

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

Organ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie
und Fernerkundung e.V.

Jahrgang 2001, Heft 6

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

Schriftleiter:
Prof. Dr. Franz K. List und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

Redaktionsbeirat (Editorial Board): Jörg Albertz, Hans-Peter Bähr, Manfred F. Buchroithner, Ákos Detreköi, Egon Dorrer, Heinrich Ebner, Manfred Ehlers, Wolfgang Förstner, Dieter Fritsch, Armin Grün, Dierk Hobbie, Joachim Höhle, Hermann Kaufmann, Barbara Koch, Gottfried Konecny, Karl Kraus, Thomas Luhmann, Martien Molenaar, Karl Regensburger, Heinz Schmidt-Falkenberg und Bernhard P. Wrobel



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2001



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE
UND FERNERKUNDUNG E.V.
Gegründet 1909

Die *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung 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.



Alfred-Wegener-Stiftung
(AWS) zur Förderung
der Geowissenschaften

Herausgeber:

© 2001 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung e.V.

Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Ostmarkstraße 92, D-48145 Münster, e-mail: Praesident@dgpf.de

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

Published by:

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3 A, D-70176 Stuttgart. Tel.: 0711/625001, Fax: 0711/625005, e-mail: mail@schweizerbart.de

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

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

Schriftleiter: Prof. Dr. Franz K. List, Freie Universität Berlin, Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformation, Malteserstr. 74-100, D-12249 Berlin, e-mail, fklist@zedat.fu-berlin.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessungsamt Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@lvermap.brandenburg.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: DM 158,00 pro Jahrgang (ab Jahrgang 2002: € 86,-). Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Anzeigenverwaltung: Dr. E. Nägele, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711/625001; Fax: 0711/625005. e-mail: mail@schweizerbart.de

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

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

PFG – Jahrgang 2001, Heft 6

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

HÖHLE, J. & POTUCKOVA, M.: Towards the Full Automatic Production of Orthoimages	397
MEIER, E.H. & NÜESCH, D.R.: Genauigkeitsanalyse von hochauflösenden Gelände- und Oberflächenmodellen	405
WINKELMANN, K. & SPYRA, W.: Thermalaufnahmen zur Erkundung ehemaliger Truppenübungsplätze	417
THIEL, CH. & RIEDEL, T.: Ableitung von Landoberflächenparametern aus flugzeuggetragenen voll-polarimetrischen E-SAR-Daten unter Berücksichtigung von freiem Vegetationswasser	427

Berichte und Mitteilungen

Berichte von der 21. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF	435
Einführung	435
Grußwort	436
Arbeitskreis Ausbildung	438
Arbeitskreis Bildanalyse	439
Arbeitskreis Geo-Informationssysteme	441
Arbeitskreis Interpretation von Fernerkundungsdaten	442
Arbeitskreis Nahbereichsphotogrammetrie	444
Arbeitskreis Sensoren und Plattformen	446
Nutzerseminar des Deutschen Fernerkundungszentrums (DFD) ..	448
Berichte	
48. Photogrammetrische Woche Stuttgart	451
INTERGEO 2001 Köln	452
Persönliches	
GERT E. BORMANN-JUTZ †	453
Hochschulnachrichten	
TU Berlin	454
Neue Mitglieder der DGPF	454
Korporative Mitglieder der DGPF	455
DIN-Besprechung	458
Buchbesprechungen	
JÜRGENS, C.	459
BUHMANN, E. & WIESEL, J.	460
Neuerscheinungen	461
Vorankündigung	461
Mitteilungen der DGPF	462
Zum Titelbild: ISAT 2001	463

Towards the Full Automatic Production of Orthoimages

JOACHIM HÖHLE & MARKETA POTUCKOVA, Aalborg/Denmark

Summary: Spatial coordinates of road crosses are derived from a topographic database and small image patches are then extracted from an existing (old) orthoimage at these positions. These patches are used as templates and matched with parts of a new aerial image. From several corresponding pixels the exterior orientation of an (new) aerial image is derived. This first step in the production of an orthoimage is carried out automatically and results with practical data are presented. This automated process requires some special measures to detect and eliminate blunders in the measurements. The methodology is described and the effect of selectable thresholds is investigated. The obtained results demonstrate that the automation of the exterior orientation is possible.

Zusammenfassung: *Auf dem Wege zur vollautomatischen Herstellung von Orthobildern.* Die räumlichen Koordinaten von Straßenkreuzungen werden aus einer topographischen Datenbank abgeleitet und kleine Bildausschnitte werden an diesen Positionen aus einem (bestehenden) Orthobild entnommen. Diese Bildausschnitte werden als Mustermatrizen benutzt und Teilen eines neuen Luftbildes zugeordnet. Aus mehreren sich entsprechenden Bildelementen wird die äussere Orientierung eines neuen Luftbildes abgeleitet. Der erste Schritt in der Herstellung eines Orthobildes erfolgt automatisch und Ergebnisse mit praktischen Daten werden präsentiert. Dieser automatisierte Prozess erfordert einige spezielle Maßnahmen, um grobe Fehler in den automatischen Messungen zu erkennen und zu eliminieren. Die Vorgehensweise wird beschrieben und die Wirkung von Schwellwerten untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen, dass die Automatisierung der äusseren Orientierung eines Luftbildes möglich ist.

1 Introduction

The demand for actual geodata requires a quick production and a regular updating of such information. The orthoimages are a source for new map data and map data can be digitized from the screen with a sufficient accuracy. Orthoimages are also used as a layer in a Geographic Information System (GIS) and vector map data and height information can be superimposed. Deficiencies in the maps are easily visible. The orthoimage serves as a „window to the real world“ and it can be used by ordinary citizens as well as by experts of different fields.

The quick and easy production of orthoimages is one of the current topics in the mapping sciences. Existing topographic databases including orthoimages, height models and vector map data are used to derive

the orientation data of new aerial images automatically. In the current production of orthoimages an aerotriangulation has to be carried out which requires special programs, know-how and many resources. All this will be avoided by the automated procedures. Several authors have proposed methods and in a recent OEEPE project results obtained with the same test material were published in HÖHLE 1999a. This investigation uses the method proposed in HÖHLE 1999b, however now with a higher degree of automation, and applies the method to the same test data.

2 Use of existing orthoimages and topographic map data

A topographic database includes several objects, which have enough structure and texture in their corresponding pictorial data

(orthoimages and aerial images). Road crosses and their neighbourhood, for example, have such differences in tone or colour. Matching between patches of the new aerial image and of the orthoimage will then be possible. The extraction of the coordinates of road-crossings from a topographic vector database is a first step in finding appropriate areas for this matching process. The extraction of suitable objects has to be carried out automatically as well. Beside road crossings other objects may be selected, for example highways, paths, rivers, etc. All these objects are on the ground. Objects with height differences to the surroundings (houses, trees) will very likely cause problems in the correlation due to different perspectives and shadows. The objects have also to be time-invariant which means the time difference between the photography taking can be several years and the objects may change in that period of time. In this contribution the emphasis is on the intersection of objects in the theme "Traffic", that means crossings of roads. The tonal differences of roads and their surroundings are high and the changes over several years are small. Road crosses are therefore good candidates for a matching of images taken at different years.

3 Automatic extraction of road-crossings from a topographic database

Topographic map data store the centreline of roads. Road segments start or end at an intersection with another road. The road crosses are stored with the same coordinates at each road segment. If the database is searched after coordinates with the same values, road crosses can be found and extracted. The topographic database usually contains different types of roads, and all these road types intersect each other. In some areas too many road crossings may exist and in some other areas there will be no road crosses at all. This means, that a check for the proper distributions of road crosses as well as a thinning out or the use of additional objects could be included in the automatic extraction process. Modern

topographic databases will also contain height information for the recorded objects, which avoids the use of a height model (DEM). If the roads have different heights at their crossings, the higher height value has to be used.

4 A strategy for an automated process

When the spatial coordinates of a road crossing are known, an image patch containing the road crossing and its surroundings are extracted from the orthoimage. Such an image patch will serve as a template in a searching process for a corresponding pixel in the new aerial image. The template is moved over a section of the aerial image in steps of one pixel and correlation coefficients are derived for each position. At the position where the correlation coefficient has its maximum value correspondence with the aerial image is found and the centre pixel of the patch is transformed into image coordinates. From several conjugate pixels the exterior orientation of the new aerial image can be derived by resection using the well-known collinearity equations.

Tab. 1 shows the various steps in automatic derivation of the exterior orientation of aerial images. Especially two problems in the process have to be solved. Firstly, the position of the search area depends on the quality of the approximations for the exterior orientation. If these approximations are very inaccurate a large search area has to be used which will result in higher computation times. Good positions for the coordinates of the perspective centre and the flying direction can be derived from the GPS-data, which are acquired by means of the navigation system. Secondly, blunders will occur in the automatic measuring of the corresponding image coordinates. A good strategy for detecting and eliminating blunders is necessary. Prerequisite is a large redundancy. Several measures can be applied such as thresholds for the maximum correlation coefficients, checks for sufficient distribution of road crosses over the image area and robust adjustment. Efficient methods

Tab. 1: Steps in the automatic derivation of exterior orientation parameters including the input and output.

input	steps	output
topographic map data base	searching for road crossings	spatial coordinates of road crossings
(old) orthoimage	extraction of orthoimage patches	templates
(new) aerial image approx. exterior orientation	extraction of image patches	search areas
measures for blunder detection	matching of patches	image coordinates
measures for blunder detection	resection	final exterior orientation

for eliminating the blunders are crucial for an automated process and the effect of these methods will be discussed in the following chapters.

5 Tests with practical data

In order to test the described procedures practical data were used. The data set includes one aerial image, four orthoimages and a topographic vector database. The aerial photograph was taken 25 month later than the one used for the (old) orthoimage. Several changes had occurred in the landscape due to construction work, farming, growth or cutting of vegetation, shadows and traffic. A new orthoimage had to be produced with the same accuracy and resolution (one pixel or 0.8 m on the ground). Only the derivation of orientation data for the new image by means of the existing data is carried out here.

5.1 Description of the data

Test site

The selected area is an open country site in the very north of Denmark. A small village is situated in the middle of the area, and a highway is crossing the area from south to north. Many other roads exist in the test site. The terrain is relatively flat and the height differences are not much bigger than ± 20 m.

New aerial image

The new aerial image was taken in June 1997 by a wide-angle camera from a flying height of 4100 m and the aerial image covers an area of approximately 38 km². The colour image was scanned with 30 μ m (pixel size) and 24 bit (colour depth). This resulted in 177 Mb of data. An image coordinate system was established by measuring fiducial marks followed by an affine transformation onto their calibrated coordinates.

Orthoimage

The orthoimage is based on colour photography taken in June 1995. The scale of the wide-angle photographs was 1:25000. From the images a height model was generated by means of correlation techniques. The automatically derived heights were improved by means of heights and structure lines taken from a topographic map database. Further editing included 'manual' measurements by an operator under stereovision. The orthoimages were then generated with a pixel size of 0.8 m on the ground. One orthoimage covers an area of 2 km \times 3 km, four of these orthoimages are used in this test. The amount of data is 110 Mb.

Map data

The map data used in this test are from the Danish topographic base map. This so-cal-

led TOP10DK covers the whole country and the dataset will be updated in a five years interval. It was produced from aerial photography 1 : 25 000 and the accuracy of well-defined points is quoted as $\sigma = 1$ m both in position and height. The TOP10DK is topologically structured which means that the linear objects are connected and area-like objects are stored as closed polygons. Several objects form a theme and the intersections of the linear objects of one theme form a continuous network. The theme "Traffic" consists of seven different objects (highway, motorway, road over 6 m in width, road 3–6 m in width, other road, path, railway).

In this investigation the intersections of the object "Road 3–6 m" with the same object and with two other objects (Road over 6 m, other road) are used as the "points of interest" and patches in the aerial image and the orthoimage were extracted and then used for the finding of corresponding pixels. Fig. 1 shows the automatically extracted road crosses after some thinning. Their YX-

and Z-coordinates in the Danish reference system 34 are used in the further processing.

The topographic map and the orthoimage data form the "Existing database" from which the orientation parameters of the new aerial image are derived. The database covers only 63% of the area of the new aerial image and this condition will reduce the accuracy of the exterior orientation somewhat.

5.2 Extraction of image patches

The extraction of the patches in the orthoimage requires the transformation of the ground coordinates into pixel coordinates. The coordinates of the reference point (origo) and the pixel size have to be known. The size of the orthoimage patch is selected with 31×31 pixels, which corresponds to $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ in the nature. With these dimensions road crossings and its surroundings will be included in the patches. The extraction of corresponding patches in the aerial image requires the approximate



Fig. 1: Top10DK with selected road crossings.

The small circles indicate the automatically extracted road crossings. They were found by searching in the database after the same coordinates in the three objects "Road 3–6 m in width", "Road over 6 m in width" and "Other road". A thinning of the data was applied in order to assure an equal density of patches.

values of the exterior orientation. The centre of the patches is calculated using the collinearity equations and a transformation from the image coordinate system to the scanner system. The parameters of this transformation have to be known from the scanning of images which includes the automatic measuring of the fiducial marks and an affine transformation. The dimensions of the patch were selected in this investigation with 61×61 pixels corresponding to about $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ on the ground. In that search area the same road crossing has to be contained. Otherwise mismatches will occur. This means also that the approximations for the longitudinal and lateral tilts of the image have to be known with an accuracy of about 0.2 gon.

This accuracy can be achieved by means of a multi-antenna Global Positioning System (GPS) or a low-cost Inertial Measuring Unit (IMU).

Fig. 2 shows some pairs of image patches. A comparison shows big differences in some patches, which resulted in low correlation coefficients.

5.3 Calculation of the exterior orientation with automatically extracted image patches

The calculation of the exterior orientation of an aerial image is carried out by means of the AAU-program “EO”. It is based on the collinearity equation and uses difference-quotients instead of differential quotients in the design matrix. The approximations of the unknowns are improved from iteration to iteration and the computation stops when the corrections are small enough. Weights are introduced according to size of the residuals and the number of iteration.

This robust adjustment works also when the measurements include several blunders. Input values are XYZ-coordinates for the perspective centre and for the direction of flight (K). The standard deviation of unit weight, the parameter of exterior orientation and the residuals at the road crosses are output in the “EO” program. In addition the residuals can be displayed graphically and information about the area covered by patches as well as the density of patches is generated.

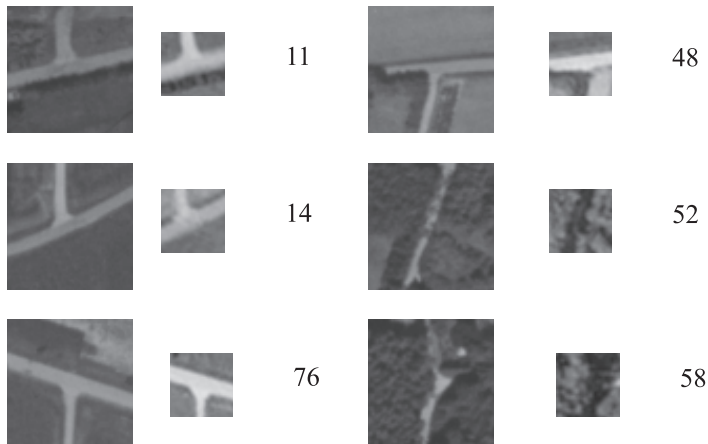


Fig. 2: Examples of image patches.

The position of best fit of a target-area within a search-area is found by means of the maximum of the correlation coefficient. The patch pairs 11, 14 and 76 have high correlation coefficients (0.9), and the patch pairs 48, 52 and 58 have very low correlation coefficients (0.4) at their position of best fit. Low correlation coefficients are caused by big differences in the image patches. They are of different dates. Human activities and changes in the vegetation and shadows will cause these differences in the images. They will very likely result in erroneous measurements.

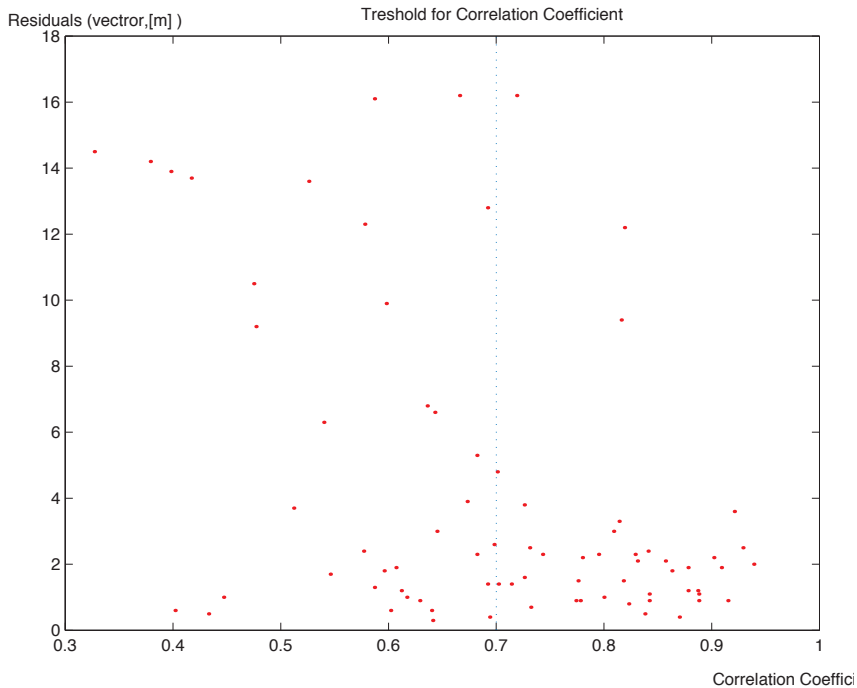


Fig. 3: Residuals after adjustment versus the maximum correlation coefficient obtained at the matching process. Small residuals can be expected when the matching occurred with high correlation coefficients. An appropriate threshold (such as $S = r_{\max} \geq 0.7$ in the figure) will eliminate most of the gross errors.

5.4 Use of thresholds

Blunders should be detected and eliminated at an earlier stage of the processing. Especially a threshold for the correlation coefficient obtained at the matching process can detect most of the blunders. This will be understood from Fig. 3 where the residuals are plotted versus the maximum correlation coefficient. It is obvious from the figure that small residuals can be expected when only such patches are processed where the matching occurred with a high correlation coefficient. If, for example, a threshold for the maximum correlation coefficient of $S = r_{\max} \geq 0.7$ is applied, most of the gross errors will be eliminated.

The elimination of measurements can lead to an unfavourable distribution of patches or to an insufficient number of patches. Fig. 4 depicts a graph where the eliminated points and the remaining image area are plotted versus different thresholds for

the maximum correlation coefficient. The figure shows clearly, that the number of eliminated points will increase with lower correlation coefficients and that the image area covered with patches may be too small using patches with a high correlation coefficient only. Therefore, the area covered by the remaining patches should be monitored and a second threshold should be used as well. This measure could be supplemented by monitoring the point of gravity for the area covered by patches. The accuracy of the exterior orientation will be somewhat reduced if the area covered by patches is small and not centred. More investigations have to be carried out in this respect. In this investigation the threshold for the area covered by patches was set to 35% of the aerial image. This meant that the exclusive use of patches with correlation coefficients of $r_{\max} \geq 0.9$ could not be done because the remaining area was less than 10% of the aerial image.

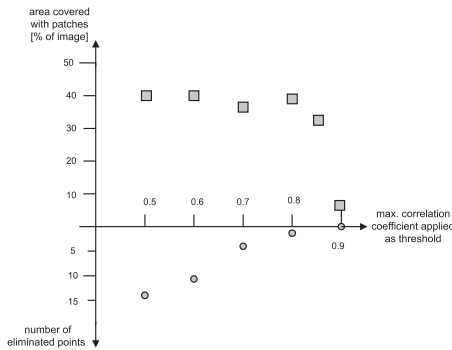


Fig. 4: Number of gross errors and the image area covered with patches at different thresholds for the maximum correlation coefficient. The selection of two thresholds (one of the correlation coefficient and one for the image area) is therefore necessary in order to derive the orientation parameters automatically. The obtained accuracy in the resection (standard deviation) was nearly the same ($\sigma = 0.9$ m) in all computations (after elimination of patches with residuals $> 3\sigma$).

