

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2008, 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 2008



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:

© 2008 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06120 Halle, Tel.: +49 (0) 345 55-26020

Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Oststraße 2–18, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

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

Internet: <http://www.schweizerbart.de>

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706:1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Institut für Geoinformatik und Computer Vision, Universität der Bundeswehr München, D-85577 Neubiberg, e-mail: Helmut.Mayer@unibw.de

Schriftleiter: Prof. Dr. rer. nat. Carsten Jürgens, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Gebäude NA 7/133, D-44780 Bochum, e-mail: carsten.juergens@rub.de, Prof. Dipl.-Ing. Thomas P. Kersten, HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik, Hebebrandstr. 1, D-22297 Hamburg, e-mail: thomas.kersten@hcu-hamburg.de, Prof. Dr. rer. nat. Lutz Plümer, Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn, e-mail: Lutz.Pluemmer@ikg.uni-bonn.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 107, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@geobasis-bb.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 126,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

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

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

Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstraße 59/59 a, 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 2008, Heft 4

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

| | |
|---|-----|
| HERDT, G. & WILSON JONES, M.: Scanning Ancient Building Components | 245 |
| HEURICH, M. & KENNEL, E.: Überprüfung der Baumhöhenbestimmung aus Daten flugzeuggetragener Laserscanner in strukturreichen Naturwäldern des Nationalparks Bayerischer Wald | 253 |
| MEWES, T., ERASMI, S., KAPPAS, M., BIEWER, S., FRICKE, T. & WACHENDORF, M.: Spektrale Entmischung von Reflexionssignaturen zur Ermittlung von Leguminosenanteilen in Futterbaubeständen | 265 |

Berichte und Mitteilungen

| | |
|--|-----|
| Berichte von der 28. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF vom 23.–26. April 2008 in Oldenburg | |
| Bericht über die Jahrestagung | 277 |
| Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008 | 280 |
| Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008 | |
| MATTHIAS ROLAND (Leibniz Universität Hannover) | 282 |
| DANIELA FASLER (ETH Zürich) | 283 |
| CHRISTIAN GREIFENEDER (Paris Lodron-Universität Salzburg) | 284 |
| Berichte der Arbeitskreise der DGPF | |
| Auswertung von Fernerkundungsdaten | 285 |
| Bildanalyse und Bildverstehen | 287 |
| Standardisierung und Qualitätssicherung | 288 |
| Aus- und Weiterbildung | 289 |
| Nahbereichsphotogrammetrie | 290 |
| Sensoren und Plattformen | 291 |
| Hyperspektrale Fernerkundung | 292 |
| Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning | 293 |
| Mitteilungen der DGPF | |
| 29. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Jena 2009 | 294 |
| Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2009 | 294 |
| Runder Tisch Fernerkundung | 295 |
| Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme | 296 |
| Berichte von Veranstaltungen | |
| EuroSDR & ISPRS Workshop „Geosensor Netzwerke“ vom 20.–22. 2. 2008 in Hannover | 298 |
| Hochschulnachrichten | |
| Universität Zürich, Dissertation YI WU | 301 |
| Universität Zürich, Dissertation JASON BRAZILE | 302 |
| Buchbesprechungen | |
| HURNI, L., KLINGHAMMER, I. & ROUBITSCHKE, W. (Thematische Kartierungen in den Geowissenschaften) | 303 |
| Veranstaltungskalender | 304 |

| | |
|------------------------------|-----|
| Zum Titelbild | 305 |
| Korporative Mitglieder | 306 |

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

Scanning Ancient Building Components

GEORG HERDT & MARK WILSON JONES, Bath, UK

Keywords: Ancient Greece, Digital modelling, Ionic capital, Laser scanning, Rapid prototyping, Virtual reconstruction

Summary: The wish to use new technology as it becomes available is normal. The changes that flow as a result are mostly, but not all, for the better; negative consequences run parallel to positive ones, and it is so with the use of laser scanning for surveying. Here we report and comment on a research project at the University of Bath which involves the 3-D scanning of ten Ionic capitals belonging to the archaic Greek period. The scans obtained represent a digital means of recording these objects in their present state, while also providing the basis for creating 3-dimensional virtual reconstructions of them in their original state. The disadvantages and advantages became obvious during the course of the project, as the point-cloud obtained cannot replace all of the traditional virtues of observation, of hand-drawing and of graphic representation (plan, section, elevation). But if the two different techniques are combined together, fascinating results can be achieved.

Zusammenfassung: *3-D Scannen von antiken Bauteilen.* Technische Neuerungen wecken das Bedürfnis, diese zu benutzen, diese Tatsache ist nichts Neues. Die Folgen, die aus ihnen resultieren, sind jedoch nicht immer abzuschätzen; so zieht eine positive Veränderung oft eine negative mit sich, wenn auch in einem anderen Bereich. Im Rahmen einer Forschungsarbeit der Universität Bath wurden zehn ionische Säulenkapitelle mit einem 3-D Scanner aufgenommen und anschließend rekonstruiert. Die Vorteile sowie die Nachteile dieser Methode werden deutlich, sobald es an die Verarbeitung geht. Die Ergebnisse dieser Technik sind andere als die der Bauaufnahme (Aufsicht, Schnitt, Ansicht) und für ähnlichen Gebrauch ohne diese nicht ausreichend. Kombiniert man jedoch diese beiden Techniken, lassen sich faszinierende Ergebnisse erzielen.

1 Introduction

In some ways the surveying and representation of buildings and their components has changed relatively little over the years. We still measure and draw by hand just as researchers have done traditionally, and still use the same conventions of plan, section and elevation that can be found generally in publications on architecture, and also in standard archaeological handbooks on Greek architecture (GRUBEN 2001, HELLMANN 2002). But recently several new techniques have become available, which we use not only because of their accuracy, but also because of their compatibility with computer and information technologies. These modern techniques may refine older ones,

or they may replace them. It can be too easy just to adopt new techniques because of contemporary trends, but this should never be done hastily, or out of a wish to ‘jump on the bandwagon’. Technological progress means change, and this inevitably is connected with loss. Even if this does not involve the loss of information about the object of research, it involves the loss of traditional craftsmanship and the sensibility associated with it.

2 Advantages and Disadvantages

For the purposes of a research project undertaken at the Department of Architecture and Civil Engineering at the University of Bath, funded by the Arts and Humanities



Fig. 1: Naxos, votive column, scan.

Research Council (UK), nine Ionic capitals and the votive column (cf. Fig. 1) from the sanctuary of Demeter at Naxos (GRUBEN 1989) were surveyed with a Minolta VI-910 close range 3-D scanner. This project investigates the early development of the Greek architectural orders (BARLETTA 2001, HELLMANN 2002, WILSON JONES forthcoming), an important subject that is hampered by the varied state of the information that is currently available about Ionic capitals of the archaic period (THEODORESCU 1980). Some are well preserved, some are fragmentary, but in any event all of these complex and sophisticated artefacts have been surveyed and drawn with varying degrees of accuracy. Our desire is above all for consistency, and for this scanning is very well suited. The procedure for acquiring the data in a form that can be processed with modelling programmes is actually quite lengthy, involving a series of separate actions that are set out in Fig. 2.

Scanning and 3-D digital manipulation represents a potential breakthrough, but in order to achieve the best results it is well to be aware of the advantages and disadvantages. The main advantage is the creation of a metrically accurate virtual copy, which is accurate to within small tolerances. This copy can be created without any physical contact with the original object. Another key advantage is the speed with which the scanner works, meaning that a copy can be created in a short amount of time on site (leaving further time for elaboration offsite). The copy can be reproduced as often as required, while the data can also be stored in different locations, acting as an insurance should the original fragment get lost or damaged. This scan provides, as a virtual object, the basis for various kinds of digital manipulation, reconstruction, renderings and so on. Its three dimensional characteristics represent an important enhancement for research purposes. Unlike a photograph, it is possible to zoom continuously in and out, to get closer to the detail required. Areas that would be concealed behind frontal portions in a photograph or drawing can be accessed, just as if the real fragment was 'inside' the computer.

On the other hand there are some disadvantages. These can be kept within reason-

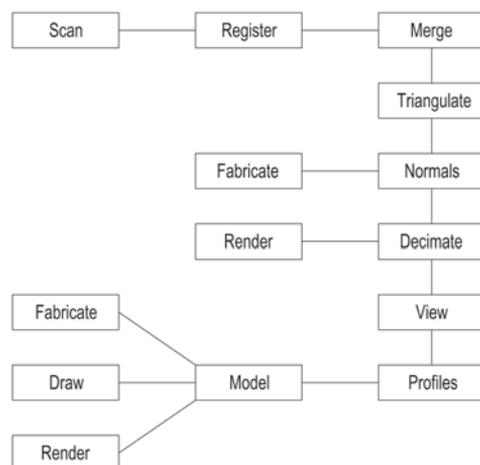


Fig. 2: Workflow diagram for processing information from a scanner and then producing 3-D models and 2-D drawings.

able limits if they are known from the beginning, and steps are taken to supplement the scanning with other techniques such as hand drawings or photographs. Our concern here is not so much technical constraints (e. g., the necessity of working at relatively low light levels, below 500 Lux ideally – far lower than the dazzling levels of daytime illuminance typical of outdoor archaeological sites in the Mediterranean), but with the accuracy with which the scan approximates to the object, because the scan becomes in effect a substitute for the original for study purposes. In fact the most important disadvantage, paradoxically, lies in the very creation of the scan itself. After the object has been scanned, researchers will return to their institution, to work with the virtual copy. The scan of course cannot be the same as the object, it can only be an approximation, one that is conditioned by certain characteristics.

The information we obtain from a scanner exists as a point-cloud. This point-cloud is the quality determining factor. It follows that the more dense the cloud, the more accurate the virtual reproduction. A denser cloud requires more scanning time, but this is not the limiting factor. With a resolution of 0.5 mm–0.8 mm the scanner typically delivered 12 million faces for our group of capitals, equivalent to a file size that was too large or ‘heavy’ to be manipulated with affordable hardware (especially memory) and software. What use has the densest possible point-cloud if in practice computers cannot handle it? So the resolution has to be kept down to a reasonable limit, 3 million faces instead of the 12 million, and from this follows a series of negative consequences. Small-scale historical traces, such as tool marks, might not be visible at a reduced resolution. It is also important to note that while completely smooth surfaces are clearly distinguishable from rough ones, different kinds of roughness can be hard to discern. Surfaces may be rough because they were originally made rough, or because they were damaged, yet such differences might not be visible from the scan.

The geometrical characteristics of the object are also significant. For example, an object like an Ionic capital may include some surfaces that meet at a sharp arris, such as the darts of the egg-and-dart ornament that run around the echinus. When making careful observations by eye, and perhaps touch, this can become clear, despite the fact that the arris may have been eroded, with the exception of some occasional protected areas. But because a scan registers points generated on a grid, like throwing a net over the capital, it is understandable that only a few points may happen to coincide with surviving parts of the arris. Relying only on the scan, one could have the impression that the ridge of a dart was rounded, missing the fact that it was originally sharp.

To improve the accuracy of interpretation it is therefore necessary to take abundant high-resolution photographs, but even these may not show critical points of information, especially when they are hidden from the view of the camera lens. For this reason we have to draw sketches recording characteristics of interest and referencing them to their location. Even the most modern technologies and the most highly advanced software cannot, and must not, replace the reading and understanding we get from careful observation of the original.

3 Graphic Considerations

After these observations relating to the recording and handling of the data and its limitations, our next concern is with the elaboration of the data off-site. At this stage a procedure has to be put in place (cf. Fig. 2), by which the point cloud is converted into a mesh that can be imported into suitable software programs, in our case Rhinoceros, Nurbs modelling programme for Windows, provided by McNeel Europe (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES 2002). Then questions of representation come to the fore, and also of the reconstruction of the object in its hypothetical original ideal state.

Regarding representation, a key challenge for any new technique is to adapt itself to the conventions of publication and study.

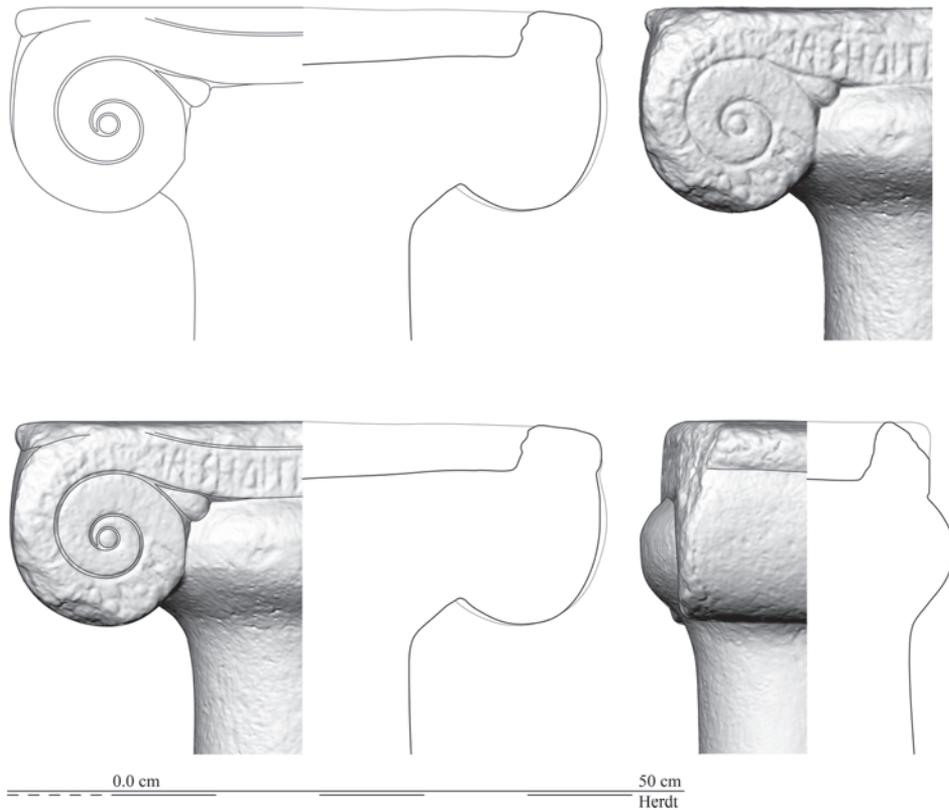


Fig. 3: Naxos, votive column, elevations and sections with scans.

This still requires the creation of traditional drawings in the form of plans, sections and elevations. Before this can be done the side to be drawn has to be orthogonal to the viewing plane. Then the scan is qualified to serve as a background image for tracing via the use of a 2-D programme. The representation of the scan (which presents itself as surfaces) in the form of an elevation made up of lines involves decisions and judgement, just as in the case of drawing an object traditionally. The question of style is of course a matter of personal preference or taste. Should we lose the delicate information-rich qualities of the hand drawing, which did such a good service over so many years? The superimposition of scan and projection just mentioned also raises the possibility of new types of hybrid image, in which the intensity of the scan background can be

adjusted as desired (cf. Fig. 3). Using this technique it is possible to convey convincingly roundness and other volumetric characteristics that are problematic by means of line drawing alone.

Cross-sections may be created in a similar way to the drawing of elevations. Here the main advantage of the 3-dimensional scan comes into play; any cross-section at any chosen location can easily be split off from the other parts, highlighted and drawn as a 2-dimensional profile. The scan resembles a picture, but with the benefit of containing 3-D information, with infinite possibilities for subsequent interrogation. This is quite different from the 2-D outcomes of traditional surveys, by which the researcher returns to his or her place of work with only a limited number of profiles.

4 Reconstruction

When turning to 3-dimensional reconstructions (cf. Fig. 4), their creation from the scan is not simple; it cannot be done by pressing a button, in fact the model has to be created line by line, surface by surface, each with its individual shape. As in the case of making the sections, the scan can be interrogated for profiles wherever one wants, by splitting the mesh as often as necessary. After the profiles are redrawn, the model can be created from them. Just as the original may have been broken or incomplete, so too is the scan, leaving room for interpretation. Trial and error is an important part of the process, with many more possibilities for reversibility than when fragments are integrated using plaster. For such work the knowledge and experience of the person doing the reconstruction is inevitably the quality determining factor, yet the 3-D scan is able to enhance the level of quality, because it can be compared with the reconstruction at any level of detail, unmercifully showing any deviations. In some way it is as if the reconstruction is ‘wrapped’ around the scan. At positions where the reconstruction is too far from the scanned surface a gap appears, or, if the reconstruction is too close to the scan, or actually within it, the two surfaces intersect. With patience an accurate model, within the tolerances we choose to work



Fig. 4: Naxos, votive column, reconstruction.

with, can be made with negligible differences between the reconstruction and the original. In other words the reconstruction becomes a virtual replica of the hypothetical ideal or undamaged original.

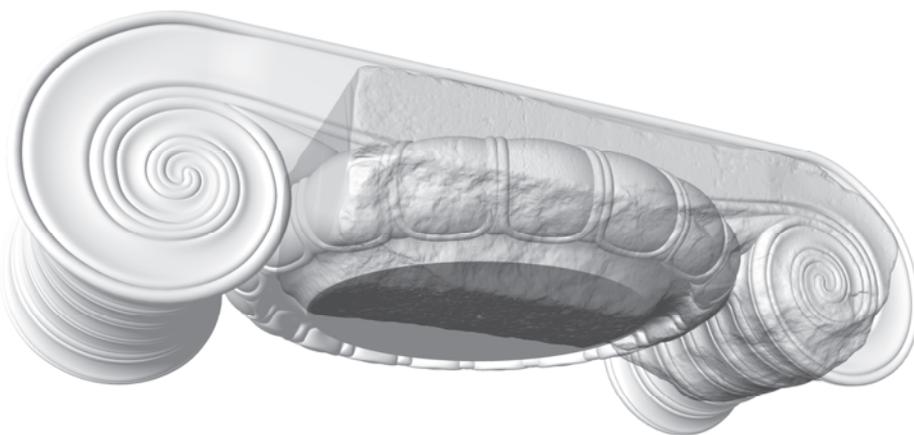


Fig. 5: Naxos, Yria, frontal capital of the Dionysos-temple, superimposition of scan and reconstruction.

For the visualisation which comes at the end of the modelling, different possibilities are available. The original scan (cf. Fig. 1) and the reconstruction (cf. Fig. 4) can be compared, either in the form of prints or video, or simply on the screen. It is useful to show together in the same file the original scan and a semi-transparent reconstruction, as in the case of the visualisation of a capital (cf. Fig. 5) from the temple of Yria, Naxos (GRUBEN 1991, OHNESORG 1996). This differentiation is extremely effective, since it reveals several things at the same time:

- the extent of preservation of the artefact compared to the original state
- the fidelity of the reconstruction compared to the scan
- the quality of the modelling.

For the purpose of creating elevations certain aspects of the model do not have to be perfectly resolved, especially anything that lies behind the surface viewed in elevation. But changing the object properties to transparency introduces a technical challenge. From now on every part that would usually be hidden behind the surface becomes visible. To avoid confusing, overlapping or unnecessary pieces, the model has to be created extremely carefully. It is best to create a single, 'watertight' object, with all surfaces perfectly joined to their neighbours.

With watertight virtual objects another new possibility is available. A rapid proto-

typing machine allows us to print the computer model as real haptic models, as in the case of the votive column (cf. Fig. 6) of the Naxians at Delphi (AMANDRY 1953), using a variety of materials (depending to the budget). The one illustrated in Fig. 6 was made of a relatively cheap plaster-based medium.

5 Conclusions

The possibilities offered to us by the new technologies described in this paper, such as the ability to superimpose scans and reconstructions (cf. Fig. 5), or to 'print' in 3-D (cf. Fig. 6), promise to advance archaeological research in exciting ways. However, as we mentioned earlier, the benefit of technology can still be enhanced by traditional drawing techniques and observation. Indeed these remain vital if information about an object is not to be lost or misrepresented in creating the virtual copy. The process of modelling is not just a mechanical exercise, it requires interpretative skill and artistic or architectural sensibilities. So far we have no machine invented that is able to replace the qualitative analysis of thinking human beings.

Acknowledgements

We would like to thank The Scan Team (www.thescanteam.co.uk), and in particular Mark Phillips, who acted as subcontractor

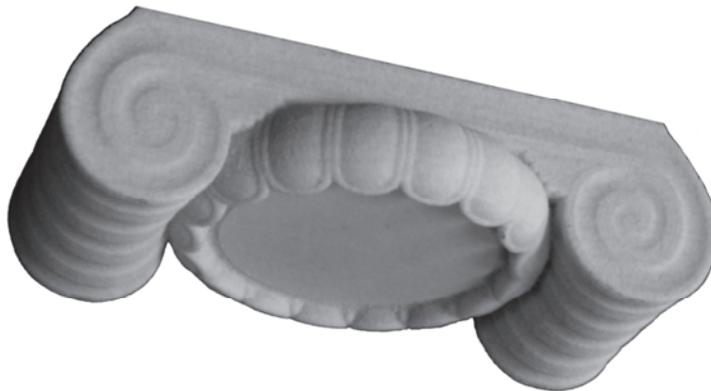


Fig. 6: Delphi, capital of the Sphinx of the Naxians, model created by rapid prototyping.

on this project. We are also grateful to David Scahill and Maria Pilali of the American School of Classical Studies in Athens for arranging the permits kindly granted by the Greek authorities. David Scahill and Mantha Zarmakoupi also provided valuable logistical support during the field trip itself.

This research depended fundamentally on Professor Paul Richens, who was instrumental in setting up the project and resolving the full range of technical issues involved in carrying it out. Paul Shepherd's mathematical expertise was invaluable in helping us with decimation and other processes prior to modelling.

References

- AMANDRY, P., 1953: *La Colonne des Naxiens et le Portique des Athéniens*. – Fouilles de Delphes, Tome II, Topographie et Architecture, De Boccard. Paris, France.
- BARLETTA, B., 2001: *The Origins of the Greek Architectural Orders*. – Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- GRUBEN, G., 1989: Das älteste marmorne Volutenkapitell. – *Istmitt* **39**: 161–172.
- GRUBEN, G., 1991: Anfänge des Monumentalbaus auf Naxos. – *Bautechnik der Antike*, Hrsg. A. Hoffmann – Philipp von Zabern, Berlin, Germany: 63–71.
- GRUBEN, G., 2001: *Griechische Tempel und Heiligtümer*. – 5. Aufl., Hirmer, München, Germany.
- HELLMANN, M. -C., 2002: *L'Architecture greque 1, Les principes de la construction*. – Picard, Paris, France.
- MCNEEL, R. & ASSOCIATES, 2002: *Rhinoceros*. – NURBS modeling for Windows. Version 3.0 User's Guide, Seattle, USA.
- OHNESORG, A., 1996: *Votiv oder Architektursäulen*. – Säule und Gebälk, Hrsg. E.-L. Schwandner, von Zabern, Mainz am Rhein, Germany: 39–47.
- WILSON JONES, M., forthcoming: *Gifts to the Gods. The conception of temples and orders in ancient Greece*. – Yale UP, London, UK.
- THEODORESCU, D., 1980: *Le chapiteau ionique grec*. – Essai monographique, Paris, France.

Address of the Authors:

Dipl.-Ing. GEORG HERDT & MARK WILSON JONES,
Department for Architecture & Civil Engineering,
University of Bath, Bath BA2 7AY, UK,
e-mail: g.herdt|m.w.jones@bath.ac.uk.

Manuskript eingereicht: Januar 2008
Angenommen: Mai 2008

Überprüfung der Baumhöhenbestimmung aus Daten flugzeuggetragener Laserscanner in strukturreichen Naturwäldern des Nationalparks Bayerischer Wald

MARCO HEURICH, Grafenau & ECKHARD KENNEL, Freising

Keywords: Forest Inventory, Digital Crown Model, Laser Scanning, Height determination

Summary: *Evaluation of tree height determination from airborne laser scanner data over the richly structured natural forests of the Bavarian Forest National Park.* The purpose of this study was to investigate the accuracy of manual tree height measurements with airborne laser scanners. The study material included small-footprint time-of-flight laser scanner data acquired in the spring and summer of 2002 using a TopoSys Falcon II airborne laser system over the montane mixed forests dominated by Norway spruce (*Picea abies*) and European beech (*Fagus sylvatica*) of the Bavarian Forest National Park near Passau, Germany. A data set based on 3055 trees in 23 different stands was available for the determination of the accuracy of tree height measurements using laser scanning data. 1001 of these trees could be correctly identified visually with the laser scanning data. Tree heights are underestimated by an average of 0.53 m. The standard deviation was 1.24 m. The average value of the absolute tree height differences was 1.01 m, with a standard deviation of 0.9 m. The underestimation of height was greater among conifers (0.74 m) than among deciduous trees (0.37 m). However, the standard deviation was higher for deciduous trees (1.43 m) than for conifers (1.25 m). The deviation in height was corrected with the aid of regression models attaining a coefficient of determination of 0.99 m. In regard to height measurements, these results indicate a similar level of accuracy as those acquired through conventional forestry practices. Indeed, there are some indications that they may even be more accurate.

Zusammenfassung: Das Ziel dieser Studie war es, die Messgenauigkeit von flugzeuggetragenen Laserscannern für die Baumhöhenbestimmung zu überprüfen. Dazu wurden im Frühling und Sommer 2002 Daten mit dem flugzeuggetragenen Laserscanner Falcon II der Firma TopoSys in den von Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Fichte (*Picea abies*) dominierten Wäldern des Nationalparks Bayerischer Wald erfasst. Dafür stand ein Datensatz von 3055 Bäumen zur Verfügung. Davon konnten 1001 Bäume eindeutig mit Hilfe des DWM visuell identifiziert werden. Im Mittel wurde die Baumhöhe um 0,53 m unterschätzt. Die Standardabweichung betrug 1,24 m. Der Mittelwert der absoluten Baumhöhendifferenzen lag bei 1,01 m, deren Standardabweichung bei 0,9 m. Dabei war die Unterschätzung der Baumhöhen bei den Nadelbäumen mit 0,74 m stärker ausgeprägt als bei den Laubbäumen (0,37 m). Im Gegenzug war die Standardabweichung bei den Laubbäumen (1,43 m) größer als bei den Nadelbäumen (1,25 m). Die Korrektur der Höhenabweichungen wurde mit Regressionsmodellen durchgeführt, die ein Bestimmtheitsmaß von 0,99 erreichten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhenmessgenauigkeit von flugzeuggetragenen Laserscannern zumindest der von herkömmlichen forstlichen Methoden entspricht, einige Indizien deuten sogar darauf hin, dass sie besser ist.

1 Einleitung

Die genaue Erfassung von Baum- und Bestandeshöhen ist von zentraler Bedeutung

für die Charakterisierung der Wälder im Rahmen von Waldinventuren. Bereits mit dieser Größe lassen sich relativ gute Abschätzungen des Holzvorrates oder der Bio-

masse vornehmen. Schon EICHHORN (1904) stellt fest, dass „zwei Bestände unabhängig von der Bonität das gleiche Volumen haben, wenn ihre Mittelhöhe übereinstimmt“. Eine genaue 3D-Abbildung von Boden- und Bestandesoberfläche zur Bestandeshöhenermittlung ist damit eine wesentliche Voraussetzung, um Fernerkundungssensoren erfolgreich für forst- und naturschutzfachliche Fragestellungen in Wäldern einsetzen zu können.

