationszustandsbestimmung mittels drohnenbasierter Multispektralaufnahmen liefert gleichwertige Resultate wie die arbeitsaufwändige terrestrische Bonitierung. Diese Resultate lassen sich mit günstigen Sensoren, ohne radiometrische Laborkalibrierungen erzielen – ein wichtiger Punkt für die Praxistauglichkeit. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse scheint sich das entwickelte Verfahren für viele Kulturarten zu eignen. Mit der vorliegenden Bachelor-Thesis wurden zudem wichtige Erkenntnisse gewonnen in Richtung praktische Umsetzung und Automatisierung der Datenprozessierung.

ERIC MATTI, Gstaad, Schweiz
e-mail: mattieric@yahoo.com

Berichte der Arbeitskreise der DGPF

3D-Stadtmodelle

Konstituierende Sitzung des Arbeitskreises am 6. März 2009 in Hamburg

Am 6. März 2009 haben die Deutsche Gesellschaft für Kartographie (DGfK) und die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) eine gemeinsame Kommission zur Thematik 3D-Stadtmodelle ins Leben gerufen. Der Präsident der DGfK Dr. PETER ASCHENBERNER gab seiner Freude darüber Ausdruck, dass diese Kommission zustande gekommen sei. Sie sei ein sichtbares Zeichen auf dem gemeinsamen Weg beider Gesellschaften. Prof. Dr. THOMAS KOLBE als Vizepräsident der DGPF hob hervor, dass sich die Thematik hervorragend für eine Zusammenarbeit eigne.

Die verschiedenen Vertreter aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft repräsentieren die breite Palette an Themen, die in Bezug zu „3D-Stadtmodellen“ steht.

Mitglieder:

PD Dr.-Ing. CHRISTOPH AVERDUNG, Siegburg
Prof. Dr.-Ing. VOLKER COORS, Stuttgart
Prof. Dr. JÜRGEN DÖLLNER, Potsdam
Dipl.-Ing. ANDREAS GERSCHWITZ, Kiel
PD Dr. GERHARD GRÖGER, Bonn
Dipl.-Ing. ULRICH GRUBER, Recklinghausen
Prof. Dr. THOMAS KOLBE, Berlin
Dipl.-Ing. EKKEHARD MATTHIAS, Hamburg
Prof. Dr.-Ing. MARTINA MÜLLER, Dresden
Dipl.-Ing. BETTINA PETZOLD, Wuppertal
Dipl.-Ing. ANNETTE PREDEL, Dresden
Herr PETER SCHICKEL, Berg
Dipl.-Ing. JANINE TAST, Oldenburg

Bericht von der Jahrestagung

Während der DGPF-Jahrestagung in Jena fand am 25.3.2009 eine öffentliche Sitzung des neu gegründeten Arbeitskreises statt, die von den Präsidenten der beiden Gesellschaften Prof. Dr. CORNELIA GLÄSSER und Dr. PETER ASCHENBERNER eröffnet wurde. In diesem Rahmen stellten die Leiter des Arbeitskreises BETTINA PETZOLD und EKKEHARD MATTHIAS die auf der Gründungssitzung erarbeiteten Arbeitsthemen vor und diskutierten mit der Zuhörerschaft weitere Themen sowie deren Priorisierung:

- Erfassung und Fortführung
- Qualitätsbewertung/-management
- 3D-Kartographie (Gestaltung)
- Dienste
- Integration
- (Neue) Anwendungen
- Marketing
- Technik

Als Resultat ist für den **Herbst 2009** ein **Workshop** zu den ausgewählten Themen geplant, auf dem erste Ergebnisse dieser Themen vorgestellt werden sollen. Details werden rechtzeitig über die Homepage der DGPF und der DGfK angekündigt werden.

Im Nachgang zur Sitzung der Kommission wurde sie bereits um drei Interessenten erweitert. Die regionale Verteilung der Mitglieder repräsentiert die deutsche „3D-Landschaft“ gut, aber auch die Verteilung auf die Bereiche Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung ist schon relativ zufriedenstellend. Über die Teilnahme weiterer Firmen würden wir uns sehr freuen.

BETTINA PETZOLD, Wuppertal
EKKEHARD MATTHIAS, Hamburg

Aus- und Weiterbildung

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Beobachtung von Aus- und Weiterbildungsangeboten
- Beobachtung und Bewertung neuer Lehr- und Lernmethoden

- Nationale und internationale Kooperationen
- Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Bericht von der Jahrestagung

„Klein aber fein“ – mit dieser Formulierung lässt sich die Sitzung des Arbeitskreises im Rahmen der Jenenser Jahrestagung, die eine große Bandbreite von Themen behandelte, trefflich charakterisieren.

SIMONE NAUMANN (PH Heidelberg) referierte über den „Satellitenbildeinsatz in der Schule – von der Theorie zur praktischen Anwendung“. Aufbauend auf den Ergebnissen einer internationalen Vergleichsstudie zeigte sie mehrere realisierte oder geplante Umsetzungsbeispiele, die einen sehr interessanten und wichtigen Beitrag zur Förderung des Themas Fernerkundung in Schulen leisten können.

CHRISTIANE KATTERFELD (früher: Universität Hannover) stellte die Ergebnisse der ISPRS-Studie „Analysis of E-Learning Software and Guidelines for Quality Assurance in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS“ vor. Auf der Basis von 30 internationalen E-Learning-Angeboten wurde insgesamt eine gute Nutzerzufriedenheit festgestellt. Schwachstellen wurden im Zusammenhang mit der Beschreibung der Lernkontexte sowie der Nachhaltigkeit der Angebote identifiziert.

Schließlich stellte MANFRED WEISENSEE (FH OOW, Oldenburg) den neuen 7-semesterigen Bachelor-Studiengang „Wirtschaftsingenieurwesen-Geoinformation“ vor, der im Wintersemester 2008/09 eingeführt wurde und sich sofort großer Nachfrage erfreute. Neben Kernfächern aus den Bereichen Geoinformation und Wirtschaftswissenschaften bietet der Studiengang auch einen Integrationsbereich, in denen Themen aus beiden Bereichen gemeinsam betrachtet werden.

Weitere und geplante Aktivitäten

Erfreulicherweise konnte der Arbeitskreis „Aus- und Weiterbildung“ auf eine breitere

personelle Basis gestellt werden. GERHARD KÖNIG (TU Berlin) agiert ab sofort als stellvertretender Leiter und sorgt mit seinen Aktivitäten innerhalb der ISPRS (u.a. als Leiter der Working Group VI/2) für eine ideale internationale Vernetzung mit der DGPF.

Der Arbeitskreis „Aus- und Weiterbildung“ wird neben den ständigen Aktivitäten (z. B. der Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises, siehe hierzu auch den separaten Bericht und die Ausschreibung) weiterhin übergreifende Veranstaltungen zu Themen der Aus- und Weiterbildung (speziell die „GIS-Ausbildungstagung“ am 18./19. Juni 2009 in Potsdam) unterstützen bzw. initiieren.

Darüber hinaus ist eine Einbindung in den Diskussionsprozess zum „Kerncurriculum Geoinformatik“, das von der Gesellschaft für Geoinformatik initiiert wurde, sowie eine Mitwirkung an der inhaltlichen Gestaltung des neuen Ausbildungsberufes Geomatiker geplant.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Auswertung von Fernerkundungsdaten

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

Der fachliche Schwerpunkt des Arbeitskreises lag im vergangenen Jahr auf der Fernerkundung in Gebirgsregionen und dem fernerkundungsbasierten Gletschermonitoring. Zu diesem speziellen Thema wurde am 4. November 2008 in Potsdam gemeinsam mit dem Arbeitskreis „Fernerkundung in der Geologie“ und dem Institut für Kartographie der TU Dresden ein Workshop durchgeführt.

Mit über 40 interessierten Teilnehmern aus Deutschland und Österreich war der Workshop aus Sicht der Veranstalter sehr gut besucht. Dazu trug sicher auch das interessante Vortragsprogramm zu den thematischen Schwerpunkten „Kartierung und Monitoring von Hochgebirgsgletschern“ und „Massenbewegungen und Naturgefahren in Gebirgen und Gletscherregionen“ bei.

Die Untersuchungsgebiete waren global über die gesamte Erde verteilt und auch das

Methodenspektrum war sehr umfangreich und unterschiedlich, angefangen von der Interpretation von Luftbildern und Orthophotos über Analysen hoch auflösender optischer Bilddaten bis hin zu Radardatenauswertungen. Gerade die Verknüpfung von Daten unterschiedlicher Sensoren sowie die Kombination mit bodengestützten Referenz- und Zusatzdaten waren in vielen Beiträgen eine unverzichtbare Voraussetzung für die Gewinnung verlässlicher und konsistenter Ergebnisse und somit letztlich für den Erfolg der Arbeiten. Ein solches Konzept zur integrierten Nutzung von Multi-Sensordaten wurde zum Abschluss des Workshops auch für ein neues Projekt im Raum Kirgystan vorgestellt. Diese integrierte Datennutzung wird absehbar auch künftig ein Schwerpunkt der Methodenentwicklung für die Fernerkundungsdatenauswertung sein und wird in unserem Arbeitskreis in den nächsten Jahren sicher eine stärkere Rolle spielen.

Insgesamt ist der Arbeitskreis innerhalb des fachlichen Spektrums der DGPF auch weiterhin auf alle Fragen im Zusammenhang mit der Bearbeitung, Auswertung, Analyse und Interpretation von Fernerkundungsdaten fokussiert. Neben Methoden- und Algorithmenentwicklung unter unterschiedlichsten Anwendungsaspekten, thematischen Analysen und Interpretationen, insbesondere basierend auf multi-sensoralen und multi-temporalen Ansätzen, bilden Genauigkeitsuntersuchungen und Qualitätsanalysen von Fernerkundungsdatenauswertungen sowie die Integration von Zusatzdaten die Schwerpunkte unseres Arbeitskreises.

Der Arbeitskreis versteht sich als Diskussionsplattform für Wissenschaftler, Studierende und Anwender von Fernerkundungsdaten und soll insbesondere den Gedankenaustausch zwischen Forschung, Entwicklung und Anwendung unterstützen. Zur Mitarbeit im Arbeitskreis sind darüber hinaus aber auch Interessenten, Fachwissenschaftler und Anwender aus allen angrenzenden geowissenschaftlichen Disziplinen und potenziellen Anwendungsbereichen aufgerufen, um damit eine breite Basis für die Diskussionen zu schaffen.

Bericht von der Jahrestagung

Den thematischen Schwerpunkt für die erste Arbeitskreissitzung bildeten vier methodisch ausgerichtete Vorträge. ANDREAS MÜTHERTHIES von der EFTAS GmbH in Münster stellte die bisherigen DeCOVER Konzepte und Entwicklungen für einen nationalen Geoinformationssystem vor. Neben der Berücksichtigung neuer operationeller Sensoren wie RapidEye und TerraSAR-X richtete sich der Fokus auf die Nutzung und Unterstützung von Zielsystemen wie beispielsweise das Digitale Landschaftsmodell oder der Biotop- und Nutzungstypenkartierung. Dem aktuellen Thema „Integration von Zusatzdaten in satellitenbasierte Klassifikationsprozessen zur Verbesserung der Qualität von Value Adding Produkten“ widmete sich der Vortrag von MICHAEL FÖRSTER (TU Berlin). Die präsentierte Arbeit verwendet als Integrationsmethoden neuronale Netzwerke sowie wissensbasierte Klassifikationen mittels Fuzzy Logic und eine schwellenwertbasierten Regelbasis. Zu intensiven Diskussionen kam es bei der Präsentation von CHRISTOPH KINKELDEY (HafenCity Universität Hamburg) über den vorgestellten Ansatz zur Bewertung von Unsicherheiten in klassifizierten Fernerkundungsszenen, der nicht nur die Unsicherheit in den klassifizierten Daten, sondern auch in den Referenzdaten berücksichtigt. Final wurden in der ersten Session von UWE WEIDNER (Universität Karlsruhe) Bewertungsmethoden von Panschärfungsverfahren auf der Grundlage von optischen Daten vorgestellt.

In der zweiten Sitzung des Arbeitskreises standen dann mehr anwendungsorientierte Beiträge auf der Tagesordnung. ANDREAS VÖLKER (EFTAS GmbH Münster) untersuchte in seinem Beitrag das Potential von RapidEye Bilddaten für das Monitoring von Landschaftselementen im Zusammenhang mit der Subventionskontrolle von Landwirtschaftsflächen. Diese Aufgabe wurde bisher auf der Basis von Luftbildern durchgeführt. Der Einfluss der unterschiedlichen Bodenauflösung war natürlich an den Ergebnissen nachweisbar, dennoch konnten bei geeigneter Herangehensweise eine Reihe interessanter Resultate abgeleitet werden. Der zweite Vortrag von DANIEL FREY (TU München) zeigte wiederum Möglichkei-

ten auf, durch eine Kombination von Fernerkundungsdaten verschiedener Sensoren und der Einbeziehung vorhandener Bodenreferenzdaten Lösungen für bis dato nur unzureichend gelöste Fragen zu entwickeln. Im vorliegenden Fall konnte eine schnelle Bewertung der Befahrbarkeit von Straßennetzen im Katastrophenfall bereitgestellt werden. SÖREN HESE (FSU Jena) berichtete über die Nutzung satellitengestützter Fernerkundungsdaten aus frühen militärischen Aufklärungsmissionen (CORONA) in Kombination mit modernen hoch auflösenden Quickbird-Aufnahmen für die Strukturanalyse von Thermokarst-Seen in Sibirien. Abschließend wurde von RENE HÖFER (UFZ Leipzig) eine interessante Arbeit zur Erfassung sozioökonomischer Parameter aus Fernerkundungsdaten vorgestellt. Auch in dieser Arbeit wurden wieder Daten unterschiedlicher Sensoren verwendet und mit bodengebundenen Erhebungen kombiniert, um Stadtstrukturtypen, die ihrerseits wiederum mit sozioökonomischen Daten korrelieren, aus Fernerkundungsdaten abzuleiten.

CAROLIN THIEL (FSU Jena) berichtete in einem Posterbeitrag über großflächige Waldüberwachung in Sibirien unter Verwendung von ALOS PALSAR.

Weitere und geplante Aktivitäten

Für den Herbst dieses Jahres ist eine thematisch auf Fragen der Fernerkundung im Forstbereich ausgerichtete Veranstaltung geplant. Hierzu werden derzeit bereits Gespräche mit dem Arbeitskreis Forstlicher Luftbildinterpret (AFL) geführt. Der Workshop wird voraussichtlich im Oktober in Berlin stattfinden. Interessierte Kollegen und Einrichtungen sind herzlich eingeladen, sich an der Vorbereitung und Ausgestaltung dieser Veranstaltung zu beteiligen.