5.5 Use of robust adjustment

The elimination of blunders can be achieved by robust adjustment. A large number of redundant measurements is, however, necessary. In this investigation weights are introduced after the first iteration according to the size of each residual and a weight function. The weights are again changed after the third iteration according to a new weight function. The derivation of weights is done after the functions given in ALBERTZ 1989.

5.6 Combination of thresholds and robust adjustment

From the investigations it became clear, that the automatic measurement of extracted road crossings included a relatively large number of blunders. However, the number of blunders can be reduced if thresholds for the maximum correlation coefficient are applied. The number of usable patches will be reduced and it has to be checked if the remaining patches cover a sufficient large area of the aerial image.

Other conditions to be fulfilled are the distribution of patches over the image (especially in the corners of the image) and the

position of the area's point of gravity. If all of these specified thresholds are applied the calculation of the exterior orientation will start using robust adjustment. The remaining few blunders will be down-weighted and the calculation delivers results for the exterior orientation parameters after a few iterations. This approach of combining several thresholds and robust adjustment was finally used for the derivation of the exterior orientation. In the final calculations the following thresholds were used:

Maximum correlation coefficient:

$$S1 > = 0.7$$

Image area covered by patches: $S2 > = 35\%$

Number of image corner-squares with patches: $S3 > = 3$

Centre of gravity: $S4 < = 2$ cm

When automating the process the "traffic light" principle may be applied. It means that the program should display 'green light' if the above-mentioned conditions are fulfilled. The obtained results under these conditions were the following:

Number of patches at the beginning: 78

Number of remaining patches: 37

Number of iterations: 5

Standard deviation of residuals: 0.34 m (0.4 pixel)

Orientation parameters: $\omega = 0.0624$ gon,

$\phi = 1.4824$ gon, $\kappa = 1.7891$ gon,

$Y = 341\,949.9$ m, $X = -230\,601.5$ m,

$Z = 4\,201.0$ m

Fig. 5 shows the distribution of patches, the centre of gravity and the residuals at the used patches.

6 Evaluation of the results

The goal in this investigation has been an automatic orientation of aerial images and their use in the automated production of new orthoimages. Orthoimages and vector map data of an older date have to be at disposal. It is shown that such automation is possible and that orientation data can be derived. The achievable accuracy depends on the quality of the existing data (orthoimage and vector map) and the residuals of the orientation should be of the same size as the errors of the old database material.

In the test with practical data the calculated standard deviation (σ_{naught}) was 0.34 m or 0.4 pixel only. This means, that the residuals are small enough and the calculated exterior orientation can be used to produce orthoimages of the same quality as the existing (old) orthoimages. A comparison with the reference values of the OEEPE test material (HÖHLE, J. 1999a) gives also some answers about the achieved accuracy. The differences in the perspective centre coordinates are $\Delta Y = 3.2$ m, $\Delta X = 0.7$ m and $\Delta Z = 3.9$ m. These deviations are in the accuracy of the reference data ($\sigma_Y = 3.6$ m, $\sigma_X = 2.6$ m, $\sigma_Z = 1.0$ m). Previously in HÖHLE, J. 1999c published results (based on a manual extraction of a few road crossings) correspond even better to the results of this investigation: The deviations were $\Delta Y = 1.6$ m, $\Delta X = 1.2$ m, $\Delta Z = 0.5$ m only. The angles could not be compared because a different rotation matrix was applied. The differences in the perspective centre coordinates are rather big, but the correlation between the parameters will compensate the deviations somewhat.

In the above-mentioned OEEPE test 25 checkpoints had to be determined and the results of three authors were compared. The mean standard deviations were $\sigma_X = 0.9$ m (or 1.1 pixel) and $\sigma_Y = 0.6$ m (or 0.8 pixels) only. This is a relative accuracy of three in-

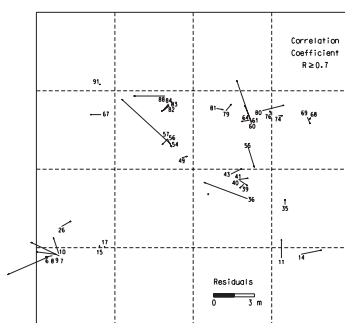


Fig. 5: Results from combining a threshold for the maximum correlation coefficient ($S > = 0.7$) with robust adjustment. The remaining measurements are distributed over the whole image and cover 37% of the image. A sufficient number of points remain in the corners of the image. The gross errors are down-weighted in the calculation of the exterior orientation.

dependent determinations. It has to be mentioned that an absolute accuracy of the orthoimage is difficult to determine. It can be assumed that about the same accuracy as in the old orthoimage can be achieved by an automated process.

7 Conclusion

This investigation proves that automation of the exterior orientation of aerial images is possible and the process of a fully automatic orthoimage production is at hands. The quality of the new orthoimage will be about the same as of the existing orthoimages. This approach in the updating of databases with new orthoimages and new map data (derived from these new orthoimages) guarantees high “neighbouring accuracy”, that means, that old and new data fit well together and the updated database is homogeneous. The proposed process avoids the aerotriangulation or the direct georeferencing by means of inertia measuring units. It is therefore less expensive and can be carried out by anyone.

References

- HÖHLE, J., 1999a: Automatic orientation of aerial images on database information. – OEEPE’s official pub. no. **36**: 71–117, ISSN 0257-0505.
 HÖHLE, J., 1999b: Automatic orientation by means of existing orthoimages – a proposal for a solution. – OEEPE newsletter no. **1**: 13–16.
 HÖHLE, J., 1999c: Orientation of aerial images by means of existing orthoimages and height models – results from experiments with the OEEPE test material. – OEEPE’s official publication no. **36**: 159–165, ISSN 0257-0505.
 ALBERTZ, J. & KREILING, W., 1989: Photogrammetrisches Taschenbuch. – 4. Aufl., Wichmann Verlag, Karlsruhe.

Addresses of the authors:

Prof. Dr.-Ing. JOACHIM HÖHLE

Aalborg University, Laboratory of Geomatics,
 Fibigerstraede 11, DK-9220 Aalborg, Denmark
 e-mail: jh@i4.auc.dk

Teknisk amanuensis Ing.

MARKETA POTUCKOVA,
 Aalborg University, Laboratory of Geomatics,
 Fibigerstraede 11, DK-9220 Aalborg, Denmark
 e-mail: mp@i4.auc.dk

Manuskript eingegangen: April 2001

Angenommen: Mai 2001

Genauigkeitsanalyse von hochauflösenden Gelände- und Oberflächenmodellen

ERICH H. MEIER & DANIEL R. NÜESCH, Zürich

Zusammenfassung: Die steigende Nachfrage nach hochauflösenden Gelände- und Oberflächenmodellen führte in den letzten Jahren dazu, dass sich neben der Photogrammetrie zwei weitere Technologien für deren Herstellung etablierten: Das *Laserscanning* sowie die *SAR*-Interferometrie (*Interferometric Synthetic Aperture Radar InSAR*). Auch diese Verfahren sind heute operationell einsetzbar und erlauben die Herstellung von qualitativ hochwertigen Terrain- und Oberflächenmodellen. In den vergangenen Jahren wurden an den *Remote Sensing Laboratories RSL* des Geographischen Institutes der Universität Zürich verschiedene solcher Modelle hergestellt bzw. im Rahmen unterschiedlichster Projekte evaluiert und eingesetzt.

Im Rahmen einer Studie des Bundesamtes für Landestopographie wurden in einem Testgebiet in den Schweizer Voralpen Terrain- und Oberflächenmodelle mit Hilfe von *Laserscanner*-, *InSAR*- und Luftbilddaten hergestellt. Qualitative und quantitative Qualitätsanalysen zeigten, dass alle drei Technologien in der Lage sind, eine Informationsdichte zu liefern, welche die Herstellung von Rastermodellen mit Maschenweiten in der Größenordnung von 1–2 Metern erlauben. Die Höhengenaugigkeiten liegen bei rund 20 cm bei den *Laser*modellen, 30 cm beim *InSAR*-Modell und ca. 50 cm beim photogrammetrischen Datensatz.

Summary: *Accuracy analysis of high-resolution terrain and surface models.* There has been an increasing demand for high-resolution digital elevation and surface models in recent years. This has resulted in the establishment of two new technologies used for their production, besides photogrammetry: laser scanning and SAR interferometry (*Interferometric Synthetic Aperture Radar, or InSAR*). These two techniques are currently operational, and allow the generation of high-quality terrain and surface models. In the last few years the Remote Sensing Laboratories at the University of Zurich has produced and evaluated various such models in the context of numerous application-oriented projects.

A study carried out for the Swiss Federal Office of Topography has resulted in terrain and surface model generation with the help of laserscanner, InSAR, and aerial photographs for a test area in the Swiss pre-Alps. Qualitative and quantitative analyses have shown that all three methods are capable of generating information detailed enough to allow raster models with a grid-size of about 1–2 meters to be produced. Height and location accuracies are highest using laser-scanned data, at about 20 cm. InSAR errors lie within 30 cm, and photogrammetric models within about 50 cm.

1 Einleitung

Während der letzten Jahre war ein sprunghafter Anstieg in der Nachfrage nach Terrain- und Oberflächenmodellen zu verzeichnen. Damit einher ging die Entwicklung neuer Technologien für deren Herstellung. Insbesondere das *Laserscanning*, die *SAR*-Interferometrie sowie die digitalen Luftbildkameras bzw. Zeilenabtaster haben mittler-

weile einen operationellen Status erreicht und sind zu ernsthaften Konkurrenten der traditionellen Photogrammetrie herangewachsen.

Im Rahmen des Projektes zur Aktualisierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen wurde durch das Schweizerische Bundesamt für Landestopographie festgestellt, dass für die Erfassung der aktuellen Bodennutzung

Farborthophotos am besten geeignet sind. Da jedoch die zu ihrer Herstellung benötigten, verfügbaren Geländemodelle die geforderte Genauigkeit von 1 m in den Orthophotos nicht erreichten, wurde 1999 ein Methodenvergleich gestartet. Dieser hatte zum Ziel, die nötigen Entscheidungsgrundlagen bezüglich Genauigkeit und Kosten im Hinblick auf die großflächige Herstellung von hochauflösenden Terrain- und Oberflächenmodellen zu liefern. In diesem Zusammenhang wurden die *Remote Sensing Laboratories RSL* des Geographischen Institutes der Universität Zürich mit der Durchführung der Genauigkeitsanalysen beauftragt. Dabei standen primär Fragen der Genauigkeit und technischen Zuverlässigkeit im Vordergrund. Finanzielle, terminliche, logistische oder organisatorische Aspekte wurden nur am Rande berücksichtigt.

2 Methodik

Die zahlreichen Erfahrungen, welche bei der Qualitätsanalyse von Geländemodellen gemacht wurden, führten zu einem mehrstufigen Vorgehen, welches neben der numerischen Genauigkeit einzelner Punkte vor allem auch die Zuverlässigkeit der (flächenhaften) Produkte mit in Betracht zieht:

- In einem ersten Schritt wurden die Produkte durch eine detaillierte, optische Analyse der synthetisch schattierten Modelle auf ihre Vollständigkeit, Konsistenz und Plausibilität hin überprüft. Allfällige Lücken oder andere Artefakte wurden auf diese Weise rasch erkennbar. Zudem konnte die Lagegenauigkeit überprüft werden, indem den schattierten Modellen Referenz-Informationen überlagert wurden. Dazu gehörten primär digitalisierte Pläne des Maßstabes 1:2500 als Vektor-Information und, weil diese nicht flächendeckend verfügbar waren, auch Übersichtspläne des Maßstabes 1:10000 in Raster-Form.
- In einem zweiten Schritt wurden die Verteilungen der Höhenwerte überprüft, um mit Hilfe allfälliger Artefakte Rückschlüsse auf Mängel bei bestimmten Verarbeitungsschritten ziehen zu können.
- Im nächsten Schritt wurden Differenzen zwischen den verschiedenen Modellen berechnet und visualisiert. Ihre flächenhafte Interpretation und Beurteilung wurde durch die Herleitung statistischer Kenngrößen sowie durch den Vergleich von Profillinien im Bereich ausgewählter Landschaftselemente unterstützt.
- Der letzte Schritt umfasste die Überprüfung der Höhenwerte mittels Lagefixpunkten sowie die Herleitung darauf basierender, statistischer Größen. Diese Überprüfung umfasste auch eine individuelle Beurteilung der Modelle in der unmittelbaren Umgebung der einzelnen Kontrollpunkte. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Überprüfung von Oberflächenmodellen mittels Bodenpunkten zwar möglich ist, jedoch mit großer Vorsicht durchgeführt werden muss. Kontrollpunkte mit Höhenabweichungen, welche auf lokale Gegebenheiten wie Bauungen oder Vegetationsdecken und somit auf die Charakteristik der Oberflächenerfassung zurückzuführen waren, wurden nicht berücksichtigt. Darunter fallen z. B. Auswirkungen der Vegetation auf *Laser*-Oberflächenmodelle oder von Strommasten auf *InSAR*-Modelle. In mehreren Fällen konnte durch diese detaillierte Überprüfung auch eine bessere Differenzierung zwischen Höhen- und Lagefehlern erreicht werden, beispielsweise in unmittelbarer Nähe von Bruchkanten. Dieses Vorgehen führte schon verschiedentlich zu angeregten Diskussionen, weil die individuelle Überprüfung der einzelnen Punkte keinen einfachen numerischen Maßstäben folgt und somit scheinbar subjektive Aspekte in eine wissenschaftlich exakte Methode einbringt. Da jedoch die Überprüfung mittels Lagefixpunkten nur für Terrainmodelle angebracht ist und die Mehrzahl der getesteten Datensätze die Oberfläche darstellt, gilt es, dafür zu sorgen, dass diese punktweise Überprüfung nur dort zum Einsatz kommt, wo die durch das Oberflächenmodell repräsentierten Höhen mit der Terrainhöhe gleichgesetzt werden darf. Es entspricht somit dem Bestreben, den unterschiedlichen Charakteristika von Terrain-

und Oberflächenmodellen Rechnung zu tragen.

3 Testgebiet und geometrisches Referenzsystem

Die Auswahl des Testgebietes war durch die Bedürfnisse und Vorarbeiten des Bundesamtes für Landestopographie gegeben. Es umfasste je nach Datenprodukt ganz oder teilweise den Perimeter des Kartenblattes 1:25000 LK 1168 *Langnau i.E. (im Emmental)* und somit eine Fläche von ca. 90 bis 210 km². Seine Lage im nördlichen Alpenvorland äußerte sich mit einem Höhenbereich von rund 600 bis 1350 müM mit z.T. sehr steil ausgeprägter Topographie. Dieser Umstand sowie die Tatsache, dass ein Großteil des Gebietes mit Nadelbäumen bewaldet ist, stellte besonders hohe Anforderungen an die Herstellung der Geländemodelle.

Als geometrisches Referenzsystem wurde für alle Produkte das traditionelle Bezugssystem der Schweizerischen Landesvermessung *CH1903* mit dem Landesnetz *LV03* und den Gebrauchshöhen des Landesnivellement *LN03* verlangt. Da jedoch moderne Verfahren wie das *Laserscanning*, die *SAR-Interferometrie* und auch die *Aerotriangulation* bei der Auswertung der Luftbilder sich auf *DGPS*¹-gestützte Navigation und somit bei der Modellherstellung auf globale, verzerrungsfreie Referenzsysteme abstützen, ergeben sich daraus zusätzliche Fehlerquellen, welche außerhalb der flächenhaften Datenerfassung oder der Produktherstellung liegen. Dabei geht es vor allem um die Geoidundulationen, welche eine Differenz zwischen den Gebrauchshöhen und den aus *GPS*-Messungen errechneten Ellipsoidhöhen von mehreren Metern ausmachen können. Daneben sind aber auch Netzverzerrungen zu berücksichtigen, welche als Differenzen zwischen dem in der Praxis verwendeten Landesnetz und einem verzerrungsfreien, geodätischen Referenzsystem in Erscheinung treten. Diese Abweichungen kön-

nen ebenfalls Beträge von über einem Meter ausmachen.

Aus diesem Grund wurde vor der Durchführung der quantitativen Analysen das Ausmass der Geoidundulationen sowie der Netzverzerrungen für den Perimeter des Testgebietes berechnet: Während vertikale sowie in Nord-Süd-Richtung verlaufende Netzverzerrungen vernachlässigbar sind, umfassen die West-Ost-Verzerrungen eine Bandbreite von ca. 0.26 m und die Geoidundulationen gar eine solche von 0.52 m. Falls diese Abweichungen nicht schon bei der Produktherstellung berücksichtigt wurden, hatte dies spätestens bei der Genauigkeitsanalyse zu erfolgen. Eine Nichtberücksichtigung dieser Größenordnungen würde zu einer systematischen Fehlbeurteilung des entsprechenden Herstellungsverfahrens führen.

4 Eingesetzte Technologien

4.1 Photogrammetrie

Aus den Standardbildflügen des Bundesamtes für Landestopographie für die Kartennachführung stand das Farbfotomaterial mit einem mittleren Bildmaßstab von 1:30000 und einer Längs- bzw. Querüberdeckung von 70% resp. 30% in digitalisierter Form zur Verfügung. Die Aufnahmen erfolgten am 20. 6. 1998 mit einer *Leica RC-30*-Kamera und einem 153 mm-Objektiv. Die Bildorientierung erfolgte durch das Bundesamt mittels automatisierter *Aerotriangulation*. In Waldgebieten wurden Werte des bestehenden Geländemodelles *DHM25* des Bundesamtes für Landestopographie mit einer ursprünglichen Maschenweite von 25 m auf die erforderliche Rasterweite interpoliert und in das photogrammetrische Geländemodell eingesetzt. Im übrigen Gebiet wurde das Modell mittels automatischer Bildkorrelation und manueller Nachbearbeitung in Form eines *TIN*² erfasst. Speziell der Übergang Wald – Nichtwald wurde, wo nötig, manuell mit Bruchkanten bearbeitet, damit keine „fliegenden

¹ *DGPS*: Differential Global Positioning System

² *TIN*: Triangular Irregular Network

Vorhänge' des automatischen Bild-*Matching* übrig bleiben. Um den Vergleich mit den anderen Modellen zu vereinfachen, erfolgte eine Umrechnung des *TIN* in ein 2-m-Raster. Unter diesen Voraussetzungen wurde, basierend auf dem vorhandenen Bildmaterial, an die Grenze des photogrammetrisch Machbaren gegangen.

Abb.1 zeigt einen ca. 1.5 km × 1.5 km umfassenden Ausschnitt aus dem schattierten, photogrammetrisch hergestellten Modell. In der Bildmitte von unten nach oben links verlaufend ist der Flusslauf der *Emme* erkennbar. Kleine und größere Dreiecksstrukturen sind als Folge der Dreiecksvermaschung im Zusammenhang mit dem Einfügen von Einzelpunkten oder Bruchkanten deutlich erkennbar. Auffallend ist eine ‚bucklige‘ Struktur in Siedlungsbereichen. Auf Grund der digitalen Bildkorrelation wird hier die Oberfläche und nicht das Terrain wiedergegeben. Wir haben somit keine einheitliche Charakteristik des Modells vorliegen: Während geschlossene Waldflächen speziell erfasst und durch Terraininformationen ersetzt wurden, verfügen bebauete und mit Einzelbäumen bestandene Gebiete über eine Oberflächencharakteristik. Im unteren Bildbereich und rechts der Bildmitte sind zudem Artefakte erkennbar, welche auf Grenzbereiche zwischen photogrammetrischen Blöcken zurückzuführen sind.