Dabei spielt das digitale Geländemodell (DGM) eine sehr wichtige Rolle. Erst durch das DGM als Bezugsoberfläche lassen sich weitere Analysen durchführen. Ein genaues DGM ist damit die Grundlage für viele weiterführende Auswertungen. Je nach Anwendung bestehen dabei unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen. Wenn nur Bestandeshöhen ermittelt werden sollen, sind die Anforderungen geringer, als wenn die Höhe von einzelnen Bäumen bestimmt werden soll. Bei der Bestimmung des Oberflächenmodells (DOM) soll die Waldoberfläche möglichst genau dreidimensional abgebildet werden.

Wellenlängen aus dem optischen Bereich werden bereits im Kronenbereich absorbiert. Hier finden die Wechselwirkungen auf Molekülebene (Wasser, Zellpigmente) statt, so dass sie Rückschlüsse auf Blattchemie, -struktur und -zustand erlauben (HILDEBRAND 1996). Die damit verbundenen Verdeckungen (Okklusionen) verhindern aber das Eindringen der Strahlung bis in tiefer gelegene Vegetationsschichten. Deshalb eignen sich passive Sensoren im optischen Bereich auch nicht besonders gut für die direkte Schätzung von Bestandeshöhe und Holzvorrat in vorratsreichen Wäldern. Bestätigt wird diese Überlegung von HYYPPÄ et al. (2000), die beim Vergleich mehrerer passiver optischer Sensoren für die Schätzung von Bestandeshöhe und Holzvorrat einen Fehler von 40 bzw. 50% ermitteln. Die Untersuchungen zeigen, dass in Bereichen mit geringen Holzvorräten eine Über- und in Bereichen mit hohen Holzvorräten eine Unterschätzung der tatsächlichen Werte erfolgt (REESE et al. 2003). Allerdings können mit Hilfe von Stereobildern aus optischen Daten

über Bildzuordnungstechniken bessere Ergebnisse erzielt werden.

Mit aktiven Sensoren ist man in der Lage, die Bestandesoberfläche partiell zu durchdringen. Allerdings ist diese Fähigkeit im Sommer durch die hohe Vegetationsdichte – insbesondere bei Laubbäumen – eingeschränkt. Im Winter wiederum sind die Bedingungen zur Modellierung des DGM sehr günstig. Allerdings ist es in dieser Jahreszeit schwieriger, ein genaues DOM über Laubwaldbereichen abzuleiten, da die Laserstrahlen unterschiedlich weit in die Krone eindringen und deshalb die Baumhöhen bei geringen Punktdichten unterschätzt werden. Je nach eingesetztem System wird nur die erste (First Pulse) und letzte Reflexion (Last Pulse) des Laserimpulses, mehrere Reflexionen oder der gesamte Signalverlauf (Full waveform) aufgezeichnet. Die Berechnung des DGM erfolgt anschließend aus den Last Pulse- und die des DOM aus den First-Pulse-Daten. Unter optimalen Bedingungen haben Laserscanner eine sehr gute absolute Höhenmessgenauigkeit. So können bei leicht einzusehenden, unbewachsenen Oberflächen wie Straßen oder Tennisplätzen Genauigkeiten von unter 15 cm in der Höhe und 30 cm in der Lage erreicht werden. Dabei setzt sich dieser Fehler aus Messungenauigkeit der einzelnen Sensoren GPS, INS und Laserentfernungsmesser zusammen (CROMBAGHS et al. 2002).

Aufgrund der zentralen Bedeutung für forstliche Fragestellungen soll in dieser Arbeit die Messgenauigkeit von Laserscannern zur Erfassung von Einzelbaumhöhen untersucht werden. Grundlage für die Überprüfung der mit Hilfe von Laserscannern bestimmten Baumhöhen ist dabei eine umfangreiche Referenz von am Boden mit herkömmlichen Methoden bestimmten Baumhöhen. Dabei wurden die Messdifferenzen manuell bestimmt, um Fehler, die beispielsweise durch eine automatische Baumsegmentierung entstehen, ausschließen zu können.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Nationalpark Bayerischer Wald in Südost-

deutschland an der Grenze zur Tschechischen Republik. Es handelt sich um ein Mittelgebirge mit einer Höhererstreckung zwischen 600 und 1453 m. Innerhalb des Parks kommen drei Hauptwaldökosysteme vor:

- a) Hochlagen: Über 1100 m befinden sich natürliche Fichtenwälder, die vor allem aus der Rotfichte (*Picea abies*) gebildet werden. Als Begleiter tritt die Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) auf.
- b) Hanglagen: Auf den Hängen zwischen 600 m und 1100 m wachsen Bergmischwälder, die sich aus Rotfichte, Weißtanne (*Abies alba*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) zusammensetzen.
- c) Tallagen: In den durch Nassböden und nächtlichen Kaltluftstau geprägten Tallagen wachsen wiederum vor allem Rotfichten, Vogelbeere und Birken (*Betula pendula*, *Betula pubescens*; HEURICH & NEUFANGER 2005).

Im Nationalpark wurde 2002 ein Testgebiet für Fernerkundung eingerichtet, in dem die Eignung verschiedener Sensoren und Auswertemethoden für die Erfassung von Waldstrukturen überprüft werden soll (HEURICH 2006).

2.1 Laserscannerdaten

Für die Aufnahmen wurde der flugzeuggetragene Laserscanner Falcon II der Firma TopoSys (Topografische Systemdaten GmbH) verwendet. Die Befliegung der Testgebiete fand zu drei verschiedenen Terminen im laublosen (März und Mai 2002) und belaubten Zustand (September 2002) statt. Das Scanmuster auf dem Boden zeigt einen geringen Abstand der Messpunkte in Flugrichtung und einen großen Abstand der Messpunkte quer zur Flugrichtung. Details zum System finden sich unter WEHR & LOHR (1999) und SCHNADT & KATZENBEISSER (2004).

Die durchschnittliche Punktdichte während dieser Flüge lag bei 5 Messpunkten pro m² im laublosen und 10 im belaubten Zustand. Für jeden emittierten Laserpuls wurde die erste und letzte Reflexion des Laser-

Tab. 1: Systemparameter der Laserscannerbefliegungen.

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Scannertyp | Gepulster Faserlaser |
| Wellenlänge | 1560 nm |
| Pulsdauer | 5 nsec |
| Zeilenfrequenz | 653 Hz |
| Pulsrate | 83 000 Hz |
| Blickwinkel | 14.3° |
| Datenaufzeichnung | First- und Last pulse |
| Flughöhe | 800 m |
| Durchmesser Laserstrahl am Boden | 0.8 m |
| Punktabstand in Flugrichtung | 0.12 m |
| Punktabstand quer zur Flugrichtung | 1.6 m |

strahls aufgezeichnet. Die Systemparameter des Fluges sind in Tab. 1 aufgeführt. Anschließend wurden die Datensätze mit der TopPit-Software (TopoSys Processing and Imaging Tool) prozessiert und klassifiziert.

2.2 Referenzflächen

Insgesamt wurden dreiundzwanzig für die verschiedenen Waldökosysteme repräsentative Versuchsflächen erfasst. Sie haben eine Größe zwischen 0,1 und 0,25 ha und sind nach den verschiedenen Waldentwicklungsstadien (BOBIEC et al. 2000, HEURICH & NEUFANGER 2005) stratifiziert:

Jugendstadium (JS): Aufwachsen bis Dickungsschluss.

Wachstumsstadium (WS): Holzvolumenaufbau bis zur Kulmination des laufenden Zuwachses.

Reifungsstadium (RS): Abklingen des Holzvolumenaufbaus und der Zuwachsleistung, „Vitales Erscheinungsbild“.

Verjüngungsstadium (VS): Hochwachsen der Verjüngung im Schutz der Altbäume.

Pleterstadium (PS): Waldstruktur mindestens dreischichtig (incl. Zwischenschicht und Vorausverjüngung); auch Moor- und Moorrandbestockungen (i. d. R. Hoch- und Übergangsmoorstandorte).

Mortalstadium (MS): Flächen ohne lebende Bäume mit stehendem und/oder liegendem Totholz.

Die Felddatenerfassung fand zwischen Mai und November 2002 statt. Auf den Versuchsfeldern wurden Brusthöhendurchmes-

ser (Durchmesser eines Baumes in 1,3 m Höhe gemessen), Baumart, Baumhöhe und Kronenansatz für alle Bäume größer 5 m bestimmt. Dabei wurden die Höhenmessungen mit dem „Vertex III“ System entsprechend den Definitionen von KRAMER & AKCA (1995) durchgeführt. Jede Stammpro-

Tab. 2: Beschreibung der Untersuchungsflächen.¹

| Flächen Nr. | WES | Baumarten | Lbh. [%] | Alter [a] | Höhe NN [m] | Neigung [%] | Flächen-größe [m ²] |
|-------------|-----|--------------------|----------|-----------|-------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | MS | Fi, Vobe | 8 | 10 | 1180 | 5,5 | 20 × 150 |
| 2 | MS | Fi, Vobe | 13 | 10 | 1190 | 4,6 | 20 × 100 |
| 3 | MS | Fi, Vobe | 21 | 10 | 1180 | 9,8 | 20 × 100 |
| 4 | MS | Fi, Vobe | 27 | 10 | 1180 | 0,7 | 20 × 120 |
| 5 | JS | Fi, Vobe, ELbh | 70 | 20 | 873 | 5,7 | 10 × 280 |
| 6 | WS | Fi | 1 | 65 | 1235 | 24.2 | 20 × 50 |
| 7 | WS | Fi | 3 | 40 | 810 | 2.7 | 20 × 50 |
| 8 | WS | Fi, Vobe, Bu, ELbh | 100 | 70 | 1160 | 20.2 | 20 × 50 |
| 9 | RS | Fi, Bu, ELbh | 41 | 75 | 805 | 2.9 | 20 × 60 |
| 10 | RS | Bu, ELbh, Fi | 96 | 95 | 875 | 13.0 | 20 × 60 |
| 11 | RS | Bu | 100 | 105 | 835 | 4.6 | 20 × 60 |
| 12 | VS | Fi | 0 | 160 | 1240 | 9.5 | 20 × 80 |
| 13 | VS | Fi | 0 | 135 | 1225 | 1.5 | 20 × 50 |
| 14 | VS | Fi | 0 | 95 | 765 | 13.1 | 20 × 50 |
| 15 | VS | Fi | 4 | 90 | 710 | 13.6 | 20 × 50 |
| 16 | VS | Bu, Fi, ELbh | 74 | 120 | 850 | 16.8 | 20 × 50 |
| 17 | VS | Bu, Fi | 100 | 30 | 820 | 5,5 | 50 × 50 |
| 18 | VS | Bu, ELbh | 100 | 110 | 890 | 15.3 | 20 × 50 |
| 19 | PS | Fi | 0 | 165 | 1220 | 11.5 | 20 × 50 |
| 20 | PS | Fi, Ta | 1 | 250 | 610 | 0.4 | 20 × 50 |
| 21 | PS | Fi, Ta | 4 | 170 | 640 | 16.9 | 20 × 60 |
| 22 | PS | Bu, Fi, ELbh | 71 | 170 | 885 | 29.8 | 20 × 100 |
| 23 | PS | Bu, Fi, ELbh | 86 | 170 | 860 | 6.4 | 20 × 100 |

¹ WES: Waldentwicklungsstadien. MS: Mortalitätsstadium, JS: Jugendstadium, WS: Wachstumsstadium, RS: Reifungsstadium, VS: Verjüngungsstadium, PS: Plenterstadium, Baumarten: die wichtigste Baumart wird an erster Stelle genannt, Lbh. (Laubholzanteil in Prozent). Fi: Fichte; Vobe: Vogelbeere; Bu: Buche; Ta: Tanne; ELbh: Edellaubholz.

sition wurde sehr genau mit Tachymetermessungen und DGPS bestimmt. Die absolute Lagegenauigkeit wurde genau überprüft und auf 5 cm geschätzt. Das Holzvolumen jedes Baumes wurde mit Volumenfunktionen nach KENNEL (1973) bestimmt. Die Beschreibungen der Versuchsbestände finden sich in Tab. 2.

3 Methodisches Vorgehen

Für die im Folgenden beschriebenen Analysen wurden das Laserscanner-DGM aus der Winterbefliegung (ohne Laub) und das DOM aus der Sommerbefliegung (mit Laub) verwendet. Anschließend wurde durch Subtraktion des DGM vom DOM ein digitales Waldmodell (DWM) erstellt, welches die normalisierte Waldhöhe beschreibt.

Tab. 3: Anteil von Einzelbäumen in Prozent, die in dem Laserscanner-Waldhöhenmodell durch visuelle Interpretation eindeutig einem am Boden gemessenen Baum zugeordnet werden konnten.

| | Mischwald | Nadelwald | Totholz | Gesamt |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Oberschicht | 69.3 | 73.4 | 77.7 | 72.4 |
| Zwischenschicht | 17.1 | 14.6 | 59.8 | 21.3 |
| Unterschicht | 2.9 | 0.7 | 40.9 | 8.3 |
| Gesamt | 24.4 | 37.0 | 56.2 | 33.1 |

Es gibt den Abstand zwischen Bodenoberfläche und dem jeweils exakt lotrecht darüber erfassten Vegetationsbestandteil, also die Höhe der Bäume, wieder.

Durch Verwendung eines Geoinformationssystems war es nun möglich, Baumgipfel als lokales Maximum im DWM zu erkennen und den dazu korrespondierenden Höhenwert zu bestimmen. Die exakte Positionsbestimmung, der auf dem Boden gemessenen Bäume, war die Voraussetzung dafür, dass diese mit dem Geoinformationssystem lagerichtig zusammen mit dem DWM am Bildschirm dargestellt werden konnten. Damit war ein direkter Vergleich von den vom Boden bestimmten Baumhöhen mit den aus dem DWM gemessenen Baumhöhen möglich. Aus den Messwertdifferenzen für die Gruppen Nadelbäume, Laubbäume und Totholz (abgestorbene Nadelbäume, die z.T. abgebrochen sind) wurden Mittelwert, Standardabweichung (relativ) und RMS-Fehler berechnet. Zusätzlich wurde für die Beträge der Messwertdifferenzen die Standardabweichung berechnet (absolut).

4 Ergebnisse

Für die Auswertungen wurden nur die Bäume der Bodenreferenz berücksichtigt, die eindeutig im DWM identifiziert werden konnten (siehe Tab. 3). Von den relevanten Bäumen der Oberschicht (bis 2/3 Oberhöhe) konnten über 72% im DWM eindeutig erkannt werden. In der Mittel- und Unter-

Tab. 4: Vergleich der Differenzen von Baumhöhenmessungen durch Laserscanner und terrestrische Referenzmessungen (Vertex-Baumhöhenmesser).

| | Anzahl | Mittelwert (relativ) [m] | Standardabweichung (relativ) [m] | Mittelwert (absolut) [m] | Standardabweichung (absolut) [m] | RMS Fehler [m] |
|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------|
| Laubbäume | 308 | -0.37 | 1.43 | 1.17 | 0.90 | 1.48 |
| Nadelbäume | 448 | -0.79 | 1.25 | 1.14 | 0.95 | 1.48 |
| Totholz | 245 | -0.26 | 0.79 | 0.55 | 0.62 | 0.84 |
| Alle Messungen | 1001 | -0.53 | 1.24 | 1.01 | 0.90 | 1.35 |

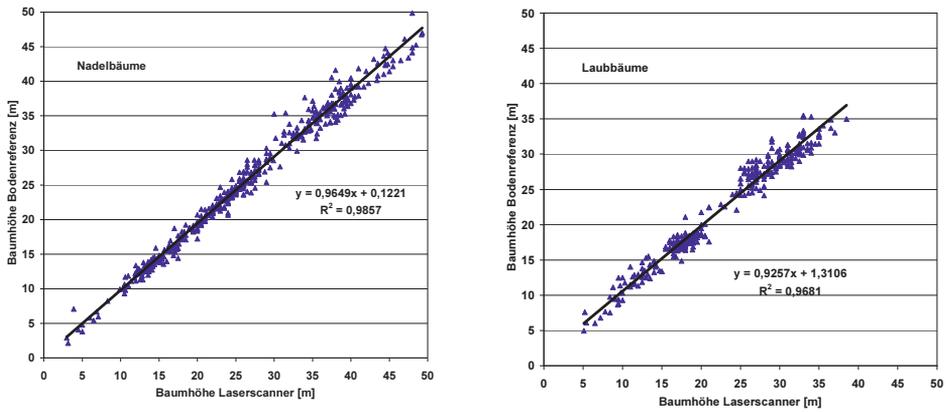


Abb. 1: Ausgleichung der Unterschätzung der Baumhöhen mit einer linearen Regression.

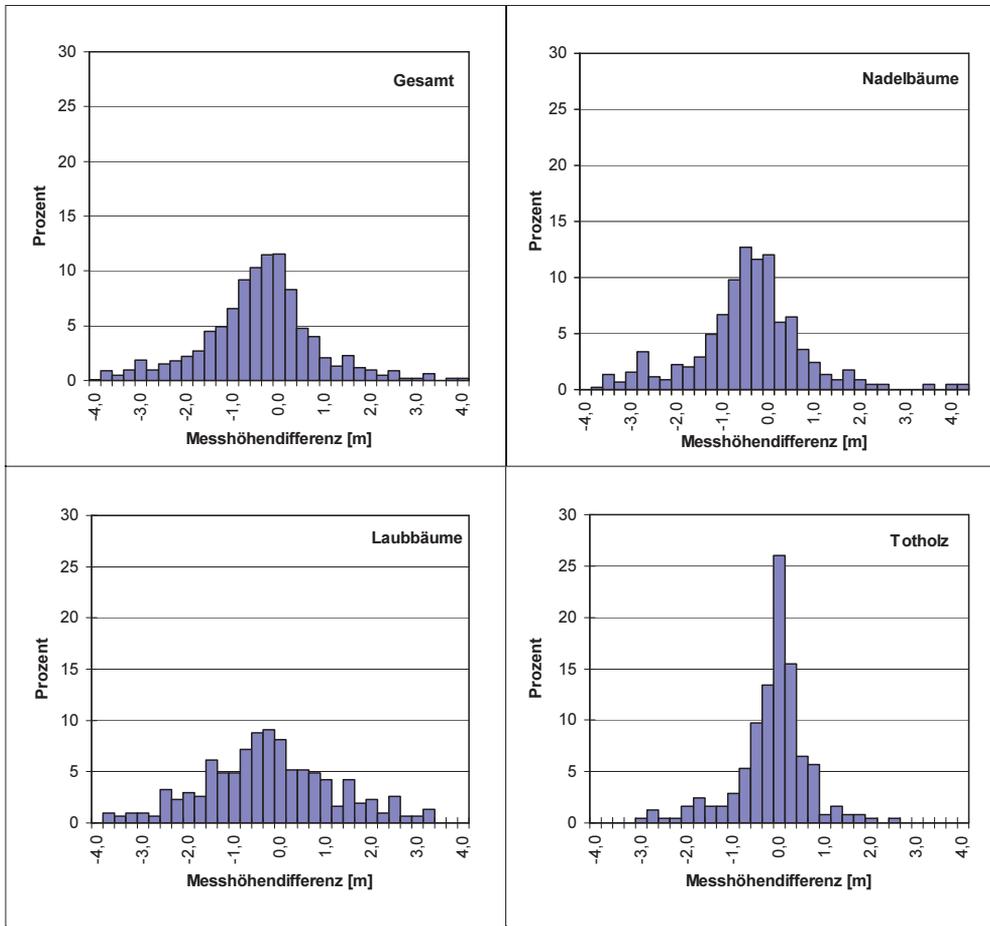


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Differenzen zwischen den mit Laserscannern bestimmten Baumhöhen und den korrespondierenden terrestrischen Referenzmessungen.

schicht war die Identifizierungsrate mit 21,6 bzw. 8,3% erwartungsgemäß niedriger, da diese Bäume aufgrund ihrer geringen Größe meist nicht im DWM abgebildet werden. Am höchsten war sie beim Totholz, gefolgt vom Nadelwald und vom Mischwald.

Für die Analysen wurden die aus dem DWM ermittelten Baumhöhen mit den Daten der Bodenreferenz verglichen (siehe Tab. 4). Der Mittelwert der Messhöhendifferenz aller gemessenen Bäume beträgt $-0,53$ m. Das bedeutet, dass die mit dem Laser ermittelten Baumhöhen um etwa ei-

nen halben Meter geringer ausfallen, als die am Boden bestimmten Referenzdaten (Ground truth). Bei den Nadelbäumen ist diese Abweichung mit $-0,79$ m am stärksten ausgeprägt, während sie bei den abgestorbenen Bäumen mit $-0,26$ cm den niedrigsten Wert erreicht. Auch bei den Laubbäumen ist dieser Fehler mit $-0,37$ m relativ gering. Vergleicht man den Mittelwert der absoluten Abweichungen, ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier erreichen Nadel- und Laubbäume mit 1,14 und 1,17 m ein sehr ähnliches Ergebnis. Der Wert für die

Tab. 5: Vergleich der Baumhöhenbestimmung durch Laserscanner mit den Baumhöhenmessungen im Gelände auf den einzelnen Referenzflächen.

| Flächen Nr. | Anzahl gemessener Bäume | Mittelwert (relativ) [m] | Standardabweichung (relativ) [m] | Mittelwert (absolut) [m] | Standardabweichung (absolut) [m] | RMSE [m] |
|-------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 80 | -0.37 | 0.76 | 0.59 | 0.60 | 0.84 |
| 2 | 61 | -0.55 | 1.35 | 1.10 | 0.95 | 0.43 |
| 3 | 41 | -0.17 | 0.78 | 0.51 | 0.81 | 0.79 |
| 4 | 51 | -0.46 | 1.00 | 0.79 | 0.77 | 1.10 |
| 5 | 56 | 0.32 | 1.40 | 1.00 | 1.02 | 1.42 |
| 6 | 88 | -0.61 | 0.71 | 0.77 | 0.53 | 0.93 |
| 7 | 68 | -0.94 | 0.95 | 1.07 | 0.80 | 1.33 |
| 8 | 91 | -0.31 | 0.93 | 0.77 | 0.60 | 0.97 |
| 9 | 36 | -0.56 | 1.14 | 0.99 | 0.78 | 1.25 |
| 10 | 40 | -0.10 | 1.42 | 1.14 | 0.84 | 1.41 |
| 11 | 34 | -1.29 | 1.12 | 1.39 | 0.99 | 1.70 |
| 12 | 39 | -0.78 | 0.57 | 0.81 | 0.53 | 0.96 |
| 13 | 38 | -1.01 | 0.69 | 1.07 | 0.59 | 1.22 |
| 14 | 38 | -1.80 | 1.50 | 2.09 | 1.04 | 2.33 |
| 15 | 21 | -1.87 | 1.36 | 2.04 | 1.06 | 2.29 |
| 16 | 24 | -1.07 | 1.82 | 1.74 | 1.18 | 2.08 |
| 17 | 51 | -0.13 | 1.14 | 0.85 | 0.77 | 1.34 |
| 18 | 25 | -0.78 | 2.08 | 1.99 | 0.93 | 2.19 |
| 19 | 26 | 0.17 | 0.88 | 0.65 | 0.60 | 0.88 |
| 20 | 18 | -0.29 | 1.95 | 1.52 | 1.21 | 1.92 |
| 21 | 15 | -0.42 | 1.67 | 1.94 | 0.93 | 2.13 |
| 22 | 27 | -0.55 | 1.71 | 1.44 | 1.05 | 1.77 |
| 23 | 33 | -0.41 | 1.72 | 1.32 | 1.15 | 1.74 |

abgestorbenen Nadelbäume ist mit 0,55 nur etwa halb so hoch. Die Ergebnisse für die einzelnen Flächen sind in Tab. 5 dargestellt.

Die Nadelbäume erreichen auf den Referenzflächen häufig Höhen von über 25 m bis zu 47 m. Bei solch großen Baumhöhen wird der Erfahrung nach der Fehler der terrestrischen Höhenmessung immer größer. So zeigte sich, dass die Messhöhendifferenz bei Bäumen über 30 m im Mittel $-1,80$ m bei einer Standardabweichung von 1,55 m beträgt, während sie bei den niedrigeren Bäumen nur $-0,32$ m (Standardabweichung 1,04 m) aufweist.

Um die Unterschätzung der Baumhöhen auszugleichen, wurden lineare Regressionen gerechnet. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt.

Die Variabilität der Messungen war bei den Laubbäumen mit einer Standardabweichung der relativen Messwertdifferenzen von 1,43 m besonders hoch. Sehr wenig haben die Messungen hingegen beim Totholz gestreut, so dass die Standardabweichung hier nur 0,79 m beträgt. Bei den Nadelbäumen beträgt sie 1,25 m. Die Standardabweichung der absoluten Abweichungen ist erwartungsgemäß geringer. Bei diesem Parameter liegen Nadel- und Laubbäume mit etwa 0,9 m gleichauf, mit 0,62 m erreicht das Totholz den niedrigsten Wert. Der RMS-Fehler ist bei Nadel- und Laubbäumen mit 1,48 m identisch. Beim Totholz ist er mit einem Wert von 0,84 m deutlich geringer. Die Häufigkeitsverteilung der Messdifferenzen ist in Abb. 2 dargestellt.

5 Diskussion

Im Vergleich zu herkömmlichen Baumhöhenmessungen bei Waldinventuren schneidet die Baumhöhenermittlung aus dem DWM sehr gut ab. BAUER (2001) untersuchte die Genauigkeit von terrestrischen Höhenmessungen, die mit dem gleichen Verfahren wie in der vorliegenden Studie durchgeführt wurden, bei Waldinventuren, indem er Kontrollmessungen an 1203 Bäumen mit den Erstmessungen verglich. Der Mittelwert der Höhendifferenzen lag bei 0,07 m, es lag also nur ein geringer systematischer Fehler

bei einer der beiden Messungen vor. Die Standardabweichung der Höhenmessungen lag allerdings bei 1,4 m. Der Absolutwert der Differenzen betrug im Mittel 1,01 m bei einer Standardabweichung von 0,98 m. Auch die von ECKMÜLLNER & RIEGER (2000) beschriebenen Fehler bei der Baumhöhenmessung mit dem Messgerät Suunto liegen für Fichte (1,12 m) und Buche (1,64 m) im gleichen Bereich, wie die Abweichungen zwischen Messungen mit dem Laserscanner und terrestrischen Referenzmessungen. Im Gegensatz zu den Referenzmessungen wird die Baumhöhe aus den Laserscannerdaten jedoch unterschätzt, worauf bereits in anderen Untersuchungen hingewiesen wurde (HYYPÄ & INKINEN 1999, PERSSON et al. 2002, GAVEAU & HILL 2003, LECKIE et al. 2003).