BIRGIT KLEINSCHMIT, Berlin,
HORST WEICHEL, Potsdam

Bildanalyse und Bildverstehen

Arbeitsgebiete – *Terms of Reference*

- Geometrische Bildverarbeitung
- Merkmalsextraktion und -nutzung
- Semantische Modellierung

Bericht von der Jahrestagung

Für die Jubiläumstagung der DGPF waren insgesamt zehn Beiträge angemeldet worden, von denen jeweils drei in den beiden Sitzungen des Arbeitskreises vorgestellt wurden und weitere vier als Poster präsentiert werden konnten. Inhaltlich spannte sich der Bogen von geometrischen Aspekten über Fragen der Erkennung und Bewertung von Objekten bis zu Grundsatzüberlegungen zur Mustererkennung.

Den Einstieg in die Präsentationen übernahm KLAUS PRÄTEL, Berlin. Er zeigte in seinem Beitrag die Identifikation unterschiedlicher Objekte mittels adaptierter Boosting Klassifikatoren im Rahmen des Inventarisierungsprojektes „Herbar-Digital“. Hierbei werden große Mengen von Pflanzenbelegen eingescannt und automatisch interpretiert. Aufgrund der vielfältigen visuellen Ausprägungen der Belege ist ein flexibles Bewertungsverfahren erforderlich. Boosting Algorithmen sind hier gut geeignet, da sie auf eine Vielzahl ggf. auch schwacher Kriterien zurückgreifen können und das wechselnde Erscheinungsbild der Daten tolerieren.

Variierende Merkmale sind auch Gegenstand der Untersuchungen von MARKUS REINHOLD, Jena. Im von ihm gezeigten IMALYS Projekt geht es um die Extraktion geographischer Objekte aus hoch auflösenden Fernerkundungsdaten. Die mit hoher Auflösung verbundene Variationsbreite der spektralen Charakteristik wird durch Suche nach homogenen Bereichen berücksichtigt, denen verschiedene Merkmale zugeordnet werden. Auch die Nachbarschaftsbeziehungen werden erfasst. Ein Lernprozess an Hand von Referenzdaten steuert die Auswahl aller relevanten Kriterien der gesuchten Objekte und liefert die Basis für deren flächenhafte Identifikation.

Zum Abschluss der ersten Sitzung präsentierte WOLFGANG FÖRSTNER, Bonn grundlegende Anregungen zur Ausrichtung der zukünftigen methodischen Arbeit in der Fernerkundung. Er zeigte an Beispielen den erreichten Leistungsstand von Verfahren der Mustererkennung und des maschinellen Lernens, sofern die Objekte primär unter geometrischen / photogrammetrischen Aspekten analysiert und bewertet werden. Dabei kann auf viele Ansätze der Computer Vision Community zurückgegriffen werden, die durch die Verknüpfung mit der photogrammetrischen Sichtweise zum Erfolg führen. In gleicher Weise kann davon ausgegangen werden, dass viele in der Computer Vision entwickelte Konzepte auch eine gute Basis zur verbesserten Automatisierung in der Fernerkundung darstellen könnten. Er regte daher an, in dieser Richtung die Arbeiten in der Mustererkennung fortzusetzen und lud zur Mitarbeit in der ISPRS Arbeitsgruppe *Pattern Recognition for Remote Sensing* ein.

Die zweite Sitzung startete mit einem Vortrag von FERID BAJRAMOVIC, Jena zur vollautomatischen Orientierung von Bildverbänden allein auf der Basis von natürlichen Merkmalspunkten. Aufgrund deren unterschiedlicher Erscheinungsformen ist mit einer hohen Anzahl falscher Korrespondenzen zu rechnen, wodurch nur absolut robuste Verfahren zum Ziel führen können. Er bedient sich daher einer RANSAC-Strategie zur Bestimmung gegenseitiger Orientierungen und versucht diese so zusammensetzen, dass ein plausibler Gesamtverbund entsteht. Die finale Lösung wird über ein Optimierungsverfahren erreicht, das über Unsicherheitsmaße die Qualität der gegenseitigen Orientierungen formuliert und zur geringsten Gesamtunsicherheit führt.

Ein weiterer Beitrag mit geometrischen Betrachtungen wurde von RAINER SCHÜTZE, Mainz präsentiert. Er stellte verschiedene Ansätze zur geometrischen Modellierung von großen unstrukturierten 3D-Punktwolken vor. Als wichtiger Aspekt ist vorhandenes Vorwissen und dessen geschickte Verwendung für den Verarbeitungsprozess zu sehen. Er konnte zeigen, dass z.T. mit recht einfach ausgelegten Verfahren gute Ergebnisse zu erzielen sind. Dabei bedarf es ggf. lediglich der Umformung

der Daten in eine Winkel-Strecken Darstellung. Die größte Flexibilität ist allerdings unter Verwendung von semantischer Information zu erhalten, die über entsprechende Ontologien das Analyseverfahren steuert.

Den Abschluss der mündlichen Präsentationen übernahm KARLHEINZ STEINKE, Hannover mit einem weiteren Beitrag aus dem Umfeld des „Herbar-Digital“ Projektes. Seine Arbeiten konzentrieren sich auf die automatische Extraktion von Schriftpassagen, die sich an unbekannter Stelle zwischen den übrigen Belegen befinden. Durch die unterschiedliche Charakteristik und Qualität der Schriften versagen klassische Ansätze. Das von ihm vorgestellte Konzept versucht sich bestimmte Eigenschaften von Schrift zu nutzen zu machen. Dazu setzt er Kantenfilter ein und analysiert die geometrischen Merkmale der Kantenpassagen. Dadurch erhält er für Schriftregionen typische Charakterisierungen, die eine Trennung von anderen Inhalten erlauben.

Alle Präsentationen wurden wie immer von anregenden Diskussionen begleitet, so dass die Sitzungen für alle Anwesenden zu einem interessanten Erfahrungsaustausch geworden sein sollten.

FRANK BOOCHS, Mainz

Geoinformatik

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

Um deutlich zu machen, dass es in dem Arbeitskreis inhaltlich um alle Aspekte der Geoinformationsmodellierung und -verarbeitung inkl. der Geoalgorithmen geht, wurde im letzten Jahr der Arbeitskreis *Geoinformationssysteme* in den *AK Geoinformatik* umbenannt. Wichtige Themen sind:

- Modellierung, Aggregation, Interpretation, Abstraktion und Generalisierung von Geoinformationen
- Integration von Geodaten, multiple Repräsentationsformen
- Erweiterung von GIS und Geodatenbanken um die 3. Dimension und Zeit
- Geodateninfrastrukturen
- Neue Anwendungen von GIS und Geo(basis)daten

Bericht von der Jahrestagung

In der Sitzung des AK Geoinformatik wurden vier aktuelle Beiträge vorgestellt.

MARTIN KRÜCKHANS präsentierte ein Verfahren zur künstlichen Verfeinerung einfacher Gebäudemodelle anhand typischer Fassadenstrukturen. Damit ist es möglich, in Visualisierungen einen höheren Detailgrad vorzuspielen, als tatsächlich in den zugrundeliegenden Geodaten erfasst ist. Das Besondere an der Methode ist, dass die Gebäudefassaden durch eine formale Grammatik (attribuiert und stochastisch) beschrieben werden; damit ist es prinzipiell auch möglich, das Modell für die 3D-Gebäude-(re)konstruktion zu verwenden.

Die Texturierung von 3D-Gebäudemodellen mit terrestrisch aufgenommenen Thermal-Infrarot-Bildern wurde von UWE STILLA vorgestellt. Die Bilder werden automatisch aus Videosequenzen, die während einer Stadtdurchfahrt mit einer mobilen Kamera aufgezeichnet werden, extrahiert, kombiniert und rektifiziert. Das Verfahren ermöglicht damit eine effiziente Erfassung der thermalen Abstrahlcharakteristik ganzer Straßenzüge oder Gebäudeblöcke und eröffnet weitere Analyse-möglichkeiten für virtuelle 3D-Stadtmodelle.

GIORGIO AGUGIARO präsentierte ein deterministisches Verfahren zur Integration von dreiecksvermaschten digitalen Oberflächenmodellen unterschiedlicher Auflösungen. Die Methode erzeugt automatisiert Transitionsflächen, die einen topologisch korrekten, fließenden Übergang zwischen hoch und niedrig aufgelöstem Modell im Sinne der Punktauflösung, der lokalen Höhe und ihres Gradienten realisiert. Anwendungsbeispiele zeigten die Integration hoch aufgelöster 3D-Modelle von archäologischen Ausgrabungen, die in das umgebende, gröbere DGM eingepasst wurden.

Eine bundesweite Untersuchung der Datenqualität und Eignung des ATKIS Basis-DLM für das Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung wurde von GOTTHARD MEINEL vorgestellt. Es wurde festgestellt, dass damit siedlungsstrukturelle Kennzahlen verlässlich und mittlerweile sogar gebäudescharf berechnet werden können. Die dargelegte konsequente Verwendung von ATKIS-Daten

ist ein gutes Beispiel für die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und für die damit große Bedeutung von Geobasisdaten.

Weitere und geplante Aktivitäten

Es ist geplant, an der nächsten Jahrestagung wie bereits im Jahr zuvor ein bis zwei Tutorien aus dem Bereich der Geoinformatik anzubieten.

THOMAS H. KOLBE, Berlin

Hyperspektrale Fernerkundung

Der vor einem Jahr gegründete Arbeitskreis Hyperspektrale Fernerkundung hat sein erstes Treffen auf der 29. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung in Jena abgehalten. Der AK führt Fachdialoge und initiiert Diskussionen auf den folgenden Arbeitsgebieten.

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Methoden und Verfahren in der hyperspektralen Fernerkundung
- Qualitative und quantitative Probleme der Datenverarbeitung
- Hyperspektrale Sensoren
- Multimediale Wissenskommunikation und Visualisierung von hyperspektralen Methoden und Forschungsergebnissen
- Best Practice in Theorie und Praxis

Bericht von der Jahrestagung

Die Vielfältigkeit des hyperspektralen Anwendungsbereichs war in der AK Sitzung Hyperspektrale Fernerkundung eindeutig zu erkennen. Es wurden fünf Vorträge und drei Poster vorgestellt. Die Teilnehmer und Autoren kamen überwiegend aus dem universitären Bereich. Die Vortragenden waren Doktoranten bzw. jüngere promovierte Mitarbeiter.

Die in der Sitzung angesprochenen Themen und Forschungsfelder ließen sich in drei Gruppen einteilen.

Datenoptimierung: In diesem Bereich wurden zwei Forschungsfelder präsentiert, nämlich Bildklassifikation mit "support vec-

tor machines" (imageSVM), vorgetragen von ANDREAS RABE (Humboldt-Universität zu Berlin), und Bildfusion für hyperspektrale Daten, präsentiert von SASCHA KLONUS (Universität Osnabrück).

Systeme und Sensoren: Flugzeuggetragene hyperspektrale Systeme sind von großer Bedeutung in der abbildenden Spektrometrie bzw. der spektralen Bearbeitungskette. Das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig-Halle (UFZ) ist gerade auf dem Weg, ein solches System zu installieren und zu betreiben. Der Vortrag wurde von ANGELA LAUSCH gehalten. Nicht-abbildende Spektrometer sind unentbehrliche Elemente des Bodensegments. Vier Spektrometer wurden von ANDRÁS JUNG (Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg) vergleichend bezüglich der Genauigkeit analysiert und bewertet.

Praktische Anwendungen – Spektrometrie mit produktionsbezogenen Charakteristika: Es wurden Untersuchungen für die nicht-destruktive Erfassung der Qualität und Quantität der Futterbauproduktion durchgeführt. Dies bietet vielversprechende Anwendungen in der Präzisionslandwirtschaft. Der Vortrag wurde von THOMAS FRICKE (Universität Kassel) gehalten.

Spektrometrie mit phytomedizinischer Relevanz: Ein Vortrag mit pflanzenschutzlichen Aspekten wurde von JONAS FRANKE präsentiert.

Ein forstentomologisches Problem aus dem Thüringer Wald wurde von SÖREN HESE (Friedrich-Schiller-Universität Jena) untersucht, wobei spektrale Signaturen von indirekten Käferschäden analysiert und bewertet wurden.

Spektrometrie mit Umweltproblematik: Umweltbezogene Probleme an der Elbe wurden von CHRISTIAN GÖTZE (Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg) vorgetragen. Es wurden spektrale Signaturen und chemische Eigenschaften von schwermetallkontaminierten Auenvegetation und Böden analysiert.

Weitere und geplante Aktivitäten

Die Forschungstätigkeit ist von der Qualität und Genauigkeit der spektralen Daten stark beeinflusst. In der Labor- und Feldspektrome-

trie werden Messgeräte mit unterschiedlichen Charakteristika eingesetzt und deren Messergebnisse in spektrale Bibliotheken zusammengefasst. Die Anzahl der eingesetzten Spektrometer wächst kontinuierlich. Die Vergleichbarkeit der Messergebnisse bleibt weiterhin eine offene Frage.

Ein Ringversuch mit dem Ziel, nicht abbildende Spektrometer mit variablen spektrometrischen Eigenschaften zu vergleichen, wurde auf der Jahrestagung angekündigt. Das Projekt trägt den Arbeitsnamen „White Reference Tour 2009“. Alle Interessierten, die sich beteiligen möchten oder ihre Meinung äußern möchten, sind recht herzlich eingeladen. Ausführliche Informationen können Sie per e-Mail über andras.jung@geo.uni-halle.de erhalten. In Kürze wird dazu auch eine Webseite bereitgestellt.

ANDRÁS JUNG, Halle

Nahbereichsphotogrammetrie

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Nahbereichsphotogrammetrie
- Optische 3D-Messtechnik
- Terrestrisches Laserscanning
- Prozessorientierte Auswertung
- Automation

Bericht von der Jahrestagung

Die Sitzungen des Arbeitskreises fanden am 25. und 26. März 2009 im Rahmen der Jahrestagung in Jena statt. Die von jeweils ca. 50 Teilnehmern besuchten Sitzungen standen einerseits unter dem Motto des 100jährigen Jubiläums der Gesellschaft, andererseits wurden sie durch aktuelle Anwendungen und Verfahren geprägt.