4.2 Laserscanning

Das *Laserscanning* ist ein aktives, flugzeuggestütztes Messverfahren für die räumliche Erfassung der Erdoberfläche. Es basiert auf gerichteten Entfernungsmessungen, welche als dreidimensionale Vektoren zwischen dem Sensor und der Geländeoberfläche zu verstehen sind. Zu diesem Zweck werden *Laser*-Impulse ausgesendet und ihre Laufzeit zum Boden und zurück gemessen. Zusätzlich wird der *Laser*-Strahl quer zur Flugrichtung abgelenkt, was zu einer zeilenweisen Aufnahme von Höhenprofilen quer zur Flugachse führt. Durch die Vorwärtsbewegung der Plattform werden diese Profile aneinander gereiht und so eine flächenhafte Erfassung der Erdoberfläche erzielt. Voraussetzung für die Herstellung von Oberflächenmodellen sind die hochpräzise Erfassung von Position und Lage der Messplattform mittels *DGPS*- und *INS*-Systemen³. Diese Messungen ermöglichen die Berechnung der dreidimensionalen Koordinaten der Reflexionspunkte, welche die Geländeoberfläche inklusive aller Gebäude, Vegetation, temporärer Oberflächenformen etc. repräsentieren. Je nach Verwendungszweck werden diese Rohmessungen gefiltert und in ein regelmäßiges Gitter umgerechnet.

³ *INS*: Inertial Navigation System

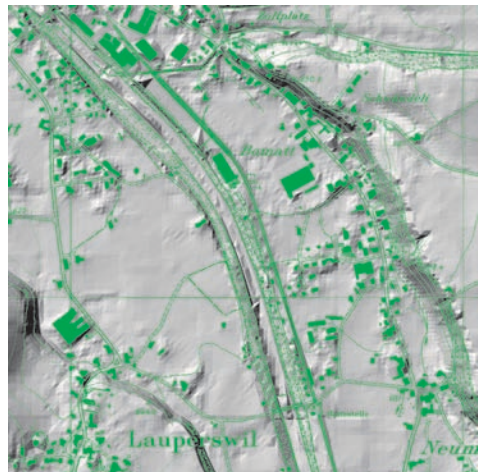
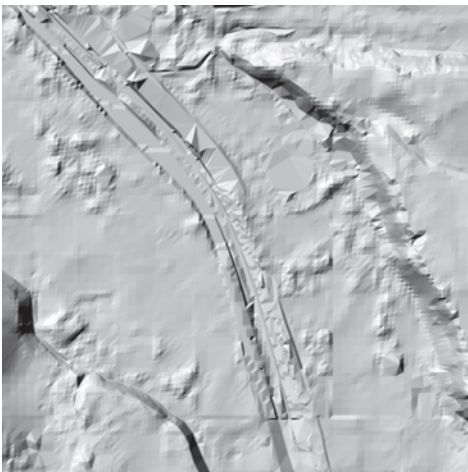


Abb. 1: Photogrammetrisches Modell, schattiert. Rechts Überlagerung mit Übersichtsplan 1 : 10000.

Moderne Systeme bieten die Möglichkeit, bei diesen Filterungen die zuerst bzw. zuletzt am Sensor eintreffenden Reflexionsanteile zu berücksichtigen. Man spricht in diesem Zusammenhang vom *First-* bzw. *Last-Pulse*-Verfahren. Zusammen mit der Tatsache, dass *Laser*-Impulse auch ausgeprägte Vegetationsschichten wie Wald (vor allem in der kalten Jahreszeit) immer wieder stellenweise durchdringen, ergibt sich die Möglichkeit, den Waldboden oder auch die Vegetationsoberfläche zu erfassen. Die Genauigkeit der Einzelmessungen liegt bei heutigen Systemen unter 15 cm. Bei Flughöhen von ca. 500–1000 müG und den eingesetzten Pulsrepetitionsfrequenzen werden Punktdichten erreicht, welche Rasterweiten in den Endprodukten von ca. 1–2 m erlauben. Einen Überblick über das Prinzip sowie den Stand der *Laserscanning*-Technik erhält man von WEHR & LOHR (1999).

Die Aufnahmen im Testgebiet *Langnau* erfolgten am 27. 5. 1999 und somit bei einer sehr dichten Vegetationsdecke mit einem *ALTM-1020-Scanner* durch die Firma *TopScan*. Für die Aufnahme von 92 km² mit einer mittleren Flughöhe von 830 müG und einem Streifenabstand von ca. 250 m waren sowohl für das Oberflächen- als auch das Terrainmodell je 23 Flugstreifen nötig.

Abb. 2 zeigt die mittels *Laserscanning* hergestellten Modelle über demselben Gebiet

wie in Abb. 1. Auf den ersten Blick erstaunen der grosse Detailreichtum und die Präzision, mit welchen die Form von Objekten abgebildet wird.

4.3 *Interferometric Synthetic Aperture Radar*

Unter der Bezeichnung *Synthetic Aperture Radar (SAR)* versteht man ebenfalls aktive Systeme, welche mit Hilfe von Mikrowellen, im vorliegenden Fall im X-Band bei 9.6 GHz, die Erdoberfläche ‚beleuchten‘ und aus den reflektierten Signalen Bilder und sogar Oberflächenmodelle erzeugen lassen. *SAR*-Systeme senden ihre frequenzmodulierten Impulse immer senkrecht zur Flugrichtung schräg nach unten aus und erfassen so einen Bildstreifen, welcher seitlich versetzt, parallel zum Flugweg verläuft.

Die räumliche Auflösung eines *SAR*-Systems quer zur Flugrichtung ist durch die Dauer sowie die Bandbreite der Sendeimpulse bestimmt. Die Auflösung in Flugrichtung ergibt sich im Wesentlichen aus der Größe der verwendeten Antenne und ist somit ebenfalls unabhängig von der Abbildungsdistanz. Als Primär-Information erhält man einen Hologramm-ähnlichen Rohdatensatz, welcher zuerst mittels aufwändiger Rechenverfahren in ein für das menschliche Auge interpretierbares Bild umgewandelt werden muss.

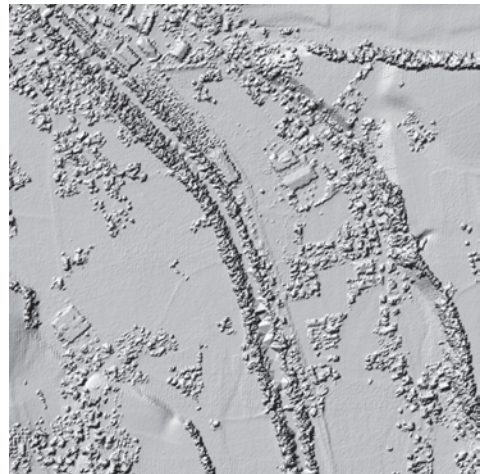
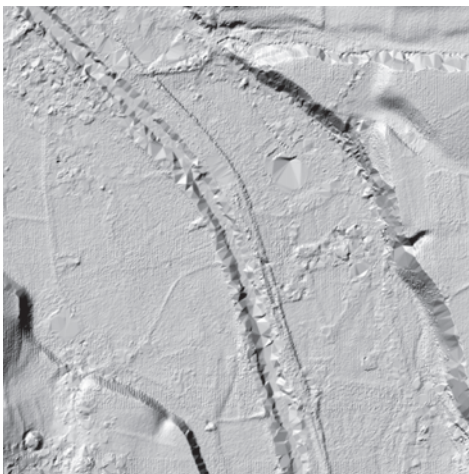


Abb. 2: *Laserscanner*-Modelle, schattiert. Links: Terrain-, rechts: Oberflächenmodell.

Ein großer Vorteil der *SAR*-Bilder besteht darin, dass sie neben Intensitäts- auch Phasen-Informationen enthalten. Diese macht man sich bei der *SAR*-Interferometrie⁴ zu Nutze, indem man die von einer Antenne ausgesendeten und am Boden reflektierten Signale über 2 quer zur Flugrichtung versetzte Antennen empfängt. Dieser Versatz führt dazu, dass die empfangenen Radarechos Phasenverschiebungen aufweisen, welche von der Höhenlage der jeweiligen Rückstreuerelemente am Boden abhängen. Kennt man die exakte Position und Lage der Plattform und somit die Phasenzentren beider Antennen, so kann man aus den Phasenverschiebungen ein Oberflächenmodell herleiten. Eine Einführung und einen Überblick über die *SAR*-Technik und die heutigen Systeme findet man bei CURLANDER & McDONOUGH (1991) oder KLAUSING & HOLPP (2000), eine umfassende Einführung in die *SAR*-Interferometrie bei HANSEN (2001).

Das Testgebiet wurde mit 2 *SAR*-Sensoren aufgenommen: Mit dem *DoSAR*-System der Firma *Astrium* (ehemals *Dornier*) und mit dem *AeS-1* der Firma *Aero-Sensing Radarsysteme*. Detaillierte Beschreibungen dieser Systeme findet man bei FALLER et al.

(1998) bzw. bei MOREIRA (1996). Beide Plattformen operierten in Flughöhen von ca. 3500 m üG und erfassten einen Bildstreifen am Boden von 4 km Breite im Falle von *DoSAR* bzw. rund 2.5 km beim *AeS*-System. Zwecks Minimierung des Systemrauschens, des Radarschattens und der *Layover*-Gebiete sowie im Hinblick auf eine bessere Wiedergabe vertikaler Kanten wurde das Gebiet von beiden Systemen aus verschiedenen Richtungen aufgenommen. Beim *DoSAR*-System waren dies die Richtungen 0° und 180°, mit dem *AeS*-Sensor wurde zusätzlich auch aus den Richtungen 90° und 270° beleuchtet. Mit den *DoSAR*-Daten wurde, basierend auf der verwendeten Pulsbandbreite von 100 MHz, eine räumliche Auflösung von 1.5 m quer und ca. 30 cm parallel zur Flugrichtung erzielt. Bei *AeS* waren dies mit einer Bandbreite von 400 MHz rund 12 cm in Azimut- und 37 cm in *Range*-Richtung. Für die Kalibration und Validierung der *DoSAR*-Modelle wurden mit einem mit *DGPS* ausgerüsteten Fahrzeug zahlreiche Straßen innerhalb des Testgebietes befahren. Für dieselben Arbeitsschritte mit den *AeS*-Daten wurden insgesamt 8 so genannte *Corner-Reflektoren* als Kalibrationsquellen aufgestellt. Bleibt anzufügen, dass beide *SAR*-Befliegungen unter sehr schlechten Wetterbedingungen mit dichter Bewölkung, Regen und starken Winden durchgeführt wurden.

⁴ *InSAR: Interferometric Synthetic Aperture Radar*

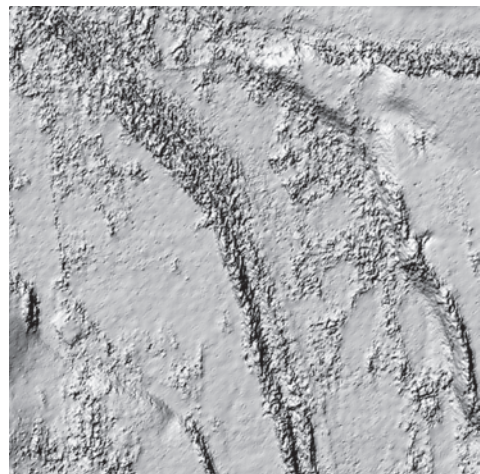
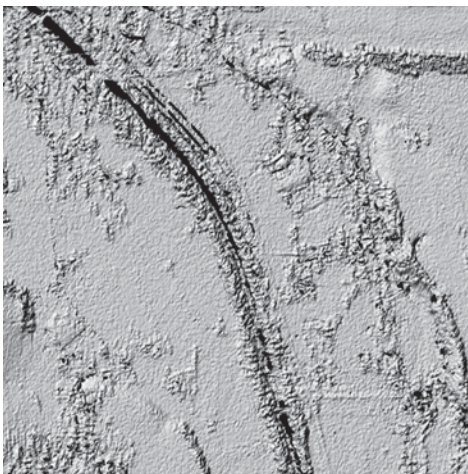


Abb. 3: *InSAR*-Modelle, schattiert. Links: *DoSAR*, rechts: *AeS*.

Abb. 3 zeigt die entsprechenden Ausschnitte aus den mit *InSAR* hergestellten, schattierten Oberflächenmodellen. Sie zeigen ebenfalls einen recht hohen Detaillierungsgrad, jedoch mit deutlich weniger Bildschärfe als dies beim *Laser*-Oberflächenmodell der Fall war.

5 Resultate

Die Resultate einer ersten Qualitätsanalyse wurden Ende 1999 dem Bundesamt für Landestopographie unterbreitet und im Sommer 2000 publiziert (MEIER et al. 2000). Dabei wurden bei den *InSAR*-Modellen deutlich erkennbare, systematische Fehler und Artefakte festgestellt. In der Folge entschlossen sich beide Firmen, ihre Verarbeitungsketten zu überarbeiten, auf der Basis der aufgenommenen Rohdaten neue Modelle herzustellen und diese einer neuen Qualitätsanalyse zu unterziehen. In den folgenden Kapiteln wird primär auf diese neuen Resultate eingegangen. Da die Qualitätsverbesserungen z.T. sehr deutlich ausgefallen sind, werden diese in den Kapiteln 5.3 und 5.4 ebenfalls kurz vorgestellt.

5.1 Photogrammetrisches Modell

Dieser Datensatz zeichnet sich in allen Bereichen durch vergleichsweise wenig Detailreichtum aus. Die Fehler auf Grund der Facettenstruktur als Folge der Dreiecksvermaschung halten sich in Grenzen und liegen in der Regel deutlich unter einem Meter. Nur vereinzelt sind größere, eng begrenzte Artefakte mit mehreren Metern Abweichung erkennbar (s. Abb. 1). Die Lage des Modells kann auf Grund des mangelnden Detailreichtums nicht durch Überlagerungen mit Vektordaten verifiziert werden. Erst die Berechnung von Differenzbildern sowie Korrelationen mit anderen, korrekt gelagerten Modellen zeigt, dass keine größeren oder systematischen Verschiebungen vorliegen.

Die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte zeigt auffallende, relative Maxima, welche sich an den Höhenlinien der Landeskarte 1:25000 orientieren. Dies ist eine Folge des Einfügens von DHM25 – Informationen in

den Waldpartien des photogrammetrischen Modells. Das 25-m-Modell wurde bekanntlich auf der Basis von digitalisierten Höhenlinien hergestellt. In den Wald- und Waldrandgebieten sind denn auch die größten Höhenfehler sowie Artefakte entlang den Informationsgrenzen zu verzeichnen.

5.2 Terrain- und Oberflächenmodell aus Laserscanning

Das Geländemodell aus der *Laser*-Befliegung zeigt einen deutlich höheren Detaillierungsgrad als das photogrammetrische Modell. In offenem Gelände sind feinste Strukturen wie Straßen und Wege auf Grund ihrer leichten Böschungen gut erkennbar (s. Abb. 2, links). In diesen Bereichen ist aber auch ein leichtes System-Rauschen sichtbar, welches sich in Höhengschwankungen mit einer Amplitude von ca. 20 cm manifestiert. Artefakte in Form von Dreiecksstrukturen sind in Waldbereichen zu erkennen, wo mangels Durchdringung der Vegetationsdecke als Folge des ungünstigen Befliegungszeitpunktes eine teilweise manuelle Nachbearbeitung vorgenommen werden musste. Dieser Effekt ist in Abb. 2 entlang des Flusslaufes der *Emme* deutlich erkennbar.

Im *Laser*-Oberflächenmodell beschränken sich die Dreiecksstrukturen auf den praktisch vernachlässigbaren Bereich von Waldrändern entlang von Flussläufen: Auf Grund der fehlenden *Laser*-Echos über Wasserflächen musste hier über etwas größere Distanzen hinweg interpoliert werden. Wie beim Geländemodell ist auch das Systemrauschen als quer zur Flugrichtung verlaufende Rippelmarken mit ähnlicher Amplitude erkennbar. Ansonsten besticht dieses Modell durch seine Detailtreue und seinen immensen Informationsgehalt. Wälder, einzeln stehende Bäume und Gebüsch sowie Gebäude lassen sich deutlich identifizieren.

Die Genauigkeit der horizontalen Lage beider *Laser*-Modelle wurde mittels Vektordaten von Grenzlinien und Gebäudegrundrissen überprüft und liegt innerhalb der Maschenweite von 2 m. Die Häufigkeitsverteilungen beider Modelle zeigen über den ganzen Höhenbereich keine Artefakte.

5.3 InSAR Oberflächenmodelle

Beide *InSAR*-Modelle verfügen ebenfalls über eine große Informationsdichte, jedoch nicht mit derselben Detailtreue wie die *Laser*-Modelle. Gebäude und einzelne Bäume sind zwar erkennbar, jedoch nicht als solche identifizierbar. Dementsprechend werden auch Waldränder je nach Aufnahmerichtung mehr oder weniger scharf wiedergegeben. Diese Unschärfen zeigen sich nicht nur als abgeschrägte Objekte, sondern auf Grund so genannter *Layover*- und Mehrweg-Effekte auch als zusätzliche Vertiefungen und Überhöhungen im Oberflächenmodell. Die horizontale Lage beider Modelle sowie ihre Verteilungen sind einwandfrei.

In der zweiten, verbesserten Version konnte das Systemrauschen im *DoSAR*-Modell deutlich reduziert werden und liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie jenes im *AeS*-Modell. Die starke Glättung führte aber gleichzeitig zu einem Anstieg des Anteils fehlender Höhenwerte (*missing values*) von 4.9% bei der ersten zu 8.2% bei der zweiten Version. Diese Werte liegen deutlich über den entsprechenden Kennzahlen des *AeS*-Modells. Flächen mit *missing values* sind vor allem Gebiete mit Radarschatten und *Layover* sowie glatte Oberflächen, an denen der Großteil des Radarsignals durch

Spiegelung verloren ging. Die in der ersten Version des *DoSAR*-Modells noch ungenügend unterdrückten *Range-Sidelobes*, welche als lineare Artefakte deutlich in Erscheinung traten, sind weitgehend beseitigt.

5.4 Vergleiche

Der flächenhafte Vergleich der Modelle mittels Differenz-„Bildern“ sowie der Vergleich von Profilen bestätigt im Wesentlichen die bereits auf visuelle Art gemachten Erfahrungen. Sowohl beim Vergleich des *Laser*-Geländemodells mit dem photogrammetrischen Modell als auch zwischen dem *Laser*-Oberflächenmodell und den *InSAR*-Modellen zeigen sich die größten Unterschiede im Waldbereich. Diese können bis zu mehrere Meter betragen und sind bei den Terrain-Modellen auf die Interpolation des *Laser*-Modells bzw. den Einsatz von DHM25-Information beim photogrammetrischen Produkt zurückzuführen. Abb. 4 (links) zeigt neben diesen Überhöhungen im *Laser*-Modell auch zahlreiche positive Abweichungen im photogrammetrischen Modell: Dabei handelt es sich um Vegetationsanteile und Gebäude, welche bei der Filterung und Nachbearbeitung nicht vollständig eliminiert wurden. Diese Unterschiede sind alle

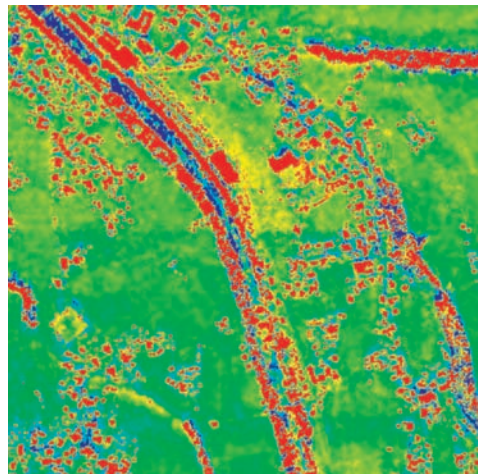
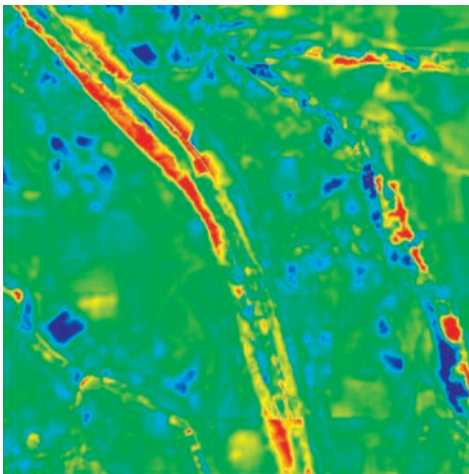


Abb. 4: Differenzbilder.
Links: *Laser (Last Pulse)* minus Photogrammetrie.
Rechts: *Laser (First Pulse)* minus *InSAR (AeS)*.



kleinräumiger Natur. Verkippungen oder andere großflächige Artefakte sind nicht erkennbar.