Die Unterbestimmung wird im Wesentlichen durch fünf Faktoren beeinflusst:

- a) Zum einen sind die Wipfeltriebe meist sehr dünn. Damit ist die Wahrscheinlichkeit, von einem Laserstrahl getroffen zu werden relativ gering. Auf diese Erklärung deuten auch die Ergebnisse aus den Messungen hin: Die große Unterbestimmung bei den Nadelbäumen erklärt sich dadurch, dass der Wipfeltrieb auf Grund seiner geringen Größe nicht erfasst wird und die Reflexion des Messimpulses erst beim ersten oder zweiten Astquirl erfolgt. Im Vergleich dazu ist die systematische Abweichung bei den abgestorbenen Nadelbäumen viel geringer. Dies hängt damit zusammen, dass diese Bäume häufig abgebrochen sind und die Bruchstelle zusammen mit den verbliebenen Totästen, eine größere Reflexionsfläche besitzt als die Wipfelknospe. Die starken Abweichungen, die GAVEAU & HILL (2003) mit 1,27 m bei Laubbäumen ermittelt haben, konnten hier nicht bestätigt werden. Damit hat ihre Schlussfolgerung, dass ein Teil der Reflexionen bei Laubbäumen erst unter der Kronenoberfläche erfolgt für die vorliegende Studie keine Gültigkeit. Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte das unterschiedliche Reflexionsverhalten von

- Licht- und Schattbaumarten sein. Während in der Studie von GAVEAU & HILL (2003) Lichtbaumarten (Esche, Eiche, Aspe, Birke) untersucht wurden, handelt es sich bei dieser Studie vor allem um Buchen.
- b) Zum ändern wirkt sich auch das Abtastmuster des TopoSys-Laserscanners auf die Messgenauigkeit aus. Während der Punktabstand in Flugrichtung mit im Mittel 0,12 m sehr gering ist, beträgt er quer zur Flugrichtung 1,6 m. Dieses Abtastmuster hat zur Folge, dass Baumspitzen teilweise nicht getroffen werden, da sie sich zwischen den Scanlinien befinden. Aufgrund des raschen Höhenabfalls in den Nadelbaumkronen ist die systematische Abweichung bei den Nadelbäumen auch stärker ausgeprägt als bei den Laubbäumen mit ihrer eher kugelförmigen Krone.
- c) Ein weiterer Grund ist die Aufbereitung der Laserscannerdaten, da die Höhenwerte nicht aus den Rohdaten, sondern aus dem DOM entnommen wurden. Durch die Berechnung des DOM wird der tatsächliche Verlauf der Oberfläche geglättet, was zu einer Unterschätzung der Gipfel und einer Überschätzung der „Täler“ zwischen den Bäumen führt.
- d) Daneben spielt die Messpunktdichte die zentrale Rolle, da eine höhere Messpunktdichte auch die Wahrscheinlichkeit erhöht, den Wipfeltrieb zu treffen. Untersuchungen zeigen, dass sich bei einer Messpunktdichte von unter 5 Punkten/m² die Unterschätzung der Baumhöhe auffällig erhöht (HIRATA 2004, YU et al. 2004).
- e) Auch die Genauigkeit der DGM-Modellierung kann hier bei einzelnen Flächen einen Einfluss auf die Unterschätzung der Bäume haben. So tragen umgestürzte, auf dem Boden liegende Bäume dazu bei, dass die Unterbestimmung beim Totholz (in diesen Beständen befinden sich besonders viele auf dem Boden liegende Bäume), geringer ist als bei den Nadel- und Laubbäumen. Auch die beobachtete „Hebung“ des DGM durch dichte Verjüngung kann einen gewissen Einfluss

ausüben (HEURICH et al. in prep.) Deshalb wurde untersucht, inwieweit die Qualität der Baumhöhenmessung durch ein genaueres DGM verbessert werden kann. Dazu wurde die jeweilige Baumhöhe im DWM um die Abweichung des DGM von der tatsächlichen Höhe des Stammfußes korrigiert. Die einzelflächenweise Auswertung ergab dabei jedoch nur geringe Abweichungen, die sich im Schnitt über alle Flächen auf Null ausmittelten. Die forstlich relevante Messgenauigkeit im Dezimeterbereich bleibt somit von der Verwendung eines korrigierten DGM weitestgehend unbeeinflusst.

Dabei kann die Unterbestimmung der Bäume sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Beispielsweise fanden HYYPPÄ & INKINEN (1999) bei einer Messpunktdichte von 10/m² einen negativen Bias von nur 0,14 m, während PERSSON et al. (2002) bei einer Messpunktdichte von 4/m² und automatischer Kronendelinierung eine Unterschätzung von 1,13 m berechneten. Die von GAVEAU & HILL (2003) bestimmten Abweichungen erreichten 0,91 m für Büsche und 1,3 m für Laubbäume. Die Messpunktdichte in dieser Studie betrug nur 0,2/m². Das heißt, die Unterbestimmung kann in Abhängigkeit von den oben beschriebenen Faktoren stark schwanken und durch eine möglichst hohe Messpunktdichte minimiert werden.

Die Unterschiede in der Streuung der Messwertdifferenzen bei Laubbäumen, Nadelbäumen und abgestorbenen Nadelbäumen können neben dem Abtastmuster des Scanners auch auf die Bedingungen für die Bodenmessungen mit dem Vertex III zurückgeführt werden. Die Streuung bei den abgestorbenen Nadelbäumen ist am geringsten, da hier auch die Bedingungen für die terrestrischen Referenzmessungen am günstigsten sind. Darüber hinaus sind diese Bäume häufig abgebrochen und die Bruchkante stellt ein gutes Ziel dar. Durch ihre geringe Höhe können die Stümpfe relativ genau gemessen werden, darüber hinaus ist auch die Sicht in den abgestorbenen Bestandteilen besser als in geschlossenen Beständen. Auch

bei den Nadelbäumen kann der Wipfeltrieb meist eindeutig angesprochen werden. Größere Abweichungen treten bei den terrestrischen Höhenmessungen im Gelände jedoch bei sehr hohen Bäumen und bei Laubbäumen auf. In beiden Fällen liegt ein Problem darin, die Gipfeltriebe zu erkennen. Insbesondere in der Vegetationsperiode, wenn die Sicht zur Baumspitze durch Blätter behindert ist, kann das in gemischten, strukturierten Beständen sehr schwierig sein. Die Schwierigkeiten, den richtigen Punkt in der Laubbaumkrone anzuvisieren, sind bekannt. Darüber hinaus dürfte der Messwinkel für hohe Bäume sehr steil gewesen sein, da mit dem Vertex-Höhenmesser keine Distanzmessungen über 35 m hinaus durchgeführt werden können. Kleine Ableseungenauigkeiten können dann zu großen Abweichungen führen. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass bei sehr hohen Bäumen und Laubbäumen die Messgenauigkeit des Laserscanners besser als bei Referenzmessung ist, da die Baumhöhe keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit des Laserscanners hat. Zu diesen Schlussfolgerungen kommen auch die Untersuchungen von BRANDTBERG et al. (2003) und HYYPPÄ & INKINEN (1999).

In die Überlegungen zur Messgenauigkeit des Laserscanners wurde die Möglichkeit mit einbezogen, dass durch am Hang schief stehende Bäume ein systematischer Fehler auftritt. Um diesen Fehler abschätzen zu können, wurde für jede Referenzfläche die Hangneigung aus den DGM bestimmt. Darüber hinaus lag für jeden Baum die Entfernung zwischen Stammfußpunkt und Baumspitze vor. Damit war es möglich, unter der Annahme, dass alle Bäume vom Hang weg geneigt sind, ein „Worst Case Szenario“ zu berechnen. Bei 804 ausgewerteten Bäumen ergab sich dabei ein mittlerer Fehler von nur 12,5 cm. Insgesamt war der absolute Messfehler durch die Hangneigung bei 98 % der untersuchten Bäume geringer als 50 cm und kann deshalb für das Untersuchungsgebiet (durchschnittliche Hangneigung der Referenzflächen 10 %) vernachlässigt werden. In Gebieten mit stärkerer Hangneigung muss diese Fehlerquelle jedoch berücksichtigt werden.

6 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann gefolgert werden, dass die Genauigkeit der manuell durchgeführten Baumhöhenmessungen mit Laserscannerdaten zumindest der von terrestrischen Baumhöhenmessungen entspricht. Die Messergebnisse deuten sogar darauf hin, dass die Streuung der Differenzen stärker durch Fehler bei den Referenzmessungen als bei den Laserscannermessungen bedingt sind. Dies zeigt sich vor allem in der höheren Streuung der Messwertdifferenzen bei Laubbäumen und bei Bäumen mit einer Höhe von über 30 m, die nicht auf die Messungen mit dem Laserscanner, sondern auf methodische Schwierigkeiten bei den Referenzmessungen zurückzuführen sind. Die gefundene systematische Unterschätzung der Baumhöhen stellt dabei kein Problem dar, da dieser Fehler mit Hilfe der Regressionsrechnung korrigiert werden kann. Allerdings ist es bislang nicht möglich, einen universellen Korrekturfaktor zu entwickeln, da die Unterschätzung von verschiedenen Faktoren wie Sensortyp, Jahreszeit, Baumart, Messpunktdichte u. a. m. abhängig ist. Trotzdem stellen Laserscanner mit Genauigkeiten im Dezimeter-Bereich die derzeit beste Methode zur flächendeckenden Wiedergabe von Waldoberflächen dar.

Literatur

- ANDERSEN, H.-E., REUTEBUCH, S. & MCGAUGHEY, R., 2005: Accuracy of an IfSAR-derived digital terrain model under a conifer forest canopy. – *Canadian Journal for Remote Sensing* **31** (4): 283–288.
- BAUER, A., 2001: Möglichkeiten zur Extensivierung der Forsteinrichtung im Hochgebirge durch Einsatz moderner Techniken der Luftbildauswertung. – *Forstliche Forschungsberichte München* Nr. **137**.
- BOBIEC, A., VAN DER BURGT, H., MEIJER, K., ZUYDERDUYN, C., HAGA, J. & VLAANDEREN, B., 2000: Rich deciduous forests in Bialowieza as a dynamic mosaic of developmental phases: premises for nature conservation and restoration management. – *Forest Ecology and Management* **130**: 159–175.
- BRANDTBERG, T., WARNER, T. A., LANDENBERGER, R. E. & MCGRAW, J. B., 2003: Detection and

- analysis of individual leaf-off tree crowns in small footprint, high sampling density lidar data from the eastern deciduous forest in North America. – *Remote Sensing of Environment* **85**: 290–303.
- CROMBAGHS, M., OUDE ELBERINK, S., BRÜGELMANN, R. & DE MIN, E., 2002: Assessing height precision of laser altimetry DEMs. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* **34** (3A): 85–90.
- ECKMÜLLNER, O. & RIEGER, W., 2000: Informationen für den Forstbereich aus Laserscannerdaten. – *Angewandte geografische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT Symposium*, 124–135.
- EICHHORN, F. 1904: Beziehungen zwischen Bestandeshöhe und Bestandesmasse. – *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* **80**: 45–49.
- GAVEAU, D.L.A., & HILL, R.A., 2003: Quantifying canopy height underestimation by laser pulse penetration in small footprint airborne laserscanning data. – *Canadian Journal of Remote Sensing* **29**: 650–657.
- HEURICH, M., & NEUFANGER, M., 2005: Die Wälder des Nationalparks Bayerischer Wald. Ergebnisse der Waldinventur 2002/2003 im geschichtlichen und waldökologischen Kontext. – *Wissenschaftliche Schriftenreihe der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald*, Band **16**.
- HEURICH, M., 2006: Evaluierung und Entwicklung von Methoden zur automatisierten Erfassung von Waldstrukturen aus Daten flugzeuggetragener Fernerkundungssensoren. – *Forstliche Forschungsberichte München* **202/2006**.
- HILDEBRANDT, G., 1996: Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. – Wichmann Verlag, Heidelberg.
- HIRATA, Y., 2004: The effects of footprint size and sampling density in airborne laser scanning to extract individual trees in mountainous terrain. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (8/W2): 102–107.
- HYYPÄ, J. & INKINEN, M., 1999: Detection an estimating attributes for single trees using laser scanner. – *The photogrammetric journal of Finland* **16**: 27–46.
- HYYPÄ, J., HYYPÄ, H., INKINEN, M., ENGDAHL, M., LINKO, S. & ZHU, Y., 2000: Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. – *Forest Ecology and Management* **128**: 109–120.
- KENNEL, E., 1973: Bayerische Waldinventur. – *Forstliche Forschungsberichte München Nr.* **11**.
- KRAMER, H. & AKCA, A., 1995: Leitfaden zur Waldmesslehre. – J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- LECKIE, D., GOUGEON, F., HILL, D., QUINN, R., ARMSTRONG, L. & SHREENAN, R., 2003: Combined high-density lidar and multispectral imagery for individual tree crown analysis. – *Canadian Journal of Remote Sensing* **29** (5): 633–649.
- PERSSON, A., HOLMGREN, J. & SÖDERMANN, U., 2002: Detecting and measuring individual trees using an airborne laser scanner. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **68** (9): 925–932.
- SCHNADT, K. & KATZENBEISSER, R., 2004: Unique airborne fiber scanner technique for application-oriented lidar products. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (8/W2): 19–23.
- REESE, H., NILSSON, M., GRANDQVIST PAHLEN, T., HAGNER, O., JOYCE, S., TINGELÖF, U., EGBERTH, M. & OLSSON, H., 2003: Countrywide Estimates of Forest Variables Using Satellite Data and Field Data from the National Forest Inventory. – *Ambio* **32** (8).
- WEHR, A. & LOHR, U., 1999: Airborne laser scanning – an introduction and overview. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **54**: 68–82.
- YU, Y., HYYPÄ, J., HYYPÄ, H. & MALTAMO, M., 2004: Effects of flight altitude on tree height estimation using airborne laser scanning. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (8/W2): 96–101.

Anschriften der Autoren:

Dr. MARCO HEURICH, Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, Sachgebiet für Forschung und Dokumentation, D-94481 Grafenau, Tel.: +49-8552-9600-136, Fax: -102, e-mail: marco.heurich@npv-bw.bayern.de.

Prof. Dr. ECKHARD KENNEL, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Tel.: +49-8161-71-4694, Fax: -4616, e-mail: kennel@forst.wzw.tum.

Manuskript eingereicht: Februar 2008
 Angenommen: Mai 2008

Spektrale Entmischung von Reflexionssignaturen zur Ermittlung von Leguminosenanteilen in Futterbaubeständen

THORSTEN MEWES, STEFAN ERASMI, MARTIN KAPPAS, Göttingen & SONJA BIEWER, THOMAS FRICKE, MICHAEL WACHENDORF, Kassel

Keywords: Remote Sensing, Fieldspectrometry, Spectral Mixture Analysis, Grassland

Summary: *Spectral Mixture Analysis (SMA) of reflectance curves from Legume-Grass-Plots for the analysis of species composition in forage production.* This paper focuses on the detection of individual fractions of legume and grass species based on *Spectral Mixture Analysis* of remotely sensed, non-imaging data. In 2005 one glass-house-experiment and one field-experiment were built up and continuous measurements and samples were taken for subsequent comparison. Marked crop-plots were spectrally recorded with the fieldspectrometer ASD Fieldspec[®] Pro JR and subsequently harvested for laboratory analysis. In the first step the reflection signatures were smoothed by the adaptive Savitzky-Golay-Filter and evaluated for inaccurate data by means of descriptive statistics. After reduction to relevant wavelength-ranges the spectra were unmixed to their pure components (endmembers). One of the basic steps here is the selection of accurate endmembers. The endmembers have to represent one fraction in an appropriate manner. The results show the possibilities and limits of the method with fieldspectrometrical data with focus on their usage for site specific forage production. Good relations could be found for the data of the glass-house-experiment, whereas the data from the field-experiment show deficiencies, mainly due to high weed rates and a more complex stand structure.

Zusammenfassung: Im Futterbau kann die genaue Kenntnis über die Zusammensetzung der Pflanzenbestände helfen, um Stoffflüsse abzuschätzen und situativ mit geeigneten Methoden reagieren zu können. Dabei kommt der Bestimmung der einzelnen Fraktionsanteile in Gemengeansaat eine hohe Bedeutung zu. Um den Einfluss der Gemengezusammensetzung auf deren Futterqualität zu untersuchen, wurde im Jahr 2005 zunächst ein systematischer Gefäß- und daran anschließend ein Feldversuch angelegt, die in regelmäßigen Abständen während der Wachstumsphase beprobt wurden. Abgesteckte Bestandsausschnitte wurden mit dem Feldspektrometer ASD Fieldspec[®] Pro JR erfasst und im Anschluss für Laboranalysen abgeerntet. Als Methode für die Abschätzung der Fraktionen von Gräsern und Leguminosen in unterschiedlichen Ansaaten aus Spektraldaten wurde die Lineare Spektrale Entmischung verwendet. Der wichtigste Schritt hierbei ist die Auswahl geeigneter Endmember, also repräsentativer Reflexionssignaturen einer Fraktion. Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeiten der Linearen Spektralen Entmischung (SMA) mit dem Fokus auf deren Einsatz im Futterbau auf. Für den Gefäßversuch konnten statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Bestandsdaten und Endmember-Abundanzen nachgewiesen werden, während die Ergebnisse aus dem Feldversuch überwiegend wegen der komplexen Bestandsstruktur nur bedingt übertragbar sind.

1 Einleitung

Seit Beginn der 90er Jahre sind Begriffe wie integrative Landwirtschaft und ökologischer Landbau zu festen Bestandteilen in der Agrarlandschaft geworden. Dem Anbau von Leguminosen kommt dabei besonders

im ökologischen Futterbau eine zentrale Rolle zu. Die mit ihnen in Symbiose lebenden Knöllchenbakterien fixieren Stickstoff aus der Luft und stellen diesen der Pflanze zu Verfügung. Dies stellt eine Form der natürlichen Düngung dar (OEHMICHEN & LÜTKE ENTRUP 2000).

Der Anteil von Leguminosen im Gemenge kann durch ihre Fähigkeit Stickstoff aus der Luft zu fixieren den Ertrag stark beeinflussen. (BIEWER et al. 2005). Zum Thema Optimierung der Gemengeanteile sind zahlreiche Publikationen erschienen (u. a. CARLSSON et al. 2003, KUNELIUS et al. 2006, MCKENZIE et al. 2005), im Freiland unterliegen sie jedoch den Witterungs- und Standortbedingungen, so dass die Artenanteile bei der Aussaat die endgültige Bestandszusammensetzung nicht direkt bestimmen. Zur Förderung und Optimierung des Ertrags erwünschter Pflanzenarten bedarf es der teilflächenspezifischen Kenntnis der Fraktionsanteile während des Anbauzyklus (WACHENDORF 2005). Deren Bestimmung auf konventionelle Art durch destruktive Verfahren (Teilernte und Bestandsanalyse) ist jedoch mit sehr hohem Arbeits- und Zeitaufwand verbunden.

Der Einsatz spektraler Sensoren in der Landwirtschaft wird bereits seit den 90er Jahren in zahlreichen Studien vor dem Hintergrund der teilflächenspezifischen Bewertung im konventionellen Ackerbau intensiv untersucht (u. a. UDELHOVEN et al. 2003, JARMER et al. 2003) und deren Nutzen z. T. kontrovers diskutiert (u. a. ITZEROTT et al. 2006). Hinsichtlich der Aufnahmetechnik lassen sich hierbei grundsätzlich abbildende (Kameras, Scanner) und nicht-abbildende Aufnahmeverfahren (Spektrometer) unterscheiden. Die potenziellen Anwendungsbereiche dieser Verfahren decken das gesamte Spektrum der ackerbaulichen Maßnahmen von der Einsaat über die Bestandspflege (Pflanzenschutz, Düngung) bis hin zur Ernteprognose ab (siehe z. B. GERHARDS et al. 2005, NORDMEYER 2006, GOEL et al. 2003). In der Graslandwirtschaft lag der Fokus der Untersuchungen in der Vergangenheit auf der Erkennung von Unkräutern (GEBHARDT et al. 2006, GEBHARDT & KÜHBAUCH 2007) und der Ertragsschätzung. Insgesamt liegen aber bisher nur wenige Studien vor, die die Möglichkeiten des Einsatzes von Fernerkundungsdaten zur Abschätzung von qualitativen Bestandsparametern und damit zur Optimierung von Anbauprozessen in der Graslandwirtschaft untersuchen. Die vorlie-

gende Studie untersucht vor diesem Hintergrund die generellen Zusammenhänge zwischen spektraler Messung und der Artenzusammensetzung von Leguminosen-/Gras-Beständen. Voruntersuchungen zur vorliegenden Arbeit zeigten, dass Leguminose-Gras-Gemenge generell höhere Erträge liefern als Reinsaaten von Gräsern oder Leguminosen und dass spektrale Indikatoren prinzipiell geeignet sind, um die Futterquantität (Biomasse) zu schätzen (BIEWER et al. 2005). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen untersucht der vorliegende Beitrag die Möglichkeiten der Schätzung von Bestandsfraktionen in Leguminose-Gras-Gemenge und damit der Futterqualität aus spektraler Information.

Das Ziel der Studie ist, ein Messverfahren zur teilflächenbezogenen Bestimmung von Gemengeanteilen in Grünlandbeständen aus spektral hochaufgelöster Information zu entwickeln. Hierzu wurde die Methode der linearen spektralen Entmischung (spectral mixture analysis, SMA) angewendet.

2 Versuchskonzept und Datenerfassung

Für die Datenerhebung mit dem Spektrometer ASD Fieldspec[®] Pro JR konnte auf einen systematischen Gefäß- und einen Feldversuch zurückgegriffen werden. Der Gefäßversuch wurde am 08. 11. 2004 angelegt und nach 63 Tagen beprobt. Es wurden folgende Arten in vier Wiederholungen angesät (vgl. Tab. 1): Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.), Weißklee (*Trifolium repens* L.), Ackerrotklee (*Trifolium pratense* L.) und Luzerne (*Medicago sativa* L.). Alle vier Arten wurden sowohl im Gemenge als auch in Reinsaat angesät. Zusätzlich wurden noch zwei Varianten ohne Ansaat angelegt, eine um die im verwendeten Mutterboden ohne Selektion vorhandenen Beikräuter zu erfassen und eine reine Bodenvariante die bestandsfrei gehalten wurde. Die Aussaat der Gemengevarianten wurde im Abstand von zwei Wochen viermal wiederholt, um zur Ernte unterschiedliche Altersstufen der Bestände erfassen zu können (21, 35, 49 bzw. 63 Tage nach Ansaat). Die Ansaatstär-

Tab. 1: Varianten – Gefäßversuch 2005 und Freilandversuch 2006.

| Var. | Typ | Angesäte Arten | Gefäßv. | Feldv. |
|------|-------------|--|---------|--------|
| 1 | Reinsaat | Deutsches Weidelgras (20 kg/ha bzw. 25 kg/ha) | X | X |
| 2 | Reinsaat | Rotklee (8 kg/ha) | X | X |
| 3 | Reinsaat | Weißklee (4 kg/ha) | X | X |
| 4 | Reinsaat | Luzerne (16 kg/ha) | X | X |
| 5 | Saatgemenge | Dt. WG (20 bzw. 25 kg/ha) & Rotklee (8 kg/ha) | X | X |
| 5b | Saatgemenge | Dt. WG (20 bzw. 25 kg/ha) & Rotklee (2 kg/ha) | X | – |
| 6 | Saatgemenge | Dt. WG (20 bzw. 25 kg/ha) & Weißklee (4 kg/ha) | X | X |
| 7 | Saatgemenge | Dt. WG (20 bzw. 25 kg/ha) & Luzerne (16 kg/ha) | X | X |

ke des Weidelgrases betrug 20 kg/ha, die Leguminosen wurden in individuellen Ansaatstärken ausgebracht, wobei bei Rotklee zwei unterschiedliche Mengen verwendet wurden. Hieraus resultiert eine Anzahl von 4 Gemengevarianten für jeden der vier Ansaattermine.

Die Pflanzenbestände wuchsen in Holzkisten der Größe 70 × 70 × 20 cm (B × H × T). Jedes Holzgefäß wurde mit 2 cm Drainsubstrat (Lavagrus) und ca. 16 cm Boden befüllt (pseudovergleyte Parabraunerde, bzw. homogenisierter feinkrümeliger Boden für die Bodenvariante, siehe BIEWER et al. 2005). Im Anschluss an die Messungen mit dem Feldspektrometer wurden die Bepflanzungskästen oberirdisch abgeerntet und die Bestandsdaten Biomasse-feucht (FM) sowie Biomasse-trocken (TM) jeweils für die Gesamtmasse als auch für die einzelnen Fraktionen bestimmt.

Im Feldversuch wurden insgesamt elf verschiedene Varianten zu vier verschiedenen Messterminen (69, 78, 91 und 123 Tage nach der Ansaat) beprobt, wovon allerdings nur sieben Varianten für einen direkten Vergleich mit dem Gefäßversuch in Frage kamen (vgl. Tab. 1). Im Unterschied zum Gefäßversuch betrug die Ansaatstärke des Weidelgrases im Feldversuch 25 kg/ha und das Saatgemenge Weidelgras/Rotklee lag nur in einer Variante vor. Sämtliche Varianten wurden in vier Wiederholungen angelegt. Hieraus ergibt sich ein Stichprobenumfang

$n = 12$ für die Saatgemenge für jeden Messtermin (3 Gemengevarianten à 4 Parallelen).

Für die Datenerfassung im Gefäßversuch wurde jeder Pflanzenkasten in vier Quadranten unterteilt. Jeder Quadrant wurde anschließend als separate Messung erfasst. Die Bepflanzungskästen wurden über zwei Kunstlichtquellen (Quartz-Tungsten-Halogen-Lampe) mit konstanter Strahldichte ausgeleuchtet, welche im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm die solare Einstrahlung simuliert. Der Messaufbau wurde über den Zeitraum der Messkampagne konstant gehalten. Die Verwendung von zwei Lichtquellen verfolgte das Ziel, die direktionale Komponente der Strahlung zu verringern und damit den Effekt der Beschattung bei der Aufnahme der Spektralsignaturen zu minimieren. Hierzu wurden die Beleuchtungsquellen aus einer Höhe von 110 cm mit einem Zenitwinkel von 40° aus gegenüber liegenden Richtungen so auf die Bestände gerichtet, dass der gerichtete Lichtstrahl jeweils die näher gelegene Hälfte des Bepflanzungskastens ausleuchtete. Um in allen vier Quadranten jeweils von einer Lichtquelle direkte Strahlung zu empfangen wurden die Pflanzkästen auf Rollwagen unter der Messvorrichtung parallel zur Beleuchtungsachse geschoben. Die Messungen mit dem Feldspektrometer erfolgten aus einer Aufnahmehöhe von 60 cm über dem Bodenmaterial. Die Normalisierung der Strahldichtemessungen erfolgte über die

vorgeschaltete Messung eines Weißstandards (30 × 30 cm, Polytetrafluoroethylen, Fa. Labsphere Inc.) bei gleich bleibender Aufnahmekonfiguration.

Im Gegensatz zum Gefäßversuch steht im Feldversuch die Sonne als Lichtquelle zur Verfügung, was aufgrund des variablen Azimut- und Zenitstands der Sonne sowie der inhomogenen Trübung der Atmosphäre eine systematische Versuchsdurchführung erschwert. Um die Schwankungen der Umgebungsvariablen so gering wie möglich zu halten, wurden sämtliche Messungen zur Mittagszeit durchgeführt, da hier die geringste Abweichung vom Zenitwinkel und potenziell der größte Strahlungsfluss vorliegt. Die Beprobungsflächen hatten jeweils eine Größe von 50 × 50 cm, die durch die spektrale Messung bestmöglich erfasst werden sollte. Die Aufnahmehöhe für die Strahllichtmessungen lag entsprechend im Feldversuch bei 90 cm über dem Boden.