Unter dem Titel „Paris – Hollywood: 150 Jahre Nahbereichsphotogrammetrie“ präsentierte ARMIN GRÜN (ETH Zürich) einen äußerst interessanten Beitrag zur Geschichte und Entwicklung der Photogrammetrie, mit Schwerpunkt im Nahbereich und spannte dabei den Bogen von der Entdeckung der Photographie im 19. Jahrhundert in Paris bis zu den vielen Animationen in neuesten Kinofilmen aus Hol-

lywood. Von den ersten terrestrischen Anwendungen in der Topographie und Architektur bis hin zur Motion Analysis und Körpervermessung für Animationszwecke reichten dabei die Anwendungen und zeigten das enorme Potential photogrammetrischer Messtechnik. In einer Vielzahl von Beispielen demonstrierte ARMIN GRÜN auch die Leistungsfähigkeit seines eigenen Instituts, dessen Leitung er nach 25jähriger Tätigkeit als Professor für Photogrammetrie zur Jahresmitte, als Folge seiner Emeritierung, abgeben wird.

Dass bildgebende Verfahren in der industriellen Qualitätskontrolle zunehmend an Bedeutung gewinnen, zeigten ALESSANDRO CEFA LU & JAN BÖHM (Universität Stuttgart) in ihrem Beitrag „CAD gestützte 3D-Objekterkennung in industrieller Fertigungsumgebung“. Im Beitrag stellten die Autoren die im Rahmen ihres RoboMAP Projektes durchgeführten Arbeiten zur Bestimmung von Lage und Orientierung eines Zylinderkopfes mit einem monoskopischen Kamerasystem vor. Hierzu wurde ein kommerziell verfügbares, ansichtsba- siertes Verfahren angewandt und die Objekt- geometrie war über ein CAD-Modell vorab bekannt. Die an einem einfachen Fräskörper durchgeführten Versuche bestätigten das Potential des Ansatzes, hoben jedoch deutlich die große Bedeutung einer gut vorbereiteten Aufnahmesituation hervor.

Die Verknüpfung von bildbasierten Verfahren, unter besonderer Berücksichtigung voll- automatischer Bildorientierung, sowie die Ergebnisdarstellung im offenen System Google Earth präsentierten JAN BARTELS & HELMUT MAYER (UniBW München) in ihrem Beitrag „3D Rekonstruktion aus Micro-UAV Bildern und Einbindung in Google Earth“. Ziel dieser interessanten Entwicklung ist die kurzfristige Bereitstellung von Gebäudegeometrien für Training und Einsatz.

BENJAMIN HERD, FOLKMAR BETHMANN, THOMAS LUHMANN, ANNA MARIA MEYER und JULIA OHM (Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Oldenburg) berichteten über die „3D-Erfassung von dynamisch verformten Freiformflächen aus Bildsequenzen unter Berücksichtigung von Störobjekten“. Basierend auf zeitsynchronen Stereo-Bildsequenzen werden mittels Korrelationsverfahren bzw. Least-Squares-Matching Störobjekte

detektiert und aus der zu messenden 3D-Oberfläche herausgefiltert. Das Verfahren findet in extrem dynamischen Prozessen, z. B. bei Crashversuchen in der Automobilindustrie, Anwendung.

Alle Beiträge bewiesen erneut die enorme Flexibilität optischer 3D-Messverfahren, wobei in der Regel an die jeweilige Aufgabenstellung adaptierte Problemlösungen erarbeitet werden müssen.

Weitere und geplante Aktivitäten

Am 16. Juni 2009 veranstaltet die Hafency Universität Hamburg, unter Beteiligung des Arbeitskreises Nahbereichsphotogrammetrie, das 3. Hamburger Anwenderforum Terrestrisches Laserscanning.

Das „Offene Forum Terrestrisches Laserscanning“ beschäftigt sich mit aktuellen Fragen zum Thema, insbesondere der Systemkalibrierung. Weitere Informationen unter: www.laserscanning.org

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Hattingen

Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Synthetic Aperture Radar (SAR)
- SAR-Interferometrie und -Polarimetrie
- 3D-Objekterkennung aus Laserdaten
- Vegetationsanalyse anhand Laserdaten

Bericht von der Jahrestagung

In je einer Sitzung zu den Themenbereichen Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning wurden insgesamt neun Beiträge präsentiert, die allesamt ein hohes wissenschaftliches Niveau aufwiesen.

In der Radarsitzung wurden vier Arbeiten vorgestellt, die verschiedene Aspekte des weiten Spektrums der Radarfernerkundung abdeckten. RALF KNUTH von der Friedrich-Schiller-Universität Jena stellte ein Projekt vor, in dem die von der Ernährungs- und Landwirt-

schaftsorganisation der Vereinten Nationen durchgeführte globale Waldinventur 2010 insbesondere in den Tropen durch SAR-Bilder des deutschen Satelliten TerraSAR-X (TSX) gestützt werden soll. Zwei Vorträge befassten sich mit Fragen der Fusion. SASSCHA KLONUS, Universität Osnabrück, stellte eine Arbeit zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Panschärfung vor, wobei ein TSX-Bild hoher Auflösung zur Schärfung von multispektralen SPOT 5 Daten diente. Die Verfahrensbewertung erfolgte quantitativ anhand mehrerer Zielgrößen; es zeigte sich, dass die Ehlers-Fusion am besten abschneidet. Neben dieser klassischen ikonischen Form der Fusion kann eine Verschneidung der Information ebenso auf *Objektebene* erfolgen. In dem Beitrag von JAN DIRK WEGNER, Leibniz Universität Hannover, wurden hierzu geeignete Merkmale für die Objekttypen Brücken und Gebäude vorgestellt sowie die aufgrund der verschiedenen Sensormodelle zu beachtenden geometrischen Randbedingungen diskutiert. Diese Zusammenhänge wurden anhand von Simulationen untermauert, die STEFAN AUER (TU München) beisteuerte. Die Sitzung wurde durch eine Präsentation von STEFAN HINZ, Universität Karlsruhe, abgerundet, der Ergebnisse einer gemeinsamen Arbeit mit Kollegen seiner vormaligen Wirkungsstätte, der TU München, vorstellte. Zunächst legte er die technischen Grundlagen der Geschwindigkeitsbestimmung von Fahrzeugen mittels SAR dar. Die sich daraus ergebenden Möglichkeiten und Grenzen einer Verkehrsüberwachung wurden am Beispiel von TSX diskutiert.

In der zweiten Sitzung des Arbeitskreises wurden fünf Arbeiten zum Thema Flugzeuglaserscanning präsentiert, wovon drei sich der Erfassung des Baumbestandes in Wäldern widmeten. Den Anfang machte JOHANNES BREIDENBACH von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, der ein Verfahren zur Ableitung von Waldstrukturparametern vorstellte, das Einzelbaum- und plotweise Verfahren kombiniert und unter anderem die moderne Klassifikationsmethode *Random Forest* verwendet. Frau BARBARA KOCH, Universität Freiburg, stellte Untersuchungen zum Thema Erfassung und

Abgrenzung von Einzelbäumen in Wäldern vor. Es wurden sowohl 2D- als auch 3D-Ansätze betrachtet. Neben den bislang üblichen so genannten *First Pulse*- und *Last Pulse*-Daten wurden auch *Full Waveform-Daten* (FWF) genutzt, die den zeitlichen Verlauf der Echoamplitude wiedergeben. JOSEF REITBERGER von der FH München zeigte, dass anhand von FWF-Daten deutlich bessere Ergebnisse im Hinblick auf die Einzelbaumsegmentierung und Baumartenklassifikation erzielt werden können. Zur Segmentierung werden die Daten zunächst in ein Voxelraster abgebildet, in dem Ballungen mittels des aus der Computer Vision bekannten *Normalized Cuts*-Verfahrens getrennt werden. Der Vortrag von BORIS JUTZI, Universität Karlsruhe, vormals FGAN-FOM, befasste sich mit der Extraktion von 3D-Bruchkanten, wie sie typischerweise an Gebäuden vorkommen. Hierzu werden die Eigenwerte der Momentenmatrix der lokalen Verteilung der 3D-Punkte ausgewertet. CAMILLO RESSL, TU Wien, präsentierte eine Methode zur Verbesserung der Georeferenzierung von Flugstreifen ohne Stützung durch GPS- und INS-Trajektorien, das auf einer Ausgleichung mit fünf Parametern pro Streifen basiert.

Weitere und geplante Aktivitäten

Auf mittlere bis längere Frist sollen im Rahmen des Arbeitskreises zwei Projekte verwirklicht werden. Das erste betrifft die Untersuchung von Höhenmodellen aus SAR-Daten moderner Sensoren hoher geometrischer Auflösung, wie TSX oder COSMO-SkyMed. Besonders interessant ist sicher die zukünftige TanDEM-X-Mission. Aufgrund der zeitgleichen Erfassung der Oberfläche durch zwei Satelliten entfallen einige Störeinflüsse, was sich günstig auf die Qualität der Daten auswirken wird.

Das zweite Projekt zielt auf FWF-Daten ab. Es ist geplant, Testdaten zur Verfügung zu stellen, um einen Vergleich von Algorithmen, etwa zur Klassifikation von Vegetation und Einzelbaumerkennung zu ermöglichen.

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Fernerkundung in der Geologie ist geplant, bei der kommenden Jahrestagung eine gemeinsa-

me Sitzung durchzuführen, in deren Fokus die Nutzung moderner Techniken der Radarfernerkundung für geologische Untersuchungen stehen soll.

UWE SÖRCEL, Hannover

Sensoren und Plattformen

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Erfahrungsaustausch mit den Fachkollegen sowie gegenseitige Anregungen auf den relevanten Arbeitsgebieten der Sensorik und Plattformen für Photogrammetrie und Fernerkundung
- Interdisziplinäre Kooperation mit den Anwendern/Datennutzern zur anwendungsbezogenen Optimierung der Sensorsysteme und Sensorkomponenten sowie zur Ableitung/Definition neuer Aufgabenstellungen für Sensorsysteme
- Organisation von Fachtagungen auf den wissenschaftlich-technischen Tagungen der DGPF zu den Themenkreisen:
 - Sensorkonzepte für die Photogrammetrie und Fernerkundung zum Einsatz auf Satelliten bis hin zum Nahbereich
 - Modellierung/Simulation der Sensor- und Sensor-/Plattformssysteme auch unter Berücksichtigung der Objekte und der Dateninterpretations-Algorithmen
 - Realisierung von Sensorsystemen und Aktuatorssystemen sowie deren Komponenten in Hardware und Software (z. B. Kameras, abbildende Spektrometer, Lasersysteme, Mikrowellensysteme, Lage-regelsysteme)
 - Kalibrierung und Validierung der Systeme und Daten

Bericht von der Jahrestagung

Getreu dem Motto der Jahrestagung „Photogrammetrie – Fernerkundung - Geoinformation: Zukunft mit Tradition“ wurden in den beiden AK-Sitzungen (fast traditionsgemäß) Beiträge aus den drei deutschsprachigen Ländern präsentiert, die z. T. auch auf zukünftige Anwendungsmöglichkeiten für die Gebiete PFG hinzielen.

Die erste der beiden AK-Sitzungen befasste sich mit den Leistungsdaten digitaler Luftbildkameras der neuen Generation. Die hier getroffenen Aussagen wurden in den drei Sitzungen „DGPF-Projekt Kameraevaluierung“ vertiefend ergänzt.

RICHARD LADSTÄDTER gab im Beitrag „Leistungsdaten der digitalen Luftbildkamera UltraCamXp“ (Autoren: RICHARD LADSTÄDTER, MICHAEL GRUBER, Graz) einen Überblick über die Kennzahlen der neuen Kamera UltraCamXp. Die neuen Eigenschaften wurden an mehreren Projekten mit unterschiedlichen Bildmaßstäben demonstriert. So wird z. B. die Erfassung von Einbauten im Straßenraum im Schlagschatten von Gebäuden durch die radiometrische Bandbreite der Kamera wesentlich unterstützt.

Im Beitrag „Die Leica ADS80 und Leica XPro – Neue Technologien bei Zeilensensoren eröffnen neue Möglichkeiten“ (Autoren: RÜEDI WAGNER, FELIX ZUBERBUEHLER & TAUNO SAKS, Heerbrugg) zeigte RÜEDI WAGNER, dass mit den neuen technischen Eigenschaften der ADS80 im Verbund mit der XPro-Software Beiträge zur Erschließung neuer Anwendungsgebiete in Photogrammetrie, Fernerkundung und Geomatik geleistet werden.

HENRI EISENBEISS zeigte in dem Beitrag „Geometrical evaluation of ADS40 imagery“ (Autoren: SULTAN AKSAKAL-KOCAMAN & ARMIN GRÜN, Zürich) die Leistungsfähigkeit neuer Algorithmen zur Georeferenzierung, die in der Software TLS-LAB der ETH Zürich implementiert und getestet wurden. Als Grundlage wurden ADS40-Daten von zwei Testfeldern verwendet und hinsichtlich Blockgeometrie, Datenqualität und Einsatz verschiedener Algorithmen und Parameter analysiert.

Zum Abschluss der ersten Sitzung stellte KLAUS-DIETER HANEMANN, Neubrandenburg, seinen Posterbeitrag „Der Bathymetric Laser Scanner Hawk Eye II von Blom: eine neue Generation von Laser Scannern zur Wassertiefenmessung“ kurz vor. Unter optimalen Messbedingungen konnten Wassertiefen bis zu 70m gemessen werden.

Die zweite Sitzung beschäftigte sich mit Sensorsystemen auf drei verschiedenen Plattformen: Satellit, Flugzeug und UAV.

KARSTEN JACOBSEN, Hannover, stellte in seinem Beitrag „Potential höchstauflösender op-

tischer Weltraumbilder“ fest, dass die mit Objektpixelgrößen von 50 cm erhältlichen Bilder von GeoEye-1 und WorldView-1 mit Sub-Pixelgenauigkeit orientiert werden können. Damit sind die geometrischen Anforderungen an topographische Aufnahmen erfüllt. Die Schatten in Innenstadtbereichen verursachen jedoch Probleme, die durch Anwendung von Wallisfiltern reduziert werden können.

ALBERT WIEDEMANN, Berlin-Schönefeld, erläuterte in seinem Beitrag „Photogrammetrische Schrägluftbilder mit dem Aerial Oblique System AOS“, wie mit dem von Alpha Luftbild und Rollei Metric in Zusammenarbeit mit BSF Swissphoto entwickelten System systematisch erstellte Schrägluftbilder mit photogrammetrischer Qualität generiert werden.