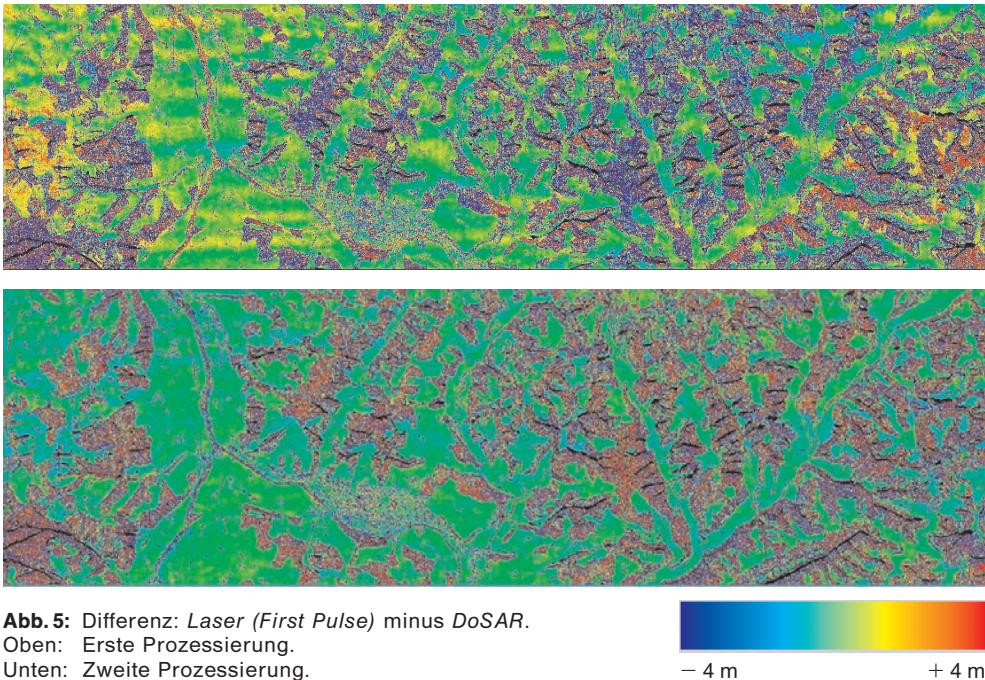
Beim Vergleich der Oberflächenmodelle sind es vor allem die geringere Detailtreue der *InSAR*-Modelle sowie die unterschiedlichen Eindringtiefen und Reflexionsmechanismen der Radarsignale an der Vegetationsdecke, welche zu Höhendifferenzen von mehreren Metern führen können. Abb. 4 (rechts) zeigt, dass sowohl die Vegetation als auch Gebäude im *InSAR*-Modell weniger hoch wiedergegeben werden als im *Laser*-Modell.

Der großflächige Vergleich der ersten Version des *DoSAR*-Modells mit den anderen Oberflächenmodellen zeigte wellenartige Artefakte mit einer Amplitude von ca. 1 m parallel zur Flugrichtung. Diese stellten sich als Interferenzmuster heraus, welche durch Überlagerungseffekte im Zusammenhang mit dem Abstrahlverhalten der Antennen entstanden. Diese Effekte wurden detailliert ausgemessen und anschließend die Daten korrigiert. Abb. 5 (oben) zeigt die Interferenzmuster als gelbe Linien vor allem im flacheren, westlichen Teil des Testgebietes. Das

untere Bild zeigt, dass bei der korrigierten Version diese Fehler vollständig beseitigt sind.

Bei der ersten Version des *AeS*-Modells waren es systematische, Topografie-abhängige Höhenfehler als Folge einer ungenügenden Bewegungskompensation, welche die Qualität des Produktes stark beeinträchtigten. Abb. 6 (oben) zeigt diese Fehler als positive Abweichungen am nördlichen (oberen) Modellrand bzw. negative Differenzen in den Höhenlagen der südlichen Gebiete. In der Folge wurde auch hier die Verarbeitungskette nochmals überarbeitet und insbesondere Algorithmen für die Bewegungskompensation neu implementiert. Das untere Bild zeigt, dass auch bei diesem Modell die systematischen Artefakte beseitigt werden konnten und keine großflächigen Fehler mehr vorliegen.

Der interessanteste Vergleich zwischen den Modellen und zugleich die am meisten Aufschluss gebende Untersuchung war die Überprüfung mittels Lage-Fixpunkten. Tab. 1 zeigt die entsprechende Zusammenstellung. Die von Modell zu Modell unterschiedliche Anzahl verwendeter Punkte ist



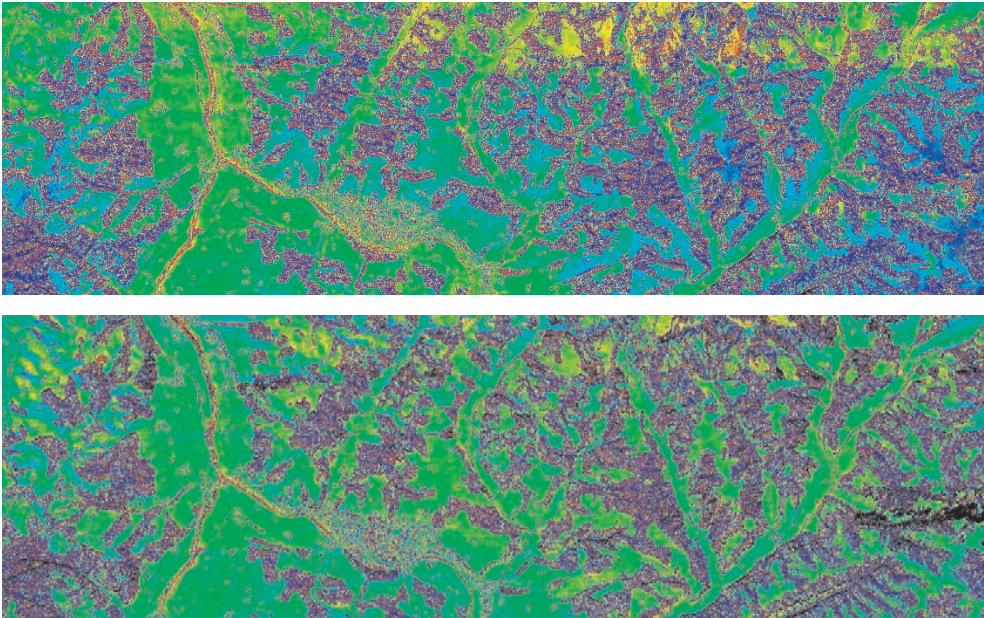


Abb. 6: Differenz: *Laser (First Pulse)* minus AeS.
Oben: Erste Prozessierung.
Unten: Zweite Prozessierung.



im Wesentlichen auf die unterschiedliche Ausdehnung der Datensätze zurückzuführen. Spalte 2 beinhaltet die gemittelten Abweichungsbeträge. Sie zeigt, dass die *Laser*-Modelle mit Genauigkeiten zwischen 15 und 20 cm aufwarten, während die ersten Versio-

nen der *InSAR*-Modelle mit 0.8 m in der Qualität deutlich abfallen. Das photogrammetrische Modell liegt mit 50 cm mittlerem Höhenfehler im Mittelfeld. Auch die Streuungen und Extremwerte weisen eine ähnliche Reihenfolge auf.

Tab. 1: Zusammenstellung der Überprüfungen mittels Lagefixpunkten.

Modell	Anzahl Punkte	$ \overline{\Delta h} $ (m)	σ (m)	Min (m)	Max (m)
Photogrammetrie	52	0.48	0.61	- 1.32	1.67
<i>Laser First Pulse</i> (Oberfläche)	45	0.16	0.19	- 0.35	0.67
<i>Laser Last Pulse</i> (Boden)	46	0.19	0.29	- 0.93	0.38
<i>InSAR AeS</i> (1. Prozessierung)	84	0.82	0.97	- 1.86	1.84
<i>InSAR AeS</i> (2. Prozessierung)	86	0.29	0.40	- 1.51	0.89
<i>InSAR DoSAR</i> (1. Prozessierung)	39	0.79	0.86	- 3.14	1.30
<i>InSAR DoSAR</i> (2. Prozessierung)	90	0.70	0.91	- 2.85	2.01

Bemerkenswert ist die Entwicklung der statistischen Kennzahlen von der ersten zur zweiten Version bei den *InSAR*-Modellen: Das *DoSAR*-Modell wurde allein mit dem Ziel, das Rauschen, die *Range Sidelobes* sowie die Wellen zu reduzieren, überarbeitet. Entsprechend ist kaum eine Verbesserung bei der punktwisen Überprüfung zu verzeichnen. Im Gegensatz dazu wurde beim *AeS*-Modell die gesamte Verarbeitungskette mit dem Ziel überarbeitet, die systematischen, Topographie-abhängigen Höhenfehler zu korrigieren. Dies äußerte sich in einer deutlichen Reduktion des mittleren Höhenfehlers von rund 80 cm auf unter 30 cm.

6 Schlussfolgerungen

In der offenen Flur erreichen alle Methoden eine Höhengenaugigkeit von mindestens 0.5 m mittlerem Fehler. Das *Laserscanning* weist dabei die besten Werte aus. Es besticht durch sein Auflösungsvermögen und seine Präzision, durch die zeitgleiche Erfassung von Terrain- und Oberfläche sowie durch die ausgereifte Produktionsleistung. Die neuen Resultate der *InSAR*-Verfahren zeigen, dass diese Technologie in ähnlichen Genauigkeitsbereichen liegt wie das *Laserscanning* oder die Photogrammetrie. Die Wiedergabe feiner Oberflächenelemente ist jedoch weniger detailliert. Das Verfahren ist auf Grund der großen, am Boden erfassbaren Streifenbreiten und durch seine Allwettertauglichkeit sehr effizient. Problematisch sind natürliche oder künstliche Reflektoren, welche als Antennen wirken und die Daten lokal verfälschen. Die *Photogrammetrie* verfügt ebenfalls über ein sehr großes Genauigkeitspotenzial, insbesondere wenn man den Einsatz besser geeigneter Bildmaßstäbe in Betracht zieht. Allerdings ist die Herstellung der Modelle mit viel manueller und somit teurer Erfassungsarbeit verbunden.

Auch in methodischer Hinsicht lassen sich einige Lehren ziehen:

- In bewaldeten Gebieten ist nicht nur die Herstellung sondern auch die Validierung von Terrain- und Oberflächenmodellen eine Herausforderung. Je nach Vegetationsdichte und Befliegungszeitpunkt

stößt man an Grenzen, welche sich auch mit großem Aufwand kaum überwinden lassen.

- Vergleichende Studien, welche in deutlich kleineren Testgebieten durchgeführt wurden, zeigen z. T. abweichende Resultate. Dies beweist einmal mehr, dass die Größe des Untersuchungsgebietes sehr wichtig bezüglich der Zuverlässigkeit der gemachten Aussagen ist.
- Neben der Überprüfung der Höhengenaugigkeit mittels Kontrollpunkten sind vor allem flächenhafte Vergleiche mit Differenzbildern außerordentlich wichtig. Sie helfen, Produktions- und Verfahrensmängel wie beispielsweise Verkippungen oder Phasentrends, aufzuspüren und zu beseitigen.

Zur Zeit scheinen vor allem das *Laserscanning*, aber auch die *SAR*-Interferometrie, stetig an Bedeutung zu gewinnen. Daneben wird es interessant sein zu sehen, welche Marktanteile die digitale Photogrammetrie, basierend auf der neuen Generation von Digitalkameras, erreichen wird bzw. auf welche Bereiche der Geodatenerfassung sich diese drei Technologien konzentrieren werden.

Dank

Die vorliegenden Arbeiten wurden durch eine Studie des Schweizerischen Bundesamtes für Landestopographie initialisiert. Den Verantwortlichen dieses Bundesamtes sowie aller beteiligten Firmen sei an dieser Stelle herzlich für ihre Unterstützung gedankt.

Literatur

- CURLANDER, J. C. & McDONOUGH, R. N., 1991: Synthetic Aperture Radar-Systems and Signal Processing. – John Wiley & Sons, Inc., New York.
- FALLER, N., HIPPLER, J. & EKANTONO, K. N., 1998: Operational Topographic Mapping in Indonesia with the Interferometric DO-SAR. – Proc. European Conference on Synthetic Aperture Radar – EUSAR'98, Friedrichshafen.
- HANSEN, R. F., 2001: Radar Interferometry – Data Interpretation and Error Analysis. – Kluwer

- Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- KLAUSING, H. & HOLPP, W., 2000: Radar mit realer und synthetischer Apertur. – Oldenbourg, München.
- MEIER, E.H., KÄSER, C. & NÜESCH, D.R., 2000: Genauigkeitsanalyse von hochauflösenden Gelände- und Oberflächenmodellen. – Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik, 8/2000, Villmergen (Schweiz).
- MOREIRA, J., 1996: Airborne SAR: Image Generation and High Precision DEM Generation. – Proc. of XVIII ISPRS Congress, Vienna.
- WEHR, A. & LOHR, U., Hrsg., 1999: Airborne Laser Scanning, Theme Issue. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, No. 2–3.

Anschrift der Verfasser:

Dr. sc. nat. ERICH H. MEIER & Prof. Dr. DANIEL R. NÜESCH, Remote Sensing Laboratories RSL, Geographisches Institut der Universität Zürich, Winterthurerstraße 190, CH-8057 Zürich

e-mail: meier@geo.unizh.ch,

e-mail: nuesch@geo.unizh.ch

Manuskript eingereicht: August 2001

Angenommen: August 2001

Thermalaufnahmen zur Erkundung ehemaliger Truppenübungsplätze

KAY WINKELMANN & WOLFGANG SPYRA, Cottbus

Zusammenfassung: Die Konversion von ehemals militärisch genutzten Flächen – allein im Land Brandenburg über 1 300 km² – stellt ein erhebliches ökologisches Problem dar. Ehemalige Truppenübungsplätze sind in Gänze als altlastenverdächtig einzustufen, wobei neben „normalen“ Kontaminationen (z. B. Kraftstoffe) insbesondere militärspezifische Kontaminationen (von Munition bis zu chemischen Kampfmitteln) ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen. Eine terrestrische Erkundung dieser Flächen ist aus Kostengründen und Gründen der Arbeitssicherheit oft nicht vertretbar. Die Fernerkundung bietet hier Alternativen. In der vorliegenden Arbeit wurde die Anwendbarkeit der Thermalfernerkundung für die Lokalisierung von Vergrabungsarealen und unterirdischen Objekten untersucht. Obwohl die Thermalbefliegung des ehemaligen Truppenübungsplatzes „Döberitzer Heide“, die mit Hilfe eines militärischen Aufklärungssystems durchgeführt wurde, für diesen Zweck unter den gewählten Gegebenheiten nicht geeignet waren, sind Thermalaufnahmen prinzipiell ein geeignetes Werkzeug für die Erkundung von Altlastenverdachtsflächen. Geeignete Systeme und Parameter für die Erkundung von Altlastenverdachtsflächen mittels Thermalfernerkundung werden vorgeschlagen.

Summary: *Thermal Imaging for the Investigation of Former Military Training Areas.* The conversion of former military sites – more than 1 300 km² in the federal state of Brandenburg alone – is a considerable problem. The sites that have to be dealt with principally have to be considered to be contaminated. Apart from „normal“ contaminations (e.g. with fuel hydrocarbons), contaminations and hazards that are specific for former military uses (in particular ammunition and warfare agents) pose the biggest problems. The terrestrial investigation of these sites can not be realised due to high costs and occupational safety reasons. Remote sensing is a possible alternative to terrestrial site investigation. In this study, the applicability of thermal imagery for the localisation of buried wastes and objects in the subsurface has been investigated. Even though the imagery acquired of the former military training area „Döberitzer Heide“ west of Berlin using a military reconnaissance system was not suitable to obtain these objectives, thermal imagery is in principle a useful tool for contaminated site investigation. Appropriate systems and parameters for contaminated site investigation using thermal imagery are proposed.

Problematik der Konversion

Das Ende des Kalten Krieges Anfang der 90er Jahre führte zu einer erheblichen Abrüstung in Europa. Europaweit wurden ehemals militärische Liegenschaften im Umfang von ca. 20 000 Quadratkilometer geräumt und zivilen Institutionen übergeben. Zu den geräumten Liegenschaften gehören Kasernengelände, Flugplätze, De-

pots, Hospitäler und die Truppenübungsplätze, die den flächenmäßig größten Anteil der zurückgegebenen Flächen ausmachen.

Stark betroffen von diesem Prozess ist Deutschland. Die hier stationierten Truppen aus acht Nationen wurden von 1,4 Millionen auf heute etwa 480 Tausend Soldaten reduziert. Mehr als 4 000 Standorte mit einer Fläche von 3 280 km² (0,9 % des deutschen Territoriums) wurden freigezogen und sind

seitdem Gegenstand der Konversion von der militärischen zu einer zivilen Nutzung (BICC 1996).

Auf Grund seiner strategisch-geographischen Lage zu Berlin hat das Land Brandenburg aus der Historie heraus die umfangreichsten Aufgaben in der Konversion in Deutschland zu lösen. Bis 1989 wurden etwa 2300 km² (etwa acht Prozent der Landesfläche) militärisch genutzt (BICC 1998). Heute befinden sich in Brandenburg über 700 ehemals militärisch genutzte Liegenschaften mit einer Fläche von circa 1500 Quadratkilometer in der Konversion. Darunter befinden sich 16 Truppenübungsplätze von jeweils über 30 km², sowie 22 Militärflugplätze (GROTH & WEGENER 1998). Seit 1992 wurden in die Konversion in Brandenburg etwa 1,5 Mrd. DM an öffentlichen Mitteln investiert (BICC 1998).

Ehemalige Truppenübungsplätze

Truppenübungsplätze in Deutschland zeichnen sich in der Regel durch eine lange militärische Nutzung für Übungs- und Erprobungszwecke aus, die teilweise 100 Jahre und länger zurückreicht. Durch diese Nutzung kam es zu militärspezifischen wie militärunspezifischen Kontaminationen, die über Jahrzehnte weitestgehend unerkannt blieben. Die militärunspezifischen Kontaminationen (z.B. Mineralölkohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle) sind wie die aus ziviler Nutzung von Bedeutung, weil sie die biotischen und abiotischen Schutzgüter gefährden. Die größte Bedeutung für die Konversion haben die militärspezifischen Kontaminationen, zu denen insbesondere flächenhafte Belastungen mit scharfer Munition und Kampfstoffen, die nutzungsspezifisch große Flächen auf Truppenübungsplätzen betreffen können, zählen. Die Lokalisierung der spezifischen Kontaminationen stellt in der Erkundung und Sanierung (Beräumung) eine wichtige Aufgabe zur Herstellung der Verkehrssicherheit dar. Die Realisierung der Verkehrssicherheit ist die wesentliche Voraussetzung für die Nutzung der Liegenschaften.

Ein besonderes Problem stellen Vergrabungen, Überschiebungen und unterirdische Objekte dar, die zu atypischen Ablagerungsformen führen und somit eine erhöhte Gefahrenlage implizieren. Wilde Deponien finden sich auf einer Vielzahl von militärischen Liegenschaften. Sie sind mit der kontinuierlichen Nutzung dieser Standorte verbunden, liegen i.d.R. in der Nähe von Wohn- und Technikbereichen (Kasernen) und enthalten zumeist unspezifische Abfälle. Problematischer sind Vergrabungen und Überschiebungen von spezifisch militärischen Abfällen, die meist mit historischen Einschnitten oder besonderen Ereignissen wie der Einführung neuer Führungs- und Einsatzmittel einhergehen. Beispiele, die in der Literatur belegt sind:

- Vergrabungen von chemischen Kampfstoffen nach Ende des Ersten Weltkriegs.
- Sprengung und Vergrabung großer Mengen konventioneller Munition nach Ende des Zweiten Weltkriegs.
- Vergrabungen und Überschiebungen von Chemikalien und Kampfmitteln vor Abzug der Westgruppe der Truppen (WGT) der Roten Armee aus Deutschland 1992 – 1994.