3 Datenprozessierung

Die Datenvorprozessierung beinhaltet verschiedene Arbeitsschritte, die primär die Minimierung der Störeinflüsse bei der Datenaufnahme zum Ziel hatten. Signalstörungen haben ihren Ursprung entweder in systemspezifischen Beschränkungen (z. B. Signal-Rausch-Verhältnis) oder in Schwankungen der Umgebungsvariablen (z. B. atmosphärischer Wassergehalt). Hierzu wurden die Spektralsignaturen zunächst einer nicht-linearen Frequenz-Filterung unter der Annahme eines Polynoms fünfter Ordnung mit einem Filterfenster von 11 Stützstellen unterzogen (vgl. SAVITZKY & GOLAY 1964).

Nach der Datenglättung wurde das Signal-Rausch-Verhältnis untersucht. Dies erfolgte mittels Berechnung des spektralen Variationskoeffizienten (cv) über die Wiederholungsmessungen für jede einzelne Probe ($n = 4$) und der empirischen Definition eines Grenzwertes für cv (cv_{max}). Hat der Wert dabei den definierten Grenzwert cv_{max} überschritten, wurden die betreffenden Wellenlängenbereiche ausgeschlossen, da ihr Einfluss auf die Definition spektraler Endmember zu groß wäre und die Ergebnisse verfä-

len würde. Durch die Analyse der Variationskoeffizienten wurden die Daten für den Gefäß- sowie für den Feldversuch auf die Spektralbereiche des sichtbaren Lichts und des nahen Infrarots (355–1349 nm) sowie des kurzwelligen Infrarots (1450–1799 nm) beschränkt. Zu Zwecken der Datenreduktion und Minimierung von Redundanzen wurde der Datensatz für die weitere Bearbeitung auf 10 nm Stützstellenabstand reduziert.

Die Schätzung der Abundanzen von Gemengeanteilen aus Spektraldaten erfolgte auf Basis der Methode der SMA. Der Ansatz der SMA in der Fernerkundung geht ursprünglich auf die Auswertung räumlich expliziter Abbildungen zurück und die Problematik, dass multispektrale Sensoren in der Regel durch die begrenzte räumliche Auflösung nicht in der Lage sind, die kleinräumige Heterogenität eines Landschaftsausschnittes zu erfassen. Das Ergebnis sind Mischspektren aus Reflektanzen verschiedener Oberflächentypen. Die SMA geht davon aus, dass sich ein Mischspektrum linear aus mehreren Einzelspektren, so genannten Endmemberanteilen zusammensetzt (ADAMS 1986). Sind die Endmember (Spektren homogener Oberflächen) bekannt, lassen sich theoretisch über die SMA die Anteile dieser am Mischspektrum berechnen, und so das räumliche Detail einer Sensoraufnahme verbessern (NICHOL 2007). Dieser Ansatz lässt sich ohne weiteres auf nicht-abbildende Daten, wie die hier vorliegenden Spektralsignaturen übertragen. Hierbei setzt sich jedes Spektrum generell aus den Endmembern Leguminose, Gras und Boden zusammen. Der Prozess der Spektralen Entmischung für den hier vorliegenden Fall wird durch Abb. 1 veranschaulicht. Gemengeplot A bzw. B stehen je für einen imaginären Messwert, die hinsichtlich ihrer Lage in dem durch ausgewählte Endmember abgesteckten Bereich im n -dimensionalen Raum geprüft werden. Das Resultat der SMA sind normierte Abundanzwerte (0 bis 100%) der einzelnen Fraktionen für die jeweilige Ansaatvariante, die als Schätzer in ein Regressionsmodell eingehen. Die Umsetzung der Entmischung von Spektralsig-

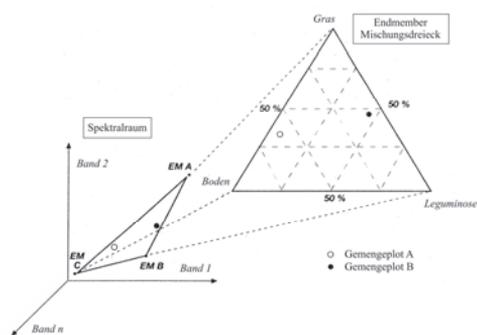


Abb. 1: Raumabgrenzung im n-dimensionalen Raum durch drei Endmember (verändert nach HILL 1998).

naturen erfolgte unter Verwendung der Programmbibliotheken von IDL (interactive data language) mit der Software ENVI.

Die Schätzung der Ertragsanteile aus den Abundanzwerten der Entmischungsprozesse erfolgte durch einfache Regressionsanalyse. Die Art und Stärke des Zusammenhangs wurde über das Bestimmtheitsmaß sowie das Konfidenzniveau statistisch ermittelt.

4 Ergebnisse

4.1 Gefäßversuch

Die Ergebnisse der Bestandsinventur für den Gefäßversuch 2005 sind in Tab. 2 zusammengefasst. Auffällig ist der hohe Anteil an Beikräutern bei den Reinsaat Rotklee, Weißklee und Luzerne sowie die Variabilität der Anteile über die Wachstumsperiode bzw. für die verschiedenen Ansaattermine v. a. in der Ansaatvariante 5 (Rotklee/Weidelgras).

Die Anteile der Ansaatkomponenten Gras und Leguminose stellen die abhängigen Variablen für die Regressionsanalyse dar. Die erklärenden Variablen werden durch die normierten Abundanzwerte aus der SMA geliefert. Hierbei wurden die Anteile der Beikräuter nicht berücksichtigt, da hierfür kein repräsentatives Endmember generiert werden konnte. Für die SMA wurden aus den Reinsaatvarianten 1 bis 4 sowie der Bodenvariante zunächst die spektralen Endmember ‚Weidelgras‘, ‚Rotklee‘, ‚Weißklee‘, ‚Luzerne‘ und ‚Boden‘ generiert, wobei pro

Tab. 2: Mittlerer Anteil von Leguminosen, Weidelgras und Beikräutern in der Ansaatvariante, KW 46–52 (vgl. HIMSTEDT 2005).

| Variante | Tage nach Ansaat | Weidelgras [%] | Leguminosen [%] | Beikräuter [%] |
|-------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Weidelgras (1) | 63 | 79,24 | 0 | 20,76 |
| Rotklee (2) | 63 | 0 | 58,19 | 41,81 |
| Weißklee (3) | 63 | 0 | 51,71 | 48,29 |
| Luzerne (4) | 63 | 0 | 69,10 | 30,90 |
| Rotklee/Weidelgras (5) | 63 | 45,47 | 41,49 | 13,04 |
| | 49 | 63,13 | 24,40 | 12,48 |
| | 35 | 56,47 | 32,00 | 11,53 |
| | 21 | 49,94 | 44,90 | 5,16 |
| Rotklee/Weidelgras (5b) | 63 | 67,64 | 17,20 | 15,16 |
| | 49 | 67,43 | 9,59 | 22,99 |
| | 35 | 73,68 | 11,36 | 14,96 |
| | 21 | 82,46 | 11,02 | 6,52 |
| Weißklee/Weidelgras (6) | 63 | 57,68 | 17,86 | 24,46 |
| | 49 | 72,22 | 18,17 | 9,61 |
| | 35 | 73,21 | 17,87 | 8,92 |
| | 21 | 76,56 | 17,10 | 6,33 |
| Luzerne/Weidelgras (7) | 63 | 45,42 | 36,15 | 18,43 |
| | 49 | 62,34 | 29,56 | 8,10 |
| | 35 | 57,09 | 36,13 | 6,78 |
| | 21 | 51,15 | 44,42 | 4,43 |

SMA-Prozedur eine der drei Leguminosenarten stellvertretend für alle stand. Die SMA wurde anschließend für die Saatgemenge der Varianten 5, 5b, 6 und 7, durchgeführt.

Abb.2 zeigt beispielhaft Streudiagramme der Anteile von Weidelgras bzw. Luzerne und der berechneten normierten Abundanz aus der spektralen Entmischung auf. Der

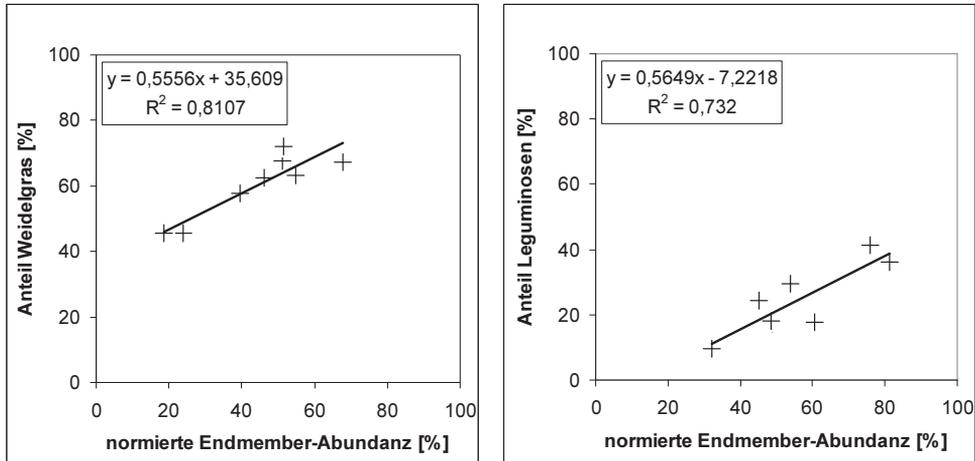


Abb. 2: Regressionsmodelle auf Basis der SMA (Gefäßversuch) für die Varianten Dt. Weidelgras (links) bzw. Luzerne (rechts) (63 & 49 Tage nach Ansaat, n = 8).

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten nach Pearson aus normierter Endmember-Abundanz und Anteil an Gesamt-Trockenmasse in % (zur Erläuterung der verwendeten Varianten für die Endmember vgl. Tab. 1).

| Endmember-kombination | Bestandsalter (Tage nach Ansaat) | n | Dt. Weidelgras | Leguminosen |
|------------------------------------|----------------------------------|----|----------------|-------------|
| <i>A</i> Varianten 1/2 Boden | 21 + 35 + 49 + 63 | 16 | 49,72 | 17,97 |
| | 35 + 49 + 63 | 12 | *67,91 | 41,61 |
| | 49 + 63 | 8 | **89,85 | *81,22 |
| | 63 | 4 | **99,41 | 94,73 |
| <i>B</i> Varianten 1/3 Boden | 21 + 35 + 49 + 63 | 16 | 44,82 | 14,04 |
| | 35 + 49 + 63 | 12 | *61,43 | 37,92 |
| | 49 + 63 | 8 | **90,72 | **84,13 |
| | 63 | 4 | **99,74 | 93,22 |
| <i>C</i> Varianten 1/4 Boden | 21 + 35 + 49 + 63 | 16 | 40,50 | 7,87 |
| | 35 + 49 + 63 | 12 | *60,11 | 38,20 |
| | 49 + 63 | 8 | **90,04 | **85,56 |
| | 63 | 4 | **98,81 | 90,18 |

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Zusammenhang zwischen SMA-basierten Fraktionsanteilen und den kartierten Anteilen der Ansaatkomponenten ist klar ersichtlich und statistisch signifikant nachweisbar. Die Summe der Anteile für Weidelgras und Leguminose liegt sowohl bei den Schätzern als auch bei den erklärenden Variablen in der Regel unter 100%, was auf das Fehlen der Beikräuter und den Anteil des Bodensignals bei der Entmischung zurück zu führen ist.

Die SMA-Prozessierungen wurden mit drei verschiedenen Endmemberkombinationen durchgeführt (Dt. Weidelgras, Leguminose (A-Weißklee, B-Rotklee, C-Luzerne), Boden), wobei, wie oben bereits beschrieben, die Anteile der jeweiligen Fraktionen als Gesamtdatensatz in die Schätzung eingingen. Tab. 3 fasst die Ergebnisse der SMA für den Gefäßversuch zusammen. Für die statistische Analyse der Zusammenhänge wurden die Wertepaare nach dem Bestandsalter von älteren zu jüngeren Beständen zusammengefasst. Diese Zusammenfassung

wurde für die Betrachtung der jüngeren Bestände im Gefäßversuch notwendig, da nur die ältesten Bestände im Gefäßversuch als Reinsaaten vorlagen. Die Ergebnisse der statistischen Analyse zeigen hoch signifikante Zusammenhänge zwischen Schätzern (normierte Abundanzen) und Bestandsdaten (Fraktionen) für die älteren Bestände auf (Bestandsalter 63 & 63 + 49 Tage). Hierbei ist es unerheblich, welche der drei Leguminosenarten als Endmember für die SMA verwendet wurde. Die Stärke des Zusammenhangs nimmt unter dem Einfluss jüngerer Bestände und bei Kombination unterschiedlicher Wachstumsphasen in einem Schätzmodell ab.

4.2 Feldversuch

Die SMA der Spektraldaten aus dem Feldversuch wurde in Analogie zum Gefäßversuch für die drei Hauptvarianten Weidelgras/Weißklee, Weidelgras/Rotklee und Weidelgras/Luzerne als Gesamtdatensatz

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten nach Pearson aus normierter Endmember-Abundanz und Anteil an Gesamt-Trockenmasse in % – kumulierte Bestandsalter (zur Erläuterung der verwendeten Varianten für die Endmember vgl. Tab. 1).

| Endmemberkombination | Bestandsalter (Tage nach Ansaat) | n | Dt. Weidelgras | Leguminosen |
|----------------------------|----------------------------------|----|----------------|-------------|
| <i>Varianten 1/2 Boden</i> | 69 + 78 + 91 + 123 | 48 | 2,24 | 6,48 |
| | 78 + 91 + 123 | 36 | 15,23 | 18,17 |
| | 91 + 123 | 24 | *40,71 | *42,05 |
| | 123 | 12 | *60,01 | *68,48 |
| <i>Varianten 1/3 Boden</i> | 69 + 78 + 91 + 123 | 48 | 26,21 | 6,71 |
| | 78 + 91 + 123 | 36 | **47,72 | 18,00 |
| | 91 + 123 | 24 | 17,49 | 29,58 |
| | 123 | 12 | *61,65 | *68,62 |
| <i>Varianten 1/4 Boden</i> | 69 + 78 + 91 + 123 | 48 | 3,74 | 1,73 |
| | 78 + 91 + 123 | 36 | 5,57 | 6,48 |
| | 91 + 123 | 24 | 14,87 | 26,42 |
| | 123 | 12 | 25,04 | *68,75 |

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

durchgeführt. Für jede Auswertung ging ebenfalls ein Bodenspektrum als Endmember in die Entmischung ein, die Beikräuter wurden bei der SMA, ebenso wie im Gefäßversuch nicht berücksichtigt. Die Resultate der Regressionsanalysen zwischen Fraktionen aus der Bestandsinventur und normierter Abundanz aus der SMA sind in Tab. 4 aufgeführt. Die Zusammenstellung ist analog zu Tab. 3 gegliedert nach der verwendeten Endmemberkombination für die SMA, sowie nach der Zusammensetzung über das Bestandsalter.

Allgemein nimmt die Güte des Schätzmodells unter dem Einfluss jüngerer Bestände und bei Kombination unterschiedlicher Wachstumsphasen ab. Der Zusammenhang zwischen Leguminosenanteil und Endmember-Anteil ist im Allgemeinen stärker als für

Tab. 5: Korrelationskoeffizienten nach Pearson aus Endmember-Abundanz und Anteil an Gesamt-Trockenmasse in % – nicht-kumulierte Bestandsalter (n = 12).

| Endmemberkombination | Bestandsalter (Tage nach Ansaat) | Dt. Weidelgras | Leguminosen |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|-------------|
| <i>Varianten 1/2 Boden</i> | 69 | 20,93 | 24,78 |
| | 78 | 17,03 | 11,31 |
| | 91 | 17,38 | 16,03 |
| | 123 | *60,01 | *68,48 |
| <i>Varianten 1/3 Boden</i> | 69 | 11,22 | 27,75 |
| | 78 | **80,01 | 1,73 |
| | 91 | 0,71 | 16,73 |
| | 123 | *61,01 | *68,62 |
| <i>Varianten 1/4 Boden</i> | 69 | 29,26 | 44,05 |
| | 78 | 4,58 | 15,97 |
| | 91 | 46,47 | 22,61 |
| | 123 | 25,04 | *68,75 |

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

die Schätzung des Grasanteils. Der größere Stichprobenumfang im Feldversuch ermöglicht eine zusätzliche separierte Betrachtung der einzelnen Wachstumsstadien (Tab. 5). Die Zusammenhänge sind wie schon im Gefäßversuch mit zunehmendem Bestandsalter stärker. Die Güte der Regressionsmodelle ist vor allem bei den jüngeren Beständen sehr gering, so dass zumeist kein signifikanter Zusammenhang nachzuweisen ist.

5 Diskussion

Die im Feld- und Gefäßversuch durchgeführten Spektralen Entmischungsprozesse zeigen deutliche Unterschiede im Ergebnis auf. Der Vergleich der Fraktionsanteile aus der Bestandsinventur mit den aus den Endmembers abgeleiteten Abundanzen zeigt für den Gefäßversuch im Allgemeinen deutliche Zusammenhänge auf, wobei die Güte der Schätzung mit dem Bestandsalter zunimmt. Eine Erklärung hierfür ist, dass die prozentualen Fraktionsanteile aus der Bestandsinventur sich auf die oberirdische Gesamtbio-masse beziehen, unabhängig vom Anteil der Bodenbedeckung zum Zeitpunkt der Erfassung. Bei der optischen Messung müssen jedoch die Spektralwerte für Pflanzenanteil, Boden und möglichst auch Schatten berücksichtigt werden. Solange eine hohe Biomasse vorliegt, also der Anteil des Bodensignals gering ausfällt, stellt dieser Unterschied kein Problem dar. Bei der Betrachtung jüngerer Bestände müsste allerdings der Flächenanteil des Bodens mit einbezogen werden. Ähnliches gilt für Schattenwurf. Jüngere Bestände weisen in der Regel eine höhere Beschattung durch die Bestandsgeometrie auf. Schatten wirkt sich im Allgemeinen dämpfend auf die reflektierte spektrale Strahl-dichte aus und beeinflusst somit das Mess-signal, der Einfluss kann aber im Allgemeinen als additiv bzw. subtraktiv über den gesamten Wellenlängenbereich betrachtet werden und hat somit keinen Einfluss auf die spektrale Entmischung (ERASMI 2003). Im Gewächshaus wurde dem Einfluss der Beschattung dennoch durch eine Ausleuchtung mittels bidirektionaler Beleuchtung Rechnung getragen. Im Feldversuch waren

hingegen keine derartigen Beleuchtungsansätze realisierbar. Insgesamt zeigt sich, dass durch die höhere Variabilität der Umweltfaktoren der Zusammenhang, welcher im Gefäßversuch eindeutig nachweisbar ist, deutlich geschwächt wird. Der Anteil der erklärten Varianz auf Basis der Endmember-Abundanzen variiert insgesamt sehr stark, auch wenn die Bestimmtheitsmaße zu den späteren Messterminen ebenfalls zunehmen. Neben den Umwelteinflüssen spielt im Freilandversuch die kleinräumige Bestandsheterogenität eine entscheidende Rolle. Einen Beleg hierfür liefern Senkrechtaufnahmen mit einer Digitalkamera, die als Referenz zu den feldspektrometrischen Messungen aufgenommen wurden (HIMSTEDT 2005). Als Beispiel hierfür sind in Abb. 3 die vier Parallelen der Variante 3 (Rotklee, Reinsaat) abgebildet.

Die hohe Variation des Bewuchses ist auf den Aufnahmen ersichtlich. Diese Heterogenität ist vor allem in ökologisch bewirtschafteten Grünlandflächen ausgeprägt und

stellt eine bedeutende Herausforderung für die teilflächenspezifische Bestandsanalyse auf Basis optischer Strahlungssensoren dar.

Eine weitere Einschränkung der Aussagefähigkeit im Freilandversuch stellt der hohe Beikräuteranteil dar, der die Folge einer schwierigen Bestandsetablierung nach der Ansaat war. Da für den Feldversuch kein entsprechendes Endmember generiert werden konnte, ist die Spektralaufnahme der Variante Beikräuter aus dem Gefäßversuch nicht in die Analyse eingeflossen. Wie in Tab. 2 ersichtlich ist der prozentuale Anteil der Beikräuterfraktion relativ hoch. Dieser Anteil an der Spektralsignatur wird so jedoch einem der verwendeten drei Endmember zugeschrieben, was zu Überschätzungen der erklärenden Abundanzen führen kann (vgl. Abb. 2). Unterschätzungen weisen hingegen darauf hin, dass ein Anteil einer Fraktion einem oder mehreren Endmembern einer anderen Fraktion zugeteilt wird. Die Minimierung von Über- und Unterschätzungen ist eine Frage der Qualität der ein-

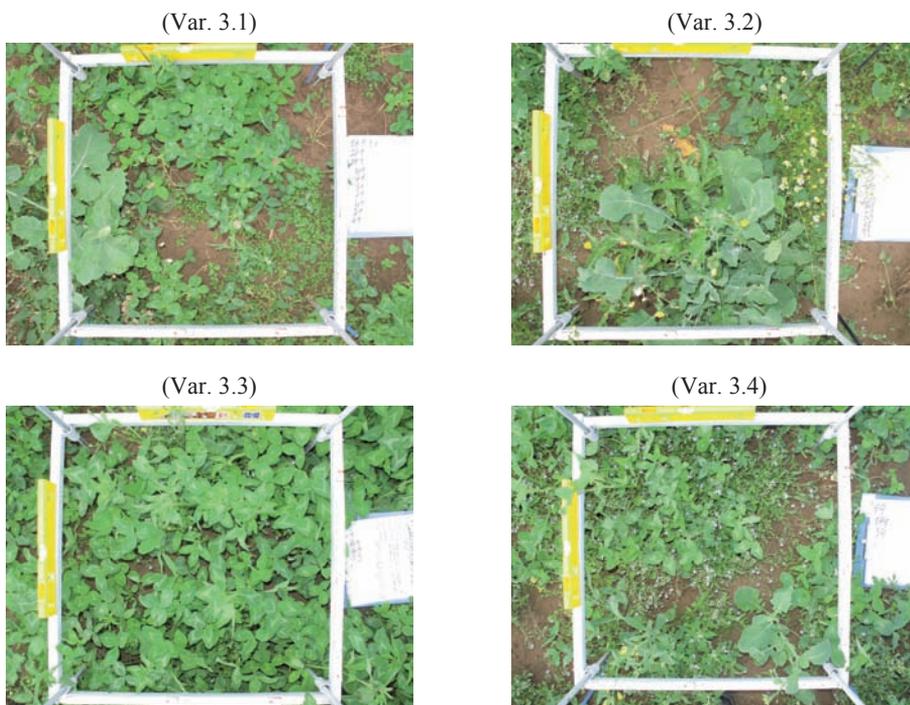


Abb. 3: Bestandsvergleich der vier Wiederholungen der Variante Rotklee am zweiten Messtermin.

zelen Endmember und wie repräsentativ die Endmemberkombination für das Gemengesignal ist.

Der Vergleich der kumulierten und nicht-kumulierten Datensätze im Freilandversuch hat gezeigt, dass auch unter Freilandbedingungen eine Schätzung von Gemengeanteilen auf Basis der spektralen Entmischung in unterschiedlichen Wachstumsphasen prinzipiell möglich ist. Werden die Daten der verschiedenen Messtermine miteinander kumuliert, ist generell eine hohe Signifikanz zu verzeichnen. Tendenziell spiegeln die Ergebnisse der nicht-kumulierten Daten zwar ähnliches wider, es ist jedoch bei den jüngeren Beständen aufgrund des geringen Bodenbedeckungsgrads in der Regel kein signifikanter Zusammenhang ermittelbar.

Der hier vorgestellte Ansatz der Spektralen Entmischung von Reflexionssignaturen für verschiedene Ansaatvarianten im Grasland-Futterbau zeigt das Potential spektroskopischer Messungen zur Analyse teilflächenspezifischer Bestandsmerkmale auf. Die Berechnung von Endmember-Abundanzen ermöglicht Aussagen über das Vorkommen von Fraktionen in Gemengeansaat und kann damit zum einen Indikatoren der Futterqualität liefern und zum anderen zur Ertragsoptimierung im der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung von Graslandbeständen beitragen (WACHENDORF 2005).

Neben der räumlichen Variabilität der Bestandsfraktionen konnte über eine Wachstumsperiode vor allem auch die zeitliche Dynamik von Gemengeanteilen unter natürlichen Umgebungsbedingungen aus spektraler Information nachgewiesen werden.

Trotz der aufgezeigten Möglichkeiten der Spektralanalyse für die Graslandwirtschaft ist der aufgezeigte Verfahrensweg für die praktische Anwendung zurzeit noch nicht realisierbar. Demgegenüber stehen bereits praxisreife Entwicklungen für die Echtzeitbestandspflege auf Basis digitaler Fotografie, wie z. B. von Gebhardt und Kühbauch (2007). Die Auswertung zeitlich und räumlich hochauflösender spektraler Information stellt aber auch für die Graslandwirtschaft vor dem Hintergrund aktueller und zukünftiger Satellitenmissionen zur Erdbeo-

bachtung (z. B. RapidEye, EnMap) eine zukunftssträchtige Perspektive dar.

Danksagung

Die durchgeführten Untersuchungen sind Bestandteil des Forschungsprojekts „Sensorische Methoden und Räumliche Analysen in der Futterproduktion“ am Fachgebiet Gründlandwissenschaft und Nachwachsen- der Rohstoffe des Fachbereichs 11 der Universität Kassel.