Im Beitrag „Accuracy analysis of the 3D-trajectory of UAVs using bundle adjustment and automated target tracking“ (Autoren: HENRI EISENBEISS & WERNER STEMPPHUBER, Zürich) wurde von HENRI EISENBEISS gezeigt, dass die Integration von GPS, INS, Magnetometer, Barometer und weiterer Sensoren zur Unterstützung der Navigation, der Orientierung und Stabilisierung einer Plattform den Flugbetrieb von Mini-UAVs ohne Handsteuerung ermöglicht. Das eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten für die Photogrammetrie.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der Arbeitskreis Sensoren und Plattformen wurde im April 1994 gegründet und seitdem von RAINER SANDAU geleitet. Neben den Sitzungen auf den Jahrestagungen der DGPF kann der AK auf weitere Aktivitäten verweisen. Dazu gehören zahlreiche weitere AK-Sitzungen und die Erarbeitung und Vervollständigung des „Katalog Deutscher Instrumente für Photogrammetrie und Fernerkundung“ (KADIPF) bis zum Jahr 1998. RAINER SANDAU, der nunmehr dienstälteste Arbeitskreisleiter, erachtete es an der Zeit, den Staffelfstab an eine neue AK-Führung weiter zu geben. Mit Dr.-Ing. habil. NORBERT HAALA vom ifp der Universität Stuttgart als AK-Leiter und Dr.-Ing. KARSTEN JACOBSEN vom ipi der Leibniz Universität Hannover als stellvertretendem AK-Leiter wurden ausgezeichnete Experten gefunden, die den AK weiterführen und neue

Impulse verleihen können. RAINER SANDAU wünscht der neuen AK-Leitung viel Erfolg für ihre interessanten neuen Aufgaben.

RAINER SANDAU, Berlin

Standardisierung und Qualitätssicherung

Einleitung

Im Berichtszeitraum Frühjahr 2008 bis Frühjahr 2009 gab es keine Sitzung des Arbeitskreises „Standardisierung und Qualitätssicherung“. Die Vortragsveranstaltung des Arbeitskreises wurde bei der Jahrestagung in Jena in die Sitzungen des breit angelegten Projektes zur Evaluierung von digitalen Luftbildkameras integriert.

ISO/TC 211

Bei der ISO ist von vier Normungsprojekten mit Bezug zu Photogrammetrie und Fernerkundung zu berichten. Die Metadatennorm für Photogrammetrie und Fernerkundung, die ISO 19115-2 „Metadata – Part 2: Extensions for imagery and gridded data“, wird Mitte 2009 als internationale Norm veröffentlicht werden. Die ISO/TS 19130 „Imagery sensor models for geopositioning“, die Norm für photogrammetrische Orientierungen, ist nun technisch fertig und wird aller Voraussicht nach Mitte 2010 als Technische Spezifikation veröffentlicht.

Ein neues Normungsprojekt zielt auf die Kalibrierung, Validierung und Zertifizierung von Fernerkundungssensoren und -daten. Welchen Umfang die Norm haben wird, ist derzeit noch offen. Sicherlich werden die Arbeiten des Projektes zur Kamerakalibrierung ebenso einfließen wie entsprechende Entwicklungen in Nordamerika. Für Satellitenanwendungen gibt es umfangreiche Vorarbeiten von CEOS, der Organisation von Staaten, die zivile Fernerkundungssatelliten betreiben. Inwiefern die Norm auch radiometrische Parameter berücksichtigen wird, hängt vom Tempo der einschlägigen Entwicklungen ab. Ebenso ist die Art der Zertifizierung noch nicht geklärt.

Schon im vorigen Jahr wurde vom Normungsprojekt „Production Partnership Management“ berichtet. Es wird besonders von Großbritannien vorangetrieben, um das Geschäftsverhältnis von Auftraggebern und Auftragnehmern bei Geodatenprojekten zu regeln. Inzwischen wurde der Name des Normungsprojektes in „Quality assurance of data supply“ geändert. Da es innerhalb des ISO/TC 211 eine ausreichende Zustimmung zu dieser Norm gibt, ist nach der üblichen Entwicklungszeit von fünf Jahren spätestens 2014 mit einer fertigen Norm zu rechnen.

Open Geospatial Consortium (OGC)

Im Jahr 2008 hat das OGC sieben neue Spezifikationen (Industriestandards) verabschiedet. Diese betreffen unter anderem die Arbeitsfelder 3D-Stadtmodelle, Erdbeobachtung, Sensor Web und Rechte an Geodaten. Dabei wurde von deutscher Seite unter anderem die „City Geography Markup Language (CityGML)“ beigesteuert.

EuroSDR

EuroSDR unterstützt die Entwicklung von Normen für Photogrammetrie und Fernerkundung und leistet damit wichtige Vorarbeiten für künftige Normungsprojekte. Zu erwähnen sind die Kalibrierung von digitalen Luftbildkameras, Untersuchungen zu Mittelformatkameras, die Radiometrie, die Integration von Lidar und Bilddaten, neue Plattformen, virtuelle Erden und die mobile Datenerfassung.

GEOSS

Zur Bündelung der Normungsarbeiten hat GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) im Jahr 2007 das „Standards and Interoperability Forum“ (SIF) eingerichtet. Das Ziel sind einheitliche Normen in den Geowissenschaften. Für die Bestandsaufnahme wurde ein Register aufgebaut. Neuerdings werden regionale Teams eingerichtet, z. B. für Europa. Am SIF European Team ist das GIGAS-Projekt aus dem 7. Forschungsrahmenprogramm der EU beteiligt (GIGAS = GEOSS, INSPIRE and GMES an action in support).

WOLFGANG KRESSE, Neubrandenburg

Mitteilungen der DGPF

100 Jahre ISPRS – Festveranstaltung und 30. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e. V. im Rahmen einer Dreiländertagung vom 1.–3. Juli 2010 in Wien

Vorankündigung und Call for Papers

Die *30. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF* wird vom **1. bis 3. Juli 2010** im Rahmen einer Dreiländertagung als Jubiläumsveranstaltung zum 100jährigen Bestehen der ISPRS in Wien, Österreich stattfinden. Die Festveranstaltung für *100 Jahre ISPRS* findet am 4. Juli an der TU Wien statt (siehe Flyer in der PFG 2/2009).

Um allen Interessierten genügend Planungszeit zu geben, laden wir Sie hiermit zu Vorträgen in den Sitzungen der Arbeitskreise, zu Poster-Präsentationen und zur Firmenausstellung ein. Sollten Sie weitere Anregungen zur Tagung 2010 geben wollen, bitten wir um entsprechende Vorschläge an die Präsidentin (e-mail an cornelia.glaesser@geo.uni-halle.de).

Es ist vorgesehen, rechtzeitig zur Tagung einen Tagungsband und eine Tagungs-CD herzustellen. Dafür ist folgender Zeitplan vorgesehen:

- **Januar 2010:** Abgabefrist für Themen mit Abstracts im Umfang von 300 Wörtern direkt an die Adresse der Arbeitskreisleiter der DGPF (siehe www.dgpf.de).
- **Februar 2010:** Mitteilungen an die Autoren zur Akzeptanz der vorgeschlagenen Beiträge.
- **31. Mai 2010:** Ende des Frühbucher-Rabatts.
- **1. Juni 2010:** Redaktionsschluss für die Einreichung der Manuskripte entsprechend der Autorenhinweise. Die eingereichten Beiträge von zur Tagung angemeldeten Autoren werden in den Tagungsband und in die Tagungs-CD aufgenommen.

Ausschreibung des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010

durch die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF), die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG) und die Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung (SGPBF)

Zielsetzungen

Der Nachwuchsförderpreis ist ein Preis zur Förderung des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses auf den Gebieten der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation und ihrer Nachbarbereiche. Durch den Förderpreis sollen herausragende Diplom-, Bachelor- oder Masterarbeiten ideell gewürdigt, finanziell honoriert und einer größeren Öffentlichkeit bekannt gemacht werden. Außerdem wird die besondere fachliche Qualifikation der Preisträger herausgestellt.

Vergabe des Preises

Der Nachwuchsförderpreis besteht in drei Stufen jeweils aus einem Preisgeld und einer Urkunde. Die Verleihung des Preises erfolgt grundsätzlich im Rahmen der Wissenschaftlich-technischen Jahrestagungen der DGPF, Ausnahmen hiervon sind aber möglich.

Die Preisträger erhalten die Möglichkeit, ihre Arbeit im Rahmen einer Sondersitzung der Jahrestagung in einem mündlichen Vortrag zu präsentieren. Die Preisträger sowie die Kurzbeschreibungen der prämierten Arbeiten werden in den offiziellen Organen sowie den Internetseiten der DGPF, OVG sowie SGPBF vorgestellt.

Die Preisgelder betragen pro Nachwuchsförderpreis

1. Preis: € 2000.–
2. Preis: € 1500.–
3. Preis: € 1000.–

Zudem erhalten alle Preisträger eine freie, einjährige Mitgliedschaft in der Gesellschaft, die das Land des jeweiligen Hochschulstandortes repräsentiert.

Über die Vergabe des Preises entscheidet eine unabhängige Jury. Diese Jury besteht aus drei Mitgliedern, wobei die beteiligten Gesellschaften mit jeweils einem Mitglied vertreten sind.

Teilnahmebedingungen

Teilnahmeberechtigt am Wettbewerb sind Studierende der Fachrichtungen Vermessungswesen (Geodäsie), Geoinformatik, Geographie, Geologie, Informatik, Messtechnik und anderer technisch-naturwissenschaftlicher Studiengänge an einer Hochschule in Deutschland, Österreich oder der Schweiz, in denen Diplom-, Bachelor-, Master- oder andere Studienarbeiten zu den oben beschriebenen Themengebieten erarbeitet werden können. Studierende von Universitäten und Fachhochschulen nehmen gleichberechtigt am Wettbewerb teil.

Die eingereichten Arbeiten müssen eigenständig durchgeführte Forschungs- oder Entwicklungsarbeiten darstellen.

Die Arbeit ist in Form eines Posters zu präsentieren (1 Seite). Dabei ist auf eine außenwirksame, leicht verständliche Darstellung der technischen Inhalte zu achten. Das Poster ist für das Ausgabeformat DIN A1 (hochkant) zu konzipieren und im PDF-Format einzureichen. Die PDF-Datei ist darauf zu prüfen, dass sie auf anderen Systemen korrekt gelesen und dargestellt wird.

Dem Poster ist eine Kurzbeschreibung von einer Seite Umfang beizufügen, welche die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse der Arbeit beschreibt. Sämtliche Unterlagen sind mit Namen des Bewerbers, Hochschule, Fachrichtung und Anschriften (Privatadresse und e-mail-Adresse) zu versehen.

Jeder eingereichten Arbeit ist eine Bewertung des betreuenden Hochschullehrers beizufügen, aus der die besondere Qualität der Arbeit hervorgeht.

Grundsätzlich sollen die eingereichten Unterlagen in deutscher Sprache verfasst sein. In Ausnahmefällen werden aber auch englischsprachige Unterlagen akzeptiert.

Alle Bewerbungsunterlagen sind in digitaler Form per e-mail (max. 10 MB) oder auf CD einzureichen.

Der Abschluss der Arbeiten darf nicht länger als ein Jahr zurückliegen.

Zum Wettbewerb können Arbeiten von einzelnen Personen oder von Gruppen bis maximal drei Personen eingereicht werden.

Die Arbeiten müssen unter Angabe von

- Titel, Vor- und Zuname,
- Geburtsdatum,
- Anschrift,
- Telefon und
- E-Mail-Adresse

bis zum **28. Februar 2010** bei der Geschäftsstelle der DGPF abgegeben werden:

DGPF e.V.

c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH

Oststraße 2-18

D-48145 Münster

E-Mail: geschaeftsstelle@dgpf.de

Mit der Bewerbung um den Nachwuchsförderpreis werden die Vergabebedingungen anerkannt. Die Entscheidungen der Jury sind nicht anfechtbar.

Weitere Auskünfte

- Deutschland (DGPF):
Prof. Dr. JOCHEN SCHIEWE
HafenCity Universität Hamburg, Labor für Geoinformatik & Geovisualisierung,
jochen.schiewe@hcu-hamburg.de
- Österreich (OVG):
Prof. Dr. NORBERT PFEIFER
Technische Universität Wien, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung,
np@ipf.tuwien.ac.at
- Schweiz (SGPBF):
Dr. KIRSTEN WOLFF
ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie,
wolff@geod.baug.ethz.ch

Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme

Im Rahmen der DGPF-Jahrestagung in Jena wurde erstmals umfassend über den Status der Auswertungen informiert. Die drei dafür angesetzten jeweils 90-minütigen Projektsitzungen waren sehr gut besucht, was das große Interesse und die hohe Praxisrelevanz der Arbeiten unterstreicht. Gemäß der inhaltlichen

Struktur des Projekts wurden die Sitzungen thematisch gegliedert. Der jeweilige Sitzungsablauf wird nachfolgend kurz wiedergegeben. Alle Vortragsmaterialien und auch die zugehörigen Beiträge, die z.T. erst im Nachgang der Jahrestagung fertig gestellt wurden, finden sich gesammelt auf der DGPF-Projekt-Internetpräsenz unter www.ifp.uni-stuttgart.de/dgpf/Projekttreffen.

In der ersten Sitzung wurde von M. CRAMER (Universität Stuttgart) ein einleitender Überblick über die Befliegungskampagnen in Vaihingen/Enz und die vorbereitenden Auswertungen des Pilotzentrums am Institut für Photogrammetrie (ifp) gegeben. Dabei drehte es sich im Wesentlichen um die Bereitstellung der so genannten „Referenzorientierung“, auf Basis derer die spätere Produktgenerierung (Erzeugung von Höhenmodelle bzw. Stereoplotting) erfolgen sollte. Anschließend wurden die Arbeiten im Auswerteteam Radiometrie vorgestellt. M. VON SCHÖNERMARK (Universität Stuttgart) und T. HANUSCH (ETH Zürich) haben in ihren Präsentationen die radiometrischen Charakteristika der Sensoren präsentiert, während die Präsentation von S. KLONUS (Universität Osnabrück) auf die Aufbereitungen der Landnutzungserhebungen und deren Anwendung in der automatischen Klassifikation einging. Die Vorstellung der Arbeiten im Kompetenzteam Stereoplotting durch V. SPRECKELS (RAG Deutsche Steinkohle) beschloss diese erste Sitzung.

Die Themen geometrische Genauigkeitsuntersuchungen und Qualität automatisch generierter Höhenmodelle waren die Schwerpunkte der zweiten Sitzung. K. JACOBSEN (Leibniz Universität Hannover) konnte einen ersten Überblick über die Resultate aus den Aero-triangulationen der unterschiedlichen Bilddatensätze liefern. Die Ergebnisse wurden überwiegend mit dem Programmpaket BLUH erzeugt (mit Ausnahme der Zeilenscanner-Auswertungen). Der Vortrag von R. LADSTÄDTER (TU Graz) und die Präsentation von F. KURZ (DLR Oberpfaffenhofen) komplettierten den Geometrieteil. In den drei nachfolgenden Präsentationen wurden die Arbeiten zur automatischen bildbasierten Ableitung von Höhenmodellen dargestellt. Der Vortrag von N. HAALA (Universität Stuttgart) ging auf die Qualität der 3D-Punktwolkengenerierung aus

Mehrfachbildzuordnung ein. K. WOLF (ETH Zürich) untersuchte die Qualität von Oberflächenmodellen in städtischen Bereichen. Der Vortrag von H. HASTEDT (WSL Birmensdorf) fokussierte auf die Qualität von Oberflächenmodellen in offenem Gelände. Während die Resultate der ETH mit eigenen Softwarepaketen erzeugt wurden, basierten die Ergebnisse der Auswertungen von N. HAALA und H. HASTEDT auf den kommerziellen MATCH-AT bzw. NGATE Produkten.