Ebenfalls von Interesse sind im Rahmen der Konversion unterirdische Anlagen (Bunker, Leitungssysteme), die überschohen wurden und an der Oberfläche nicht mehr auszumachen sind.

Erschwert wird der Konversionsprozess bei Truppenübungsplätzen durch zwei weitere Faktoren, die Größe dieser Liegenschaften und die abgeschiedene Lage. Diese beiden Faktoren machen die Konversion dieser Flächen in der Regel finanziell aufwändig und wirtschaftlich unattraktiv.

Döberitzer Heide

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war der fünf Kilometer westlich von Berlin-Spandau gelegene, ehemalige Truppenübungsplatz Döberitzer Heide. Die Liegenschaft hat eine Größe von etwa 50 km², wovon inzwischen ca. 34 km² als Naturschutzgebiet ausgewiesen sind und 8,5 km² weiter-

hin als Standortübungsgelände von der Bundeswehr genutzt werden. Die Liegenschaft hat eine lange Geschichte in der militärischen Nutzung. Erstmals für militärische Zwecke genutzt wurde das Gebiet im Jahre 1753 durch Friedrich II., der hier ein Großmanöver mit 44000 Soldaten abhielt. Als dauerhafter Truppenübungsplatz wurde das Gelände ab 1892 eingerichtet. Vor dem und während des Ersten Weltkriegs wurde der Truppenübungsplatz intensiv für militärische Übungen und Erprobungen genutzt. Nach Ende des ersten Weltkrieges wurde hier Munition durch Vergraben entsorgt. Im Rahmen der Olympischen Spiele 1936 in Berlin befand sich das Olympische Dorf im Nordwestteil der heutigen Liegenschaft. In der Zeit des Zweiten Weltkriegs wurde das Übungsgelände für Zielübungen mit scharfer Munition genutzt. Direkt nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs übernahm die Rote Armee den Truppenübungsplatz. Bis 1950 erfolgte auf der Liegenschaft die Vernichtung großer Mengen an Munition durch Sprengung. Sprengtrichter mit Munitionsresten wurden mit Erdmaterialien verfüllt.

Die WGT nutzte die Liegenschaft bis 1991 zu militärischen Übungen, vor allem als Panzerschieß- und -ausbildungsplatz. Vor der Räumung durch die sowjetischen Truppen wurden auf Grund einer Vereinbarung zwischen der deutschen und sowjetischen Regierung, dass die freiwerdenden Liegenschaften „besenrein“ zu übergeben seien, zahlreiche Abfälle, darunter auch Chemikalien, durch Vergrabung „entsorgt“. Weiterhin ist für das gesamte Gelände von einer Reihe unterirdischer Bauobjekte auszugehen, die über die gesamte Nutzungszeit entstanden, heute aber oberflächlich nicht mehr erkennbar sind.

Fernerkundung als Methode zur Erkundung großflächiger Liegenschaften

Methoden der Fernerkundung sind aus vier Gründen für die Erkundung von großflächigen Liegenschaften besser geeignet als terrestrische Erkundungsmethoden:

- Kosteneffizienz – große Flächen können im Vergleich zur terrestrischen Erkundung kostengünstig untersucht werden, wodurch die Untersuchung der Gesamtfläche überhaupt erst finanzierbar wird.
- Schnelle Verfügbarkeit der Ergebnisse für die Gesamtfläche nach Durchführung einer Befliegung.
- Homogenität und Vergleichbarkeit der Ergebnisse, da Daten für die Gesamtfläche quasisimultan innerhalb kurzer Zeit aufgenommen werden.
- Erhöhte Arbeitssicherheit, da Arbeitskräfte nur in sehr geringem Umfang Gefahren durch Munition und Kontaminanten ausgesetzt werden.

Prinzipiell kommen mehrere Verfahren für die Fernerkundung von Truppenübungsplätzen in Frage, die jeweils unterschiedliche Informationen liefern können. Dazu gehören

- die visuelle oder digitale Auswertung von historischen Luftbildern (multitemporale Luftbilddauswertung/ Change Detection),
- Colorinfrarotaufnahmen für Vegetationsstresskartierungen,
- Thermalaufnahmen für die Detektion von Vergrabungen und unterirdischen Objekten und
- abbildende Spektrometrie (Hyperspektroskopie, Imaging Spectrometry) für die qualitative und quantitative Analyse von Kontaminationen und oberflächlichen Ablagerungen oder Objekten

Thermales Infrarot oder Thermalstrahlung (TIR) unterscheidet sich von sichtbarem Licht (VIS), nahem und mittleren Infrarot (NIR, MIR) dadurch, dass es sich nicht um reflektierte Strahlung solaren Ursprungs handelt, sondern um emittierte terrestrische Strahlung. Für die Fernerkundung sind auf Grund atmosphärischer Absorption nur die Bereiche von 3 bis 5 und 8 bis 14 μm Wellenlänge nutzbar. Nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz und dem Wien'schen Verschiebungsgesetz korrespondiert die Strahlung dieser Bereiche mit (Schwarz-)Körpern, deren Emissionsmaximum im Bereich der kinetischen Temperaturen um 692 bis

306 °C (3 µm bis 5 µm) bzw. 89 bis – 66 °C (8 µm bis 14 µm) liegt. Der Bereich von 3 bis 5 µm Wellenlänge ist damit für die Fernerkundung von Erscheinungen und Objekten hoher Temperatur an der Erdoberfläche wie z.B. Waldbrände geeignet. Die thermalinfrarote Strahlung im Bereich von 8 bis 14 µm korrespondiert mit den normalen Umgebungstemperaturen der Erde. Daher ist dieser Bereich besonders für die Thermalfernerkundung der Erdoberfläche geeignet und wird auch als terrestrische Strahlung bezeichnet.

Die Eignung der Thermalfernerkundung für die Detektion von unterirdischen Objekten wie Vergrabungen, Überschiebungen und Bauteilen beruht auf Unterschieden in der Bodenfeuchte zwischen dem gestörten Boden im Bereich der Objekte und dem ungestörten Boden in deren Umgebung. Gestörter Boden verfügt im Vergleich zum ungestörten Boden über eine höhere Bodenfeuchte. Dies resultiert in niedrigeren Temperaturen des gestörten Erdreichs und damit entsprechend geringerer Emission von Thermalstrahlung. In einer Studie wurde festgestellt, dass die Temperaturunterschiede zwischen gestörtem und ungestörtem Erdreich 0,4 bis 1,0 °C betragen (IRVINE et al. 1997). Ebenfalls untersucht wurde der Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Bodenfeuchte- und Temperaturunterschiede zwischen gestörtem und ungestörtem Erdreich. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Unterschiede in Bodenfeuchte und Temperatur direkt nach einem Niederschlagsereignis am geringsten sind und dann mit der Zeit zunehmen (IRVINE et al. 1997). Weitere Einflussfaktoren neben Niederschlagsereignissen, die die Emission von Thermalstrahlung beeinflussen, sind Topographie, Tageszeit, Klima, atmosphärische Absorption und thermodynamische Eigenschaften der Objekte an der Erdoberfläche.

Im deutschsprachigen Raum wurden Untersuchungen zur Anwendung der Thermalfernerkundung zur Erkundung von Altlasten Mitte der 90er Jahre publiziert. (KÜHN & HÖRIG 1995; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1995). Bei diesen Untersuchungen lag der Schwerpunkt aber auf

der Erkundung von Deponien, insbesondere thermischen Prozessen im Deponiekörper.

Zielstellung der Thermalfernerkundung der Döberitzer Heide

Im Rahmen des Konversionsprojektes „Döberitzer Heide und Kasernenumfeld“ wurde 1997 der Schwerpunkt der Arbeiten auf die Erkundung von Munitionsbelastung und Altlasten gelegt, um den Nordteil der Liegenschaft über Wanderwege touristisch erschließen zu können. Die teilweise Erschließung für die Naherholung wurde angestrebt, weil der diesbezügliche Nutzungsdruck durch die Lage zu Berlin sehr hoch ist. Um die Kosten für die Erschließung möglichst niedrig zu halten, sollen Trassen für die Wanderwege so gewählt werden, dass die Aufwendungen für die Munitionsräumung und Sanierung möglichst gering sind. Die Beräumung ist dabei so zu realisieren, dass von den verbleibenden Gefahren auf der Liegenschaft keine Wirkung auf den öffentlich zugänglichen Raum entfaltet werden kann.

Auf Grund der Tatsache, dass die Hauptprobleme dabei neben der flächigen Munitionsbelastung von unterirdischen Bauobjekten, Vergrabungen und Überschiebungen ausgehen, sollte für die Erkundung dieser Objekte für die gesamte Döberitzer Heide eine Thermalbefliegung durchgeführt werden.

Im Vorfeld wurde antizipiert, dass folgende, für die Altlastenerfassung relevante Objekte identifiziert werden könnten:

- oberflächennahe Ablagerungen
- anthropogene Veränderungen in Gebieten mit dichter Vegetation
- anthropogene Veränderungen in Feuchtgebieten
- visuell nicht erkennbare bauliche Altanlagen
- Vergrabungsareale

Darüber hinaus erwartete man, dass Thermalaufnahmen für eine Reihe weiterer Anwendungen im Bereichen Naturschutz, Landnutzung, Gewässerschutz u.a. wertvolle Informationen liefern könnten.

Die Befliegung mit einem Thermalsensor erfolgte in Amtshilfe durch die Bundesluftwaffe. Vorgaben bezüglich der für die Zielstellung erforderlichen Parameter wie Bodenauflösung, radiometrische Auflösung u. a. wurden im Vorfeld der Befliegung im April 1998 nicht gemacht.

Befliegung

Die Planung der Mission und Befliegung der Liegenschaft erfolgte am 15. April 1998 zwischen 10 und 12 Uhr vormittags durch ein TORNADO-Aufklärungsflugzeug des Aufklärungsgeschwaders 51 „Immelmann“ aus Jagel (Schleswig-Holstein).

Bei dem eingesetzten Sensorsystem handelte es sich um einen optomechanischen Thermalscanner, der die Oberfläche unter dem Trägersystem zeilenweise abtastet. Das System ist im Bereich des thermalen Infra-

rots von 8 bis 14 μm Wellenlänge empfindlich. Die radiometrische Auflösung des Systems wurde mit $0,2^\circ\text{C}$ angegeben. Aus der Flughöhe und dem Schwenkwinkel des Systems ergab sich die Schwachbreite zu 470 m. Die Bodenauflösung lag auf Grund der systematischen Panoramaverzerrung von Scanneraufnahmen zwischen $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ und $28\text{ cm} \times 51\text{ cm}$. Die Befliegung erfolgte an einem klaren, sonnigen Tag mit ca. 8,5 Stunden Sonnenscheindauer. Der summierte Niederschlag der beiden vorhergehenden Wochen betrug etwa 30 mm.

Als Ergebnis der Befliegung wurden dem Landkreis Havelland als Auftraggeber der Befliegung durch die Bundesluftwaffe 14 Negativstreifen mit geometrisch nicht korrigierten Thermalaufnahmen zur Verfügung gestellt. Die Auswertung übernahm der Lehrstuhl Altlasten der BTU Cottbus.



Abb. 1: Schwarzweiß-Luftbild eines Bereiches südöstlich der Löwen-Adler-Kaserne im nordwestlichen Teil der Döberitzer Heide. Luftbild © Landesvermessungsamt Brandenburg 1996

Auswertung

Für die Auswertung wurden die Filmstreifen digitalisiert, mathematisch entzerrt und georeferenziert. Die mathematische Entzerrung der systematischen Panoramaverzerrung wurde mit Hilfe eines in MATLAB entwickelten Programms vorgenommen. Die Korrektur von unsystematischen Fehlern und die Georeferenzierung erfolgte mit dem Bildverarbeitungssystem ENVI 3.2.

Anhand von ausgewählten Testflächen im Nordwesten der Liegenschaft, die bekannte Zielobjekte wie sandbedeckte Bunker, offene Altlagerungen, verfüllte Sprengtrichter, Vergrabungen u. a. umfassten, wurden die aufbereiteten Thermalaufnahmen beispielhaft visuell ausgewertet. Eine digitale Auswertung war auf Grund von systematischen Streifen in den analogen Aufnahmen und der nicht durchgeführten radiometrischen Kalibrierung während der Aufnahme im April 1998 nicht möglich.

Ergebnisse

Die Auswertung zeigt, dass die angefertigten Aufnahmen für den eigentlichen Zweck, die Suche nach Vergrabungen und unterirdischen Objekten auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz Döberitzer Heide nicht geeignet sind. Dies kann auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden, die insbesondere auf Unterschieden zwischen den Zielen der militärischen Fernerkundung mittels Thermalinfrarot und Anwendungen von Thermalaufnahmen im Umweltbereich beruhen. Während es bei militärischen Anwendungen darum geht, relativ große Objekte zu detektieren, die sich thermal deutlich von der Umgebung absetzen – Fahrzeuge, militärische Ausrüstung und Menschen mit Temperaturdifferenzen von bis zu 30 °C und mehr im Vergleich zum umgebenden Gelände – geht es in der Umweltfernerkundung darum, geringe Temperaturdifferenzen im Bereich von 0,5 bis 1,0 °C zu detektieren,

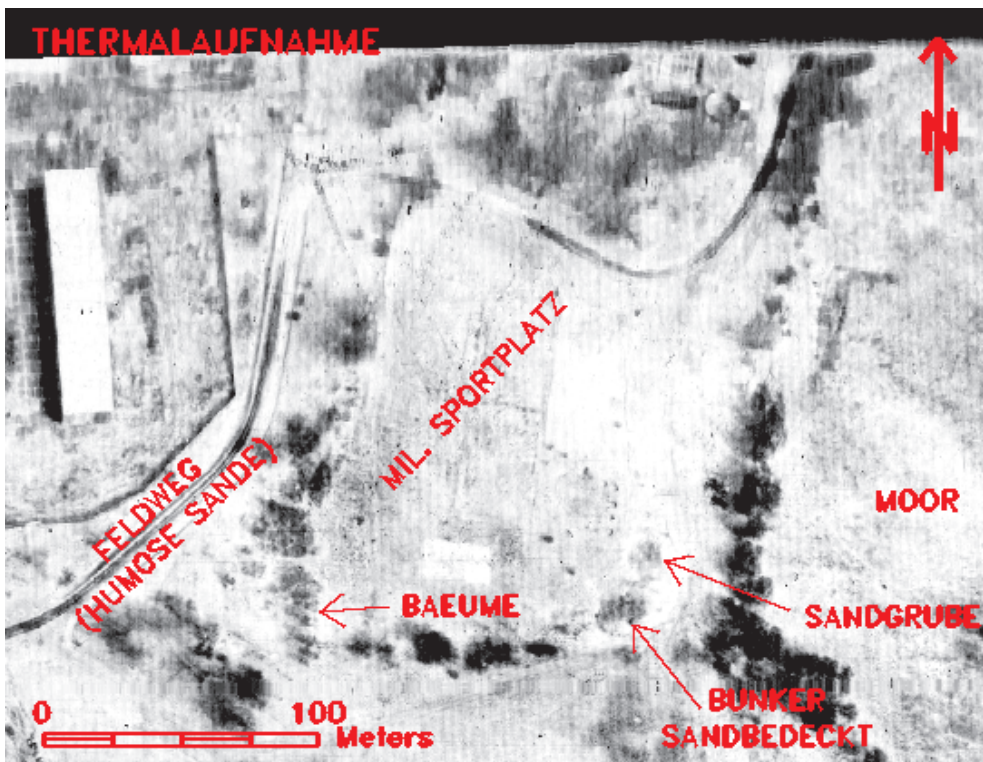


Abb. 2: Der gleiche Bereich wie in Abb. 1 als Thermalaufnahme.

die aus Veränderungen in der Bodenstruktur, exothermen Prozessen im Untergrund (mikrobiologische und chemische Umsetzungen) etc. herrühren.

Die Anforderungen an ein System zur Erkundung der o.g. Objekte können wie folgt definiert werden:

1. Radiometrische Auflösung

Die Bodenfeuchteunterschiede, die die Detektion von unterirdischen Objekten ermöglichen, betragen unter optimalen Bedingungen um 1 °C. Um diese in analogen Grauwertaufnahmen aufzufinden, ist eine höhere radiometrische Auflösung als die des verwendeten Systems von 0,2 °C erforderlich.

2. Tagbefliegung

Die Befliegung der Döberitzer Heide wurde unter anderem aus Rücksicht auf die Bevölkerung tagsüber durchgeführt. Das relativ undifferenzierte Strahlungsverhalten großer Flächen in den Thermalaufnahmen resultierte aus der Aufheizung der Oberfläche, die am Befliegungstag durch eine lange Sonnenscheindauer begünstigt wurde. Deutlich traten dagegen störende Schatten in den Aufnahmen auf.

3. Klima

Einen negativen Einfluss auf die Qualität der Daten hatte neben der Tagbefliegung offensichtlich auch das Wetter in den Tagen vor der Befliegung. Durch Niederschläge von bis zu 30 mm in den vorangegangenen Tagen kann von einer weitgehend homogenen Wassersättigung gestörter und ungestörter Bodenbereiche ausgegangen werden, so dass Temperaturunterschiede zwischen Vergrabungen und umliegendem Gelände stark nivelliert wurden und damit nicht detektierbar waren.

4. Räumliche Auflösung

Die gewählte räumliche Auflösung von bis zu 15 cm × 15 cm, die sich aus der Flughöhe und den Systemparametern ergab, ist für eine Auswertung in Bezug auf Altlastenverdachtsflächen auf einer derartigen großen Liegenschaft zu hoch. Bei einer Gesamtgröße der Fläche von 5000 Hektar kann davon ausgegangen werden, dass Altlastenverdachtsflächen mit Größen unter vier Quad-

ratmetern nicht erfassbar sind. Eine niedrigere Auflösung von 0,5 m × 0,5 m wäre ausreichend, um Altlastenverdachtsflächen von vier Quadratmetern zu detektieren, da diese dann durch jeweils 16 Pixel repräsentiert würden.

Ursache für die hohe Auflösung war die militärische Befliegung, bei der auch bei Übungen möglichst tief geflogen wird, um angenommenem feindlichem Radar und Flugabwehrfeuer zu entgehen.

5. Kalibrierung, Verifizierung der Daten und Referenzdaten

Im Rahmen der Befliegung wurden keine bodengestützten Messungen der Strahlungstemperatur oder zumindest der kinetischen Temperatur an Objekten bekannter Emissivität vorgenommen. Ebenso wurden simultane panchromatische Luftbildaufnahmen – wie ursprünglich geplant – bei der Befliegung nicht mit aufgenommen. Zur Auswertung im Jahr 2000 standen so keine Referenzdaten aus dem gleichen Zeitraum zur Verfügung.

6. Verzerrungen, Streifen in den Aufnahmen

Die unter Verwendung eines analog aufzeichnenden Thermalscanners entstandenen Aufnahmen weisen eine Reihe von Nachteilen auf, zu denen die systematischen Panoramaverzerrungen sowie systematische diagonale und horizontale Streifen gehören, die offensichtlich durch den Filmtransport entstanden sind. Diese Fehler der analogen Aufnahmen schränken deren Auswertbarkeit ein.

Nutzbar waren die Aufnahmen für Auswertungen bezüglich der Wasserführung von trockenfallenden Mooren im Bereich der Döberitzer Heide sowie für die Feststellung deutlicher Unterschiede in der Bodenfeuchte auf unbewachsenen Böden. Zwei Beispiele zeigen die Abb. 3 und 4. Abb. 3 zeigt ein Feld am Westrand der Döberitzer Heide. Der westliche Teil des Feldes erscheint in dieser Aufnahme deutlich dunkler als der östliche Teil. Dies kann auf Unterschiede in der Bodenfeuchte auf Grund der Topographie des Geländes zurückgeführt werden. Der westliche Teil des Feldes liegt

etwa fünf Meter höher als der östliche, wodurch es nach den starken Niederschlägen in den Tagen vor der Thermalbefliegung zu einem hypodermalen Abfluss in den tiefergelegenen Teil des Feldes kam. Die geringere Temperatur in der südöstlichen Ecke des Feldes korreliert ebenfalls mit der Topographie.