Literatur

- ADAMS, J. B., SMITH, M. O. & JOHNSON, P. E., 1986: Spectral mixture modelling: a new analysis of rock and soil types at the Viking Lander 1 site. – *Journal of Geophysical Research* **91**: 8090–8112.
- BIEWER, S., FRICKE, T., ERASMI, S., WACHENDORF, M. & KAPPAS, M., 2005: Schätzung der Ertrags- und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie – Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches. – *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **7**: 57–60.
- CARLSSON, G. & HUSS-DANEL, K., 2003: Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. – *Plant and Soil* **253**: 353–372.
- ERASMI, S., 2003: Optische Fernerkundung zur teilflächenspezifischen Zustandsbeschreibung von Winterweizenbeständen. – *Göttinger Geographische Abhandlungen* 110.
- GEBHARDT, S., SCHELLBERG, J., LOCK, R. & KÜHBAUCH, W., 2006: Identification of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) on grassland by means of digital image processing. – *Precision Agriculture* **7**: 165–178.
- GEBHARDT, S. & KÜHBAUCH, W., 2007: A new algorithm for automatic *Rumex obtusifolius* detection in digital images using colour and texture features and the influence of image resolution. – *Precision Agriculture* **8**: 1–13.
- GERHARDS, R., DICKE, D. & OEBEL, H., 2005: Testing and analysing decision rules for site-specific weed control in malt barley (*Hordeum vulgare* L.) using a geographic information system. – *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **112**: 447–456.
- GOEL, P. K., PRASHER, S. O., LANDRY, J. A., PATEL, R. M., BONNELL, R. B., VIAU, A. A. & MILLER, J. A., 2003: Potential of airborne hyperspectral remote sensing to detect nitrogen deficiency

- and weed infestation in corn. – *Computers and Electronics in Agriculture* **38**: 99–124.
- HILL, J., 1998: Neue Wege zur Geowissenschaftlichen Auswertung multispektraler Fernerkundungsdaten. – *Geographische Rundschau* **50** (2).
- HIMSTEDT, M., FRICKE, T. & WACHENDORF, M., 2005: Ertrag und Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/gras-Gemengen während der Etablierungsphase. – Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches. – *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **7**: 77–79.
- ITZEROTT, S. & KADEN, K., 2006: Spektrale Normkurven – eine notwendige Voraussetzung für die Klassifizierung der Fruchtartenverteilung aus Fernerkundungsdaten. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **3/06**: 205–215.
- JARMER, T., KÖTZ, B. & ATZBERGER, C., 2003: Spektrometrische Ableitung biophysikalischer Vegetationsparameter von Weizenbeständen: Vergleichende Untersuchung verschiedener empirisch-statistischer Verfahren. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **1/03**: 43–50.
- KUNELIUS, H. T., DURR, G. H., MCRÆ, K. B. & FILLMORE, S. A. E., 2006: Performance of timothy-based grass/legume mixtures in cold winter region. – *Journal of Agronomy and Crop Science* **192**: 159–167.
- MCKENZIE, D. B., PAPADOPOULOS, Y. A., MCRÆ, K. B. & BUTT, E., 2005: Compositional changes over four years for binary mixtures of grass species grown with white clover. – *Canadian Journal of Plant Science* **85**: 351–360.
- NORDMEYER, H., 2006: Patchy weed distribution and site-specific weed control in winter cereals. – *Precision Agriculture* **7**: 219–231.
- NICHOL, J. & WONG, M. S., 2007: Remote sensing of urban vegetation life form by spectral mixture analysis of high-resolution IKONOS satellite images. – *International Journal of Remote Sensing* **28**: 985–1000.
- OEHMICHEN, J. & LÜTKE ENTRUP, N., 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaus – Band 2; Kulturpflanzen, Th. Mann Verlag, Gelsenkirchen.
- SAVITZKY, A. & GOLAY, M. J. E., 1964: Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. – *Analytical Chemistry* **36**: 1627–1639.
- UDELHOVEN, T., HOSTERT, P., JARMER, T. & HILL, J., 2003: Klassifikation von Getreideflächen mit hyperspektralen Bilddaten des HyMap-Sensors. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **1/03**: 35–42.
- WACHENDORF, M., KAPPAS, M., FRICKE, T., ERASMI, S., BIEWER, S., BRUNN, A., HIMSTEDT, M. & FISCHER, CH., 2005: Erfassung struktureller und funktionaler Eigenschaften gemischter Futterbau-Bestände mittels der Feldspektroskopie. – *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **17**: 275–276.

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Geogr. THORSTEN MEWES, Dr. STEFAN ERASMI, Prof. Dr. MARTIN KAPPAS, Universität Göttingen, Geographisches Institut, Abt. Kartographie/GIS/Fernerkundung, D-37077 Göttingen, Tel.: +49-551-39-12671, Fax: -8020, e-Mail: tmewes@uni-goettingen.de

M. Sc. agr. SONJA BIEWER, Dipl.-Ing. THOMAS FRICKE, Prof. Dr. MICHAEL WACHENDORF, Universität Kassel, FB 11 – Ökologische Agrarwissenschaften, FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, D-37213 Witzenhausen, Tel.: +49-5542-98-1335, Fax: -1342, e-Mail: fricke@mail.wiz.uni-kassel.de

Manuskript eingereicht: Juli 2007

Angenommen: Mai 2008

**Berichte von der 28. Wissenschaftlich-Technischen
Jahrestagung der DGPF vom 23.–26. April 2008 in Oldenburg**
Bericht über die 28. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und den 56. Kartographentag der DGfK vom 23.–26. April 2008 in Oldenburg.

Die diesjährige gemeinsame Jahrestagung von DGfK (Deutsche Gesellschaft für Kartographie) und DGPF stand unter dem Motto:

Vom Erdapfel zum 3D Modell

Die Vorbereitung und Durchführung der Jahrestagung geschah in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Oldenburg, Ostfriesland, Wilhelmshaven (FH OOW) unter der organisatorischen Leitung von Prof. Dr. THOMAS LUHMANN. Über 400 registrierte Teilnehmer trafen sich vom 23. bis zum 26. April in Oldenburg, um sich in den Fachsitzungen über aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen zu informieren und sich innerhalb der Firmenausstellung mit 31 Ausstellern mit den neuesten Produktentwicklungen vertraut zu machen.

Mitgliederversammlung

Die ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V. (DGPF) fand am 23. April 2008 in der FH OOW in Oldenburg statt. Vor 45 anwesenden Mitgliedern wurden u. a. folgende Tagesordnungspunkte behandelt:

- Geschäftsbericht des Vorstandes
- Ehrungen
- Gründung einer Stiftung für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation
- Kassenprüfung
- Entlastung des Vorstandes
- Wahl des Präsidenten und der übrigen Mitglieder des Vorstandes
- Wahl der Kassenprüfer
- Verschiedenes

Geschäftsbericht des Vorstandes

Innerhalb des Geschäftsberichtes erläuterte der Präsident die aktuelle Mitgliederstruktur. Zurzeit hat die Gesellschaft über 760 Mitglieder. Während sich bei den ordentlichen Mitgliedern der Abwärtstrend der vergangenen Jahre verlangsamt hat, verhält sich die Zahl der korporativen Mitglieder mit über 110 Mitgliedern stabil.

Das Durchschnittsalter der Mitglieder liegt bei 50,6 Jahren und ist leicht gestiegen. Es sollen daher verstärkt junge Mitglieder geworben werden.

Der Präsident informierte über geplante Entwicklungen in den Arbeitskreisen der DGPF und wichtige Neuerungen bei der Leitung der Arbeitskreise.

Folgende Arbeitskreise wurden bestätigt, mit neuen Themen versehen oder als neu zu gründende Bereiche benannt:

- Auswertung von Fernerkundungsdaten (bisher Interpretation von Fernerkundungsdaten), Leitung: Dr. Weichelt (Brandenburg a.d. Havel)
- Fernerkundung in der Geologie (unverändert), Leitung: Dr. Wetzel (Potsdam)
- Bildanalyse und Bildverstehen (bisher Bildanalyse), Leitung: Prof. Dr. Boochs (Mainz)
- Standardisierung und Qualitätssicherung (bisher Internationale Standardisierung), Leitung: Prof. Dr. Kresse (Neubrandenburg)
- Geoinformatik (bisher Geoinformationssysteme), Leitung: Prof. Dr. Kolbe (Berlin)
- Aus- und Weiterbildung (bisher Ausbildung), Leitung: Prof. Dr. Schiewe (Hamburg)
- Nahbereichsphotogrammetrie (unverändert), Leitung: Prof. Dr. Przybilla (Bochum)
- Sensoren und Plattformen (unverändert), Leitung: Dr. Sandau (Berlin)

- Hyperspektrale Fernerkundung (neu), Leitung: Dr. Jung (Halle)
- Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning (neu), Leitung: Prof. Dr. Sörgel (Hannover)
- Datenfusion (ggf. neu) Leitung: N.N.; Koregistrierung (ggf. als Unterthema), 3D-Stadtmodelle (ggf. als Unterthema)

Arbeitskreise sollen in Zukunft befristet für vier Jahre eingesetzt werden (Verlängerung möglich) und von einem Arbeitskreisleiter/in und Stellvertreter/in geführt werden. Neue Arbeitskreise sollen nur eingerichtet werden, wenn eine kompetente Leitung gefunden wird.

Der Sekretär berichtete über die neue Gestaltung der Internetseiten der DGPF. Nach umfangreicher Vorarbeit von DANILO SCHNEIDER, Dresden, dem nochmals ausdrücklich für seine wertvolle Arbeit gedankt wurde, präsentieren sich die Internetseiten der Gesellschaft in moderner Optik mit straffer Navigation und hoher Akzeptanz durch die Nutzer.

Die Homepage wird als Terminkalender und Navigationszentrale intensiv genutzt. Seit Juli 2007 wurden über 7840 Zugriffe auf die Startseite www.dgpf.de der Gesellschaft registriert. Am häufigsten werden die Seiten mit Informationen zu Stellenangeboten, Terminen und Informationen zu den korporativen Mitgliedern und zur Jahrestagung besucht. Neu aufgenommen wurden aktuelle Hinweise zu dem Projekt „Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkameratele“.

Der Schatzmeister erläuterte den Geschäftsbericht der Gesellschaft. Das gemäß der Satzungsänderung vom 14. 3. 2007 formulierte Ziel, die Kosten für zwei Jahresausgaben der Zeitschrift PFG als finanzielle Rücklage zu erhalten, wurde wiederum erreicht. Durch die Erweiterung der Zeitschrift PFG auf 7 Hefte im vollständigen Farbdruck lagen die Kosten in den vergangenen Jahren bei ca. 71 T€.

Ab 2008 erfolgt die Darstellung der korporativen Mitglieder zeitnah im Internet und das Heft 7 der PFG wird nicht mehr aufgelegt. Dadurch wird eine Reduzierung

der Kosten für den Jahrgang 2008 auf ca. 60 T€ prognostiziert. Der Schatzmeister erläuterte weiterhin die Entwicklung der Mitgliedsbeiträge, der sonstigen Einnahmen, der aktuellen Geldanlagen und der Kostenentwicklung der Zeitschrift.

Der Hauptschriftleiter HELMUT MAYER bittet mit seinen Schriftleitern CARSTEN JÜRGENS, THOMAS KERSTEN, LUTZ PLÜMER und ECKHARD SEYFERT um die Einreichung von Beiträgen in Deutsch oder Englisch sowie von Berichten von Tagungen.

Die Möglichkeit zur Bündelung von Themen in Schwerpunktheften der PFG wird gut angenommen. Zur Zeit sind folgende Themenhefte vorgesehen:

- 3/08: DFG Bündel „Abstraktion“ (Sester, Bähr, Heipke, Klein)
- 5/08: 10 Jahre Heipke am IPI Hannover und 20 Jahre EFTAS
- 1/09: Terrestrisches Laserscanning (Kersten und Przybilla).

Die Mitgliederversammlung nimmt die Ausführungen der Vorstandsmitglieder mit Zustimmung zur Kenntnis.

Ehrungen

Die Mitgliederversammlung beschließt einstimmig, den langjährigen Hauptschriftleiter der PFG, Herrn Prof. Dr. habil. KLAUS SZANGOLIES, zum Ehrenmitglied zu ernennen.

Gründung einer Stiftung „Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation“

In der Mitgliederversammlung im Jahr 2006 wurde der Vorstand beauftragt, die Errichtung einer Stiftung der DGPF zur nachhaltigen Absicherung der Nachwuchsförderung und der Ziele der DGPF in die Wege zu leiten. KLAUS KOMP berichtete über die rechtliche Situation sowie den aktuellen Gründungsstatus und erläuterte Details zur Gründungsform der Stiftung. Zweck der Stiftung ist die Förderung der DGPF e.V. bzw. einer eventuellen Rechtsnachfolgerin oder anderer gemeinnütziger Vereine und Stiftungen im Rahmen von Wissenschaft und Stiftungen auf dem Gebiet der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation. Die Stif-

tung verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne des Abschnitts „steuerbegünstigte Zwecke“ der Abgabenordnung. Sie ist selbstlos tätig und erstrebt keinerlei Gewinn. Die Stiftung führt den Namen „Stiftung Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation“ mit Sitz in Münster (Westfalen). Gründungsvorstand: Dr. KLAUS KOMP, Dr. HERBERT KRAUß, Dr. MANFRED WIGGENHAGEN.

Zurzeit läuft die abschließende juristische, steuerliche und administrative Klärung der Stiftungsgründung mit dem Ziel der formalen Errichtung der Stiftung bis Mitte 2008.

Kassenprüfung

Die Kassenprüfer Herr K. HEILAND und Prof. E. MOHR haben am 02.04.2008 die Buchführung und die Zahlungsvorgänge der Gesellschaft für den Zeitraum seit dem 01.01.2006 geprüft. Sie bestätigen eine einwandfreie und transparente Kassenführung für diesen Zeitraum. Besonderer Dank wird dem Schatzmeister Dr. KRAUß für die erfolgreiche Arbeit ausgesprochen.

Entlastung des Vorstandes

Der Vorstand wird von der Mitgliederversammlung einstimmig bei Enthaltungen der Vorstandsmitglieder entlastet. Der Präsident dankte der Mitgliederversammlung für die Zustimmung und die Zusammenarbeit in den vergangenen vier Jahren.

Wahl des Präsidenten und der übrigen Mitglieder des Vorstandes

Die Mitgliederversammlung wählt Prof. Dr. CORNELIA GLÄBER einstimmig zur neuen Präsidentin der DGPF. Anschließend wurde von Prof. GLÄBER der neue Vorstand zur Wahl vorgeschlagen: Vizepräsident Prof. Dr. THOMAS KOLBE, Schatzmeister Dr. HERBERT KRAUß, Sekretär Dr. MANFRED WIGGENHAGEN, Hauptschriftleiter Prof. Dr. HELMUT MAYER, Beiräte Dr. KLAUS KOMP, Prof. Dr. HANS-GERD MAAS, Prof. Dr. MONIKA SESTER, Dr. ECKHARDT SEYFERT.

Die Wahl des vorgeschlagenen Vorstandes erfolgt einstimmig ohne Gegenstimmen

mit Enthaltung der gewählten Vorstandsmitglieder.

Die neue Präsidentin Prof. Dr. C. GLÄBER betonte ihre Freude darüber, in einem bewährten Team mit hoch motivierten Vorstandskolleginnen und -kollegen die neuen Ziele der Gesellschaft und der Arbeitskreise verwirklichen zu können.

Wahl der Kassenprüfer

Zu Kassenprüfern werden einstimmig die Herren Dipl.-Ing. K. HEILAND und Prof. E. MOHR gewählt.

Verschiedenes

Als Ort für die nächste DGPF-Jahrestagung wurde Jena festgelegt. Da der ursprünglich vorgesehene Termin zu Kollisionen mit anderen Veranstaltungen führte, wurde er im Nachgang auf den Zeitraum 24.–26. 3. 2009 festgesetzt.

Plenarsitzung

Die zentrale Veranstaltung der Tagung war die Eröffnungsveranstaltung im Alten Landtag am 23.04.08 ab 14.00 Uhr.

Prof. LUHMANN begrüßte die anwesenden Teilnehmer und dankte dem Organisations-team für die Vorbereitung der Tagung. Er begrüßte die Ehrengäste, den anwesenden niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur, LUTZ STRATMANN, den Oberbürgermeister GERD SCHWANDTNER sowie die Vertreter der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und der Schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung.

Der Präsident der DGfK, Dr. PETER ASCHENBERNER begrüßte die Anwesenden und gab das Wort weiter an PETER LÜTJE, DGfK-Sektionsleiter Weser-Ems. Dieser erläuterte die Entwicklung des bis 1946 eigenständigen Landes Oldenburg zum heutigen Bezirk in Niedersachsen. Er dankte dem vorbereitenden Ausschuss und freute sich auf interessante gemeinsame Themen und das Rahmenprogramm dieser Tagung. PETER ASCHENBERNER eröffnete anschließend offiziell den 58. Kartographentag.

Prof. MANFRED WEISENSEE begrüßte alle Teilnehmer im Namen der Fachhochschule OOW und erläuterte, warum das Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik – IAPG der FH OOW als „Leuchtturm“ bezeichnet wird. Die Aktivitäten im IAPG seien weit über die Fachdisziplinen sichtbar und ermöglichen die Auslegung neuer zukunftsorientierter Studiengänge.

Minister LUTZ STRATMANN begrüßte alle Teilnehmer im Namen der Landesregierung am Hochschulstandort Oldenburg und belegte, welche Vorteile der Standort Oldenburg nicht nur für Studierende und Forschungsinteressierte hat. Die FH und insbesondere das IAPG spielten seit Jahren eine wichtige Rolle in der Hochschullandschaft. Die seit 2002 regelmäßig durchgeführten Oldenburger 3D Tage mit durchschnittlich 250 Fachleuten und 25 ausstellenden Firmen seien weit über die Grenzen Niedersachsens bekannt.

Der Oberbürgermeister GERD SCHWANDTNER begrüßte die Anwesenden herzlich in der „Übermorgen Stadt“ und wies darauf hin, dass in der gemütlichen Großstadt Oldenburg mit hoher Lebensqualität nicht nur studiert und geforscht werden könne, sondern auch sehr gut eingekauft und gelebt werde.

Im Anschluss verlieh der Verwalter der Ravenstein-Stiftung Dr. SCHÖTTLER die Ravenstein Förderpreise, Herr Prof. SCHROTH den Hansa Luftbildpreis 2008 und Prof. SCHIEWE die Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreise.

PD Dr.-Ing. GERD BUZIEK schilderte in seinem Festvortrag sehr eindrucksvoll die Rolle der Geoinformation in der Welt von heute und morgen. Er betonte die Schaffung globaler Instrumentarien, um z. B. negative Auswirkungen menschlichen Handelns begrenzen oder bei Naturkatastrophen flankierend wirken zu können. Die Integration verschiedener Geoinformationssysteme ermögliche umfangreiche Simulationen und helfe daher bei Entscheidungen auf politischer Ebene.

Exkursionen und Rahmenprogramm

Im Rahmenprogramm wurden folgende Exkursionen angeboten: Besichtigung der Aus-

stellung historischer Karten in der Landesbibliothek Oldenburg am 25.4.08 von 14.00 bis 18.00 Uhr, die Besichtigung der Airbus Werke in Nordenham und eine Führung durch das Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG) der FH OOW. Am 26.4.08 standen als Alternativen eine Besichtigung der Meyer Werft in Papenburg und eine Küstentour über Wilhelmshaven-Neuharlingensiel mit Hafenerundfahrt und Aquariums- bzw. Marinemuseumsbesuch zur Wahl.

Am 22. April fanden sich viele der bereits angereisten Tagungsteilnehmer ab 19.00 Uhr im Restaurant „Ratskeller“ in Oldenburg ein. Dort tauschten sich die Anwesenden über neue Entwicklungen in fachlicher, beruflicher und privater Hinsicht aus. Das traditionelle gemütliche Beisammensein fand am 23.4.08 im Restaurant „Der Schwan“ statt. Bei Speis und Trank nutzten viele der Teilnehmer die Zeit, um alte Bekanntschaften aufzufrischen, neue zu knüpfen und über aktuelle Themen zu diskutieren.

Der festliche Abend fand am 24.4.08 in der Weser-Ems-Halle statt. Neben reichlich gutem Essen vom Buffet sorgte die Spontan-Theatergruppe „Bumerang“ für anregende Unterhaltung mit unerwartet komischen und dramatischen Momenten unter ausdrücklicher Beteiligung der Anwesenden.

MANFRED WIGGENHAGEN, Hannover

Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008

Im Rahmen der feierlichen Eröffnungsveranstaltung der DGPF-Jahrestagung in Oldenburg wurde am 23. April 2008 der Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2008 verliehen. Laut der Ausschreibung sollen hiermit herausragende Abschluss- oder Studienarbeiten auf den Gebieten der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation und ihrer Nachbarbereiche ideell gewürdigt, finanziell honoriert und einer größeren Öffentlichkeit bekannt gemacht werden.

Seit dem letzten Jahr beteiligen sich neben der DGPF auch die Österreichische Gesell-



Preisverleihung des trinationalen Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008: Prof. Dr. JOCHEN SCHIEWE und Herr MATTHIAS ROLAND (1. Preis) im Vordergrund, Frau DANIELA FASLER (2. Preis) und Herr CHRISTIAN GREIFENEDER (3. Preis) im Hintergrund. Foto: Piet Meyer, IAPG Oldenburg.

schaft für Vermessung und Geoinformation sowie die Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung ideell und finanziell an dieser Auszeichnung. Mit dieser Erweiterung ging nicht nur eine deutliche Aufwertung des Preises, sondern auch die Umbenennung in „Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis“ einher.

Es war Zufall, dass die Preisverleihung genau am 69. Geburtstag von Prof. KRAUS stattfand. Kein Zufall war es dagegen, dass die Witwe von Prof. KRAUS, Frau URSULA KRAUS, die Einladung zu dieser Veranstaltung umgehend angenommen hatte und der Preisverleihung somit einen besonderen Rahmen verlieh.

Erfreulicherweise gingen in diesem Jahr 18 Bewerbungen ein, was eine neue Rekordbeteiligung darstellt. Die nicht einfache Auswahl der Preisträger oblag auch in diesem Jahr einer trinationalen Jury, die aus Dr. KIRSTEN WOLFF (ETH Zürich), Prof. Dr.

NORBERT PFEIFER (TU Wien) und Prof. Dr. JOCHEN SCHIEWE (HCU Hamburg) bestand.

Die Preisträger des Jahres 2008, deren Arbeiten als Kurzfassungen in diesem Heft abgedruckt sind, lauten:

1. Preis: MATTHIAS ROLAND (Leibniz Universität Hannover) mit seiner Diplomarbeit „Photogrammetrische Auswertung der Aggregatbewegung im Sicherheitsversuch aus einer Fotogrube“
2. Preis: DANIELA FASLER (ETH Zürich) mit ihrer Master-Arbeit „Entwicklung von Analysemethoden zur Untersuchung bronzezeitlicher Landnutzungen“
3. Preis: CHRISTIAN GREIFENEDER (Paris Lodron-Universität Salzburg) mit seiner Master-Arbeit „Abschattung von GPS-Satelliten – Sichtbarkeitsanalysen unter Verwendung eines digitalen Oberflächenmodells“

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Kurzfassung der ausgezeichneten Arbeiten des trinationalen Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008

Photogrammetrische Auswertung der Aggregatbewegung im Sicherheitsversuch aus einer Fotogrube

Das Ziel der Diplomarbeit ist es, ein Verfahren für die 3D Punktbestimmung von signalisierten Messpunkten auf der Fahrzeugunterseite im Crashversuch zu entwickeln, zu implementieren und zu testen. Der umgesetzte Versuchsaufbau besteht aus drei synchronisierten Highspeed Kameras und einem Passpunktfeld in einer Fotogrube unterhalb des Fahrzeugs. Die Grube ist mit zwei Acrylglasplatten abgedeckt, die sich im Strahlengang der Aufnahmen befinden. Für die präzise Bestimmung von räumlichen Bewegungen am Fahrzeugunterbau werden die Brechungseigenschaften der Acrylglasplatten modelliert und bei der 3D Rekonstruktion berücksichtigt. Sämtliche Maßnahmen sind in die bestehenden Prozesse bei der Volkswagen AG integriert und kommen operationell zum Einsatz.

Zurzeit beschränken sich die 3D Bildsequenzanalysen von Crashversuchen auf Messmarken auf der Fahrzeughülle und auf den im Fahrzeug befindlichen Dummies. Um die Fahrzeug- und Insassensicherheit besser bewerten und optimieren zu können, werden Informationen über die räumlichen Bewegungen einzelner Fahrzeugbauteile mit hoher Genauigkeit benötigt. Voraussetzung hierfür ist die 3D Bestimmung von Punkten auf der Fahrzeugunterseite.

In einem ersten Schritt ist ein geeignetes Passpunktfeld in der Fotogrube geplant, eingerichtet und in einem photogrammetrischen Aufnahmeverband mit anschließender Bündelausgleichung hoch genau vermessen worden. Optimale Bereiche für die Positionen der drei eingesetzten Highspeed Kameras wurden durch eine Simulationssoftware für die theoretische Aufnahmeplanung und unter Berücksichtigung der sich aus der Praxis ergebenden Einschränkungen festgelegt. Durch die Beobachtung der Pass-

punkte lassen sich die Orientierungsparameter der eingesetzten Kameras über einen räumlichen Rückwärtsschnitt bestimmen. In einem weiteren Schritt werden die allgemeinen Brechungseigenschaften der Acrylglasplatte auf der Bildebene modelliert. Die Idee ist, die gemessenen Bildkoordinaten von den Brechungseinflüssen zu bereinigen, so dass die auf dem Modell der Zentralperspektive basierenden Algorithmen ohne Genauigkeitsverlust verwendet werden können. Bei der Bestimmung der Korrekturterme ist die gegenseitige Ausrichtung zwischen Bildebene und der Acrylglasplatte zwischen dem gemessenen Bildpunkt und dem Fahrzeugpunkt von entscheidender Bedeutung. Das entwickelte Verfahren kodiert diese Ausrichtung über einen Korrekturpunkt, der in einer im Bildsensor aufgespannten Ebene liegt. Die Koordinaten für diesen Korrekturpunkt werden für jeden Zeitschritt der Bildsequenz in einem Gauss-Helmert Modell subpixelgenau geschätzt. Als Beobachtungen für den funktionalen Zusammenhang dienen die Orientierungsparameter der Kameras und 3D Koordinaten von Messmarken auf der Acrylglasplatte. Anschließend werden die Distanzen zwischen Kameras, Acrylglasplatte und sämtlichen signalisierten Fahrzeugpunkten in einem iterativen Verfahren bestimmt. Nach Berechnung der Auftreffwinkel für jeden Abbildungsstrahl auf das Acrylglas wird der Brechungseinfluss als ebene, radiale Punktverschiebung im Objektraum modelliert. Diese Modellierung erfolgt über das Gesetz von Snellius und einfachen Dreiecksbeziehungen.

Um die vollständige 3D Auswirkung der Lichtbrechung beseitigen zu können, wird die ebene Objektpunktverschiebung als Residuum in die Bildebene projiziert. Dort werden die gemessenen Bildkoordinaten um die berechnete Verschiebung in Bezug auf den Korrekturpunkt verbessert. Abschließend werden mit den vom Brechungseinfluss

bereinigten Bildkoordinaten räumliche Vorwärtsschnitte für jeden Zeitschritt der Bildsequenz durchgeführt. Als Ergebnis stehen dann 3D Trajektorien für alle signalisierten Punkte an der Fahrzeugunterseite zur Verfügung, die die Analyse des räumlichen Verhaltens einzelner Bauteile beim Crashversuch ermöglichen.

Zur Verifikation und Anwendung der entwickelten Algorithmen ist eine Software implementiert worden, die eine vollautomatische Auswertung nach dem neuen Verfahren ermöglicht. Zusätzlich können durch eine Klassifizierung der einzelnen Abbildungsstrahlen gleichzeitig zwei unterschiedliche Acrylglasplatten in den Bildsequenzen berücksichtigt werden.

Die Gültigkeit und praktische Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens ist durch eine Vielzahl durchgeführter und ausgewerteter Crashversuche nachgewiesen worden. Neben der Beseitigung eines systematischen Lageversatzes von ca. 30 mm konnten die mittleren Punktfehler der rekonstruierten 3D Fahrzeugpunkte von ca. 15 mm auf unter 3 mm reduziert werden.