Die abschließende dritte Sitzung war im Wesentlichen zur Diskussion der vorangegangenen Ergebnisvorstellung vorgesehen. In seinem Vortrag über die Standardisierung und Zertifizierung von digitalen Luftbildkameras verwies M. CRAMER auf die zukünftige Bedeutung von in-situ Kalibrierungen bzw. Zertifizierungen. Die Ergebnisse der DGPF-Testflüge können somit auch für die Ableitung von in-situ Verfahren zur durchgreifenden Qualitätssicherung digitaler Kameras und deren Produkten verwendet werden. Im Anschluss wurde den Herstellern die Möglichkeit gegeben, die bisherigen Ergebnisse aus ihrer Sicht einzuordnen und dazu Stellung zu nehmen. In der nachfolgenden Diskussion wurde der Versuch einer ersten, vorläufigen Quintessenz unternommen.

Obwohl die Projektauswertungen bislang noch recht heterogen vorliegen, was bei der fachlichen Breite des Gesamtprojekts, der großen Anzahl von beteiligten Institutionen und der knappen Zeit für die Datenauswertungen noch vor der Jahrestagung in gewisser Weise zu erwarten war, so unterstreichen die bislang vorliegenden Ergebnisse das hohe Potential der neuen digitalen Kamerasysteme. Die Sensoren erlauben Resultate in Genauigkeitsbereichen, in denen die Genauigkeit der bisherigen Referenzdaten (LiDAR-Daten, Kontrollpunkte) nicht mehr ausreichend ist. Andere Einflussfaktoren, wie z. B. Umweltbedingungen während der Datenaufnahme und Wahl der Referenzdaten, gewinnen an Bedeutung und können u.U. einen größeren Einfluss als die letztendliche Entscheidung für das eine oder das andere Kamerasystem haben. Die enge Kopplung der Sensorhardware mit der nachfolgenden Datenverarbeitung ist offensichtlich, daher muss die Qualitätsbeurteilung immer im Zusammenhang mit dem gesamten

Auswerteprozess erfolgen. Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, d.h. die Analyse der Qualität der angewandten Software, wurde in den bisherigen eher technisch orientierten Auswertungen noch nicht hinreichend berücksichtigt.

Die diskutierten Genauigkeitsdifferenzen sind z.T. so klein, dass sie zwar für die wissenschaftlichen Fragestellungen von Interesse, aber für spätere praktische Anwendungen mit hoher Wahrscheinlichkeit kaum von Relevanz sind. Allerdings muss beachtet werden, dass sich alle Aussagen nur auf die im Rahmen dieses Projekts erfolgten Datensätze beziehen und eine Extrapolation auf spätere Praxisumgebungen nicht unbedingt möglich ist. Die Datensätze wurden vor der Auslieferung an das Projekt von den Herstellern selber aufbereitet. Dafür hatte jeder Hersteller Zugriff auf 18 Passpunkte, die zunächst nur für eine erste Überprüfung der Datenqualität gedacht waren, aber sicher auch mit für die Aufbereitung der Datensätze genutzt wurden.

Die Datenerfassung im Auswerteteam Geometrie ist abgeschlossen, Bildkoordinatenmessungen liegen von verschiedenen Stellen vor. Die Datensätze können ausgetauscht werden, ggf. wäre die Erstellung eines Referenz-Bildkoordinatensatzes sinnvoll. Die Entkopplung von Datenerfassung und -auswertung kann weitere Institutionen zur aktiven Beteiligung bewegen und damit redundante Auswertungen sicherstellen. Die zukünftige Auswertung muss aber besser strukturiert werden. Dazu ist die Festlegung von Passpunktkonfigurationen (dichte / ausgedünnte Passpunktbesetzung) und Auswertevarianten notwendig (reine Passpunkt-basierte AT, GPS-gestützte AT, integrierte Sensororientierung, Direkte Georeferenzierung).

Die Arbeiten des Auswerteteams Höhenmodelle beschränkten sich bisher fast ausschließlich auf die flächenbasierten Kamerasysteme. Die Zeilenkameras müssen noch eingebunden werden. Die Resultate der automatischen Höhenauswertungen können den Ergebnissen aus dem Stereoplotting gegenüber gestellt werden. Die Testgebiete, die bereits von der Gruppe Stereoplotting und für die multispektralen Auswertungen definiert wurden, sind abzugleichen. Zu klären ist weiterhin, ob die Vergleiche in den originalen

Punktwolken oder auf DOM-Ebene durchgeführt werden und welche Rolle die Wahl der Software und die dort implementierten Filteransätze bei den erzielten Genauigkeiten spielen.

Die Ergebnisse der manuellen Auswertungen im Bereich Stereoplotting wurden bislang fast ausschließlich von der RAG Deutsche Steinkohle generiert. Es liegen daher noch keine redundanten Ergebnisse vor, was aber im weiteren Projektverlauf unbedingt anzustreben ist. Die Auswertungen werden stark von der Modellanzahl und Sonneneinstrahlung beeinflusst, was bei der Vergleichbarkeit berücksichtigt werden muss. Zwischen Detailerkennbarkeit und Genauigkeit ist zu differenzieren.

Die geplanten Auswertungen des Teams Radiometrie sind im Bereich radiometrische Sensorkalibrierung nur eingeschränkt durchführbar. Es liegen nur wenige für diesen Zweck optimale Bilddatensätze vor, die zudem durch die letztlich nicht optimalen Referenzfarbtafeln und Bodenmessungen beeinträchtigt sind. Eine Zusammenführung des Hyperspektral-Datensatzes AISA+ mit den parallel geflogenen DMC-Bilddaten ist geplant. Die Untersuchungen zur multispektralen Klassifizierung sind weiter zu vertiefen. Feldbegehungen und Hyperspektral-Scanner Befliegungen sind zusammenzuführen.

Unter Berücksichtigung der oben kurz dargestellten Diskussionen der Jahrestagung sind die weiteren Auswertungen voranzutreiben. Um das Projekt wissenschaftlich auf breite Basis stellen zu können, sind redundante Auswertungen unabdingbar. Die bislang an den Auswertungen beteiligten „Pilotinstitutionen“ kommen fast ausschließlich aus dem universitären Umfeld. Da aber praxisnahe Fragestellungen die eigentlich treibende Kraft für die Einrichtung dieses Projekt waren, sind Auswertungen durch Anwender aus der Praxis sehr wünschenswert. In diesem Sinne sind weitere Interessenten herzlich eingeladen, sich an diesen Auswertungen zu beteiligen. Der zeitliche Ablaufplan sieht für den 5./6. Oktober ein ausführliches Projekttreffen an der Universität Stuttgart vor, welches den Charakter eines ersten Abschlusstreffens haben soll. Zusätzlich werden Teile der Arbeiten des DGPF-Projekts im Rahmen internationaler

Konferenzen und Workshops präsentiert, wie z. B. Photogrammetrische Woche, Stuttgart, ISPRS Workshop „High Resolution Earth

Imaging for Geospatial Information“, Hannover.

MICHAEL CRAMER, Stuttgart
michael.cramer@ifp.uni-stuttgart.de

Berichte von Veranstaltungen

3D-ARCH Workshop on „3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures“ vom 25.–28. Februar in Trento, Italien

From February 25 to 28, 2009, the third 3D-ARCH workshop on „3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures“ was held in Trento, Italy. The workshop was jointly organized by the 3D Optical Metrology (3DOM) laboratory of the Fondazione Bruno Kessler (FBR) Italy and the Visual Information Technology Group of the NRC Canada. The conference chairs were FABIO REMONDINO (FBK), SABRY EL-HAKIM (NRC) and LORENZO GONZO (FBK). The event was the third in a series, following the events in Venice 2005 and in Zürich 2007. The workshop was supported both by the ISPRS and by CIPA. The event was also held as an ISPRS Working Group V/4 “Image-based and range-based 3D modeling” workshop. The chairs gratefully acknowledged the sponsorship by ShapeQuest Inc., Optech, Codevintec, Leica Geosystems, CAM2/Faro, and MIMOS.

The workshop focused on the topics of image- and range-based 3D modeling of complex sites and architectures with applications in architecture, archaeology, and cultural heritage. 91 participants from 24 different nationalities attended the workshop. It featured 62 articles, which were selected by the Scientific Committee from 75 submitted abstracts. All accepted articles are published in the International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-5/W1 and are available on-line at www.commission5.isprs.org/3darch09/.

The workshop was organized in 13 sessions. The topics were “3D modeling of complex objects and sites”, “Image-based 3D modeling”,

“Range-based 3D modeling”, “3D documentation of Cultural Heritage”, “Visualization”, “3D Point-cloud processing”, “Automation in 3D modeling”, “Semantic and procedural 3D modeling”, “Survey and digital reconstruction”, “3D models, GIS and databases”, “3D Modeling and VR”, and “Data integration”. 13 papers were presented in a poster session, 49 papers were presented in oral sessions. Eight of the sessions were held as parallel sessions.

Each of the three workshop days was started with a keynote address. The first day was opened by JAN-MICHAEL FRAHM of UNC Chapel Hill, USA. He gave his keynote on the topic “The status and future of (semi-)automatic image-based reconstruction”. The talk gave an excellent overview of the status and efforts in the computer vision community surrounding SLAM. The talk proved the possibility of the integration of automation methods from computer vision and bundle-block adjustment from photogrammetry. JAN-MICHAEL FRAHM detailed some of his own work on reconstruction from video sequences in a later technical talk. The second day was started by IOANNIS STAMOS of City University of New York, USA with a talk on “Challenges in automated 3D modeling of urban environments”. The talk presented a complete modeling pipeline from laser range data, including 3D range to 3D range data registration, 2D image to 3D range data registration, and subsequent texturing and meshing. The third day was started by DAVIDE BORRA of No Real, Italy with a talk on “3D Everywhere: the business point of view of the 3D world”. The talk gave an idea of the efforts and challenges of 3D modeling in the multimedia and entertainment industry.

While it is impossible to summarize all of the 62 papers of the workshop, I want to share some of the conclusions drawn by the conference chairs. They concluded that while there

are many sensor systems and data sources available for 3D modeling, we still lack powerful and reliable software for the processing. The main challenges are (and already were some years ago) to handle the sheer data volume with a reasonable processing time and for interactive visualization. The incompatibility of software systems was noted, leading to data being lost in transfer. Generally, many steps of the processing still lack proper automation, leading to tedious manual labor. On the positive side, the workshop showed the great interest in 3D modeling from many different disciplines such as architecture, archaeology, mining, cultural heritage, virtual reality, and city modeling. I wish to add, that I was delighted to see a majority of young participants at this workshop. This raises the hope, that many of the aforementioned problems will be addressed and solved in the coming future.

Finally, I wish to thank FABIO REMONDINO for the excellent organization of the workshop. Not only proved the ancient CARITRO bank building, located directly behind the dome of Trento, to be a perfect choice for the venue, but also the lunch breaks included in the registration allowed the participants to appreciate the culinary excellence of the Trento region. The social program was topped on Friday by a half-day excursion to the Rovereto castle and a visit to a winery, including a tasting of wines from the Trentino region. Friday ended with a social dinner, featuring even more of the excellent food and wine of the region.

JAN BÖHM, Stuttgart

GeoViz_Hamburg 2009 vom 3.–5. März an der HafenCity Universität Hamburg

Vom 3. bis 5. März fand an der HafenCity Universität Hamburg (HCU) die GeoViz_Hamburg 2009 statt. Entsprechend dem Untertitel „*Contribution of Geovisualization to the concept of the Digital City*“ wurden in 36 Fachvorträgen aus unterschiedlichsten Perspektiven Forschungsfragen und Nutzungsmöglichkeiten der Geovisualisierung im Kontext der Digitalen Stadt beleuchtet. Organisiert wurde die GeoViz_Hamburg 2009 vom Lab for Geo-

informatics and Geovisualization (g²lab) der HCU (JOCHEN SCHIEWE) und der Commission on GeoVisualization der ICA (JASON DYKES) mit Unterstützung durch die DGfK Kommission für Geoinformation und Visualisierung und den Hamburger Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung. Als Sponsoren unterstützten ESRI Germany und der GIN e.V. die Veranstaltung. Mit 82 Teilnehmern aus 16 Nationen war die GeoViz für eine erstmalig ausgerichtete Veranstaltung sehr gut besucht.

Das Vortragsprogramm wurde von einer „Fast-Forward“ Session eingeleitet, in der alle Vortragenden die Gelegenheit hatten ihren Vortrag inhaltlich anzukündigen. Zwischen den folgenden Sessions mit jeweils drei bis vier Vorträgen gaben großzügige Pausen die Möglichkeit zu intensiven Diskussionen und einen regen Erfahrungsaustausch, wodurch die GeoViz_Hamburg einen Workshop-ähnlichen Charakter erhielt.