Abb. 4 zeigt den südlichen Teil des Rührbruch-Moors in der Döberitzer Heide. In der Luftbildaufnahme können die wasserführenden Bereiche nur anhand der Vegetation erahnt werden. In der Thermalaufnahme können diese anhand der geringeren Temperaturen (dunkle Bereiche) deutlich ausgemacht werden.

Diese beiden Aufnahmen bestätigen im Vergleich zu der Aufnahme, die u.a. den sandbedeckten Bunker und die Altablagerungen zeigt die These, dass die radiometrische Auflösung für die Detektion von Vergrabungen und unterirdischen Objekten nicht ausreichend ist, wohl aber für die Unterscheidung von höheren Temperaturkontrasten von z. B. Wasser zu Vegetation oder Boden.

Parameter für eine Neubefliegung

Obwohl die Aufnahmen im vorliegenden Fall nicht für die Erfassung von Altlastenverdachtsflächen wie Vergrabungen und unterirdischen Bauobjekten geeignet waren, ergibt sich aus den Untersuchungen doch, dass die gesetzten Ziele mit Hilfe von Thermalaufnahmen erreicht werden können. Da die Untersuchung der großflächigen Truppenübungsplätze auf Altlastenverdachtsflächen und unterirdische Bauobjekte für die Konversion der Flächen eine große Bedeutung hat, für den Fall von terrestrischen Untersuchungen aber nicht finanzierbar ist, wurde angeregt, eine erneute Thermalbefliegung der Döberitzer Heide durchzuführen. Dazu wurden aus den Ergebnissen der vorliegenden Befliegung Parameter abgeleitet, die bei der geplanten Befliegung Anwendung finden sollen.

Die radiometrische Auflösung sollte mindestens $0,1^{\circ}\text{C}$ betragen, um die Temperaturunterschiede zwischen gestörtem und ungestörtem Boden von $0,5$ bis $1,0^{\circ}\text{C}$ detektieren

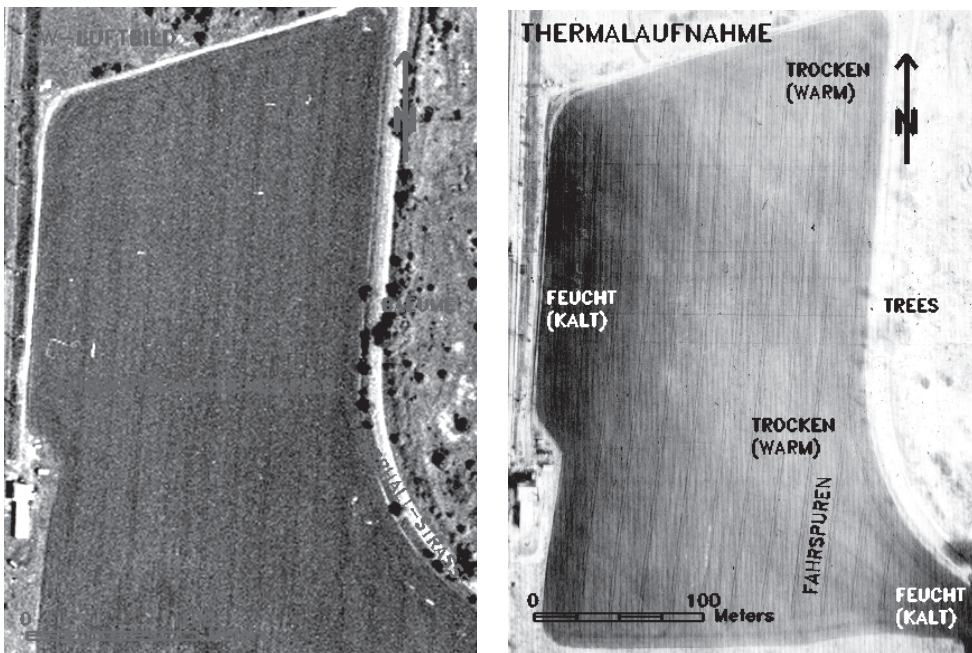


Abb. 3: Feld westlich des ehemaligen Truppenübungsplatzes im Schwarzweiß-Luftbild und in der Thermalaufnahme. Deutlich können in der Thermalaufnahme Bereiche trockenen und feuchten Bodens unterschieden werden. Luftbild © Landesvermessungsamt Brandenburg 1996.

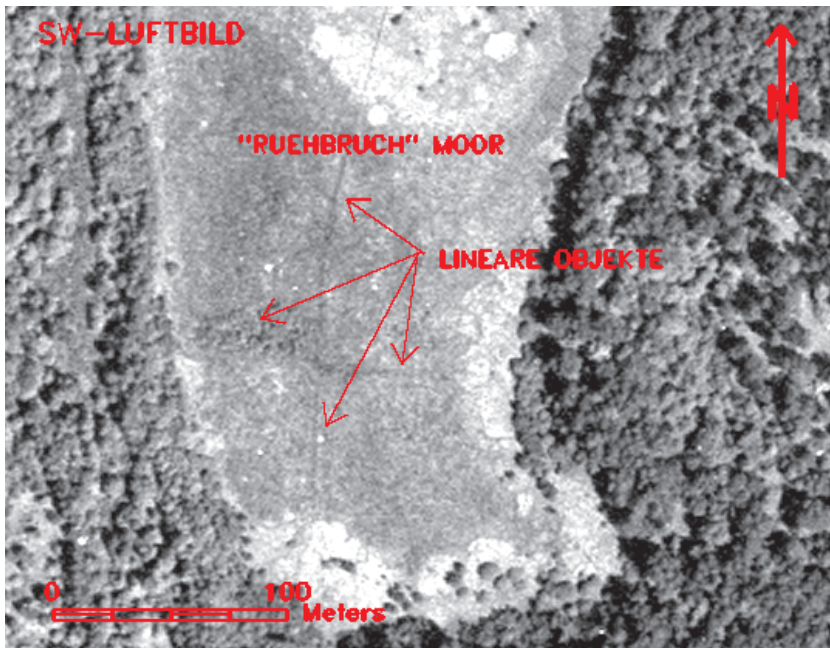


Abb. 4: Schwarzweiß-Luftbildaufnahme des Rühbruch-Moors in der Döberitzer Heide. Wassergräben und Wasserlöcher können auf dem Luftbild kaum ausgemacht werden. Luftbild © Landesvermessungsamt Brandenburg 1996.

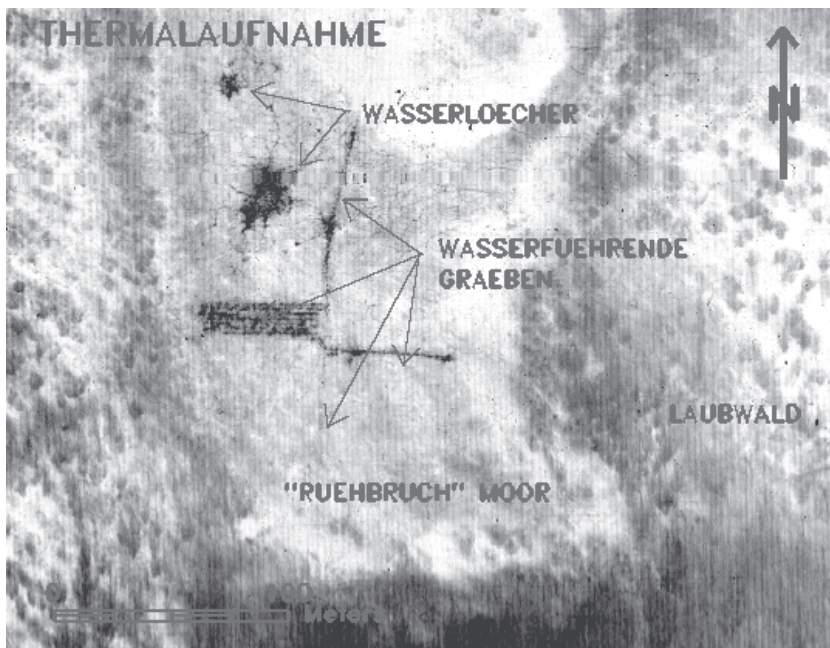


Abb. 5: Rühbruch-Moor in der Döberitzer Heide in einer Thermalaufnahme. Wassergräben und Wasserlöcher, die auf dem Luftbild kaum auszumachen sind, können auf der Thermalaufnahme eindeutig identifiziert werden.

zu können. Für die Altlastenerkundung wäre eine räumliche Auflösung um 0,5 m ausreichend.

Wie zuvor abgeleitet, wird als Befliegungszeitraum das Frühjahr vor Einsetzen der Vegetationsperiode angestrebt. Die Befliegung sollte als Nachtbefliegung zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang erfolgen, um die Aufheizung der Flächen durch Sonnenstrahlung und damit die Überlagerung von thermalen Unterschieden, die aus unterschiedlicher Bodenfeuchte herrühren, zu vermeiden. In der Befliegungsplanung sollte zudem die Witterung vor der Befliegung berücksichtigt werden, wobei die Befliegung nach mindestens einer niederschlagsfreien Woche empfohlen ist.

Um eine bessere Auswertbarkeit der Daten zu gewährleisten, soll eine digitale Thermalkamera anstelle eines analog aufzeichnenden Thermalscanners verwendet werden. Dadurch sind geringere geometrische Verzerrungen und Bildfehler zu erwarten. Für die Kalibrierung und Referenzierung der Thermaldaten sind zeitnahe panchromatische Luftbildaufnahmen und simultane Strahlungstemperaturmessungen am Boden geplant.

Danksagung

Unser Dank gilt dem Aufklärungsgeschwader 51 „Immelmann“ der Bundesluftwaffe, das die Befliegung der Döberitzer Heide im April 1998 in Amtshilfe für den Landkreis Havelland durchführte, sowie dem Umweltamt des Landkreises Havelland und dem Naturschutzförderverein für die Unterstützung und gute Zusammenarbeit im Rahmen der Auswertung der Daten.

Literatur

- Bonn International Center for Conversion (BICC), 1996: Conversion Survey 1996. Global Disarmament, Demilitarization and Demobilization. – Oxford: Oxford University Press.
- Konversionsbericht Brandenburg, 1998: Wirtschaftsministerium Brandenburg. – Potsdam
- GROTH, K. & WEGENER, L., 1998: Konversion in Brandenburg. – Planerin 1/1998. <http://www.srl.de/publikationen/planerin/plan981/inhalt.html#beitraege>
- IRVINE, J. M. et al., 1997: The detection and mapping of buried waste. – International Journal of Remote Sensing. **18** (7): 1583–1595.
- KÜHN, F. & HÖRIG, B., 1995: Geofernerkundung. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. – Berlin: Springer
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1995: Einsatz ausgewählter Fernerkundungsmethoden bei der Altlastenbehandlung am Beispiel von Untersuchungen im Raum Leipzig. Materialien zur Altlastenbehandlung. – Radebeul: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. KAY WINKELMANN, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Altlasten, PF 101344, D-03013 Cottbus
Tel.: 03 55-69 3607, Fax: 03 55-69 31 71
e-mail: kay.winkelmann@tu-cottbus.de

Prof. Dr.-Ing. WOLFGANG SPYRA,
Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Altlasten, PF 101344, D-03013 Cottbus
Tel.: 03 55-69 31 61, Fax: 03 55-69 31 71
e-mail: wolfgang.spyra@tu-cottbus.de

Manuskript eingegangen: Juni 2001
Angenommen: Juni 2001

Ableitung von Landoberflächenparametern aus flugzeuggetragenen voll-polarimetrischen E-SAR-Daten unter Berücksichtigung von freiem Vegetationswasser

CHRISTIAN THIEL & TANJA RIEDEL, Jena

Zusammenfassung: Voll-polarimetrische L-Band Daten des flugzeuggetragenen experimentellen SAR (E-SAR des DLR) wurden in Hinblick auf ihr Potential zur Ableitung hydrologischer Parameter analysiert. Im Rahmen zweier Projekte (PHYMO und TerraDew) wird der Informationsgehalt verschiedener SAR Parameter hinsichtlich Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit, Biomasse und Landnutzung untersucht. Außerdem wird der Einfluss von freiem Vegetationswasser (Tau, Interzeption) auf das Rückstreusignal im Hinblick auf die Beeinträchtigung der Ableitung von Landoberflächenparametern beleuchtet. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Polarisationsparameter eine wertvolle Erweiterung der SAR-Datenbasis vor allem in Bezug auf Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit und Biomasse darstellen. Die Landnutzungs-klassifikation auf alleiniger Basis der Polarisationsparameter erwies sich jedoch als schwierig. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass das Radarsignal im Tagesgang auf Grund von Wasser auf Pflanzenoberflächen variiert und die thematische Auswertung von SAR-Daten beeinträchtigt werden kann.

Summary: *Derivation of land surface parameters from fully-polarimetric E-SAR data in consideration of free vegetation water.* Fully-polarimetric L-band data of the airborne experimental SAR (E-SAR) of the DLR were analysed with regard to their potential to derive hydrological parameters. Within the scope of two projects (PHYMO and TerraDew) the information content of different SAR parameters regarding soil moisture, surface roughness, biomass and land use is investigated. Furthermore, the effect of free vegetation water (dew, interception) on the radar backscatter and on the derivation of hydrological parameters is outlined. First results show that polarimetric SAR-parameters provide a valuable additional level of information, especially with regard to soil moisture, surface roughness and biomass estimation. However, land use classification on the basis of polarimetric parameters alone proved to be difficult. In addition, the radar backscattering coefficient shows diurnal variations resulting from free water on the vegetation surface. This particularly affects the thematic analysis of SAR-data.

1 Einleitung

Multifrequente, multipolarimetrische SAR Daten bieten die Möglichkeit der Ableitung von Landoberflächenparametern wie Landnutzung, Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit und Vegetationsparameter. Besonders die Verwendung der polarimetrischen Parameter (Alpha-Winkel, Entropie, Anisotropie, Λ_{1-3} , α_{1-3}), welche anhand der Eigenvektorendeckomposition nach Cloude (CLOUDE & POTTIER 1996) aus multipolarimetrischen SAR Daten extra-

hiert werden können, zeigten hier bereits ihr Potential (HAJNSEK et al. 1999, HELLMANN et al. 1999). Bei der Auswertung der Daten ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Radarrückstreuung im Tagesgang u. a. auf Grund von Veränderungen des auf Pflanzenoberflächen befindlichen Wassers aus Taubenetzung, Guttation und Interzeption variiert (GILLESPIE et al. 1990, HOBBS et al. 1998). Allerdings erlaubt es der Stand der Forschung nicht, eindeutige Aussagen über die Auswirkung von benetzter Vegetation auf das Radarrückstreusignal sowie auf die

Ableitung hydrologischer Parameter aus SAR-Daten zu treffen.

Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes TerraDew ist daher, den Einfluss von benetzten Vegetationsbeständen systematisch zu untersuchen und quantitativ zu erfassen sowie ein Radarrückstreu-Modell zu entwickeln. In diesem Artikel werden Zusammenhänge zwischen freiem Vegetationswasser und Radarrückstreuung dargelegt und interpretiert.

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt PHYMO hingegen verfolgt die Zielsetzung der Ableitung flächenhafter Inputparameter aus SAR-Daten für die Modellierung von Stofftransporten und anderen hydrologischer Fragestellungen. Datengrundlage beider Projekte bilden jeweils multifrequente, polarimetrische E-SAR Daten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Die Befliegung für PHYMO fand im März 1999 statt. Die SAR-Datenakquisition für TerraDew wurde an zwei Tagen im Juni 2000 zu jeweils 3 Zeiten (6, 9 und 12 Uhr) durchgeführt, um die Rückstredynamik im Tagesgang erfassen zu können.

Das Untersuchungsgebiet des Projektes PHYMO, ein Teil des Trinkwassertalsperreneinzugsgebietes Zeulenroda, befindet sich in den Nordausläufern des Thüringer Schiefergebirges. Zur Erfassung der Schadstoffeinträge in die Talsperre infolge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung dieser Region wurden bisher mehrere Studien durchgeführt und Modelle hergeleitet (FLÜGEL et al. 2000).

Zur Quantifizierung des Einflusses von benetzten Vegetationsoberflächen auf die Radarrückstreuung wurde ein intensiv landwirtschaftlich genutztes Testgebiet bei Alling in Südbayern gewählt. Während der Befliegungen fanden intensive Geländearbeiten zur Erfassung der Landnutzung, Vegetationsparameter, Bodenfeuchte und Oberflächenrauigkeit statt. Um den Einfluss benetzter Vegetationsoberflächen im Testgebiet Alling zu quantifizieren, wurden dort zusätzlich umfangreiche klimatologisch relevante Parameter aufgezeichnet.

2 Datengrundlage und Vorverarbeitung

2.1 Polarimetrische Dekomposition

Aus den komplexen L-Band Daten von Zeulenroda wurden die Polarisationsparameter auf Basis der Cloude-Dekomposition (CLOUDE & POTTIER 1996) abgeleitet. In die Berechnung gehen die Co-Polarisationen und eine Kreuzpolarisation ein. Zunächst werden die Eigenwerte (λ_{1-3}) und die Eigenvektoren (e_{1-3}) extrahiert. Letztere bilden die Grundlage zur Berechnung der Alpha Winkel (α_{1-3}), welche die Streumechanismen darstellen. Aus diesen drei Winkeln wird der mittlere Rückstreumechanismus (α) hergeleitet. Die Entropie (H), ein Maß für die Verteilung der Streumechanismen und die Anisotropie (A) werden aus den Eigenwerten extrahiert. Die Anisotropie stellt das Verhältnis zwischen zweitem und drittem Eigenwert dar und kann bei einer mittleren Entropie zusätzliche Informationen liefern. Nach der Dekomposition wurden die Polarisationsparameter einer Filterung unterzogen.

Neben den Polarisationsparametern wurden für die Zeulenrodadaten die Hauptkomponenten (pc_{1-3}) sowie für beide Testgebiete die Rückstreukoeffizienten (σ^0) berechnet.

2.2 Normalisierung des Lokalen Einfallswinkels

Die Radarparameter für Zeulenroda zeigten je nach Landnutzung und Rauigkeit eine mehr oder weniger signifikante Abhängigkeit vom Lokalen Einfallswinkel (lia) (Abb. 1). Diese Korrelation wurde jeweils mittels Regressionsgleichung formuliert, anhand derer der Faktor (lia) normalisiert wurde (Gleichung (1)).

$$RP_{\text{norm}} = RP_{\text{unnorm}} + D_{\text{SP}} - (m \cdot \text{lia} + n) \quad (1)$$

(RP) steht für den jeweiligen Radarparameter, (D_{SP}) ist der Mittelwert von (RP) aller einbezogenen Pixels und (m, n) bezeichnen die Regressionsgerade.

Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit des mittleren Streumechanismus, repräsentiert durch

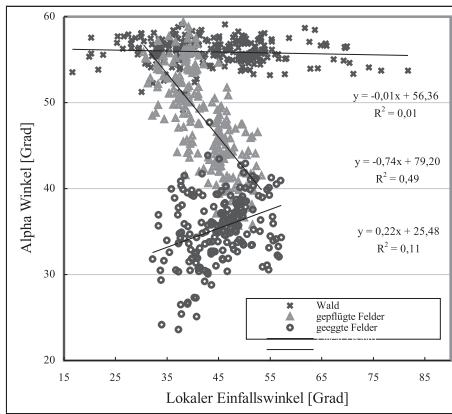


Abb. 1: Abhängigkeit des Alpha-Winkels für verschiedene Landoberflächen.

den Alpha-Winkel, vom Lokalen Einfallswinkel. Während die Korrelation zwischen (λ_1) und (α) für die Klasse Wald gering ist, wird bei gepflügten Feldern eine starke Abhängigkeit deutlich. Die geringe Korrelation bei Wald kann durch den dominierenden Anteil an Volumenstreuung erklärt werden. Bei gepflügten Feldern geht die dominierende Dipol-Streuung mit zunehmenden (λ_1) in Oberflächenstreuung über, was sich mit den Aussagen der Rauigkeitskriterien (Ray-

leigh, Fraunhofer etc.) deckt. Diese beschreiben eine Abnahme der wirksamen Rauigkeit mit zunehmendem Lokalen Einfallswinkel, was zu einer Zunahme der Oberflächenstreuung führt. Bei glatten Oberflächen wie geeggtten Feldern ist, wenn auch deutlich weniger signifikant, ein entgegengesetzter Trend zu erkennen. Der Anteil der Oberflächenstreuung am Rückstreusignal nimmt mit zunehmenden Einfallswinkel ab, da mehr Strahlung vom Sensor weg gestreut wird. Die restlichen Streuanteile wie die Volumenstreuung bleiben nahezu konstant. Demzufolge steigt deren Anteil am gesamten Rückstreusignal mit zunehmendem Lokalen Einfallswinkel.