Durch die Konstruktion eines Passpunktfeldes in der Fotogrube, die Installation von drei Highspeed Kameras an geeigneten Standorten und der implementierten Optimierungssoftware werden nun bei der Volkswagen AG vollständige 3D Auswertung der Fahrzeugunterseite ohne großen Mehraufwand und in einem Genauigkeitsbereich von 1 bis 3 mm durchgeführt.

MATTHIAS ROLAND, Hannover
e-mail: matthias.roland@de.bosch.com

Entwicklung von Analysemethoden zur Untersuchung bronzezeitlicher Landnutzungen

Ziel dieser interdisziplinären Arbeit ist die Rekonstruktion der bronzezeitlichen Landnutzungen sowie die Untersuchung des Einflusses von Geo- und Umweltfaktoren auf die räumliche Verteilung von landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe eines geografischen Informationssystems (GIS).

In Zusammenarbeit mit der Abteilung für Ur- und Frühgeschichte der Universität Zürich werden Feldaufnahmen aus zwei alpinen Regionen der Schweiz, der Leventina (Kanton Tessin) und der Silvretta (Grenzgebiet Kanton Graubünden und Vorarlberg), ausgewertet. Es wird erwartet, weitere mögliche Fundstellen ermitteln zu können, um gezielte Feldaufnahmen durchzuführen. Mit dem GIS gilt es, Grundlagendaten (Höhenmodell, thematische Karten) für die Weiterbearbeitung aufzubereiten. Anschließend werden Auswertemethoden zur Verarbeitung der vorerwähnten Daten entwickelt und beurteilt. Dabei soll aufgezeigt werden, welche Methode zu einem Vorhersagemodell führt, das mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere Fundstellen liefert.

Die viel versprechendsten Ergebnisse liefert die Methode des so genannten „predictive modellings“. Dabei wird von existierendem Wissen (bekannte Fundstellen) Gebrauch gemacht, um Trends oder Ereignisse (hier neue Fundstellen) vorherzusagen. Die Faktoren aller Fundstellen werden mittels logistischer Regression statistisch untersucht. Es werden die Wahrscheinlichkeiten eines bestimmten Ereignisses geschätzt. Gestützt auf die errechneten Wahrscheinlichkeiten lässt sich in einem GIS eine Karte erstellen, in der jeweils Gebiete mit hoher, mittlerer und niedriger Wahrscheinlichkeit betreffend weiterer Fundorte dargestellt sind. Das mit predictive modelling erstellte Modell erscheint sehr plausibel. Aufgrund fehlender Daten kann es aber noch nicht vollständig verifiziert werden.

Neben dem predictive modelling werden drei weitere Methoden entwickelt und ausgeführt. Bei der Methode „statistische Modellierung“ wird mittels Faktorenanalyse untersucht, welche Faktoren Einfluss auf die räumliche Verteilung von landwirtschaftlichen Flächen haben. Anschließend wird das Untersuchungsgebiet aufgrund von Voraussetzungen, abgeleitet aus den Histogrammen der Faktoren, in potentiell und nicht potentiell Gebiet unterteilt. Die Methode ist ähnlich dem predictive modelling, wobei dem predictive modelling aufgrund der Abstufung des Potentials der Vorzug gegeben

wird. Die Methode „Wachstumsbedingungen von Getreidesorten“ versucht, aufgrund von Standorteigenschaften verschiedener Getreidesorten, welche zur Bronzezeit bereits vorhanden waren, Rückschlüsse auf mögliche Anbau- und damit auch Siedlungsgebiete zu ziehen. Diese Methode erscheint praktikabel, sie muss jedoch erst noch mit Bodenproben verifiziert werden. Die letzte Methode, „Gewichtung von Datenebenen“, basiert auf der Idee, verschiedene Datenebenen mittels eines GIS zu überlagern und basierend auf Expertenwissen zu gewichten. Da sich jedoch die Ausgangsdaten als nicht geeignet erweisen, wird von dieser Methode abgesehen.

Abschließend werden im GIS in Bezug auf die Hangneigung sowie die Wanderzeit günstige Wege zwischen verschiedenen Orten berechnet und mit dem Ergebnis des predictive modellings überlagert. Die Kombination zeigt gute Übereinstimmung der Wanderrouen mit der Potentialkarte. Dadurch können Rückschlüsse auf zukünftige Feldkampagnen gezogen werden.

DANIELA FASLER, Ebikon, Schweiz
e-mail: daniela.fasler@alumni.ethz.ch

Abschattung von GPS-Satelliten – Sichtbarkeitsanalysen unter Verwendung eines digitalen Oberflächenmodells

GPS ermöglicht die Bestimmung der dreidimensionalen Position in Echtzeit und in einem einheitlichen Bezugssystem. Voraussetzung ist, dass eine freie Sicht vom Empfängersegment zu mindestens vier Satelliten besteht. Das GPS-Weltraumsegment besteht aus 30 Satelliten verteilt auf sechs verschiedene Bahnebenen in einer Höhe von etwa 20.000 km, welche sich mit einer Geschwindigkeit von rund 14.000 km/h in ihrer Umlaufbahn fortbewegen. Dies hat zur Folge, dass sich die Satellitenkonstellation permanent ändert und somit auch die Anzahl der sichtbaren Satelliten mit dem Messzeitpunkt in Verbindung steht. Darüber hinaus hat die Anzahl der sichtbaren Satelliten und

die geometrische Satellitenkonstellation eine Auswirkung auf die Güte der Messung. In der Regel wirkt sich eine hohe Satellitenverfügbarkeit positiv auf die Messgenauigkeit aus.

Für Messungen mit höchster Genauigkeit ist es deshalb sinnvoll, die zu erwartende Satellitenkonstellation mit so genannter „Mission Planning Software“ und Almanachdaten (Bahndaten der GPS-Satelliten in vereinfachter Form) vorherzusagen und den Messzeitpunkt danach auszurichten. Die Ergebnisse der Vorhersagen sind jedoch meist nur mäßig befriedigend, da eine Einbeziehung von potentiellen Sichthindernissen wie Gelände, Bebauung oder Vegetation, wenn überhaupt, nur mit beträchtlichem Zusatzaufwand möglich ist. Ohne Einbindung lokaler Höheninformationen bezieht sich die Vorhersage der Anzahl der sichtbaren Satelliten auf die Erde als Ellipsoid ohne Erhebungen. So kommt es in der Praxis immer wieder vor, dass sich der errechnete Messzeitpunkt aufgrund von nicht berücksichtigten GPS-Abschattungen für eine Präzisionsmessung als ungeeignet herausstellt.

Um GPS-Abschattungen, verursacht durch Vegetation, Bebauung und die Topographie, vorherzusagen zu können, müssen Sichtbarkeitsanalysen unter Verwendung eines digitalen Oberflächenmodells (DOM) durchgeführt werden. Ein DOM enthält ergänzend zur Geländeoberfläche auch die Vegetations- und Bebauungsoberfläche. Eine Applikation, welche auf Grundlage von Sichtbarkeitsanalysen unter Verwendung eines DOM Vorhersagen über die Anzahl der sichtbaren Satelliten für den jeweiligen Zeitpunkt (t) trifft, würde eine präzise Vorausplanung von Messkampagnen ermöglichen und somit Vermessungseinsätze hinsichtlich Zeit und Qualität optimieren.

Um die Anzahl der sichtbaren Satelliten zum Zeitpunkt (t) für den jeweiligen Standpunkt vorherzusagen zu können, werden folgende Informationen benötigt:

- Zeitpunkt (t) der Vorhersage;
- Standpunktkoordinaten mit Höhenangabe;

- Bahndaten der GPS-Satelliten zur Berechnung der Satellitenpositionen;
- DOM im Umkreis des Standpunktes zur Durchführung von Sichtbarkeitsanalysen.

Die Standpunkt- und Satellitenkoordinaten zum Zeitpunkt (t) müssen in einem einheitlichen Bezugssystem vorliegen, um den Sichtlinienvektor, bestehend aus Richtungswinkel, Höhenwinkel und Entfernung, bestimmen zu können.

Im Zuge der Master Thesis wurde die Applikation Abschattung von GPS-Satelliten zur präzisen Vorausplanung der GPS-Satellitenkonstellation für den jeweiligen Zeitpunkt (t) unter Verwendung eines DOM entwickelt. Dabei wird die Anzahl der sichtbaren Satelliten für den Zeitpunkt (t) prognostiziert und der günstigste Zeitpunkt für eine Messkampagne innerhalb des festgelegten Simulationszeitraumes ermittelt. Zeitpunkte mit einer hohen Satellitenverfügbarkeit

können gezielt herausgesucht und somit unerwünschte Wartezeiten bei Messeinsätzen aufgrund von schlechten Satellitenkonstellationen vermieden werden. Darüber hinaus beschränken sich die Vorhersagen nicht nur auf einen Standpunkt, sondern es wird auch der Umkreis des Standpunktes mit eingebunden. Eine Vorhersage der Satellitenkonstellation für eine Fläche von bis zu 25 km² mit nur einer Simulation verringert den Zeitaufwand bereits bei der Vorausplanung von GPS-Kampagnen.

Letztendlich soll die fertige Applikation Anwendung beim Amt der O.Ö. Landesregierung, Abteilung Geoinformation und Liegenschaft zur Vorausplanung von GPS-Messkampagnen finden, um GPS-Vermessungen hinsichtlich Zeit und Qualität zu optimieren.

CHRISTIAN GREIFENEDER, Niederthalheim, Österreich
e-mail: Christian.greifeneder@ooe.gv.at

Berichte der Arbeitskreise der DGPF

Auswertung von Fernerkundungsdaten

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

Auf der 28. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF in Oldenburg erfolgte eine Umbenennung des Arbeitskreises „Interpretation von Fernerkundungsdaten“ in „Auswertung von Fernerkundungsdaten“. Damit wurde der Entwicklung der letzten Jahre Rechnung getragen, dass eine Trennung von Interpretation und Bearbeitung von Fernerkundungsdaten heute praktisch nicht mehr möglich ist.

Der Arbeitskreis deckt innerhalb des fachlichen Spektrums der DGPF alle Fragen im Zusammenhang mit der Bearbeitung, Auswertung, Analyse und Interpretation von Fernerkundungsdaten ab.

Die Breite des Diskussionsangebotes in unserem Arbeitskreis zeigt sich sowohl bei den einbezogenen Wellenlängenbereichen,

die das gesamte Spektrum vom sichtbaren Spektralbereich (VIS), dem Infrarot (NIR, SWIR, TIR) und dem Mikrowellen- bzw. Radarbereich umfassen, als auch den unterschiedlichen Sensortypen wie analoge und digitale Kameras, passive und aktive (SAR, Laserscanner) Systeme, sowie panchromatische, multispektrale und hyperspektrale Sensoren.

In erster Linie geht es um bildhafte Daten von flugzeug- und satellitengestützten Plattformen, aber auch Profilmessungen und die für die Auswertung und Interpretation benötigten Ground-truth Untersuchungen und Referenzdaten sind Themen, die im Arbeitskreis vorgestellt und diskutiert werden.

Schwerpunkte der Diskussionen im Arbeitskreis bilden so u. a.:

- Methoden und Algorithmen der digitalen Bildprozessierung (Geo-Referenzierung, Segmentierung, Klassifikationsansätze,

Neuronale Netze, Prozessentwicklung, etc.) unter unterschiedlichsten Anwendungsaspekten,

- Thematische Analysen und Interpretationen auf der Basis unterschiedlicher Fernerkundungssensoren,
- Multitemporale, Hyperspektrale und Multi-Sensorauswertungen,
- Neue Anwendungsfelder von Fernerkundungsdatenauswertungen und
- Genauigkeitsuntersuchungen und Qualitätsanalysen der Fernerkundungsauswertungen.

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

Thematischer Schwerpunkt für den Arbeitskreis war diesmal Fernerkundung und Kartographie für das Krisenmanagement und den Katastrophenschutz. In der ersten Sitzung wurde dazu das vom DLR geförderte Forschungsprojekt „DeSecure“ vorgestellt. Im einleitenden Vortrag wurde von MONIKA GÄHLER ein Überblick zum Inhalt, den Hintergründen und den Zielstellungen des Projektes „DeSecure – Satellitengestützte Kriseninformation für Deutschland“ gegeben. Anschließend wurde in zwei spezielleren thematischen Beiträgen auf Anwendungen und Lösungen eingegangen. MATTHIAS BUTENUTH stellte Möglichkeiten zur Verifikation und semi-automatischen Erfassung von Straßennetzwerken aus Satellitenbildern für Krisenanwendungen vor und SANDRA REIGER sprach über die Erfassung von Überflutungsflächen bei Hochwasserereignissen am Beispiel des Elbehochwassers 2006 mit simulierten Satellitendaten und Prozessabläu-

fen des künftigen RapidEye Fernerkundungssystems.

In der zweiten Sitzung mit dem Titel „Umwelt und Klima“ wurden zunächst von KATHRIN POSER Grundlagen und aktuelle Erkenntnisse zur kartographischen Risikokommunikation erläutert. Der zweite Vortrag von DORIS DRANSCH zeigte neue Wege zur Bereitstellung raumbezogener Informationen aus Beobachtungen von Betroffenen in Katastrophensituationen auf. Durch die Nutzung des Internets und anderer moderner Kommunikationsmethoden und nach einer kartographischen Aufbereitung erfolgt die Generierung so genannter „Community-made Maps“, die eine äußerst schnelle und in manchen Krisensituationen die einzige raumbezogene Informationsquelle für Öffentlichkeit und Forschung darstellen. IRMGARD NIEMEYER berichtete über Möglichkeiten der Nutzung satellitengestützter Fernerkundungstechnologien für die Umwelt- und Sicherheitsüberwachung von Abrüstungsverträgen. In einem interessanten methodische und praktische Aspekte verbindenden Vortrag wurde von ANDREAS MÜTERTHIES eine Technologie zur Erfassung von Sturmschäden und Windwurfflächen demonstriert, die u. a. erfolgreich nach dem Sturm „Kyrill“ in NRW zum Einsatz kam. Interessant waren hier insbesondere die Ansätze zur Automatisierung der Auswertungsprozesse.

Weitere und geplante Aktivitäten

Am Rande der Jahrestagung wurde mit dem Arbeitskreis „Fernerkundung in der Geologie“ vereinbart, im Herbst diesen Jahres eine gemeinsame eintägige Veranstaltung zum Themenschwerpunkt „Fernerkundung für Gletschermonitoring und Untersuchungen im Hochgebirge“ zu organisieren. Die Veranstaltung soll den Charakter eines Workshops haben und wird voraussichtlich in Potsdam stattfinden. Interessierte Kollegen und Einrichtungen sind herzlich eingeladen, sich an der Vorbereitung und Ausgestaltung dieser Veranstaltung zu beteiligen.

HORST WEICHEL, Potsdam

Bildanalyse und Bildverstehen

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Geometrische Bildverarbeitung
- Merkmalsextraktion und -nutzung
- Semantische Modellierung

Bericht von der Jahrestagung

Mit der diesjährigen Tagung hat der Arbeitskreis ein wenig sein äußeres Erscheinungsbild geändert, indem die Bezeichnung des Arbeitskreises um den Begriff *Bildverstehen* erweitert wurde. Der offizielle Namen heißt nun „*Bildanalyse und Bildverstehen*“.

Mit dieser begrifflichen Erweiterung soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Verarbeitung digitaler Bilder mittlerweile anspruchsvollere Ziele verfolgt, als nur die Anwendung numerischer Operationen, die auf den geometrischen oder radiometrischen Gehalt wirken. Vielmehr richten sich viele Aufgaben auch auf die Identifikation und Bewertung von Objekten bzw. deren Beziehung zum übrigen Bildinhalt. Damit befindet man sich jedoch auf Verarbeitungsebenen, die ohne die kontextuelle Betrachtung des Bildes chancenlos sind und deshalb die Parametrisierung semantischer Elemente einbeziehen müssen.

Die Erweiterung des AK-Namens soll dieser Verschiebung der Methodik zu komplexeren Aufgaben berücksichtigen und nach außen kenntlich machen.

Die inhaltliche Arbeit auf der diesjährigen Tagung erstreckte sich auf eine Sitzung mit vier Vorträgen und die Präsentation von insgesamt vier weiteren Arbeiten in der Posterausstellung. Aus thematischer Sicht zielten die Poster allesamt auf die Anwendung klassischer Verarbeitungsverfahren auf Datenmaterial, das für geologische Fragestellungen relevant ist, während in der Vortragsitzung eher methodische Aspekte mit recht verschiedenen Zielsetzungen behandelt worden sind.

Eine klassische Aufgabenstellung aus der Bildanalyse wurde von ROBERT SPANGENBERG, Berlin präsentiert. In seiner Betrachtung ging es um eine typische Frage der Ob-

jektverfolgung. Konkret waren im Kontext eines Verkehrsüberwachungssystems Fahrzeuge wirkungsvoll zu tracken, so dass der Fokus auch bei wechselnden äußeren Rahmenbedingungen, größeren Änderungen des Bewegungspfad oder plötzlichen Verdeckungen nicht verloren geht. Als mathematischer Ansatz benutzte er eine spezielle Variante von Partikel-Filtern, in der die Bewegung der Objekte, wie auch deren Interaktion modelliert wird. Die praktischen Tests zeigten ein hohes Maß an Robustheit, wie es für derartige Überwachungen unerlässlich ist.

Eine weitere, auf interessierende Bildobjekte ausgelegte Fragestellung wurde von ANDREAS VÖLKER, Münster präsentiert. In seiner Arbeit liegt der Fokus allerdings auf der sicheren Erkennung bestimmter Objektarten, konkret handelt es sich um Hecken in Bildern kleineren Maßstabs (1m Pixel). Sein Ansatz ist durch eine objektbasierte Betrachtungsweise charakterisiert, die vorhandenes Wissen in Bezug auf die Objekte zu modellieren versucht. Dabei werden verschiedene Datenquellen und darauf angewandte Merkmalsoperationen herangezogen. Eine abschließende, modellgestützte Weiterverarbeitung der Merkmale führt zum abschließenden Bewertungsergebnis. Wie praktische Tests zeigen, bleibt kein Objekt unerkannt, lediglich der Anteil falscher Treffer muss noch reduziert werden.

Eine auf Schlussfolgerungen in Bezug auf die Charakteristik des Datenmaterials beruhende Arbeit wurde von MARTIN BÖHLER, Mainz präsentiert. In seinen Entwicklungen geht es um Intelligenz im Zusammenhang mit der Gewinnung von digitalen Objektmodellen. Im Unterschied zur üblichen Praxis, Objekte in dichter Rasterweite mit gleichen Abständen zu digitalisieren, passt sich das von ihm vorgestellte Verfahren an die Oberflächenmorphologie an. Damit wird das Datenaufkommen auf ein minimales, zur optimalen Beschreibung des Objektes notwendiges Maß beschränkt. Die erforderliche Adaption wird durch eine Analyse des Krümmungsverhaltens der Oberfläche erreicht. Dabei wird ein iterativer Prozess durchlaufen, der in jedem Durchgang das

zur Bestimmung der Oberflächenpunkte nötige Punktmuster dem geometrischen Aufbau anpasst. Wie die praktischen Ergebnisse zeigen, erreicht man mit nur 2 % des Datenaufkommens eine, den dichten Objektmodell absolut gleichwertige Qualität.

In der abschließenden Präsentation der Vortragssitzung zeigte ALBERT WIEDEMANN, Berlin einige aus Sicht der Praxis ungelöste Fragestellungen im Kontext der Extraktion linearer Elemente, wie Leitungen, Schienen etc. mit der Bitte verbunden, sich dieser Fragen in der Forschung anzunehmen.

Die Präsentationen wurden wie immer von anregenden Diskussionen begleitet, so dass die Sitzung für alle Anwesenden zu einem interessanten Erfahrungsaustausch geworden sein sollte.

FRANK BOOCHS, Mainz

Standardisierung und Qualitätssicherung

Bericht von der Jahrestagung 2008

Während des Berichtszeitraums Sommer 2007 bis Frühjahr 2008 gab es eine gemeinsame Vortragsveranstaltung des Arbeitskreises mit der DGfK in Oldenburg am 25. 4. 2008 im Rahmen der Jahrestagung. Durch Vorstandsbeschluss wurde der Arbeitskreis im April 2008 von „Internationale Standardisierung“ in „Standardisierung und Qualitätssicherung“ umbenannt.

Vorträge

Die unter dem Titel „Qualitätssicherung“ stehende Vortragsveranstaltung während der Jahrestagung umfasste fünf Vorträge. Die Themen reichten von der Qualitätssicherung bei der Datenmigration (swisstopo) über die dynamische Erzeugung von Qualitätsinformationen (TU München) bis hin zu Genauigkeitsinformation und Qualitätssicherung bei Karten anhand von Satellitendaten (Bundeswehr). Weitere Themen waren die Datenfusion und ein Überblick über den aktuellen Stand der internationalen Normung.

ISO/TC 211

Die wichtigsten neuen Ansätze sind die zum zweiten Mal gestartete ISO 19130 „Imagery sensor models for geopositioning“ und das Projekt „Production Partnership Management“. Nach Lösung der Widersprüche innerhalb der unterschiedlichen amerikanischen Interessengruppen und gleichzeitiger Wahrung der Interessen der Photogrammetrie ist jetzt mit einer zügigen Fertigstellung der Norm ISO 19130 zu rechnen. Allerdings wird noch mehr als ein Jahr bis zur Veröffentlichung ins Land gehen. Das Projekt „Production Partnership Management“ wurde von britischer Seite unter Beteiligung von Finnland und Deutschland als Norm vorgeschlagen. Sie soll das Verhältnis von Auftraggeber und Auftragnehmer bei Geodatenprojekten regeln. Der zurzeit mit „Specification of a production method using the customer and supplier in partnership“ betitelte Entwurf wird in den Gremien der ISO mit üblicher Beteiligung der nationalen Normungsorganisationen diskutiert. Titel, Umfang und Ausrichtung dürften sich noch ändern.

Ein weiteres wichtiges Normungsprojekt ist die ISO 19149 „Rights expression language for geographic information – GeOREL“, das auf einer OGC-Entwicklung mit ORACLE-Hintergrund basiert. Bemerkenswert ist auch das New Work Item Proposal für „Observations and Measurement“, das erstmals einen Standard des Sensor Web Enablement als ISO-Norm vorschlägt. Andere Projekte sind entweder fast fertig (Reference Model for Imagery, Metadata for Imagery) oder für Photogrammetrie und Fernerkundung weniger relevant, wie einige Detailnormen zu Location Based Services.

Open Geospatial Consortium

Beim Open Geospatial Consortium sind vor allem die neue Abstract Specification (AS Topic 18) „Geospatial Digital Rights Management Reference Model“, die neue Implementation Specification „Catalogue Service for the Web – ebRIM Registry Service“, die

Arbeiten am 3D-City GML (zurzeit Best Practice Paper) und die Übernahme von KML 2.2 als OGC-Standard erwähnenswert. An den vier Projekten zeigt sich, dass es dem OGC wieder gelungen ist, die aktuell wichtigsten Themen bei sich anzusiedeln.

EuroSDR

EuroSDR unterstützt weiterhin die Entwicklung von Normen für Photogrammetrie und Fernerkundung und hat dadurch einen wesentlichen Anteil an der weltweiten Normung. Die Entwicklungen von EuroSDR sind wichtige Vorarbeiten für künftige Normungs-Projekte. Zu erwähnen sind die Kalibrierung von digitalen Luftbildkameras, das 3D-City GML, die Generalisierung und Überlegungen zu Entwicklungstendenzen im Rahmen eines „Think Tank“. Liaison-Beziehungen bestehen zu ISO/TC 211 „Geographic information/ Geomatics“ und CEN/TC 287 „Geographic information“. Mit dem OGC und mit EuroGeographics wurde jeweils ein „Memorandum of Understanding“ vereinbart.

GEOSS

Zur Bündelung der Arbeiten an Normen hat GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) im vergangenen Jahr das „Standards and Interoperability Forum“ (SIF) eingerichtet. Das Ziel sind in den Geowissenschaften einheitliche Normen. Dafür ist eine Vereinheitlichung über viele bisher getrennt arbeitende Fachgebiete erforderlich, wie z. B. Geoinformatik, Wetter und Biodiversität. Für die Bestandsaufnahme wurde ein Register eingerichtet.

WOLFGANG KRESSE, Neubrandenburg

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

Im Rahmen der Oldenburger Jahrestagung wurde unter der Überschrift „Umbruch in der deutschen Hochschulausbildung“ das derzeit häufig und kontrovers diskutierte Thema der Umstellung auf Bachelor- und Masterstudiengänge aufgegriffen. In dieser von DGPF und DGfK gemeinsam gestalteten Session wurde sowohl die Sichtweise der Hochschulen durch zwei Beiträge zur Kartographie-Ausbildung an der HTW Dresden (UWE JÄSCHKE) und TU Dresden (CHRISTINE RÜLKE), als auch die Sichtweise der Fachkräfte suchenden Wirtschaft durch den Geschäftsführer der Firma Land + System in Bremen, MICHAEL HEIß, beleuchtet.

Aus den Vorträgen und den intensiven Diskussionen wurde deutlich, dass sich die Hochschulen mit den strukturellen Umstellungen noch sehr schwer tun. So steht die Forderung nach verstärkter Einbindung interdisziplinärer Inhalte und „soft skills“ dem Wunsch nach Erhaltung der Eigenständigkeit der Disziplin oft diametral gegenüber. Auch die Vielzahl neuer Studiengangs-Bezeichnungen und Abschlüsse erfordert ein Umdenken: Nicht der Titel eines Diplom-Ingenieurs für Vermessungswesen zählt mehr für Einstellungen bei Firmen und Verwaltungen, sondern die erworbenen Kompetenzen des Absolventen. Die Vermittlung dieser Informationen seitens der Hochschulen, aber auch die Definition der Ansprüche seitens der Arbeitgeber stellen zentrale Aufgaben für die nähere Zukunft dar.

Es ist notwendig, dass sich die strukturelle und inhaltliche Entwicklung der Hochschulausbildung ähnlich dynamisch und offen verhalten, wie es der entsprechende Arbeitsmarkt tut. Dabei gilt es, den Spagat zwischen einer berufsorientierten Ausbildung, die auf neue Techniken und Anwendungsfelder flexibel reagiert, und einer Vermittlung wissenschaftlicher Kompetenzen herzustellen.

Schließlich zeigte diese gemeinsame Sitzung der Arbeitsgruppen von DGPF und DGfK wieder einmal die Notwendigkeit der Fächer- und Gesellschaften-übergreifenden Behandlung der Aus- und Weiterbildungsthematik, die sich in anderen Bereichen (z. B. der aktuellen Neugestaltung des Ausbildungsberufes zum „Geomatiker“) bereits bewährt hat.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der Arbeitskreis „Aus- und Weiterbildung“ wird neben den ständigen Aktivitäten, wie 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 unterstützen bzw. initiieren. Hierzu gehört u. a. die jährlich im Mai bzw. Juni stattfindende „GIS-Ausbildungstagung“ in Potsdam, die sich inzwischen zu der größten Plattform für diesen Themenbereich entwickelt hat.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Nahbereichsphotogrammetrie

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Nahbereichsphotogrammetrie
- Optische 3D-Messtechnik
- Dynamische Prozesse
- Anwendungen des terrestrischen Laser-scannings
- Genauigkeitsprüfung terrestrischer Laser-scanner

Bericht von der Jahrestagung

Die Sitzung des Arbeitskreises mit dem Titel „Optische 3D-Messtechnik“ fand am 24. April 2008 statt und wurde von ca. 75 Interessenten besucht. In der 90-minütigen Veranstaltung wurden fünf Beiträge vorgestellt, eine weitere Präsentation erfolgte im Rahmen der Posterausstellung.