Inhaltlich deckten die Vorträge ein breites Spektrum ab. So wurden etwa von Seiten des Hamburger Landesbetriebs Geoinformation und Vermessung als Anbieter von öffentlichen Geodaten aktuelle WebGIS Entwicklungen vorgestellt, während MARTIN OVER von der Universität Bonn auf die Verwendung von durch Nutzer bereitgestellte und frei verfügbare Geodaten als Grundlage für 3D Stadt- und Geländevisualisierungen einging. Die vielfältigen Anwendungen der Geovisualisierung im Kontext der digitalen Stadt reichten von einem Vortrag von ROLF HUGOSON und FREDRIK PALM (Umeå University), der die Nutzung von raumbezogenen Visualisierungen zur Analyse der politischen Entscheidungsprozesse in einer Stadtverwaltung betrachtete, bis zur Realisierung eines konkreten historischen Stadtmodells der Stadt Solothurn für Museumszwecke, das von SUSANNE BLEISCH (FH Nordwestschweiz) vorgestellt wurde. Weiterführende Anwendungen von 3D-Stadtmodellen als Analysewerkzeuge, die über eine reine Präsentation hinausgehen, wurden im Vortrag von JÜRGEN DÖLLNER (HPI Potsdam) thematisiert. Ein Schwerpunkt von Vorträgen adressierte angepasste Visualisierungstechniken. So stellte ANNA-LENA KORNFELD (HCU Hamburg) Ansätze zur Visualisierung akustischer Phänomene im urbanen Raum vor. In einer dynamischen Live-Demonstration zeigte Ai-



Teilnehmer der Veranstaltung GeoViz_Hamburg 2009 an der HafenCity-Universität Hamburg

DAN SLINGSBY (City University London) die Nutzung von Tree-Map Visualisierungen zur Analyse der Preisänderungen von Häusern in London. Weitere Vorträge behandelten zum einen technisch orientierte Entwicklungen wie die Nutzung mobiler Endgeräte in ortsbezogenen Diensten (GEORG GARTNER, TU Wien), die Möglichkeiten von Augmented Reality Benutzungsschnittstellen zur Vereinfachung räumlicher Interaktion (VOLKER PAELKE, Leibniz Universität Hannover) und die Nutzung von 3D Prototyping Techniken für die Visualisierung raumbezogener Daten (WOLF DIETER RASE, Bonn). Zum anderen wurden auch Arbeiten zu kartographisch methodischen Ansätzen und aus dem Bereich der Visual Analytics (wie die Arbeiten von NATALIA und GENADY ANDRIENKO über die visuelle Zusammenfassung multipler Trajektorien) vorgestellt.

Einen kompletten Überblick über alle Beiträge ermöglicht die Webseite der GeoViz_Hamburg (www.geovisualisierung.net/geoviz_hamburg/), auf der die Vortragsfolien und andere Materialien verfügbar sind. Ausgewählte Beiträge sollen zudem in einer Sonderausgabe der Zeitschrift *Computers, Environment and Urban Systems* (CEUS) sowie im *Cartographic Journal* veröffentlicht werden.

Abgerundet wurde die GeoViz_Hamburg 2009 durch ein Rahmenprogramm, das neben einem Besuch des Hamburger Landesbetriebes Geoinformation und Vermessung auch die Möglichkeit zum Besuch der sehr interessanten Ausstellung „Dialog im Dunkeln“ und der HafenCity Hamburg bot. Der GeoViz_Hamburg ist nach dieser erfolgreichen ersten Veranstaltung eine baldige Fortsetzung zu wünschen.

VOLKER PAELKE, Hannover

Geoinformatik 2009 vom 31. März bis 2. April in Osnabrück

Es wurde eng im norddeutschen Raum: Das Institut für Geoinformatik (IfGI) der Universität Münster veranstaltete die GI-Days, der Verein zur Förderung der Geoinformatik in Norddeutschland (GiN e.V.) die GI-Tage-Nord und mit der 2005 gegründeten Gesellschaft für Geoinformatik (GfGI) drängte eine weitere Vereinigung darauf, eine Konferenz abzuhalten. Die Gefahr kam auf, dass durch ein Überangebot an Veranstaltungen die Qualität leiden würde.

Die elegante Lösung bestand darin, dass es statt einer Tagung mehr jetzt eine weniger gibt. Die GfGI, der GiN, das IfGI, das Institut für Geoinformatik und Fernerkundung (IGF) der Universität Osnabrück und weitere Institutionen schlossen sich zusammen und veranstalteten eine gemeinsame Tagung mit dem schlichten Namen „*Geoinformatik 2009*“, in der die GI-Days und die GI-Tage-Nord aufgingen. Während die GI-Days eine rein wissenschaftliche Konferenz waren, die insbesondere jungen Forschern die Möglichkeit bieten wollte, ihre Ergebnisse zu präsentieren, verstanden sich die GI-Tage-Nord als Plattform, auf der sich Anwender und Entwickler miteinander austauschen konnten. Das Ergebnis der Kräftekonzentration fand unter dem viel Raum lassenden Leitspruch „*Nutzen der Geoinformatik für Umwelt und Gesellschaft*“ vom 31. März bis zum 2. April in Osnabrück statt.

Die Konferenz lockte mit über 130 Beiträgen mehr als 300 Besucher an. Das Spektrum reichte von wissenschaftlichen Vorträgen über Firmenpräsentationen bis hin zu Poster-Vor-

stellungen und deckte eine breite Palette von Themen ab.

Der in der Schriftenreihe „IfGIprints“ der Universität Münster veröffentlichte Konferenzband umfasst über fünfzig wissenschaftliche Beiträge. Diese reichen inhaltlich von anwendungsbezogenen Themen aus den Bereichen Katastrophenschutz, Traffic Monitoring und Fahrzeugnavigation bis zur Grundlagenforschung in den Bereichen Sensor Web, Grid Computing oder Geodateninfrastrukturen. Auch gesellschaftliche Themen wurden behandelt – wie z. B. die Frage, welche Chancen und Risiken der Vormarsch von Open Source-Software oder freier Geodaten mit sich bringt.

Neben den Sessions für die eingereichten Beiträge wurden Anwendungen aus den Bereichen Umweltmonitoring und Web Mapping, der INSPIRE-Initiative, Datenschutz und Geodaten gezeigt. Auch der gesellschaftliche Nutzen der Geoinformatik wurde thematisiert. Vertreten waren eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen, aber auch Microsoft, Autodesk, ESRI und con terra.

Im „Technologietransferforum“ präsentierten Studierende, Existenzgründer und Hochschulen Lösungen und Ansätze. Zudem fand ein Ausstellerforum unter dem Titel „Innovationen und Dienstleistungen“ mit fünfzehn Kurzvorträgen der ausstellenden Firmen und Organisationen statt.

Resümiert und in die Zukunft geschaut wurde in den drei Keynotes: Prof. REINHARD HÜTTL, Leiter des GeoForschungsZentrum Potsdam, gab einen Ausblick auf die „Geo- und Umweltforschung für das neue Jahrtausend“. Die Bedeutung der Geoinformatik für das „System Erde-Mensch“ betrachtete der Leiter des Frankfurter Forschungsinstituts und Naturmuseum Senckenberg, Prof. VOLKER MOSBRUGGER. Eine persönliche Prognose zu Trends und technologischen Innovationen in der Geoinformatik in den nächsten Jahrzehnten stellte Prof. MAX EGENHOFER von der University of Maine in anschaulicher und unterhaltsamer Weise dar und lieferte eine Fülle von Denkanstößen.

Des Weiteren bot das IGF eine Reihe von Workshops an, in denen die Teilnehmer sich über die Nutzung von Open Street Map, Map-Servern oder diversen GIS informieren konn-

ten. Auch das obligatorische Rahmenprogramm fehlte nicht. Den Höhepunkt bildete ein Empfang im Rathaus des Westfälischen Friedens beim Osnabrücker Bürgermeister.

Die Veranstalter nutzten die Zusammenkunft aber auch für weitere Anlässe. Der GiN vergab seinen Nachwuchsförderpreis für innovative Diplomarbeiten und die GfGI hielt eine Mitgliederversammlung ab, auf der sie ihren Vorstand neu wählte. Außerdem wurde auf der Tagung der Entwurf zu einem Kerncurriculum diskutiert, das die Inhalte der Bachelor Studiengänge zur Geoinformatik im deutschen Sprachgebiet umreißen soll. Gerade diese Diskussion profitierte von den sehr unterschiedlichen Ansichten der Teilnehmer. „Die Ausarbeitung des Kerncurriculums wird in Zukunft wichtige Ergebnisse für die wissenschaftliche Disziplin Geoinformatik liefern.“ sagte der Ko-Direktor der „Geoinformatik 2009“, Prof. ANTONIO KRÜGER.

Wie unter anderem Prof. EGENHOFER in seiner Keynote feststellte, nimmt eine Aufgabe der Geoinformatik eine immer wichtige Rolle ein: Einem gewissen Überfluss von Daten und Informationen Herr zu werden. Dieser Geist war bei der Veranstaltung ebenfalls zu spüren. Die Besonderheit des innovativen Konzepts stellte die Organisatoren vor große Herausforderungen. Eine andere Gruppierung der Vortragsthemen hätte es dem einen oder anderen Zuhörer erleichtert, alle Beiträge aus einem Themenbereich besuchen zu können – inhaltlich ähnlich gelagerte Vorträge fanden zum Teil parallel statt. Andererseits brachte dieser Umstand den positiven Effekt mit sich, dass Themen zusammengeführt werden konnten, die auf einer Konferenz nach herkömmlichem Muster ohne Berührungspunkte nebeneinander hergelaufen wären.

Tagungsleiter Prof. MANFRED EHLERS zog angesichts des breiten Programms ein positives Fazit: „All dies in einer einzigen Tagung, das kann sich sehen lassen.“ Nach dieser erfolgreichen ersten „Geoinformatik“ ist es beschlossen, dass die Tagung in Serie geht. Die nächste Veranstaltung wird vom 17. bis zum 19. März 2010 stattfinden; dann erwartet Kiel die „Geoinformatik 2010“.

CHRISTOPH KINKELDEY und TONIO FINCKE,
Hamburg

Hochschulnachrichten

Universität Zürich

Dipl.-Geogr. SILVIA HUBER promovierte am 26. Mai 2008 am Geographischen Institut (Fernerkundung/RSL) der Universität Zürich mit der Arbeit „*Estimation of Ecologically Relevant Land Cover Variables from Imaging Spectroscopy*“ zum Dr. sc. nat.

Promotionskomitee: Prof. Dr. KLAUS I. ITTEN, Dr. NIKLAUS E. ZIMMERMANN und Dr. MATTHIAS KNEUBÜHLER.

Kurzfassung

Die Folgen der veränderten Landnutzung, verschiedener Störungen und des Klimawandels auf die Ökosysteme haben zu einer erhöhten Nachfrage an Fernerkundungsdaten geführt. Eine große Vielfalt an Informationen wird benötigt, um Voraussagen über die Auswirkungen und das Ausmaß des Klimawandels zu machen und um Kohlenstoff, Wasser und Nährstoffkreisläufe zu überwachen. Dabei spielen u.a. Informationen über den Grad und die Art der Bodenbedeckung, deren strukturelle und biochemische Eigenschaften sowie die temporale Dynamik eine wichtige Rolle, da sie den Stoffaustausch zwischen Vegetation, Boden und Atmosphäre beeinflussen. Traditionelle feldbasierte Methoden sind zu kostspielig und zeitaufwändig und deshalb ungeeignet, um wiederholbare großflächige Erhebungen durchzuführen; sie sind jedoch außerordentlich wichtig für die Validation von Fernerkundungsprodukten. Die regelmäßige Beobachtung der Ökosysteme und die Erfassung der räumlichen sowie temporalen Eigenschaften kann nur dank der Erdbeobachtungstechnologie praxistauglich durchgeführt werden.

Die vorgelegte Arbeit befasst sich mit der Herleitung von Ökosystemparametern aus verschiedenen Fernerkundungsdaten unter spezieller Berücksichtigung der räumlichen, spektralen und direktionalen Dimensionen. Im ersten Teil der Arbeit werden statistische Modelle aus hyperspektralen Fernerkundungsdaten und Labormessungen entwickelt,

um quantitative Aussagen über die Blattchemie (Stickstoff-, Kohlenstoff- und Wassergehalt) in Mischwäldern zu machen. Die Felddaten für die Methodenentwicklung wurden in drei Mischwäldern im Schweizer Mittelland erhoben. Die erzielten Resultate haben gezeigt, dass statistische Modelle mit genügender Genauigkeit über mehrere Untersuchungsgebiete und Baumarten kalibriert werden können, um biochemische Information aus Hyperspektraldaten herzuleiten. Dank eines neu eingeführten Algorithmus konnten präzisere Resultate erzielt werden im Vergleich zu einer herkömmlichen Methode. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Zusatzinformation, die in multi-direktionalen CHRIS-Daten enthalten ist, einen positiven Einfluss auf die statistischen Modelle hatte und damit genauere biochemische Kartierungen erzielt werden können. Diese Studie hat zum ersten Mal aufgezeigt, dass multi-angulare Fernerkundungsdaten nicht nur zur verbesserten Herleitung von biophysikalischen Vegetationsparametern dient, sondern ebenso gut für die exaktere Bestimmung von biochemischen Parametern geeignet ist. Mit den entwickelten statistischen Modellen kann die Blattchemie von regionalen Waldbeständen kartiert werden, die der Überwachung des Waldzustands oder als Eingangsgröße für Ökosystemmodelle dienen kann.

Im zweiten Teil der Arbeit wird der Nutzen von Support Vektor Maschinen für Bodenbedeckungsklassifikationen sowie funktionellen Vegetationstypen aus spektro-direktionalen CHRIS-Daten untersucht. Insbesondere wird der Einfluss der spektralen und der direktionalen Komponente der Fernerkundungsdaten auf das Klassifikationsresultat betrachtet. Die Resultate dieser Untersuchung haben gezeigt, dass Klassifikationen mit Support Vektor Maschinen genauer sind als solche, die mit einer herkömmlichen Methode (Maximum Likelihood Classifier) durchgeführt werden. Auch in dieser Analyse führte der Gebrauch von multi-direktionalen Daten zu einem verbesserten Resultat verglichen mit Klassifikationen basierend auf Nadir-Daten.

Insgesamt hat diese Dissertation das Potential von innovativen statistischen Algorithmen für die hyperspektrale Fernerkundung aufgezeigt. Die Eignung multi-angularer Erdbeobachtungsdaten für praktische Anwendungen im Bereich der Umweltüberwachung konnte dargelegt und das Verständnis für den Gebrauch dieser Daten verbessert werden.

Universität Zürich

JÜRIG SCHOPFER (MSc. Geographie) promovierte am 29. September 2008 am Geographischen Institut (Fernerkundung/RSL) der Universität Zürich mit der Arbeit „*Spectrodirectional Ground-Based Remote Sensing Using Dual-View Goniometry*“ zum Dr. sc. nat.

Promotionskomitee: Prof. Dr. KLAUS I. ITTEN; Dr. STEFAN DANGEL und Dr. MATHIAS KNEUBÜHLER.

Kurzfassung

Die Abteilung Fernerkundung (Remote Sensing Laboratories) des Geographischen Institutes der Universität Zürich betreibt seit 1994 ein Feld-Goniometersystem FIGOS. Dieses wurde als Prototyp von der Firma Lehner & Co., Gränichen (Kanton Aargau, Schweiz), in Zusammenarbeit mit den Remote Sensing Laboratories (RSL) konstruiert. Über die Jahre wurde das Goniometersystem für wertvolle Grundlagenforschung in vielen Feldkampagnen sowohl im In- als auch im Ausland eingesetzt. Seit 2004 wurde FIGOS in seinen Funktionen substanziell erweitert und nimmt zurzeit als „dual-view FIGOS“ eine weltweit einzigartige Stellung ein.