Die Abhängigkeit der Polarisationsparameter vom Lokalen Einfallswinkel für verschiedene Landoberflächen ist in Tab. 1 zusammengefasst. Es werden hier wiederum die Klassen geeggte Felder, gepflügte Felder und Wald unterschieden.

Die Ergebnisse zeigen eine starke Abhängigkeit der meisten Polarisationsparameter vom Lokalen Einfallswinkel für gepflügte Felder, während für geeggte Felder und Wald diese Abhängigkeit deutlich weniger signifikant ist. Die Parameter der Regressionsgeraden werden durch (m) und (n) re-

Tab. 1: Abhängigkeit der Polarisationsparameter vom Lokalen Einfallswinkel.

	geeggte Felder			gepflügte Felder			Wald		R ²
	m	n	R ²	m	n	R ²	m	n	
α_1	-0,003	0,52	0,04	-0,018	1,57	0,48	-0,0005	1,07	0,01
α_2	0,003	1,09	0,05	0,017	0,08	0,46	0,0007	0,75	0,01
α_3	0,001	1,33	0,05	0,002	1,29	0,09	-0,0002	1,08	0,001
α	0,220	25,5	0,11	-0,738	79,2	0,49	-0,01	56,4	0,01
λ_1	22,01	1883	0,01	-495,6	25135	0,66	-400	58197	0,11
λ_2	62,28	5405	0,01	-1124	56579 50478	0,66	-1357	151254	0,23
λ_3	-1146	83657	0,18	-10098	504782	0,71	-4346	414869	0,29
H	0,009	0,220	0,34	0,001	0,42	0,01 0,000	0,002	0,72	0,27
A	0,011	-1,04	0,32	0,0001	-0,78	0,0002	0,002	-0,47	0,09

präsentiert, (R^2) bezeichnet den jeweiligen Standardfehler. Für diese Untersuchung wurden jeweils 200–250 Testpixels pro Klasse herangezogen.

3 Ergebnisse

3.1 Landnutzungsklassifikation

a) Klassifikation auf Basis der Intensitäten Die Klassifizierung der Landnutzung der SAR Szene Zeulenroda fand in Anlehnung an DOBSON et al. (1995) und HEROLD et al. (2000) in zwei Levels statt. Im ersten Level wurden die Klassen Siedlung/Wald, Wasser/Schatten und kurze/keine Vegetation unterschieden. Die Segmentierung erfolgte unüberwacht mittels *isodata-clustering*. Klassifiziert wurden anhand der lia-normierten Intensitäten L-HH, L-VV, L-HV, X-HH und X-VV.

Im zweiten Level wurden in getrennten Arbeitsschritten die Mischklassen Siedlung/Wald und kurze/keine Vegetation separiert. In beiden Fällen fand eine überwachte *maximum likelihood* Klassifikation Anwendung. Zur Unterteilung der Klasse kurze Vegetation/keine Vegetation in die Unterklassen Ackerfläche und Grünland wurden ausschließlich die X-Band Intensitäten benutzt. Die spärliche Vegetation wird vom L-Band nahezu vollständig durchdrungen, so dass

die Rauigkeit bzw. die Bodenfeuchte in dieser Frequenz die Rückstreuung bestimmen.

Die Trennung von Siedlung und Wald allein auf Basis der Intensitäten ist auf Grund der ähnlichen spektralen Signaturen nicht möglich. Daher wurde die Texturinformation integriert. Die mittlere Euklidische Distanz erwies sich als geeigneter Parameter. Die Fenstergröße von 5×5 Pixel stellte den besten Kompromiss zwischen optimaler Erfassung der Siedlungstextur bei gleichzeitigem Erhalt von Details wie Stadträndern dar. Für die Texturberechnung wurden die L-Band Intensitäten sowie ein Differenzbild (L-HH minus L-HV) herangezogen. Dieser Ansatz führte zu einer deutlichen Trennung von Wald und Siedlung. Durch verschiedene Nachbearbeitungsschritte konnten fehlklassifizierte Pixel der richtigen Klasse zugeordnet werden. Angaben zur Klassifikationsgenauigkeit sind Tab. 2 zu entnehmen.

b) Klassifikation auf Basis der Polarisationsparameter

Für die Landnutzungsklassifikation auf Basis der Polarisationsparameter wurde der kombinierte Ansatz aus *fuzzy-logic* und Neuronalem Netz von HELLMAN et al. 1999 angewandt. Die Genauigkeit ist im Vergleich mit der auf Intensitäten beruhenden Klassifikation geringer. Auch hier bestehen Probleme bei der Unterscheidung von Wald

Tab. 2: Abschätzung der Klassifikationsgenauigkeit.

	Producers accuracy [%]	Users accuracy [%]	Class proportion [%]
Siedlung	93,98	81,25	3,86
Wald	98,99	99,68	27,40
Wasser/Schatten	95,71	98,98	1,87
Grünland	89,26	73,10	16,52
Ackerfläche	95,81	98,29	50,35 100,00
Gesamtgenauigkeit	96,11%	Kappa Koeffizient	0,93

und Siedlung, d. h. nicht nur die Rückstreuintensitäten, sondern auch die Rückstreumechanismen beider Klassen lassen auf Grund ihrer Ähnlichkeit keine eindeutige Trennung zu. Als Siedlungsfläche werden im Wesentlichen nur die dem Sensor direkt zugewandten Hauswände klassifiziert, welche durch *double bounce* gekennzeichnet sind. Gerade im ländlichen Raum deckt dies nur einen Bruchteil der tatsächlichen Siedlungsfläche ab. *Double bounce* tritt allerdings auch häufig an Waldkanten auf. Problematisch erweist sich ferner die Trennung von glatten Oberflächen und Gewässern. Beide Landnutzungen zeichnen sich durch Oberflächenstreuung aus. Außerdem ist die Phaseninformation für die meisten Wasserflächen nicht ausreichend, um Erkenntnisse über die Rückstreuprozesse zu erlangen. Das schlechtere Signal zu Rauschen Verhältnis der Polarisationsparameter, als auch die Überlappung der verschiedenen Objektklassen im Alpha-Entropie-Lambda1 Merkmalsraum führt zu einer Vielzahl kleinräumiger Fehlklassifikationen.

Trotz genannter Schwierigkeiten bietet die Klassifikation von Polarisationsparametern den Vorteil unüberwacht Objektklassen auszuweisen, wenn deren Streumechanismen bekannt sind. Eine entsprechende Nachbearbeitung mittels GIS-Analysen und Filtern könnte einen großen Teil fehlklassifizierter Pixels korrigieren (HELLMAN et al. 1999).

3.2 Empirische Zusammenhänge zwischen Radarparametern und Landoberflächenparametern

Für das Testgebiet Zeulenroda wurde der Zusammenhang zwischen allen Radarparametern (Intensitäten, Hauptkomponenten, polarimetrische Parameter) und den Landoberflächenparametern feuchte Biomasse, Oberflächenrauigkeit und Bodenfeuchte anhand empirischer Regressionsmodelle untersucht. Die Betrachtung der Parameter Oberflächenrauigkeit und feuchte Biomasse wurde für das gesamte Gebiet angestellt, die der Bodenfeuchte erfolgte feldweise. Datengrundlage für diese Analysen bildeten die

hinsichtlich des lokalen Einfallswinkels normalisierten Radarparameter.

Es zeigte sich für die verschiedenen Landoberflächenparameter eine unterschiedliche Sensitivität der Radarparameter. So korreliert die Bodenfeuchte vor allem mit den Eigenwerten eins (λ_1) und drei (λ_3), den Intensitäten L-VV und L-HV sowie der ersten (pc1) und dritten (pc3) Hauptkomponente. Sensitiv für Rauigkeit hingegen zeigen sich die Parameter Alpha eins (α_1) und zwei (α_2), der mittlere Alpha-Winkel (α) sowie der erste Eigenwert. Die feuchte Biomasse ist primär in der Anisotropie (A), der dritten Hauptkomponente und den Alpha-Winkeln eins und zwei repräsentiert.

Die Eigenvektoren-Dekomposition erweist sich demnach als wertvolles Werkzeug, um die Radarrückstreuung in für die jeweiligen Landoberflächenparameter relevanten Streuprozesse bzw. Streuteile zu zerlegen.

Der Informationsgehalt hinsichtlich der Bodenfeuchte variiert für die verschiedenen Testfelder. Bei Wintertraps, welcher schon im März eine große feuchte Biomasse besitzt, enthält das Radarrückstreusignal keine signifikante Bodenfeuchteinformation. Die besten Korrelationen wurden für geegte Felder ohne bzw. mit niedriger Vegetation (z. B. Wintergetreide) ermittelt. Für diese Felder wurden die relevanten Radarparameter kombiniert und Bodenfeuchtearten generiert (Abb. 3). Durch diese Vorgehensweise wurde die Bodenfeuchteinformation betont, während sich das Rauschen verringerte. Die Korrelation zwischen gemessener und aus Radardaten ermittelter Bodenfeuchte kann im besten Fall mit einem Wert von $r = 0,85$ beschrieben werden (siehe Abb. 2).

Für die Landoberflächenparameter feuchte Biomasse und Oberflächenrauigkeit wurden ebenfalls Karten erstellt. Hierbei fand der gleiche Ansatz wie für die Ermittlung der Bodenfeuchte Anwendung, wobei die Karten für das gesamte Gebiet erzeugt wurden. Dabei korreliert die aus SAR Daten ermittelte Oberflächenrauigkeit (RMS-Höhe) mit den Geländewerten nur mäßig ($r = 0,62$). Für feuchte Biomasse hingegen konnte ein signifikanter Zusammenhang

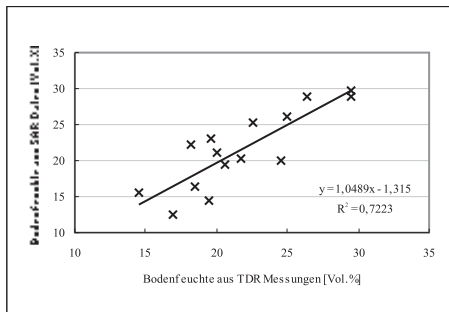


Abb. 2: Korrelation zwischen gemessener und aus SAR-Daten ermittelter Bodenfeuchte für das Testfeld Lätwitz.

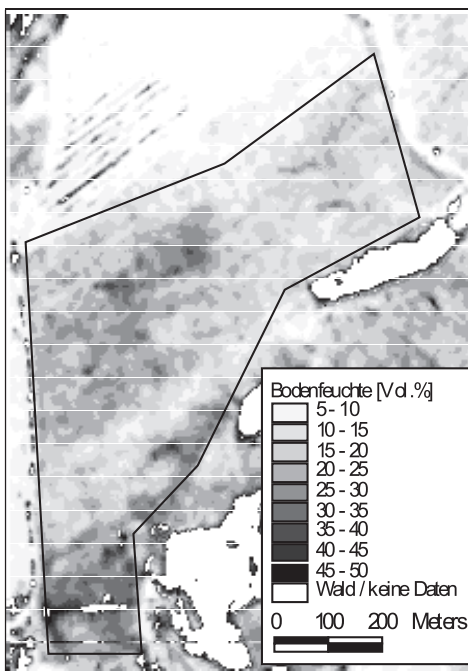


Abb. 3: Bodenfeuchtekarte aus SAR Daten, Testfeld Lätwitz.

($r = 0,92$) ermittelt werden. Eine vergleichbare Korrelation wurde für den Pflanzenwassergehalt ermittelt, für den Parameter trockene Biomasse hingegen wurde kein signifikanter Zusammenhang gefunden. Ebenso konnte zwischen den Radarparametern und der Autokorrelationslänge keine Beziehung festgestellt werden.

3.3 Einfluss von Tau- und Interzeptionswasser auf die Radarparameter

Erste Ergebnisse im Rahmen des TerraDew Projektes zeigen eine deutlich unterschiedliche Auswirkung von Wasser auf Vegetationsoberflächen in Hinblick auf Frequenz, Polarisation und Landnutzungskategorie. Im X-Band konnte kein signifikanter Einfluss von Tau auf die Radarrückstreuung festgestellt werden. Die meisten Felder zeigten eine Zunahme der σ^0 -Werte um weniger als 0,5 dB. Beachtliche Varianzen des Radarsignals im Tagesgang traten hingegen für das X-Band nach einem Niederschlagsereignis von 24 mm auf. Insbesondere die VV-Polarisation zeigte eine starke Zunahme der σ^0 -Werte, wobei die größten Unterschiede der Radarrückstreuung für Grünland und Getreide zu verzeichnen waren. Beispielsweise stiegen die σ^0 -Werte von Sommergerstefeldern im Mittel um ca. 2,5 dB. Für großblättrige Pflanzen wie Mais und Kartoffeln sind die mittleren Differenzen zwischen den verschiedenen Aufnahmezeitpunkten eines Tages kleiner als 1 dB.

Im C-Band ist bei Taubenetzung für alle betrachteten Feldfruchtarten eine Abnahme der mittleren Radarrückstreuung um bis zu 1,5 dB festzustellen. Allerdings ist diese Erscheinung nur nach dem Tau-, nicht aber nach dem Niederschlagsereignis festzustellen. Interzeption führt sowohl im C-VV, als auch im C-VH zu einer signifikanten Zunahme der Rückstreuung für Grünland, Sommergerste und Hafer. Für die restlichen Feldfruchtarten zeigte sich kein Einfluss. Die geringste Reaktion der Radarrückstreuung auf freies Vegetationswasser im Tagesgang ist für L-VV zu verzeichnen. Das L-HV Band weist die größten Differenzen zwischen den verschiedenen Aufnahmen eines Tages auf. Sowohl für die durch Tau beeinflussten Aufnahmen erhöht sich die Rückstreuung für nahezu alle Feldfrüchte signifikant. Im L-HH zeigen alle Feldfruchtarten bei Tau nur eine sehr geringe Abnahme der Rückstreuung. Durch Interzeptionswasser steigen die σ^0 -Werte im Mittel um 0,5–1,5 dB.

In Bezug auf die Ableitung hydrologischer Parameter aus SAR-Daten ist auf Grund der eben dargestellten Zusammenhänge mit unterschiedlichen Ergebnissen im Tagesgang zu rechnen. Insbesondere im X- und C-Band sind in Hinblick auf die Landnutzungskartierung unterschiedliche Klassifikationsergebnisse zu erwarten, da in diesen Frequenzen für die verschiedenen Feldfruchtarten eine deutlich unterschiedliche Beeinflussung der Rückstreuung festgestellt wurde. In Abb. 4 ist beispielsweise der Tagesgang der mittleren σ^0 -Werte der einzelnen Landnutzungskategorien nach einem Niederschlagsereignis im C-HV Band dargestellt. Die Klassentrennbarkeit ändert sich im Laufe des Tages. Die mittlere Radarrückstreuung ist z. B. um 6 Uhr für Grünland und Kartoffeln nahezu identisch, wohingegen um 12 Uhr die Differenz beider Werte nahezu 2 dB beträgt. Im Gegensatz dazu besitzen die Feldfrüchte Hafer und Weizen sowie Roggen und Futterklee um 6 Uhr eine höhere Trennbarkeit als um 12 Uhr.

Die Analyse der E-SAR Daten im Rahmen des PHYMO-Projektes ergab, dass die

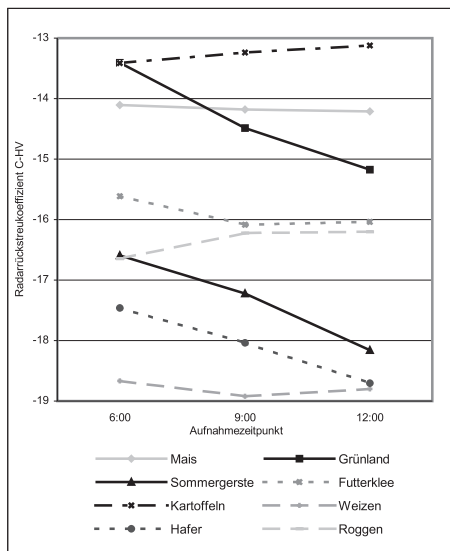


Abb. 4: Varianz der Radarrückstreuung im Tagesgang nach einem Niederschlagsereignis.

Bodenfeuchte u. a. mit den Intensitäten L-VV korreliert. Für dieses Band konnte für alle im TerraDew Projekt betrachteten Landnutzungsklassen keine signifikante Beeinflussung durch benetzte Vegetationsoberflächen festgestellt werden. Somit sind bei der Ableitung von Bodenfeuchteinformationen erhebliche Fehlinterpretationen auf Grund von Tau und Interzeption unwahrscheinlich. Weiterhin ist festzustellen, dass mit steigender Biomasse der Einfluss von Tau und Interzeption auf die Radarrückstreuung steigt. Für Grünland ergab sich außerdem mit zunehmender Benetzung der Vegetation eine höhere Sensitivität des Radarsignals für Biomasse.

4 Fazit

Es hat sich in dieser Studie gezeigt, dass die Eigenvektoren Dekomposition ein bedeutender Ansatz für die Extrahierung hydrologisch relevanter Parameter (Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit, feuchte Biomasse) aus multipolarimetrischen SAR Daten darstellt. In diesem Anwendungsbeispiel werden die jeweiligen Landoberflächenparameter durch unterschiedliche SAR Parameter repräsentiert. Die Klassifikation der Landnutzung anhand der Polarisationsparameter kann in dieser Untersuchung nicht als Alternative, jedoch als Erweiterung der Klassifikation der Intensitäten gesehen werden. Die unüberwachte Unterscheidung verschiedener Rauigkeitsklassen oder die Erkennung einzelner Gebäude wären hierfür Beispiele.

In Hinblick auf benetzte Vegetationsoberflächen konnte eine deutlich unterschiedliche Beeinflussung des Radarsignals in Abhängigkeit von Frequenz, Polarisation und Feldfrucht festgestellt werden. Insbesondere im X- und C-Band ist im Tagesgang mit unterschiedlichen Klassifikationsergebnissen zu rechnen.

Danksagung

Unser Dank gilt Frau Prof. Dr. CHRISTIANE SCHMULLIUS und Herrn Dr. VOLKER HOCHSCHILD für die wissenschaftliche Betreuung

der Projekte. Des Weiteren unterstützten uns STEFFEN GRÜNLER und CARSTEN PATHE bei der Auswertung der SAR-Daten.