Inhaltlich waren zwei Trends zu erkennen: Verschiedene Anwendungen auf der Grundlage terrestrischen Laserscannings in den

Bereichen Archäologie und Forstwirtschaft (MAREN LINDTSTAEDT et al., Hamburg, ANNE BIENERT & STEFFEN SCHELLER, Dresden) sowie Untersuchungen zur gemeinsamen Referenzierung von Bild- und Scandaten (NADINE MEIERHOLD et al., Dresden).

Ein weiterer Schwerpunkt war durch Systementwicklungen in der Nahbereichsphotogrammetrie gekennzeichnet, hier insbesondere durch Verfahren zur Erfassung dynamischer Prozesse im industriellen Umfeld (TIMO KAHLMANN et al., Braunschweig, JULIA OHM et al., Oldenburg).

Erweiterte Möglichkeiten taktischer Messtechnik in der Kombination mit Triangulationsscannern wurden in einem abschließenden Beitrag am Beispiel kleinförmiger Kunstobjekte vorgestellt (NICOLAS KOZUSCHEK et al., Bochum/München).

Die Präsentationen insgesamt spiegelten das breit angelegte Interessenspektrum des Arbeitskreises wider.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der Arbeitskreis Nahbereichsphotogrammetrie wird auch in 2009 als Mitveranstalter der Oldenburger 3D-Tage auftreten. Für den Zeitraum 5.–7. November 2008 ist eine gemeinsame Tagung mit dem AK Bildanalyse und Bildverstehen zum Themenkomplex „Dokumentation in der Archäologie/ Industriearchäologie“ geplant. Weitere Hinweise hierzu finden sich auf der Website www.denkmäler3.de. Bezüglich des Themas „Genauigkeitsprüfung terrestrischer Laserscanner“ ist gemeinsam mit dem Arbeitskreis 3 (Messmethoden und Systeme) des DVW (Leitung: RUDOLF STAIGER, Bochum) die Einrichtung einer Arbeitsgruppe geplant, die sich mit der Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien (vergleichbar zu VDI/VDE-Normen) beschäftigt. Die Arbeitsgruppe soll, in Abstimmung mit Aktivitäten verwandter Interessensgruppen, ihre Tätigkeit vor der kommenden INTERGEO aufnehmen.

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Hattingen

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 Sitzungen 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-/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, Lageregelssysteme)
 - Kalibrierung und Validierung der Systeme und Daten

Bericht von der Jahrestagung

Die vier Beiträge des Arbeitskreises passten sehr gut zum Generalthema der Jahrestagung „Vom Erdapfel zum 3D-Modell“. So befassten sich drei der vier Vorträge mit digitalen Luftbildkameras und deren Anwendungen; der vierte Vortrag beschäftigte sich mit Satelliten-Radar-Systemen.

Im Beitrag „Kalibration mittels Beugung und Goniometermessung im Vergleich“ von MARTIN BAUER, MARTIN SCHEELE und ADRIAN SCHISCHMANOW vom DLR in Berlin erläuterte ADRIAN SCHISCHMANOW, wie man mithilfe eines kompakten holografischen Systems im Feldeinsatz die Kalibrierung einer Kamera überprüfen kann. Obwohl

dieses Verfahren noch sehr nah an der Grundlagenforschung angesiedelt ist, konnten mit einem Funktionsmuster bereits Subpixel-Genauigkeiten aus dem Vergleich mit Goniometermessungen nachgewiesen werden. Weiterentwicklungen, die auf dem holografischen Verfahren beruhen, werden sicherlich großen Einfluss auf den Bereich der Kamera-Kalibrierung haben.

KARSTEN JACOBSEN von der Leibniz Universität Hannover stellte die leicht provokatorische Frage „Sagt die Anzahl der Pixel im Bild alles?“. Abgeleitet von Messungen der Point Spread Function (PSF) in Luftbildern der Kameras DIMAC, DMC, Ultra-Cam, ADS40 und RC30 wurde erläutert, dass die Anzahl der Pixel im Bild nicht das alleinige Kriterium für den Informationsgehalt ist. Die Vergleichsuntersuchungen zeigen, dass das Scannen von analogen Luftbildern mit Pixeln kleiner als 20 µm keine Verbesserungen bringt. Die Objektpunktgenauigkeiten und Bildinformationen der Bilder von digitalen Luftbildkameras, insbesondere der Zeilenkamera ADS40, zeigen sehr gute Ergebnisse bis hin zu Objektpixelgrößen von ca. 5 cm.

Der dritte Luftbildkamera-Beitrag berichtete über die „Einzelbaumkronen-Analyse mittels ADS40-Bildern“ (Autoren RÜDIGER WAGNER, GERT FERRANO und ARTHUR ROHRBACH, Leica Geosystems, Schweiz), ein Großprojekt in den USA. Bei diesem Projekt werden die Fernerkundungseigenschaften der ADS40, d. h. ihre schmalbandige, nichtüberlappende Spektralfilter, für die Vegetations-Differenzierung ausgewertet. Die ersten Auswertungsergebnisse sind überzeugend. In den Folgejahren wird sicherlich noch mehr zu diesem Projekt berichtet werden.

HAUKE FIEDLER skizzierte in dem Beitrag „From TerraSAR-X to TanDEM-X“ der Autoren MARIAN WERNER, GERHARD KRIEGER, MANFRED ZINK und HAUKE FIEDLER, DLR, Oberpfaffenhofen, die Funktionen von TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement). Über die Generierung globaler hoch aufgelöster DEM hinaus wird u. a. die Messung von Meeresströmungen, der Eisdrift im Meer

und der Bewegungen von Gletschern möglich sein. Der Start ist für das nächste Frühjahr vorgesehen. Mit den geplanten fünf Jahren Lebenszeit ist eine gemeinsame Operation mit TerraSAR-X für mindestens drei Jahre möglich.

Leider konnte der Posterbeitrag „Geometrische und radiometrische Testflugergebnisse von 40 ausgelieferten UltraCamX Systemen“ (Autoren MICHAEL GRUBER und UBBO MANSCHOLT, Vexcel Imaging, Graz) nicht präsentiert werden. Er hätte das Spektrum der Beiträge zu digitalen Luftbildkameras gut abgerundet.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der Arbeitskreis Sensoren und Plattformen wurde im April 1994 gegründet und seitdem von RAINER SANDAU geleitet. Der Arbeitskreisleiter kündigte an, nach so langer Zeit den Staffelstab an jüngere Experten weitergeben zu wollen. Dieser Übergang soll möglichst noch vor der nächsten Jahrestagung abgeschlossen sein.

RAINER SANDAU, Berlin

Hyperspektrale Fernerkundung

Der Arbeitskreis hat sich folgende Ziele und Aufgaben gesetzt, die durch weitere Interessensbekundungen der DGPF-Mitglieder ergänzt und erweitert werden können:

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

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

Bericht von der Jahrestagung

Auf der gemeinsamen Jahrestagung der DGPF und DGfK in Oldenburg wurde der

neue Arbeitskreis „Hyperspektrale Fernerkundung“ gegründet. Diese Technologie hat in der letzten Zeit außerordentlich an Bedeutung gewonnen. Mit der Gründung des neuen Arbeitskreises soll ihr in der DGPF verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Besondere Impulse erhält dieser Arbeitskreis durch die Entwicklung des neuen deutschen hyperspektralen Satellitensensors EnMap.

Erste Interessensbekundungen zur aktiven Mitarbeit in dem neuen Arbeitskreis erfolgten bereits während der Tagung aus verschiedenen Fachgebieten. In Zukunft soll die Anzahl der hyperspektral relevanten Vorträge auf DGPF-Tagungen erhöht und mehr Ergebnisse aus der einheimischen Forschung vorgestellt werden.

Der Arbeitskreis wird von Dr. András Jung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Geowissenschaften an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg geleitet.

Weitere geplante Aktivitäten

- Erarbeitung und Aufbau eines Methodendepots für hyperspektrale Datenanalyse
- Systematischer Aufbau einer multidisziplinären Spektraldatenbibliothek
- Zusammenarbeit und Vernetzung von wissenschaftlichen Gesellschaften, Institutionen und Firmen, die in der hyperspektralen Fernerkundung aktiv sind oder werden wollen
- Vernetzung von Promotionsstudenten im hyperspektralen Forschungsbereich
- Jährliches Treffen für Arbeitsgruppenmitglieder bzw. andere regelmäßige Diskussionsmöglichkeiten (durch Arbeitskreis-Homepage)
- Wissenstransfer (z. B. Training, Summer Schools)

ANDRÁS JUNG, Halle

Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

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

Hintergrund und geplante Aktivitäten

Traditionelle Fernerkundungssensoren erfassen die von der Erdoberfläche reflektierte Sonnenstrahlung passiv. In jüngster Zeit treten aktive Systeme hinzu, die auch nachts betrieben werden können. Zwei solche Sensortypen stehen im Fokus dieses neu etablierten Arbeitskreises: Bildgebendes Radar und Flugzeuglaserscanning.

Beide Techniken fußen auf der Messung der Laufzeit kohärenter und schmalbandiger Pulse. Ein wesentlicher Unterschied liegt im genutzten Teil des Spektrums. Radarsensoren arbeiten mit Zentimeterwellen, was den Vorteil einer weitgehenden Wetterunabhängigkeit mit sich bringt, Laser hingegen im Mikrometerbereich. Für gegebene Apertur und Entfernung ist daher beugungsbedingt die Winkelauflösung von Radar erheblich schlechter als bei Laser. Um auch aus größerer Entfernung Bilder hoher Auflösung zu erhalten, ist bei Radar eine überlappende Beleuchtung in Schrägsicht quer zur Flugrichtung und eine spezielle Prozessierung der Rohdaten (Synthetic Aperture Radar Prinzip, SAR) erforderlich. Moderne Satellitensysteme, wie etwa TerraSAR-X (DLR) oder die SAR-Lupe (Bundeswehr), erzielen in den feinsten Modi eine geometrische Auflösung im Meterbereich.

Da Reflexionen die Signalpolarisation beeinflussen, erlaubt die Auswertung der

Streumatrix Rückschlüsse auf die Bodenbedeckung. Die bekannteste Radaranwendung ist sicher die Gewinnung von Höhenmodellen durch SAR-Interferometrie: SRTM-Daten (2000) haben mittlerweile weite Verbreitung gefunden und mit der künftigen deutschen TanDEM-Mission wird eine nochmalige Verfeinerung angestrebt. Ein weiterer aktueller Forschungsschwerpunkt ist die Beobachtung langsamer Geländedeformationen, etwa infolge von Bergbautätigkeit, aus Zeitreihen von SAR-Bildern.

Flugzeuglaserscanning hat sich mittlerweile als Methode zur Gewinnung dichter und genauer Höhendaten etabliert, die als Grundlage etwa zur Erzeugung von Geländemodellen in Wäldern und 3D-Stadtmodellen dienen. Auch hier ist ein bedeutender technischer Fortschritt zu beobachten: Beschränkten sich solche Daten früher auf den Ort des ersten, letzten oder beider Echos, so liefern neuere Sensoren weitere Information, zum Beispiel Maximalamplitude und Breite jedes Echos. Die modernsten Systeme digitalisieren den zeitlichen Verlauf des Sendepulses sowie der empfangenen Echos. Durch geeignete Verarbeitung der Signalform sind Rückschlüsse auf die Struktur der beleuchteten Objekte möglich, dies ist insbesondere zur Analyse von Vegetationsbereichen von Interesse.

Zur effizienten Informationsgewinnung aus Radar- und Laserdaten ist ein gewisses Verständnis der zugrundeliegenden Sensoreigenschaften sowie der wellenphysikalischen Reflexions- und Streuvorgänge unabdingbar. Aufgrund der im Kern sehr ähnlichen Sensorprinzipien bietet sich eine Integration beider Sensoren in einem Arbeitskreis an.

UWE SÖRGEL, Hannover

Mitteilungen der DGPF

100 Jahre DGPF – Festveranstaltung und 29. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V. vom 24.-26. März 2009 in Jena

Vorankündigung und Call for Papers

Die 29. *Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF* wird vom **24. bis 26. März 2009** als Jubiläumsveranstaltung zum 100jährigen Bestehen der DGPF in Jena stattfinden.

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 2009 geben wollen, bitten wir um entsprechende Vorschläge an die Präsidentin.

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

- **1. Oktober 2008:** Abgabefrist für Titel und Abstracts im Umfang von 300 Wörtern direkt an die Adresse der Arbeitskreisleiter der DGPF (siehe www.dgpf.de).
- **1. November 2008:** Mitteilungen an die Autoren über die Akzeptanz des vorgeschlagenen Beitrages.
- **31. Januar 2009:** Ende des Frühbucher-Rabatts.
- **2. Februar 2009:** Redaktionsschluss für die Einreichung der Manuskripte entsprechend der Autorenhinweise. Die akzeptierten Beiträge von zur Tagung angemeldeten Autoren werden in den Tagungsband und in die Tagungs-CD aufgenommen.

Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2009 für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation

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

Die Preisgelder betragen pro Nachwuchsförderpreis

1. Preis: € 2000,-
2. Preis: € 1500,-
3. Preis: € 1000,-

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. Die Preisträger sowie die Kurzbeschreibungen der prämierten Arbeiten werden in den offiziellen Organen sowie den Internetseiten der DGPF, OVG (Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation) sowie SGPF (Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung) vorgestellt.

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, in 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-/Entwicklungsarbeiten darstellen.
- Die Arbeit ist in Form eines Posters zu präsentieren (eine Seite). Dabei ist auf eine außenwirksame, leicht verständliche Darstellung der technischen Inhalte zu achten. Das Poster ist für das Ausgabeformat DIN A1 zu konzipieren und im PDF-Format abzugeben. Die PDF-Datei ist daraufhin zu überprüfen, 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 Email-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. 8 MB) oder auf CD einzureichen.
- Der Abschluss der Arbeiten darf nicht länger als ein Jahr zurückliegen.
- Zum Wettbewerb können Arbeiten von Einzelpersonen oder von Gruppen bis maximal drei Personen eingereicht werden.

Die Arbeiten müssen bis zum **15. Dezember 2008** bei der Geschäftsstelle der DGPF eingereicht werden:

DGPF e.V.
c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
Ostmarkstr. 92, 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.-Ing. JOCHEN SCHIEWE
HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik
e-mail: jochen.schiewe@hcu-hamburg.de
- Österreich (OVG):
Prof. Dr. NORBERT PFEIFER
Technische Universität Wien, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung,
e-Mail: np@ipf.tuwien.ac.at
- Schweiz (SGPBF):
Dr. KIRSTEN WOLFF
ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
e-Mail: wolff@geod.baug.ethz.ch

Runder Tisch Fernerkundung

Im Rahmen der Oldenburger Jahrestagungen von DGPF und DGfK fand erstmals eine vom **RT ● FE - Runder Tisch Fernerkundung** initiierte Sitzung statt. Hierbei wurden zum einen aktuelle Informationen zur Neugestaltung des Ausbildungsberufes „Geomatiker“, der eine Vertiefungsrichtung Fernerkundung und Photogrammetrie vorsieht, gegeben, zum anderen fand eine Grundsatzdiskussion zur institutionellen Ausrichtung der Fernerkundung im deutschsprachigen Raum statt.

Die Erfassung, thematische Auswertung und Präsentation von Fernerkundungsdaten wird in unterschiedlichen Arbeitsgruppen von nationalen wissenschaftlich-technischen Fachgesellschaften behandelt. Allerdings erfolgte in der Vergangenheit kaum ein

Informationsaustausch oder gar eine Bündelung der Aktivitäten und Akteure. Dies führte einerseits zu inhaltlichen Überschneidungen, andererseits zur fehlenden kritischen Masse von Beiträgen und Teilnehmern auf Tagungen. Schließlich ergab sich auch eine wenig kompakte und einheitliche Außendarstellung der Fernerkundung in der Öffentlichkeit sowie gegenüber potenziellen Nutzern von Fernerkundungsdaten und -produkten.

Daher wurde anlässlich der INTERGEO 2007 unter der Bezeichnung „Runder Tisch Fernerkundung (RT ● FE)“ ein informeller Zusammenschluss der anwesenden Fachgesellschaften (DGfG, DGfK, DGPF, DVW und GfGI) initiiert. Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass der RT ● FE keinen neuen Verein bzw. keine neue Gesellschaft darstellt und die Identität der bestehenden Gruppen nicht antastet.

Auch die Grundsatzdiskussion in Oldenburg bestätigte diese grundsätzliche Vorgehensweise einer Fächer und Gesellschaften übergreifender Initiative. Zwar wurde die zentrale Funktion der DGPF (nicht zuletzt aufgrund der Gesellschaftsbezeichnung) betont, andererseits wurde aber auch deutlich, dass nicht alle Experten durch eine einzige existierende Gesellschaft angesprochen, vertreten und gebündelt werden können. Die Veranstaltung einer gemeinsamen „Fernerkundungs-Tagung“ wurde kontrovers diskutiert. Nicht zuletzt aufgrund der aktuellen Termindichte wurde dies skeptisch beurteilt. Gleichwohl wurden aber inhaltlich stärker fokussierte Tagungen zu Themen der Fernerkundung begrüßt, die in den Rahmen bestehender Konferenzen eingebettet und von Vertretern mehrerer Fachgesellschaften inhaltlich gestaltet werden. Hier möchte der RT ● FE ansetzen und neben dem Austausch von Informationen und der Organisation von Sessions auch die Förderung der gegenseitigen Teilnahme forcieren.

Interessierte, die über die Aktivitäten des RT ● FE informiert werden möchten, können sich bei JOCHEN SCHIEWE (jochen.schiewe@hcu-hamburg.de) melden.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme – Projektstatus April 2008

Im Rahmen der diesjährigen DGPF-Jahrestagung in Oldenburg fand am 25. April unter großer Beteiligung die erste Sitzung von Vertretern aller Auswerteteams, der Kamerahersteller und der beteiligten Bildflugunternehmen des DGPF-Kameraevaluierungsprojekts statt. In diesem Projekt geht es um eine umfassende, objektive und herstellerunabhängige Evaluierung kommerziell verfügbarer digitaler photogrammetrischer Kamerasysteme. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf luftgestützten Systemen mit großer Flächenabdeckung im Gelände. Nach kurzer Einführung durch KLAUS KOMP wurden in Kurzvorträgen das *Testfeld Vaihingen/Enz* vorgestellt und die ersten Anmerkungen aus den Auswerteteams *Geometrie, Radiometrie, Höhenmodelle und Stereoplotting* vorgetragen. Die gezeigten Folien sowie weitere Informationen (u. a. aktueller Projektstatus) stehen auf der DGPF-Homepage (www.dgpf.de – Projekte) zur Verfügung.

Bisher liegen Zusagen für folgende Systeme und von folgenden Flugfirmen vor:

- DMC – RWE Power AG
- DMC/RMK Top mit CN- und CIR-Film – RWE Power AG
- UltraCamX – BSF Swissphoto
- JAS 150 – ILV Wagner
- DigiCAM-H/39 dualhead – Geoplana GmbH
- AIC-x1, -x4 – Alpha Luftbild GmbH

Geklärt wird noch, welche Bildflugfirma die ADS40 2nd generation (SH 52) zum Einsatz bringt.

Neben den Kamerasystemen sollen auch ein Laserscanner und ein Hyperspektrometer für die Erfassung von Referenzdaten für die Höhenmodelluntersuchungen und radiometrischen Tests eingesetzt werden. Dafür stehen alternativ die Laserscanner Litemapper bzw. ALS50-II und ein Hyperspektrolscanner AISA+ zur Verfügung.

Für einige Systeme sind Parallelflüge mit einem für Doppelkamerabetrieb ausgestat-

teten Flugzeug geplant, u. a. für RMK-Top und AISA+. Aufgrund der z.T. sehr unterschiedlichen Sensorgeometrien werden die vorgegebenen Flugparameter bei Parallelbefliegung nur für eines der Systeme eingehalten.

Parallele RMK-Top Flüge sollen aufgrund der in Praxis noch vorherrschenden Unsicherheit von Kunden bei der Entscheidung, ob für bestimmte Projekte auch digitale Aufnahmesysteme in Betracht kommen können, durchgeführt werden. Zum Einsatz kommt hierbei hochwertiges Filmmaterial, das dem heutigen Stand der Technik entspricht, um technische Vergleichbarkeit mit den Digitalsystemen zu garantieren.

Zusätzlich zu den Kamerasystemen werden Orientierungsdaten mit GPS/inertial Sensoren aufgezeichnet. Diese stabilisieren den Bildverband bei der späteren Auswertung. Die Flugfirmen stellen die eindeutige Dokumentation der Einbausituation der Sensoren und Abmessungen im Flugzeug zur Verfügung.

Flugplanung

Die Flugplanung ist an realitätsnahe Flugbedingungen anzupassen, um praxisrelevante Aussagen ableiten zu können. Zwei unterschiedliche Flughöhen mit nominell 20 cm und 8 cm Bodenauflösungen (ground sampling distance – GSD) werden festgelegt. Der Flug mit GSD 20 cm erstreckt sich über das gesamte Testfeld Vaihingen/Enz, während sich der Flug mit GSD 8 cm auf den kleineren zentralen Teil des Testgebiets (im Wesentlichen Wohn-, Industriebebauung im Bereich der Stadt Vaihingen/Enz, aber auch landwirtschaftlich genutzte Flächen und zusätzlich Steinbruchbereiche) inkl. der radiometrischen Testmuster beschränkt. Der Flug mit GSD 20 cm wird mit $p = 60\%/q = 60\%$ Überdeckung geflogen, der Flug mit GSD 8 cm mit $p = 80\%/q = 60\%$. Die Befliegungen können im Rahmen der Auswertungen bei Bedarf auf $p = 60\%/q = 30\%$ ausgedünnt werden. Die genannten Überdeckungsparameter sind als Richtwerte anzusehen. Die tatsächlichen Flugstreifen können aufgrund der vorgegebenen Lage der Passpunkte im Test-

gebiet und der individuellen Sensorgeometrien leicht variieren. Die Flugplanung garantiert, dass am Blockrand jeweils Passpunkte liegen, um gute geometrische Bedingungen zu erzielen. Durch die Geländevariationen im Testgebiet wird auch die tatsächliche GSD von den nominell geplanten Werten abweichen.

Zusätzlich sind je Flughöhe Querstreifen geplant: Obligatorisch für alle Flüge ist die Befliegung des sog. Radiometrie-Querstreifens. Dieser beinhaltet die radiometrischen Testzielzeichen (targets) und wird jeweils einmal in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung geflogen. Die radiometrischen Testtargets liegen dabei in der Streifenmitte. Optional sind mit 60% Querüberdeckung zum obigen Radiometrie-Querstreifen jeweils westl./östl. benachbart zwei weitere Querstreifen vorgesehen, in denen die radiometrischen Testtargets dann eher am Streifenrand abgebildet werden. Zur Verbesserung der Blockgeometrie können zwei weitere Querstreifen am westl./östl. Blockrand geflogen werden. Die Flugplanungen werden vom Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart durchgeführt, über die Projekthomepage zur Verfügung gestellt und den Flugfirmen zusätzlich per E-mail mitgeteilt. Diese Planungen sind von den beteiligten Bildflugfirmen während der Flüge bestmöglich umzusetzen.

Die Koordinierung der Bildflüge und die Abstimmung mit den Bodenteams, die sich während der Bildflüge für Referenzmessungen im Testfeld aufhalten, erfolgt in enger Abstimmung zwischen den Bildflugfirmen und der Projektleitung. Die jeweiligen Flugfirmen sorgen zusammen mit den Herstellern dafür, dass sich die Kamera und sonstigen Sensorsysteme in einwandfreiem Zustand befinden und alle Parameter für die Befliegungen gemäß Anforderungen richtig eingestellt sind.

Projektorganisation

Aufgrund der zu erwartenden umfassenden Auswertearbeiten werden die Auswertungen schwerpunktspezifisch in Auswerteteams durchgeführt. Die verschiedenen Institutionen in diesen Auswerteteams arbeiten

sehr eng zusammen. Arbeitsfortschritte und Zwischenergebnisse werden kontinuierlich teamintern und an die Gesamtprojektleitung mitgeteilt. Diese Tätigkeiten werden durch den jeweiligen Leiter des Auswerteteams koordiniert. Ggf. sind (themenspezifische) Treffen der Auswerteteammitglieder vorgesehen.

Quartalsweise erstellen die Auswerteteams Zwischenberichte an die Gesamtprojektleitung. Veröffentlichungen über die Arbeitsfortschritte bzw. Zwischen- oder Endergebnisse werden vorab mit der Projektleitung und den betreffenden Kameraherstellern abgestimmt. Die Veröffentlichungen erfolgen vorzugsweise in der PFG bzw. auf den DGPF-Jahrestagungen oder in Abstimmung mit der DGPF auf internationalen Tagungen.

Die Daten der Befliegungen werden zentral von der Projektleitung an die Auswerteteams weitergegeben. Die Datennutzung unterliegt einer speziellen Vereinbarung, die vom DGPF-Vorstand bereitgestellt, veröffentlicht und von jedem Datennutzer vorab rechtsverbindlich zu unterzeichnen ist.

Zuständigkeiten

- *Gesamtprojektleitung*: Michael Cramer (Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, michael.cramer@ifp.uni-stuttgart.de)
 - *Auswerteteam Geometrie*: Karsten Jacobsen (Institut für Photogrammetrie und Geoinformation, Leibniz Universität Hannover, jacobson@ipi.uni-hannover.de)
 - *Auswerteteam Radiometrie*: Maria von Schönemark (Institut für Raumfahrtsysteme, Universität Stuttgart, schoenermark@irs.uni-stuttgart.de)
 - *Auswerteteam Höhenmodelle*: Norbert Haala (Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, norbert.haala@ifp.uni-stuttgart.de)
- Auf Vorschlag der bisherigen Arbeitsgruppe Stereoplotting wird diese bis auf weiteres neu dem Auswerteteam Höhenmodelle zugeordnet. Die Betreuung der Auswertungen mit Schwerpunkt Stereoplotting erfolgt durch Volker Spreckels (RAG Deutsche Steinkohle, volker.spreckels@rag.de).