Goniometersysteme werden in der Fernerkundung verwendet, um Aussagen über die Reflektanzcharakteristik von natürlichen oder künstlichen Oberflächen zu machen. Die meisten Oberflächen weisen ein anisotropes Reflektanzverhalten auf, welches dazu führt, dass die gleiche Oberfläche aus unterschiedlichen Blickwinkeln anders wahrgenommen wird. In Fernerkundungsdaten entstehen solche Effekte während der Datenerhebung, da jedes einzelne Bildelement (Pixel) einem leicht anderen Beobachtungswinkel unterliegt. Anwendungen, welche auf Erdbeobachtungsdaten basieren, wie z. B. die Abschät-

zung von Vegetations- und Bodenparametern oder aber auch die Korrektur von richtungsabhängigen Effekten in Bilddaten, profitieren somit von genauen Kenntnissen der Reflektanzeigenschaften der entsprechenden Oberflächen.

Mit einem Goniometersystems wird ein Spektroradiometer automatisch in vorbestimmte Beobachtungspositionen (relativ zum Messobjekt) gebracht, um ein möglichst genaues Abbild der in alle Richtungen reflektierten Strahlung zu erhalten. Mit dem RSL Goniometersystem können solche Messungen sowohl im Labor als auch im Feld durchgeführt werden. Feldexperimente besitzen den Vorteil, dass das Messobjekt in seiner natürlichen Umgebung belassen werden kann und einer natürlichen Einstrahlung durch die Sonne ausgesetzt ist. Erschwerend kommt hinzu, dass atmosphärische Einflüsse (Wolken, Aerosole, etc.) sowie sich zeitlich ändernde Einstrahlungsverhältnisse (Bewegung der Sonne) berücksichtigt werden müssen, um die wahren Oberflächen-Reflektanzeigenschaften aus den Goniometermessungen abzuleiten. Für die exakte Berücksichtigung solcher atmosphärischen Einflüsse wird eine physikalischen Methode verwendet, welche voraussetzt, dass nebst der reflektierten auch die einfallende Strahlung als Funktion der Beobachtungswinkel bekannt ist, resp. gemessen wird. Die meisten Goniometersysteme sind dazu entweder nicht in der Lage, messen die einfallende Strahlung nur in selektiven spektralen Bändern (multi-spektral) oder sind noch nicht operationell. Es existierte somit bis anhin kein Goniometersystem, welches den oben erwähnten Anforderungen gerecht wurde.

An diesem Punkt setzt die vorgestellte Dissertation an. Sie beschäftigt sich vor allem mit Feldgoniometrie und der Berücksichtigung des diffusen Einflusses auf richtungsabhängige Feldmessungen. Dies beinhaltet unter anderem die Entwicklung und Charakterisierung des ersten *hyperspektralen* Feldgoniometers („dual-view FIGOS“), welches in der Lage ist, *gleichzeitig* die vom Objekt reflektierte und die einfallende diffuse Strahlung mit einer hohen Winkelauflösung zu messen. Weiter wird untersucht, inwiefern Vegetationsparameter, welche von bodengestützten und satellitengestützten multi-angularen Messungen abgelei-

tet werden, von direktionalen Effekten beeinflusst werden.

Die Beiträge der Dissertation helfen die richtungsabhängige Verteilung der einfallenden diffusen Strahlung für unterschiedliche atmosphärische Zustände zu untersuchen und schaffen somit die Voraussetzung für eine exakte Herleitung der Oberflächen-Reflektanzcharakteristik. Dies ist für die Validierung und Inversion von Modellrechnungen von Bedeutung, sowie auch für eine exakte Bestimmung der Oberflächen-Albedo, welche eine wichtige Komponente in Strahlungsbilanz-Modellen darstellt.

Technische Universität Berlin

Von der Fakultät VI (Planen, Bauen, Umwelt) der Technischen Universität Berlin wurde Dipl.-Ing. STEPHAN GEHRKE am 22. Dezember 2008 mit Auszeichnung zum Dr.-Ing. promoviert. Das Thema seiner Dissertation lautet „*Geometrische und radiometrische Modellierung der Mars-Oberfläche aus HRSC-Bildern*“.

Gutachter waren Prof. Dr. phil. nat. JÜRGEN OBERST, Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ und Prof. Dr.-Ing. CHRISTIAN HEIPKE. Die Dissertation wird in der Reihe C der DGK veröffentlicht.

Kurzfassung

Die Bilddaten der *High Resolution Stereo Camera* (HRSC) auf *Mars Express* leisten einen wesentlichen Beitrag zur wissenschaftlichen Analyse der Mars-Oberfläche. Mit der HRSC wird die Oberfläche erstmals systematisch dreidimensional erfasst: In einem Orbit werden fünf panchromatische und vier Farbkanäle in Stereowinkeln bis $18,9^\circ$ quasi-simultan aufgenommen. Damit bietet sich nicht nur die Möglichkeit, ein Digitales Geländemodell (DGM) abzuleiten, sondern auch Richtungsabhängigkeiten der Reflexion zu erfassen und so auf Materialeigenschaften zurück zu schließen. Ziel und Inhalt der vorliegenden Arbeit sind, das große Potential der HRSC-Daten möglichst vollständig auszunutzen und die geometrische und radiometrische Modellierung der Mars-Oberfläche zusammenzuführen. Dafür wird mit dem Facetten-Stereosehen ein flexibles, objektraumbasiertes Matching-

Verfahren gewählt. Es wird um die Photoklinometrie (Shape-from-Shading) und die Bestimmung von Reflexionsparametern der Oberfläche und Parameter für die Atmosphäre zu einem integrierten Auswerteanatz verallgemeinert. In Bezug auf das DGM liefern der Matching-Anteil, basierend auf der geometrischen Bildinformation, absolute Höhen und der Photoklinometrie-Anteil, basierend auf der radiometrischen Bildinformation, relative Höhenunterschiede. So werden texturarme Bereiche, in denen das Matching nur schwach kontrolliert ist, stabilisiert und vor allem die Detailgenauigkeit gesteigert. In diesem Zusammenhang wird die lokale, texturabhängige Gewichtung zwischen beiden Verfahren untersucht, sodass die Photoklinometrie das Matching gezielt ergänzt. Da Photoklinometrie ein Reflexionsmodell umfasst, können dessen Parameter bei der Integration mit Matching mitbestimmt werden. Dazu wird das in der planetaren Photometrie verbreitete Hapke-Modell angesetzt, das aufgrund seiner Komplexität in der integrierten Ausgleichung durch ein phasenwinkelabhängig formuliertes Lunar-Lambert-Modell approximiert wird. Die Hapke-Parameter werden anschließend bestimmt und ermöglichen den Rückschluss auf Materialeigenschaften. Mit dem Ziel der radiometrischen Oberflächenmodellierung werden die Bilddaten um den Einfluss der Mars-Atmosphäre korrigiert; die Berechnung der optischen Dichte und des Luftlichteinflusses ist ausschließlich aus HRSC-Daten möglich. Damit wird ein integrierter Ansatz zur vollständigen Modellierung der Mars-Oberfläche (und der Atmosphäre) basierend auf der vollständigen, geometrischen und radiometrischen Bildinformation der panchromatischen HRSC-Kanäle eines *Mars-Express*-Orbits präsentiert. Es werden sowohl theoretisch als auch anhand praktischer Beispiele Möglichkeiten aufgezeigt, wie dieser Ansatz in seiner Komplexität variiert und individuell an ein Bearbeitungsgebiet angepasst werden kann. Ein wesentlicher Beitrag der Arbeit ist die Analyse möglicher HRSC-Beobachtungskonstellationen und der entsprechend zweckmäßigen Parametrisierung des Hapke-Modells. Der Auswerteanatz wird auf fünf Gebiete der Mars-Oberfläche angewendet, die sich hinsichtlich Größe (2,8 km bis 25,0 km), abgebil-

deter morphologischer Formen, Materialeigenschaften, Bestrahlungs- und Beobachtungsgeometrie, Bildtextur und Datenauflösung unterscheiden. Die abgeleiteten DGMS sind in ihrer absoluten Höhen- und Detailgenauigkeit plausibel, wie Vergleiche mit Referenzhöhen des *Mars Orbiter Laser Altimeters* (MOLA) und mit den Ergebnissen des *HRSC DTM Tests* zeigen. Gegenüber Letzteren, die entweder auf (Image) Matching oder der Verfeinerung mittels Photoklinometrie basieren, zeigt sich der Vorteil der Integration beider Verfahren, vor allem in Bezug auf die Modellierung morphologischer Details. Die mitbestimmten Hapke-Parameter und Atmosphäreneigenschaften sind plausibel. Die integrierte Oberflächen- und Atmosphärenmodellierung kann demnach ausschließlich aus den HRSC-Daten eines Orbits durchgeführt werden. Allerdings unterliegt diese Berechnung einer Vielzahl unterschiedlicher (Stör-)Einflüsse und ist kaum automatisierbar. Die aktuelle Implementierung in MATLAB ist nicht operationell. Vor diesem Hintergrund werden schließlich Möglichkeiten für zukünftige Erweiterungen und Stabilisierungen sowie zur Beschleunigung der Modellierung vorgeschlagen.

Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) vom indischen Vizepräsidenten für internationale Entwicklung des Faches ausgezeichnet

Mit Blick auf die außergewöhnlichen Beiträge zur Entwicklung von Photogrammetrie, Fernerkundung und GIS, die das Institut für Pho-

togrammetrie und GeoInformation (IPI) der Leibniz Universität Hannover seit mehr als 50 Jahren geleistet hat, wurde das IPI von GIS Development mit dem Preis für **Building Geospatial Capacity and Knowledge Network** ausgezeichnet. GIS Development ist eine indische Organisation, die sich der weltweiten Entwicklung und Verbreitung der Geoinformationstechnologie verschrieben hat.

Den Preis übergab der indische Vizepräsident MOHAMMED HAMID ANSARI im Beisein von Prof. KONECNY und Dr. JACOBSEN an Prof. HEIPKE während der Eröffnungsfeier des Map World Forum in Hyderabad, Indien, am 10. Februar 2009.



Preisverleihung in Indien: In Namen des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) der Leibniz Universität Hannover nimmt Prof. HEIPKE (links) die Auszeichnung aus den Händen des indischen Vizepräsidenten MOHAMMED HAMID ANSARI (Mitte) und des indischen Ministers für Wissenschaft, Technologie und Erdwissenschaften, KAPIL SIBAL (rechts) entgegen.

Persönliches

Nachruf Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. GÜNTER WEIMANN

Am 18. September des Jahres 2008 verstarb im Alter von 87 Jahren Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. GÜNTER WEIMANN. Seinem Wunsch entsprechend fand die Beisetzung im engeren Kreis der Familie und Freunde und in aller Stille statt.



GÜNTER WEIMANN wurde am 6. Juni 1921 in Berlin geboren, ging dort bis zur Mittleren Reife zur Schule, absolvierte eine Lehre als Vermessungstechniker und legte 1939 nach 3-semestrigem Studium an der Staatsbauschule Neukölln die Staatsprüfung als Ingenieur für Vermessungstechnik ab. Von 1941–45 war er bei der Kriegsmarine, zuletzt als Leutnant zur See. Nach seiner Rückkehr aus englischer Gefangenschaft im November 1945 studierte er von 1946–1951 „Vermessungswesen“ an der TU Berlin.

Von 1951–55 war GÜNTER WEIMANN bei der Firma Carl Zeiss in Oberkochen tätig, genauer als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. SCHWIDEFESKY in der Abteilung „Bildverarbeitung“. Danach ging Herr WEIMANN als wissenschaftlicher Assistent, später Oberingenieur, zurück an die TU Berlin an den Lehrstuhl für Photogrammetrie und Kartenkunde von Prof. BURKHARDT.

Um promovieren zu können, musste GÜNTER WEIMANN seine Reifeprüfung nachholen, die er nach eineinhalbjähriger Vorbereitungszeit an einer Privatschule im Alter von 38 Jahren ablegte.

Nach seiner Promotion im Jahre 1965 mit der Dissertation „Untersuchungen zur photogrammetrischen Höhenbestimmung aus Radialabständen“ und seiner Habilitation im Jahre 1969 für das Fachgebiet „Photogrammetrie“ mit der Schrift „Bildmessung mit Präzisions-theodoliten“ wurde er zum Wissenschaftlichen Rat und Professor und 1970 zum Professor an der TU Berlin ernannt. In dieser Berliner Zeit, die bis 1975 dauerte, lagen seine Forschungsarbeiten primär auf dem Gebiet der Sonderanwendungen der Photogrammetrie. So hat er vielfältige Probleme aus dem Bauingenieurwesen, der Architektur, der Archäologie, des Schiffbaus und der Meteorologie bearbeitet.

Am 11. Februar 1976 wurde GÜNTER WEIMANN an der TU Braunschweig zum Ordentlichen Professor ernannt und leitete den dortigen Lehrstuhl für Photogrammetrie und Kartographie, ab 1982 das gleichnamige Institut. Auch in Braunschweig lag sein Arbeitsschwerpunkt auf der Architekturphotogrammetrie, der Archäologie, der Denkmalpflege, aber ebenso bei vielfältigen Anwendungen im Ingenieurbereich. In dieser Zeit entstanden seine grundlegenden Lehrbücher „Geometrische Grundlagen der Luftbildinterpretation, Einfachverfahren der Luftbildauswertung“ sowie „Architekturphotogrammetrie“.

Auf Einladung von Prof. MÖLLER, dem damaligen Leiter des Instituts für Vermessungskunde an der TU Braunschweig, hat sich Prof. WEIMANN an geowissenschaftlichen Forschungsarbeiten in der um 1975 aktiven tektonischen Riftzone in Nordost-Island beteiligt. So hat er bestehende Luftbild-Aufnahmen ausgewertet und mit DFG-Förderung eine Neubefliegung des Gebietes Kafla/Gjastykki vornehmen können. Insgesamt hat er somit wertvolle Beiträge zur Deformationsbestimmung in diesem schwer zugänglichen Gebiet geleistet.

Im Sommer 1976 lernte ich GÜNTER WEIMANN in einem Feldlager in NO-Island als persönlich äußerst angenehmen und offenen, vielseitig interessierten Menschen kennen. Ich war junger Mitarbeiter von Prof. PELZER (Hannover) und wir hatten uns kontinuierlichen Extensometer-Messungen zur Erfassung von Spaltenbewegungen im selben Arbeitsgebiet gewidmet. GÜNTER WEIMANN war eine substantielle Bereicherung für unsere Expeditionsguppe und seit dieser Zeit ist unser persönlicher Kontakt nie abgebrochen.

Bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1986 war GÜNTER WEIMANN als ideenreicher, vielseitig geschätzter Ordinarius an der TU Braunschweig tätig, anerkannt und hochgeschätzt gleichermaßen von Fachkollegen und Partnern aus anderen Disziplinen. Besonders seine Arbeiten im Bereich der Architektur-

photogrammetrie, die auch in einem Lehrbuch niedergelegt sind, waren für die damalige Zeit richtungsweisend.

Seit 1976 war GÜNTER WEIMANN ordentliches Mitglied der DGK und seit 1985 ordentliches Mitglied der Klasse für Bauwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Bedingt durch einen schweren Herzinfarkt ließ sich GÜNTER WEIMANN mit 65 Jahren emeritieren und hinterließ seinem Nachfolger, Herrn Prof. WESTER-WEBBINGHAUS, ein wohlgeordnetes, d.h. personell, instrumentell und von der räumlichen Ausstattung sehr akzeptables Institut.

Wir werden stets ein würdiges Andenken an GÜNTER WEIMANN bewahren.

WOLFGANG NIEMEIER, Braunschweig

Veranstaltungskalender

2009

2.–6. August: **SPIE Conference Videometrics X in San Diego**, USA. Info: Dr. Fabio Remondino, fabio@geod.baug.ethz.ch

6.–7. August: **3rd ICA Workshop on Geospatial Analysis & Modeling in Gävle**, Sweden. www.hig.se/~bjg/ica/workshop2009/

12.–14. August: **17th International Conference of Geoinformatics in Fairfax**, Virginia, USA. www.geoinformatics2009.org/

24.–28. August: **1st International Conference on 3D Maps – ICA Symposium on True-3D in Cartography in Dresden**. Kartographie.geo.tu-dresden.de/true3Dincartography09/

1.–2. September: **ISPRS Laser Scanning Workshop 2009 in Paris**. laserscanning2009.ign.fr

3.–4. September: **CMRT09 – ISPRS Workshop on Object Extraction for 3D City Models, Road Databases and Traffic Monitoring – Concepts, Algorithms and Evaluation in Paris**. cmrt09.ign.fr

7.–11. September: **52. Photogrammetrische Woche 2009 in Stuttgart**. www.ifp.uni-stuttgart.de/phowo/

8. September: **Workshop Radarinterferometrie zur Erfassung von Bodenbewegungen in Goslar**. www.energie-und-rohstoffe.org/2009/workshop_radar.html

22.–24. September: **INTERGEO® – Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement in Karlsruhe**. www.intergeo.de/de/deutsch/kongress/kongress.php

29. September – 2. Oktober: **ICCV2009 – International Conference on Computer Vision in Kyoto**, Japan. www.iccv2009.org

11.–15. Oktober: **22nd CIPA Symposium in Kyoto**, Japan. www.rgis.lt.ritsumei.ac.jp/cipa2009/

20.–21. Oktober: **ISPRS 3rd International Workshop on the Future of Remote Sensing in Antwerpen**, Belgien. isprs.vgt.vito.be/events.html

21.–22. Oktober: **n-DGIS 2009 – ISPRS International Workshop on Multidimensional and Mobile Data Model 2009 in Johor Bahru**, Malaysia. www.fksg.utm.my/isprswgII5/

4.–6. November: **17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS 2009) in Seattle**, USA. acmgis09.cs.umn.edu/

3.–4. Dezember: **ISPRS Workshop on Quality, Scale & Analysis Aspects of Urban City Models in Lund**, Sweden. www.commission2.isprs.org/wg2/

2010

3.–4. Februar: **9. Oldenburger 3D-Tage: Optische 3D-Messtechnik – Photogrammetrie – Laserscanning**. www.fh-oow.de/institute/iapg/workshop/

9.–11. März: **15. Münchner Fortbildungseminar Geoinformationssysteme in München**. www.rundertischgis.de/

1.–3. Juli: **30. Wissenschaftlich-technische Jahrestagung der DGPF im Rahmen der Dreiländertagung in Wien**, Österreich www.dgpf.de/neu/jahrestagung/informationen.htm

Zum Titelbild

3D-Modell des Europa-Centers Hamburg in verschiedenen Level of Detail



Das auf der Titelseite abgebildete Gebäude wurde aus dem 3D-Stadtmodell der Freien und Hansestadt Hamburg mit der Software 3ds Max visualisiert.

Das Gebäude ist Teil des Europa-Centers und Dienstsitz des Landesbetriebes Geoinformation und Vermessung Hamburg am Sachsenkamp 4. Es wurde 1997 im für Hamburg so typischen Rotklinkerstil erbaut. Hier arbeiten fast 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Landesbetriebs mit ihren kommunalen und

landesvermessungstechnischen Schwerpunkten.

Am 6. März 2009 wurde in diesem Gebäude gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Kartographie DGfK der neue Arbeitskreis **3D-Stadtmodelle** der DGPF gegründet.

Die Abbildung zeigt drei verschiedene Level of Detail (LoD). LoD 1 (kleines Bild links) wird aus dem Grundriss der Digitalen Stadtgrundkarte abgeleitet und mit einer Höhe auf Basis der Stockwerksanzahl und der Nutzungsart versehen.

LoD 2 (kleines Bild rechts) beinhaltet die detaillierte Dachstruktur, die in Hamburg über photogrammetrische Auswertung mittels Leica LPS erfolgt.

LoD 3 (kleines Bild oben in der Mitte) ist eine Version, die mit Hilfe von bereinigten Fototexturen und unter Bearbeitung der geometrischen Gebäudedetails entstanden ist.

Das Gebäude in LoD 1 steht stellvertretend für den gesamten Gebäudebestand Hamburgs, der in dieser einfachen Form erhältlich ist. LoD 2 existiert für ca. 40% der Hamburger Gebäude und wird permanent aktuell gehalten. LoD 3 wird für Projekte im Kundenauftrag erzeugt und kann je nach Wunsch beliebig verfeinert werden.

EKKEHARD MATTHIAS, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg, Sachsenkamp 4, 20097 Hamburg, ekkehard.matthias@gv.hamburg.de

Korporative Mitglieder

Firmen

AEROWEST GmbH
 AICON 3D Systems GmbH
 aphos Leipzig AG
 Applanix Corporation
 Becker GeoInfo GmbH
 Bernhard Harzer Verlag GmbH
 Blom Deutschland GmbH
 Brockmann Consult
 BSF Luftbild GmbH
 Büro Immekus
 CGI Systems GmbH
 con terra GmbH
 Creaso GmbH
 DEFINIENS AG
 DELPHI IMM GmbH
 Deutsches Bergbau-Museum
 J. Linsinger ZT-GmbH
 EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
 ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH
 ESRI Geoinformatik GmbH
 EUROPEAN SPACE IMAGING
 Eurosense GmbH
 fokus GmbH
 fpi Fuchs Ingenieure GmbH
 g.on experience gmbh
 GAF GmbH
 GeoCad GmbH
 GeoCart Hertzen GmbH
 GeoContent GmbH
 geoplana Ingenieurgesellschaft mbH
 GEOSPACE Beckel GmbH
 GEOSYSTEMS GmbH
 GGS - Büro für Geotechnik, Geoinformatik, Service
 GIP Geoinformatics & Photogrammetric Engineering
 Hansa Luftbild AG
 Herbert Wichmann Verlag Hüthig GmbH
 IGI - Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH
 ILV Ing.-büro für Luftbildausw. und Vermessung
 Imetric 3D GmbH
 Inpho GmbH
 Intergraph GmbH, Geschäftsbereich Z/I Imaging
 INVERS - Industrievermessung & Systeme
 J. Linsinger ZT-GmbH
 Jena-Optronik GmbH
 Johan Piedfort Photogrammétrie
 KAZ Bildmess GmbH
 Leica Geosystems GmbH
 Luftbild Brandenburg GmbH
 Luftbilddatenbank-Würzburg
 MAPS geosystems GmbH
 Messbildstelle GmbH
 Microsoft Photogrammetry
 MILAN Geoservice GmbH
 PHOENICS GmbH
 PMS - Photo Mess Systeme AG
 Rollei Metric GmbH
 RWE Power AG, Geobasisdaten/Photogrammetrie
 technet GmbH
 TERRA-Bildmessflug GmbH & Co.
 TerraVista Umweltdaten GmbH

TopoSys GmbH
 TRIGIS Vermessung + Geoinformatik GmbH
 trimetric 3D Service GmbH, Garbsen

Behörden

Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr
 Amt für ländliche Räume Husum
 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
 Bundesmin. für Ern., Landw. und Verbraucherschutz
 DB Netz AG
 Hess. LA für Bodenmanagement und Geoinformation
 Innenministerium NRW, Gruppe Vermessungswesen
 Inst. für Umwelt- und Zukunftsforschung
 LA für Vermessung und Geoinformation, Bayern
 Landesbetrieb Geoinformation und Verm., Hamburg
 Landesvermessung und Geobasisinformation Nieders.
 Landesvermessungsamt Baden-Württemberg
 Märkischer Kreis, Vermessungs- und Katasteramt
 Regierungsprä. Stuttgart, LA für Flurneueordnung
 Regierungsprä. 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 Karlsruhe, FB Geoinformationswesen
 FH Mainz, Inst. f. Raumbez. Inform.- und Messtechn.
 FH Oldenburg, Inst. für Angew. Photogr. und Geoinf.
 HCU HafenCity Uni Hamburg, Geomatik
 HfT Stuttgart, Vermessung und Geoinformatik
 HS Bochum, FB Vermessung und Geoinformatik
 HTW Dresden, FB Vermessungswesen/Kartographie
 Ruhr-Uni Bochum, Geographisches Institut
 RWTH Aachen, Geodätisches Institut
 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 Freiberg, Inst. für Geologie, RSG
 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
 Uni Hannover, Inst. für Kartogr. und Geoinformatik
 Uni 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 zu Köln, Geographisches Institut
 Uni Stuttgart, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Würzburg, Geographisches Institut

3D-Forum Lindau 2009

In der Inselhalle fand am 17. und 18. März bereits das 8. Internationale 3D-Forum Lindau statt. Stadtbaudirektor Georg Speth eröffnete die Veranstaltung und hieß die 170 Besucher aus sechs Nationen herzlich in Lindau willkommen. Auch in diesem Jahr ist es Dipl.-Ing. (FH) Claus Bihl (Vermessung, Stadt Lindau) und Dr.-Ing. Achim Hellmeier (Real.IT, Schwäbisch Gmünd) gelungen dem Fachpublikum aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung ein abwechslungsreiches Programm mit den Schwerpunkten „Vom 3D-Stadtmodell zum 3D-GIS“, „3D-Stadt- und Geländemodelle per Radartechnik“ und „Standortinformationssysteme mit 3D-Modellen für die Wirtschaftsförderung“ in neun hochinteressante Vorträge verpackt zu bieten.

Dass man in Lindau auf dem richtigen Weg ist, sieht man nicht nur am neuen Besucherrekord der Vorträge des ersten Tages sondern auch an der Begeisterung für die vier gut besuchten Workshops des zweiten Tages. Neben dem bereits bewährten Kurs bei den Professoren Günter Pomaska (Fachhochschule Bielefeld) und Volker Coors (Hochschule für Technik, Stuttgart) fanden erstmals zusätzlich drei sehr interessante Firmen-Workshops statt. Intermap Technologies (München), Autodesk GmbH (München) und Met Geo Info GmbH (Wien) boten dabei Einblicke in die den Themen des diesjährigen 3D-Forums entsprechenden Lösungen ihrer jeweiligen Produktpalette.

Im Jubiläumsjahr der DGPF, 100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, hatte Prof. Thomas Kolbe (TU Berlin, Vizepräsident der DGPF) die Ehre des Eröffnungsvortrages und referierte über neue Anforderungen und Lösungsansätze auf dem Weg vom 3D-Stadtmodell zum 3D-GIS. Besonders freut man sich in Lindau auch, dass die DGPF neuer Mitveranstalter des 3D-Forums ist.

Nicht zum ersten Mal als Vortragender in Lindau, berichtete Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Mohl von der Phase II des Stadtmodells der Landeshauptstadt Stuttgart, Optimierungen und neuen Anwendungen.



Die in einigen Fachgremien beheimatete Dipl.-Ing. Bettina Petzold, Stadt Wuppertal, gab anschliessend die Empfehlungen des NRW-Städtetages zu 3D-Sadtmodellen und deren Fortführung weiter.

Sehr interessant für die Besucher aus Kreisen des Stadtmarketings war dann der Beitrag mit dem Titel „So kann sich mein Standort sehen lassen“ von Dipl.-Betriebswirt Stefan Wolf aus Dachau. Anhand eines mit der städtischen Homepage verbundenen Standortinformationssystemes zeigte er die Visualisierungsmöglichkeiten von der bürgerlichen Apothekensuche bis zur Wirtschaftsförderung seiner Heimatstadt.

Vor der Mittagspause hatten die ausstellenden Firmen der begleitenden kleinen Fachmesse Gelegenheit sich und Ihre Produkte kurz vorzustellen. Danach wurde der aktuelle Stand der Lindauer Bemühungen um eine vorbildliche web-Plattform des Stadtmarketings präsentiert. Mit Hilfe von kleinen Partnern, wie zum Beispiel die Stadtwerke Lindau, aber auch ganz grossen Verbündeten, wie zum Beispiel Intergraph, schaffte es der innovative, dynamische lokale Anbieter „VisitCity“ bereits weitere Städte in Deutschland mit seinen Ideen zur Standortinformation zu begeistern.

Die Zuverlässigkeit bewährter Techniken waren sowohl Inhalt des Vortrages „TerraSAR X – 3D per Radarsatellit“ von Dipl.-Phys. Marco Weber, Astrium/Infoterra in Immenstaad, aber auch der Vorstellung von Dipl.-Ing. Rene Günzkofer, Intermap Technologies München „Das Projekt NEXTMap Europa in 3D mit Airborne Radar“.

Nach den mehr oder weniger erdfernen Möglichkeiten zurück zu festplattengebunde-

nen theoretischen Visionen brachte die Gäste zuerst Dipl.-Ing. Rolf Kemmling, Autodesk GmbH, mit „Digital City – Trends und Visionen zur Stadt der Zukunft“, und schliesslich, mit dem Abschlussvortrag, Dr. Devrim Akca von der Eidgen. Techn. Hochschule (ETH) Zürich mit dem Titel „Data Fusion für 3D Stadt- und Geländemodelle“.

Am Abend fand im Brauhaus Lindau der schon traditionelle Abschluss des ersten Tages in entspannter und lockerer Atmosphäre statt.

Das nächste 3D-Forum Lindau wird im März 2010 stattfinden. Der Termin wird im Herbst bekannt gegeben.

ANDREAS LINDENMÜLLER, Lindau