MICHAEL CRAMER, Stuttgart

Berichte von Veranstaltungen

EuroSDR & ISPRS Workshop „Geosensor Netzwerke“ vom 20.–22. 2. 2008 in Hannover

Vom 20. bis 22. Februar fand in Hannover der EuroSDR & ISPRS Workshop Geosensor Networks statt. Mehr als 70 Geosensor-Netzwerk-Experten aus Europa, der USA und Australien folgten der Einladung der Organisatoren der Leibniz Universität Hannover und der LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen), in deren Räumen die Tagung stattfand. Prof. Dr. MONIKA SESTER, Prof. Dr. CHRISTIAN HEIPKE und Dr. ERNST JÄGER ist es gelungen, ein sehr vielfältiges und anspruchsvolles Programm zusammenzustellen. Eine

Besonderheit des Forschungsfeldes ist seine Interdisziplinarität, die sich auch in den Beiträgen widerspiegelte: neben Geodäten waren Geoinformatiker und Geowissenschaftler aus Forschung und Entwicklung anwesend sowie Vertreter von Vermessungsämtern und der Europäischen Kommission. Der Workshop gliederte sich in neun Sessions, die die ganze Themenvielfalt der Geosensor-Netzwerk-Forschung abdeckten.

Unter einem Geosensor-Netzwerk versteht man den Verbund einzelner Sensorknoten verschiedener Größe, die über Sensorik, Rechenleistung und Kommunikationstechnologie und in der Regel auch über eine unabhängige Stromversorgung verfügen. Wichtige Forschungsfragen in diesem



Teilnehmer des Workshops Geosensor Netzwerke

Zusammenhang behandeln die Positionierung der Knoten, Kommunikationsstrukturen, Sensorik, die Aggregation und Auswertung der Daten sowie die Entwicklung generischer Software-Architekturen, die zur Verwaltung und zum Betrieb von großen Geosensor Netzwerken benötigt werden. Ebenfalls präsentiert wurden innovative Simulations- und Testumgebungen für Geosensor Netzwerke.

Die Tagung wurde durch die hoch interessante Keynote von OURI WOLFSON, University of Illinois eröffnet. In seinem Vortrag „Information Technology and Intelligent Transportation: A marriage made in Heaven“ berichtete er von den Arbeiten aus einem IGERT Graduiertenkolleg rund um das Thema intelligente Verkehrsstromlenkung. Neben technischen Rahmenbedingungen zeigte Prof. WOLFSON die Bedeutung der Mensch-Maschine-Schnittstelle in diesem Zusammenhang auf. Abgerundet wurde der Vortrag durch eine interessante Analyse der Geschäftsmodelle für intelligente Verkehrslösungen.

Nicht weniger interessant war der zweite eingeladene Vortrag von MATT DUCKHAM von der Universität Melbourne. In seinem Vortrag „Ambient spatial intelligence: Decentralised computing in geosensor networks“ stellte er Algorithmen vor, die räumliche Operationen direkt auf dem Netzwerk durchführen, ohne auf eine zentrale Komponente angewiesen zu sein. Er vertrat die provokante und viel diskutierte These, dass globale Repräsentation eines Netzzustands, z. B. in Form einer Karte, in vielen Fällen gar nicht mehr benötigt werden.

Der dritte eingeladene Vortrag wurde von MICHEL SCHOUPPE von der Europäischen Kommission zum Thema „European Geosensor Networks for Disaster Management – Ongoing Community Research“ gehalten und gab einen exzellenten Überblick über die von der Kommission geförderten Forschungsprojekte im Bereich Disaster Management und Geosensor Netzwerke. MICHEL SCHOUPPE unterstrich die große Bedeutung, die die Kommission insbesondere dem SWE-Standard (Sensor Web Enablement) beimisst. Ein Fokus zukünftiger Projekte soll auf Anträgen liegen, die Geosensor Netzwerke installieren und tatsächlich betreiben.

Das reguläre Vortragsprogramm des ersten Tages wurde durch RALF BILL von der Universität Rostock zum Thema „Precise Positioning in adhoc Geosensor Networks“ eröffnet. Dieses von der DFG und dem BMBF geförderte Projekt zu Positionierung von Sensorknoten berücksichtigt insbesondere die streng limitierten Energieressourcen der Sensorknoten. JÖRG HÄHNER und CLAUS BRENNER stellten dann aktuelle Arbeiten aus Hannover vor. JÖRG HÄHNER präsentierte ein Verfahren, welches die Planung eines Kameranetzwerkes ermöglicht, so dass der Kameraverbund eine annähernd optimale Abdeckung erreicht. CLAUS BRENNER stellte die Idee vor, wie Geosensor Netzwerke basierend auf Laserscannern dazu verwendet werden können, um die exakte Positionierung von Fahrzeugen durchzuführen sowie eine Verbesserung von Navigationdiensten zu ermöglichen.

Am zweiten Tag wurden Verfahren zur Klassifikation und Auswertung der Daten aus einem Geosensor Netzwerk vorgestellt. Zunächst präsentierte JON DEVINE von der George Mason University, Fairfax, den Einsatz von Support Vector Machines zur raumzeitlichen Analyse von Daten. In einem weiteren Vortrag stellte GENNADY ANDRIENKO vom IAIS der Fraunhofer-Gesellschaft, die maschinelle Unterstützung der Auswertung von hoch komplexen Datensätzen vor, wie sie zum Beispiel bei der hoch auflösenden Erfassung von GPS-Trajektorien von Fahrzeugen entstehen. Danach

standen Fortschritte in der Entwicklung und dem praktischen Einsatz des SWE-Standards im Vordergrund. MIKE JACKSON von der Universität Nottingham stellte Ideen zur Entwicklung einer Testumgebung für Sensornetzwerke vor. STEPHAN NEBIKER von der FHNW in Muttenz/Schweiz präsentierte die Integration von Sensordaten, die durch eine Flugdrohne gewonnen wurden, wobei die Bilddaten in eine visuelle 3D-Repräsentation der Umgebung integriert wurden. Trotz relativ ungenauer Positionierung der Drohne sind die ersten von ihm vorgestellten Ergebnisse durchaus vielversprechend.

Im Verlauf der Tagung wurde dann der Schwerpunkt „Spatial Data Infrastructures“ (SDI) behandelt. KEITH MURRAY von Ordnance Survey in Southampton zeigte exemplarisch, wie die Integration von Geosensor Netzwerken und SDI durchgeführt werden kann. Sehr interessant war der Vortrag von JAN JELLEMA, der am Beispiel des Hochwasserschutzes zeigte, wie Messungen einer Vielzahl von Sensoren über den SWE-Standard über das Internet der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden können.



Vortragender des Workshops Geosensor Netzwerke

Der Rest der Tagung am Donnerstag und Freitag war verschiedensten Geosensor-Anwendungen gewidmet. ANTONIO KRÜGER vom Institut für Geoinformatik aus Münster stellte Arbeiten zur Optimierung von Strategien zur Steuerung mobiler Geosensor Netzwerke vor, danach diskutierte KATHRIN POSER vom GFZ in Potsdam den Einsatz von Personen als Sensoren, z. B. um ein schnelle Schadenserfassung nach einem

Hochwasser zu erreichen. RAINER HÄNER stellte die Aktivitäten des GFZ im Rahmen des Deutsch-Indonesischen Tsunami Warnnetzwerkes vor. ANKE FRIEDRICH von der LMU München referierte über ein GPS-Netzwerk zur Messung von tektonischen Bewegungen in Kombination mit einem Bojensensornetzwerk zur Frühwarnung. IAN MARSHALL, University of Lancaster, präsentierte Ergebnisse eines Geosensor Netzwerkes, welches die Wasseraufnahme eines Flussbettes misst und Flutprognosen ermöglicht. Den Abschluss der Tagung bildeten Geosensor Netzwerk-Anwendungen im Sicherheitssektor. WOLFGANG VON HANSEN, Forschungsinstitut für Optronik und Mustererkennung, stellte Arbeiten zur Auswertung terrestrischer LIDAR-Daten vor, GÜNTER SAUER von der IITB, Karlsruhe und THORSTEN REITZ vom IGD, Darmstadt (beides Institute der Fraunhofer-Gesellschaft) zeigten marktreife Produkte, die insbesondere auf Bildverarbeitungstechnologien setzen, um bewegte Objekte zu erfassen und zu analysieren.

Der Workshop wurde von allen Teilnehmern als großer Erfolg bewertet und es ist davon auszugehen, dass entscheidende Impulse in die vertretenen Disziplinen gegeben wurden. Der Workshop hat auch gezeigt, dass die Förderung der Geosensor Netzwerk-Forschung durch die Europäische Kommission, die DFG sowie das BMBF angelaufen ist und weiter an Fahrt gewinnen wird, um dieses hochdynamische Forschungsfeld mit großem Potenzial weiter voranzubringen.

Ein besonderer Dank gilt den lokalen Organisatoren des Workshops, die es trotz widriger Umstände (Generalstreik des Nahverkehrs am letzten Tag) schafften, eine große Anzahl von Wissenschaftlern über drei Tage zu fesseln und ihnen die Gewissheit mit auf den Nachhauseweg zu geben, an einem wichtigen wissenschaftlichen Ereignis teilgenommen zu haben. Das Programm und weitere Informationen zum Workshop finden sich unter www.ikg.uni-hannover.de/geosensor/

ANTONIO KRÜGER, Münster

Hochschulnachrichten

Universität Zürich

Dipl. El.-Ing. YI WU promovierte am 04. 05. 2007 am Geographischen Institut (Fernerkundung/RSL) der Universität Zürich mit der Arbeit „*Knowledge-based 4D Visualization of Amorphous Phenomena in Complex Terrain*“ zum Dr. rer. nat.

Promotionskomitee: Prof. Dr. KLAUS I. ITTEN, Prof. Dr. RENATO PAJAROLA, Prof. Dr. DANIEL NÜESCH, Dr. BRITTA ALLGÖWER.

Kurzfassung:

Ziel dieser Doktorarbeit ist die fotorealistische Visualisierung natürlicher, amorpher Phänomene wie Wolken, Rauch oder Flammen. Darüber hinaus sollen solche großräumigen Erscheinungen, basierend auf Ergebnissen der Simulation, in Echtzeit dargestellt werden können. Zu diesem Zweck wurden in der vorliegenden Arbeit Methoden für fotorealistische und schnelle Visualisierung entwickelt.

Die Arbeit gibt eine Einführung in eine schnelle und effiziente Methode für die realistische Visualisierung natürlicher, volumetrischer Phänomene in Echtzeit. Unter Berücksichtigung mehrfacher Lichtquellen und Volumenstreuung beteiligter Partikel in einem gasartigen Volumen können mit dieser Methode optisch ansprechend natürliche Erscheinungen mit automatisch generierter Schattierung in verschiedenen Farben dargestellt werden, unabhängig davon, ob es sich um eine diffuse oder gerichtete Lichtquelle handelt. Zusätzlich wird nur wenig Hauptspeicher benötigt und die Darstellung erfolgt wesentlich schneller als es mit Methoden der Hardwarebeschleunigung möglich ist. Die optische Qualität wird nicht beeinträchtigt. Mit einem Skalierungsfaktor kann die Methode darüber hinaus noch beschleunigt oder an die spezifischen Anforderungen des Nutzers angepasst werden.

Diese Arbeit präsentiert ebenso einen neuen Zugang zur raumzeitlichen Visuali-

sierung des Einflusses von Wanderinsekten auf Veränderungen in der Vegetation in Echtzeit. Auf unkomplizierte Weise ist es möglich, simulierte ökologische Prozesse zu veranschaulichen, so dass Ergebnisse ökologischer Forschung einem breiten Publikum leicht verständlich gemacht werden können. Um eine effiziente, schnelle Visualisierung zu ermöglichen, wurde ein vereinfachtes mathematisches Modell auf eine intuitive Darstellung von Wanderinsekten-Gruppen angewendet. Zur Beschleunigung des Darstellungsprozesses wurde die Technik dynamischer Impostoren eingesetzt. Die vorgestellte Visualisierungsumgebung ist in ein integriertes Raumzeitsystem eingebettet, welches ökologische Phänomene in einer Vielzahl von räumlichen Auflösungen modelliert, simuliert und analysiert.

Ein vereinfachtes Large Eddy Simulationsverfahren (LES) wird für die effiziente Simulation von turbulenter zweidimensionaler Strömung in nicht komprimierbarer viskoser Strömung eingesetzt. Diese Methode erhält die kleinmaßstäbige Wirbel- und Drehcharakteristik der Strömung, die bei einer Simulation über ein grobes Raster abgeschnitten werden. Eine einfache Prozedur erlaubt den Einsatz von spektralen Methoden zur Berechnung des Geschwindigkeitsfeldes der Strömung im Frequenzraum. Die numerischen Lösungsroutinen für die Navier-Stokes-Gleichung arbeiten somit schnell und sind einfach zu implementieren. Die Methode erlaubt es außerdem, interaktiv weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen, wie z. B. die Wirkung eines turbulenten Windfeldes auf ein Rauchmodell während des Darstellungsprozesses.

Eine partikelbasierte Methode zur effizienten Simulation von turbulenter 3D-Strömung in Echtzeit wird präsentiert. Diese Methode erzeugt die Wirbel- und Drehcharakteristik der Strömung durch direkte Einführung von Vortices in das Strömungsfeld. Diese Partikel bewegen sich zusammen mit anderen internen Partikeln der Strö-

mung und beeinflussen das Feld innerhalb ihres funktionellen Radius. Jedes Partikel erhält einen zusätzlichen Parameter zur Kontrolle seiner individuellen Bewegung und seines Status. So können z. B. turbulenter Rauch und Flammen optisch überzeugend durch die Anpassung weniger Parameter modelliert werden.

Ein neuer Ansatz zur raumzeitlich variablen Simulation von Feuerausbreitung im Gelände wird vorgestellt. Auf effiziente Weise können dynamisch großräumige Flammen und Rauch in Echtzeit visualisiert werden. Die Darstellung basiert auf den Ergebnissen eines wissenschaftlichen Feuersimulationssystems, und ist in das raumzeitliche System integriert, um effizienten Austausch von Daten in Echtzeit und parallele Prozessierung zu ermöglichen.

Universität Zürich

JASON BRAZILE promovierte am 06. 02. 2008 am Geographischen Institut (Fernerkundung/RSL) der Universität Zürich mit der Arbeit „*Computation-based Improvements for Hyperspectral Data Processing*“ zum Dr. sc. nat.

Promotionskomitee: Prof. Dr. KLAUS I. ITTEN, Prof. Dr. KLAUS DITTRICH, Dr. JENS NIEKE, Prof. Dr. MICHAEL SCHAEPMANN.

Kurzfassung:

Die Abteilung Fernerkundung (Remote Sensing Laboratories) des Geographischen Instituts der Universität Zürichs führt ein Schweizerisch-Belgisches Konsortium an, das auf die Entwicklung und den Betrieb des flugzeuggestützten Bildspektrometers APEX (Airborne Prism EXperiment) abzielt. Dieses Projekt wird größtenteils von dem PRODEX (PROgramme de Development d'Experiences) Programm der Europäischen Raumfahrtbehörde (ESA) finanziert. Das APEX Projekt wurde 1996 erstmalig konzeptionell vorgestellt und 2002 fing die Entwicklung des Geräts an. Zurzeit werden die elektro-optischen Komponenten zusammengebaut und der erste Test des

Instruments war für Oktober 2007 vorgesehen.

Das APEX Projekt dient der Forschung in verschiedensten Bereichen, die grob in zwei Richtungen eingeteilt werden können: (A) die weitflächige Kartierung von geowissenschaftlichen Daten im Allgemeinen und (B) die Verbesserung des Verständnisses der geo-, bio-, chemo-physikalischen Prozesse im Speziellen. Die Datenerfassung zielt darauf ab, eine exakte, zuverlässige Kartierung für verwandte Erd- und Atmosphärenwissenschaften, wie z. B. Mineralogie, Ökologie, Limnologie, Schnee-, Aerosol- und Klimaforschung, zu ermöglichen. In diesen Wissenschaftsbereichen tragen die kartierten Daten dazu bei, die Herleitung von geo-, bio-, chemo-physikalischen Parametern, wie etwa die Chlorophyllfluoreszenz von Pflanzen, besser oder einfacher flächenhaft zu erfassen. Die Messungen werden im Spektralbereich zwischen 380 und 2500 nm absolviert. Um jedoch quantitativ und qualitativ hochwertige Resultate zu erzielen, ist es notwendig, verschiedene Bereiche der Datenerfassung (Gerätebau) und Datenaufbereitung (Prozessierung) besser zu verstehen. Dies führte dazu, dass sich das APEX Projekt mit dem anwendungsbasierten Gerätebau von Bildspektrometern befasst, wofür insbesondere die Motivation für die Bereiche Kalibrierung-Charakterisierung von Prozessen und Algorithmen und die einheitliche räumlich-spektrale Gleichmäßigkeit hyperspektraler Datenprodukte stellvertretend sind.

Die Auflistung dieser Forschungsschwerpunkte und der resultierenden wissenschaftlichen Fragestellungen bringt es mit sich, dass das APEX Forschungsteam sehr interdisziplinär zusammengesetzt sein muss. Als Informatikexperte hat sich der Autor dieser Doktorarbeit auf die Anwendung von Grundsätzen der Softwaretechnik (Software Engineering Principles) und den Gebrauch von verteilten und parallelen Charakterisierungsalgorithmen (Distributed and Parallel Characterization Processing Algorithms) fokussiert, um die geforderten hohen Qualitätsziele des Gesamtprojekts erreichen zu können.

Mit Unterstützung des APEX Projekts haben Beiträge in der Dissertation zu Fortschritten in drei Bereichen geführt: Die immer wieder auftauchende Notwendigkeit für bedienungsfreundliche, verteilte, Stapelverarbeitungssteuerprogramme führte zur Entwicklung eines Batch Scheduler Web-Services und eines begleitenden Client-Programms. Dieses einfache „Grid Werkzeug“ ist bereits in zwei APEX Nebenprojekten erfolgreich eingesetzt worden. Bei der Untersuchung von aufnahme-orientierten Gerätecharakterisierungen ergaben sich wichtige Fortschritte bei der Herleitung der spektralen Antwortfunktionen eines Spektrometers, die helfen, genauere Bodenreflektionen aus den Strahlungsmessungen am Flugzeug abzuleiten. Und schließlich wurde durch die

Anwendung von komponentenbasierter Architektur und Prototyping die Voraussetzung für ein lose gekoppeltes Verarbeitungssystem geschaffen. Dieses Verarbeitungssystem basiert auf Referenzimplementationen veröffentlichter Algorithmen, um den ökonomischen „Netzwerk Effekt“ in der hyperspektralen Bildbearbeitung besser zu verstehen.

Die Beiträge der Dissertation helfen, die Qualität der hyperspektralen Datenprodukte zu verbessern, wodurch beispielsweise die Arbeit anderer APEX Teammitglieder im Bereich der Vorwärts- und Invers-Modellierung und der Algorithmenentwicklung für die Gleichmäßigkeit von spektralen und räumlichen Daten substantiell unterstützt wurden.

Buchbesprechung

LORENZ HURNI, ISTVAN KLINGHAMMER & WALTER ROUBITSCHKEK (Hrsg.): Thematische Kartierungen in den Geowissenschaften. Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Band 94, Nummer 349.

Die *Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina*, 1652 gegründet und wenig später von Kaiser Leopold I. privilegiert, ist nach eigenen Angaben die älteste naturwissenschaftlich-medizinische Gelehrten-gesellschaft in Deutschland. Maximal 1000 gewählte Personen (davon derzeit rund ein Viertel aus dem nicht deutschsprachigen Gebiet) gehören der Akademie an, die sich in 28 Fachsektionen gliedert. Unter Federführung der *Leopoldina* fand im Mai 2006 in Budapest eine Veranstaltung zum Thema „Thematische Kartierungen in den Geowissenschaften“ statt, die die Grundlage für die vorliegende Publikation bildet, in der insgesamt 17 deutsch- und englischsprachige Beiträge zusammengetragen worden sind.

Der erste Teil der Publikation befasst sich angesichts des Tagungsortes Budapest mit

der Geographie und Kartierung des Karpatenbeckens. Berichte zu einer parallel zur Tagung stattgefundenen Exkursion sowie einer historischen Kartenausstellung ergänzen diesen Abschnitt.

Im zweiten Teil werden neue Methoden und Medien in der thematischen Kartographie und ihre Anwendungen in den Geowissenschaften dargestellt. International und national anerkannte Autoren bürgen hierbei für eine hohe wissenschaftliche Qualität und bei allen Fallbeispielen für eine breitgefächerte und übergeordnete Sichtweise. So gibt LORENZ HURNI (Zürich) einen Überblick über interaktive kartographische Schnittstellen am Beispiel von Atlasinformationssystemen, BILL CARTWRIGHT (Melbourne) beschreibt ein Konzept der Kartenzerlegung zur Förderung einer einfachen und speziellen Kartennutzung, DORIS DRANSCH et al. (Potsdam) behandeln den Einsatz der wissenschaftlichen Visualisierung für diverse Explorationszwecke und CORNELIA GLÄßER (Halle/S.) konzentriert sich auf interaktive 3D- und 4D-Geovisualisierungen, virtuelle Exkursionen und Echt-

zeitvisualisierungen von Landschaften. Auf eine detaillierte Beschreibung und Bewertung der einzelnen Beiträge muss hier aus Platzgründen verzichtet werden.

Auch wenn dieser graphisch ansprechend gestaltete Tagungsband (wie üblich) nur eine ausgewählte Momentaufnahme darstellen kann, werden die propagierten Ziele – nämlich die erreichten Fortschritte auf den Gebieten kartographischer Präsentations- und Explorationstechniken aufzuzeigen und ent-

sprechende Nutzungsanwendungen in den Geowissenschaften zu skizzieren – klar erfüllt. Diese Publikation wird daher in den kommenden Jahren sicherlich als ein sehr guter Beleg für die vielschichtige Schnittstelle zwischen historischer und moderner Kartographie auf der einen und den Geowissenschaften als eine der Hauptanwendungsgebiete auf der anderen Seite dienen können.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Veranstaltungskalender

2008

8.–11. September: 10th International Symposium on **High Mountain Remote Sensing Cartography (HMRSC-X)** in **Kathmandu, Nepal**. e-mail: pmool@icimod.org, menris.icimod.net/HMRSC-X

22.–23. September: **AgA – Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS in Frankfurt am Main** beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, www.ikg.uni-hannover.de/aga

23.–26. September: **GIScience 2008 – 5th International Conference on Geographic Information Science in Park City, Utah, USA**. www.giscience.org

30. September – 2. Oktober: **INTERGEO 2008** in **Bremen**. www.intergeo.de/2008/deutsch/index.php

8.–9. Oktober: 2. **Hamburger Forum Geoinformationen für die Küstenzone** an der HafenCity Universität **Hamburg**. www.gis-kueste.de

12.–18. Oktober: **ECCV 2008 – European Conference on Computer Vision in Marseille**. eccv2008.inrialpes.fr

4.–5. November (**neuer Termin!**): Praxisworkshop „**GIS & Internet**“, Veranstalter: Arbeitsgemeinschaft GIS, Universität der Bundeswehr München. www.unibw.de/bauv11/geoinformatik

5.–7. November: Kolloquium **Denkmäler3.de** in der Zollverein School, Zeche Zollverein, **Essen**. www.denkmäler3.de

12.–14. November: **Digital Earth Summit on Geoinformatics: Tools for Global Change Research**. Wissenschaftspark Albert Einstein, **Potsdam**. www.isde-summit-2008.org

26.–28. November: 5th **International Symposium on LBS & TeleCartography** in **Salzburg, Österreich**. www.lbs2008.org

8.–11. Dezember: 19th **International Conference on Pattern Recognition** in **Tampa** (Tampa Convention Center), Florida, USA. www.icpr2008.org

2009

8.–14. Februar: 15. **Internationale geodätische Woche** in **Obergurgl, Österreich**. www.uibk.ac.at/geodaesie/obergurgl.html

3.–5. März: 14. **Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme** in **München**. www.rtg.bv.tum.de

chenden Ausdehnung. Dieses steht mit dem vom Institut für Photogrammetrie (ifp) eingerichteten Testfeld Vaihingen/Enz zur Verfügung. Das Testfeld ist überwiegend landwirtschaftlich geprägt, enthält aber auch kleinstädtisch und dörfliche Siedlungsbereiche, bewaldete Regionen sowie größere Steinbrüche und eine Topografie mit Geländehöhenunterschieden von ca. 150 m. Neben etwa 200 signalisierten und koordinierten Objektpunkten zur unabhängigen Kontrolle der geometrischen Genauigkeit, erlauben zusätzliche Auflösungsmuster (Simmensstern), Graukeil und Farbtafeln die Be-

stimmung der geometrischen Auflösung und der radiometrischen Qualität. Parallele Bodenreferenzmessungen mit Spektrometern liefern weitere Kontrolldaten. Ein dichtes DHM, abgeleitet aus einer aktuellen Laserbefliegung und ergänzt um terrestrische Messungen, ist Referenz für die photogrammetrische Höhenmodellgenerierung.

Dr.-Ing. MICHAEL CRAMER, Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie (ifp),
Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart, michael.cramer@ifp.uni-stuttgart.de

Korporative Mitglieder

Firmen

| | |
|--|---|
| AEROWEST GmbH | GeoCad GmbH |
| AICON 3D Systems GmbH | GeoCart Herten GmbH |
| aphos Leipzig AG | GeoContent GmbH |
| Applanix Corporation | geoplana Ingenieurgesellschaft mbH |
| Becker & Keller, Beratende Ingenieure | GEOSPACE Beckel GmbH |
| Bernhard Harzer Verlag GmbH | GEOSYSTEMS GmbH |
| Blom Deutschland GmbH | GGs – Büro für Geotechnik, Geoinformatik, Service |
| Brockmann-Consult | GIP Geoinformatics & Photogrammetric Engineering |
| BSF Luftbild GmbH | Hansa Luftbild AG |
| Büro Immekus | Herbert Wichmann Verlag Hüthig GmbH |
| CGI Systems GmbH | IGI – Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH |
| con terra GmbH | ILV Ing.-büro für Luftbildausw. und Vermessung |
| CONPIE GmbH | Imetric 3D GmbH |
| Creaso GmbH | Dr. H. Carls Luftbilddatenbank |
| DEFINIENS AG | Inpho GmbH |
| DELPHI IMM GmbH | Intergraph GmbH, Geschäftsbereich Z/I Imaging |
| Deutsches Bergbau-Museum | INVERS – Industrievermessung & Systeme |
| J. Linsinger ZT-GmbH | Jena-Optronik GmbH |
| EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH | Johan Piedfort Photogrammètrie |
| ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH | KAZ Bildmess GmbH |
| ESRI Geoinformatik GmbH | Leica Geosystems GmbH |
| EUROPEAN SPACE IMAGING | Luftbild Brandenburg GmbH |
| Eurosense GmbH | MAPS geosystems GmbH |
| fokus GmbH | Messbildstelle GmbH |
| fpi Fuchs Ingenieure GmbH | Microsoft Photogrammetry |
| FPK Ingenieurgesellschaft mbH | PHOENICS GmbH |
| g.on experience gmbh | |
| GAF 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

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
 Regierungsprärs. Stuttgart, LA für Flurneuordnung
 Regierungsprärs. 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 Bochum, FB Vermessungsw. und Geoinformatik
 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, Department Geomatik
 HfT Stuttgart, 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 Kiel, Geographisches Institut
 Uni zu Köln, Geographisches Institut
 Uni Stuttgart, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Würzburg, Geographisches Institut