5 Literatur

- CLOUDE, S.R. & POTTIER, E., 1996: A Review of Target Decomposition Theorems in Polarimetry. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, **34** (2): 498–518.
- DOBSON, M.C., ULABY, F.U. & PIERCE, L.E., 1995: Land-cover classification and estimation of terrain attributes using synthetic aperture radar. – Remote Sensing of Environment, **51**: 199–214.
- FLÜGEL, W.-A. & MÜSCHEN, B., 2000: Applied Remote Sensing and GIS Integration for Model Parameterisation (ARSGISIP). – Second Progress Report, Unpublished Project Report, 122 S., Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- GILLESPIE, T. J., B. BRISCO, R.J. BROWN & SOFKO, G.J., 1990: Radar detection of a dew event in wheat. – Remote Sensing of Environment, **33**: 151–156.
- HAJNSEK, I., PAPATHANASSIOU, K.P., REIGBER, A. & CLOUDE, S., 1999: Soil-Moisture Estimation Using Polarimetric SAR Data. – Proceedings IGARSS 1999, Hamburg, V: 2440–2442.
- HELLMANN, M., JAEGER, G., KRAETZSCHMAR, E. & HABERMAYER, M., 1999: Classification of full polarimetric SAR data using artificial neural networks and fuzzy algorithms. – Proceedings IGARSS 1999, Hamburg, V: 1995–1997.
- HEROLD, M., HOCHSCHILD, V. & SCHMULLIUS, C., 2000: Multifrequente und multipolarimetrische Radarfernerkundung hydrologisch relevanter Parameter der Landoberfläche. – Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, **2000** (5): 355–360.
- HOBBS, S., ANG, W. & SEYNAT, C., 1998: Wind and rain effects on SAR backscatter from crops. – Proceedings of the 2nd International Workshop on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications, ESTEC, Netherlands, 21.–23. Oktober 1998.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Geogr. CHRISTIAN THIEL und Dipl.-Geogr. TANJA RIEDEL, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, Löbdergraben 32, D-07743 Jena, Tel.: 03641-948875, e-mail: c5chth@geogr.uni-jena.de

Manuskript eingereicht: Juni 2001

Angenommen: Juli 2001

Berichte von der 21. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF vom 3. bis 6. September 2001 im Steigenberger Inselhotel in Konstanz

Österreichische Gesellschaft
für Vermessung und Geoinformation (ÖVG)



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE
UND FERNERKUNDUNG E. V.



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e. V.
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)

SGPBF Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie,
Bildanalyse und Fernerkundung

Einführung

Gleichzeitig mit der 21. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF) fand vom 3. 9. 2001 bis 6. 9. 2001 im Steigenberger Inselhotel in Konstanz das 18. Nutzerseminar des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) statt.

Mitveranstalter der „Dreiländertagung“ waren außerdem die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (ÖVG) und die Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung (SGPBF).

Die Veranstaltung wurde von rund 270 Teilnehmern besucht.

Mit dem Motto: »Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation: Geodaten schaffen Verbindungen« eröffnete der Präsident der DGPF, Dr. KLAUS-ULRICH KOMP, am 4. 9. 2001 die Veranstaltung. Die Grußworte wurden von MdB HANS-PETER REPNIK überbracht (siehe nachfolgenden Beitrag). Er betonte, dass die Bedeutung von Fernerkundung und GIS auf regionaler und globaler Ebene sehr wichtig für politische Entscheidungsprozesse seien.

Prof. RALF SCHROTH überreichte den Hansa-Luftbild-Preis 2001 an die Autoren EBERHARD GÜLCH, HARDO MÜLLER und THOMAS LÄBE für ihren Beitrag „Semi-automatische Verfahren in der photogrammetrischen Objekterfassung“.

In der folgenden Plenarveranstaltung sprach der Vertreter der ÖVG, Prof. KARL KRAUS, Wien, zum Thema „Laser-Scanning

– Ein Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie“. Prof. ARMIN GRÜN, Zürich, SGPBF, referierte zum Thema „Die Stadt im Computer – Messen und Modellieren von Stadtlandschaften“ und Dr. habil. STEFAN DECH berichtete für DLR-DFD über „Möglichkeiten der Fernerkundung zur Bilanzierung des terrestrischen Kohlenstoffbudgets“. Damit waren grundsätzliche Ausführungen und Standpunkte dargelegt.

In 17 thematischen Sitzungen wurden neueste Entwicklungen und Ergebnisse vorgestellt sowie zukünftige Zielsetzungen diskutiert. Begleitende Posterpräsentationen und Softwarevorführungen rundeten das Programm ab.

Erstmals war es den Organisatoren auch gelungen, die Vorträge vor Beginn der Veranstaltung gedruckt in Buchform* und als CD ROM allen Teilnehmern zur Verfügung zu stellen.

An der Firmenausstellung beteiligten sich die folgenden Firmen: CGI Systems GmbH, Seeshaupt, CREASO GmbH, Gilching, DEFINIENS IMAGING GmbH, München, GAF mbH, München, GEOSYSTEMS GmbH, Germering, GIP mbH, Aalen, Infoterra GmbH, Friedrichshafen, INPHO GmbH, Stuttgart, INVERS, Essen, LH Systems GmbH, Berlin und Z/I Imaging GmbH, Oberkochen. Zu-

* ECKHARDT SEYFERT (Hrsg.) 2001: Vorträge 21. Wiss.-Techn. Jahrestagung der DGPF. Publikationen der DGPF, Bd. 10, 588 S. ISSN 0942-2870. Zu beziehen durch: Geschäftsstelle der DGPF, c/o EFTAS GmbH, Ostmarkstr. 92, D-48145 Münster, e-mail: praesident@dgpf.de

sätzliche Präsentationen wurden vom DLR und der Technischen Universität Wien angeboten. In den Pausen zwischen den Fachbeiträgen erfolgte zwischen den Teilnehmern und Ausstellern ein intensiver Informationsaustausch zu den neuesten Geräte-, Software- und Hardwareentwicklungen.

Das technisch-wissenschaftliche Programm wurde ergänzt durch kulturelle und fachliche Exkursionen im Bodenseeraum, die sowohl die Reize der Region als auch die Fachkompetenz der besuchten Firmen vermitteln konnten.

Ein „Willkommenstreff“ im Steigenberger Inselhotel, das „Gemütliche Beisammensein“ im Gasthaus Rheingold und das „Festliche Dreiländer-Bankett“ im Inselhotel boten als Abendveranstaltungen den Teilnehmern und Veranstaltern nicht nur kulinarische Genüsse sondern auch Gelegenheit für weitere fachliche und private Diskussionen.

Für die perfekte örtliche Vorbereitung und die reibungslose Abwicklung der Veranstaltung bedanken sich die Tagungsteilnehmer und Firmen recht herzlich bei Frau Dr. habil. BARBARA THEILEN-WILLIGE, Stockach, und ihrem Team sowie Frau UTA LEIFGEN, Köln, für ihre unermüdliche Tätigkeit bei der Vorbereitung der Anmeldungen und Registrierung der Teilnehmer.

MANFRED WIGGENHAGEN, Hannover

Grußwort von HANS-PETER REPNIK

MdB, Erster Parlamentarischer Geschäftsführer der CDU/CSU Bundestagsfraktion

Ich freue mich, Sie als Fachleute der Photogrammetrie und Fernerkundung anlässlich Ihrer gemeinsamen Tagung hier in Konstanz im Dreiländereck Deutschland – Schweiz – Österreich begrüßen zu können. Dies gibt mir Gelegenheit, aus meiner Sicht etwas zu dem Anliegen Ihrer Tagung zu sagen.

Wir alle wissen, dass wir in einer Zeit rascher und tiefgreifender Veränderungen leben und dass wir zugleich Verantwortung für die zukünftige Entwicklung der Natur

und des Menschen tragen. Die Gefährdungen unseres Lebensraumes werden uns durch natürliche Prozesse immer wieder eindringlich bewusst. Allein in den letzten Wochen haben uns Wirbelstürme, Vulkanausbrüche, Hochwasser und andere Vorgänge deutlich gemacht, in welchem Maße wir den Kräften der Natur ausgesetzt und von ihnen abhängig sind. Gewiss wäre es realitätsfremd, Risiken vollständig ausschließen zu wollen, sie sind mit dem Leben untrennbar verbunden. Aber es muss unser Interesse sein, Risiken zu reduzieren, nach Kräften zur Bewahrung der uns anvertrauten Natur und zugleich zur Sicherung unserer Lebensgrundlagen beizutragen.

Mehr denn je ist es heute erforderlich, natürliche Prozesse besser zu verstehen, menschliche Aktivitäten sorgfältig zu planen und ihre Auswirkungen auf künftige Entwicklungen abzuschätzen. Dazu reicht freilich unsere eigene, persönliche Lebenserfahrung nicht aus. Wir brauchen Informationen, die uns vermittelt werden; Informationen, die wir bewerten können, um uns zu orientieren, zu planen und auch um Veränderungen zu beobachten.

Das klassische Medium, das uns solche Informationen vermitteln kann, ist die Karte. Ein Blick in die Geschichte der Kartographie macht deutlich, wie schnell in unserer Gesellschaft der Bedarf an raumbezogenen Informationen, die in Karten dargestellt werden, gewachsen ist. Noch im 19. Jahrhundert war die Topographische Karte den meisten Menschen kaum zugänglich. Inzwischen ist die Benutzung von Plänen, Atlanten und einer großen Vielfalt von Themakarten eine Selbstverständlichkeit. Kartographische Informationen erleben heute durch die modernen Kommunikationswege im Internet eine neue dynamische Entwicklung.

Es versteht sich von selbst, dass wir unsere modernen technischen Mittel einsetzen müssen, um den Bedarf an raumbezogenen Informationen in unserer Gesellschaft erfüllen zu können. Da sehe ich vor allem zwei große Aufgabenbereiche: das eine ist die Gewinnung solcher Informationen, das andere ist deren Speicherung, Verwaltung und Nutzung in Geoinformationssystemen.

Wo kommen die Informationen her? Bei der Datengewinnung spielen Photogrammetrie und Fernerkundung – die beiden Disziplinen, die im Mittelpunkt Ihrer Tagung stehen – eine zentrale Rolle. Die Aufnahme von Luft- und Satellitenbildern und ihre Auswertung von der einfachen Interpretation bis zu komplexen rechnerischen Prozessen bieten den enormen Vorzug, dass sie flächendeckend arbeiten. Sie können deshalb in sehr systematischer Weise Daten über den Zustand von Boden, Vegetation, Gewässern usw. und auch über deren Veränderungen liefern. Und dies – je nach den eingesetzten Sensor-Systemen – auf lokaler, regionaler oder globaler Ebene.

Für die Verarbeitung und Nutzung der durch Photogrammetrie und Fernerkundung gewonnenen Informationen zusammen mit weiteren raumbezogenen Daten sind mit der Entwicklung von Geoinformationssystemen neue Möglichkeiten eröffnet worden. Diese reichen von der komplexen Analyse von Zusammenhängen bis zu Prognosen auf Grund von geeigneten Modellvorstellungen.

Wegen dieser Vielfalt neuartiger Methoden haben Geographische Informationssysteme – kurz GIS genannt – bereits heute eine große gesellschaftliche Bedeutung erlangt. Raumbezogene Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Verwaltung werden zunehmend mit Unterstützung solcher Systeme getroffen.

In nahezu allen Bereichen raumbasierender Entscheidungen werden GIS – allerdings noch in sehr unterschiedlicher Intensität – eingesetzt. Während in früheren Jahren vor allem das Vermessungswesen sowie der Umweltschutz Hauptanwendungsgebiete waren, reicht das Spektrum heute von Leitungsdokumentation und Netzmanagement über Verkehrsmanagementsysteme, Funknetzplanung, Standortsuchen aller Art, Marketing, Raumplanung, Fremdenverkehr, Störfallmanagement und Lagerstättenuche bis hin zu komplexen Modellen für z.B. Klima, Schadstoffausbreitung in Luft oder Wasser und vieles mehr.

Diese Tatsache bedeutet auf der anderen Seite, dass dem GIS-Anwender eine hohe

Verantwortung zukommt. Allgemeine Technikgläubigkeit und eventuelle Manipulationsmöglichkeiten durch unterschiedliche Darstellung des selben Sachverhalts erlauben weitgehende Einflussnahme auf Zielpersonen und Entscheidungen. Das gilt auch bei der Verwendung unterschiedlicher Parameter bei Simulationsberechnungen und Modellen. Diese Tatsache erfordert die Wachsamkeit aller Beteiligten, auch von Entscheidungsträgern und politisch Verantwortlichen.

Für die Politik stellen sich noch weitere Aufgaben:

Trotz einer guten technischen Infrastruktur und dem Vorliegen von Geoinformationen in hoher Qualität gibt es immer noch Defizite, die die Nutzenpotenziale von Geoinformationen nicht in dem Maße erschließbar machen, wie dies volkswirtschaftlich sinnvoll wäre. In Wirtschaft und Politik fehlt oft noch das Bewusstsein über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Geoinformationen. Vielfach findet immer noch eine Doppelerfassung gleichartiger Daten statt, die Kenntnis über die verfügbaren Geodaten ist noch gering, schließlich sind die Konditionen zu deren Bezug häufig noch unbekannt.

Auch der Austausch von Geodaten zwischen den verschiedensten Institutionen wie z.B. Forschungseinrichtungen, Behörden und Firmen ist bei weitem noch nicht ausreichend entwickelt, wobei oft *nicht nur* technische Gründe eine Rolle spielen. Auf diesem Gebiet könnte auch die Politik unterstützend wirken.

Ein weiterer Punkt betrifft die Ausbildung: Der exponentiellen Entwicklungsgeschwindigkeit von Geodaten-Management und GIS-Technologie können universitäre Lehrpläne oft nicht Folge leisten. An vielen Universitäten fließen Fernerkundungs- und GIS-Komponenten noch immer viel zu langsam in existierende Studiengänge ein. Auch hier ist ein verstärkter Einsatz der Politik wünschenswert, um die Voraussetzungen zur Implementierung in Lehre und Forschung zu schaffen bzw. zu verbessern.

Als die Große Parlamentarische Anfrage zum Thema »Nutzung von Geoinformationen in der Bundesrepublik Deutschland« erfolgte,

kam ich bereits als Unterzeichner mit dem Anliegen dieser Tagung in Berührung. Daher ist es mir eine besondere Freude, hier ein Grußwort zur Eröffnung dieser Tagung sprechen zu dürfen.

Mit dieser großen Parlamentarischen Anfrage ist es gelungen, in der bundespolitischen Diskussion das Augenmerk auf die Geoinformation zu lenken und sie in den Mittelpunkt einer parlamentarischen Debatte im Deutschen Bundestag zu setzen.

Das Leitthema dieser Tagung »*Geodaten schaffen Verbindungen*« entspricht im hohen Maße dem Geist und Konzept der *Euregio Bodensee*.

Eine der bemerkenswerten Leistungen der europäischen Integration ist die Schaffung von Euro-Regionen. Damit werden alte kulturelle Einheiten, die von der jüngsten Geschichte getrennt wurden, wieder hergestellt und vertieft, wie zum Beispiel im Dreiländereck von Maastricht, zwischen Deutschland, Holland und Belgien.

Mit der Euregio Bodensee ist ein alter integrierter Kulturraum zu neuem Leben erweckt worden. Der Bodensee hat vielleicht während Jahrtausenden, sicher während Jahrhunderten Menschen nicht getrennt, sondern verbunden.

Im dritten Jahrhundert nach Christus kamen Alemannen ins Bodensee-Gebiet. Bis heute lebt dieser alemannische Menschenschlag rund um den See, am schweizerischen Ufer, am deutschen Ufer, am österreichischen Ufer.

In der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit werden Brücken gebaut, wachsen natürliche Wirtschafts- und Kulturräume wieder zusammen. Dabei werden keine realitätsfernen Ideale verfolgt. Vielmehr werden konkrete Probleme gelöst: für die Menschen und durch die Menschen, die hier leben.

Die positiven Erfahrungen in der Euregio Bodensee sind hervorragende Beispiele für diese praktische Form der regionalen Integration. Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit von Grenzregionen ist neben der Vertiefung der sektoriellen bilateralen Beziehungen mit der EU ein wichtiges Element der Europapolitik. Die praktische regionale Integration ist eine ausgezeichnete Möglich-

keit, überholte nationale Grenzbarrieren zu überwinden.

Diese Tagung von Veranstaltern aus der Schweiz, aus Österreich und Deutschland mit ihrem Leitthema »*Geodaten schaffen Verbindungen*« wird ihren wichtigen Beitrag dazu leisten. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen für Ihre Tagung ein gutes Gelingen.

Quellen: Bundespräsident ADOLF OGI, Vorsteher des Eidgenössischen Departementes für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport: Rede anlässlich des Bodensee-Forums des Internationalen Bodenseerates Universität Konstanz, 13. Oktober 2000: *Die Euregio Bodensee – Baustein eines föderalistischen Europa*.

Dr. rer. nat. JOACHIM WÄCHTER, Präsident des DDGI: Geleitwort des Deutschen Dachverbandes für Geoinformation e.V. (DDGI), in: BUHMANN & WIESEL (2000): GIS-Report 2000 – Software Daten Firmen. – S. 15, Harzer Verlag, Karlsruhe.

Arbeitskreis Ausbildung

Der Arbeitskreis Ausbildung traf sich im Rahmen der Jahrestagung in Konstanz am 5. September 2001. In Übereinstimmung mit dem Titel „Dreiländertagung“ wurden vorrangig die Studiengänge in Österreich, der Schweiz und Deutschland behandelt.

Das Referat zu Österreich übernahm Prof. KARL KRAUS aus Wien. Er betonte, dass das Diplomstudium des Vermessungswesens in Wien auf 10 Semester festgelegt ist und dass er in ca. einem Jahr mit der Einführung des Bachelor/Master-Modells rechnet, wie das bereits an der TU Graz geschehen ist. Im Lehr- und Forschungszentrum Rottenmann gibt es ein integriertes Studium mit ca. 1/3 Geoinformation und 2/3 Wirtschaftswissenschaften. In Villach kann in acht Semestern ein Fachhochschulstudium in Geoinformation abgeschlossen werden. In der öffentlichen Vermessungsverwaltung besteht ein totaler Einstellungsstopp, so dass über die Auswirkung dieser verschiedenen Studiengänge derzeit wenig gesagt werden kann.

Prof. ARMIN GRÜN berichtete, dass an der ETH Zürich im Studiengang Elektronik gerade im Wintersemester 2001/2002 das Ba-

chelor/Master-Modell eingeführt wird. Die EPF Lusanne verhält sich im Moment in dieser Sache abwartend, wird aber, falls Zürich auf breiter Front zum neuen System übergeht, ebenfalls nachziehen. Der Vortragende sprach sich auf Grund eigener positiver Erfahrungen für das Bachelor/Master-Modell aus. Die ETH Zürich steht kurz vor der Einführung des Bachelor/Master-Modells für die drei Studiengänge im Department Bau, Umwelt und Geomatik. Dabei soll der Bachelor 6 Semester mit 24 Semesterwochenstunden umfassen. Beim Master gibt es bezüglich der Länge des Studiums noch keinen Konsens. Es ist geplant, dass das Abschlusszeugnis auf der Vorderseite, das Diplom auf der Rückseite den Master ausweist. Der Vortragende weist den formalen Abschlüssen wenig Bedeutung zu, ausschlaggebend sei doch allein die Leistung der Absolventen. Die Fachhochschulen sollten nur den Bachelor-Grad verleihen.

Prof. HANS-PETER BÄHR aus Karlsruhe bedauerte, dass einige Fachhochschulen bereits den Master-Studiengang eingeführt haben. Die Bildungslandschaft in Deutschland wird somit immer vielgestaltiger auch durch die von den jeweiligen Hochschullehrern gesetzten Schwerpunkte in der Ausbildung und Forschung. Der Vortragende sieht besondere Vorteile im Master-Studiengang, da damit seitens der Hochschulen schneller auf neue Anforderungen reagiert werden kann. Die vergleichbare Ausbildung zwischen Geodäten und Juristen seit 75 Jahren hat sich bewährt.

Prof. EGON DORRER von der Universität der Bundeswehr München stellte neben anderen Besonderheiten die 3-Jahre Regelstudienzeit in Trimestern heraus. Die Hochschule hat wegen der Kulturhoheit der Bundesländer den Status einer Privatuniversität im Freistaat Bayern.

Der zweite Themenkreis dieser Tagung des Arbeitskreises Ausbildung behandelte „Computer-Unterstütztes-Lernen“.

Dr. JOCHEN SCHIEWE stellte nach einer Recherche über vorhandene Telelearning-Module für die Gebiete Fernerkundung und Photogrammetrie eine eigene Tutorial-Entwicklung zur photogrammetrischen Höhen-

auswertung vor und betonte, dass die Studenten trotz ihrer Begeisterung für das Telelearning auf den direkten Kontakt mit dem Hochschullehrer nicht verzichten möchten.

Dr. MANFRED WIGGENHAGEN sprach abschließend über seine Erfahrung mit dem „Computer-Unterstützten-Lernen“ an der Universität Hannover insbesondere bei Bauingenieur-Studenten. Er bestätigte die Erfahrungen von Dr. SCHIEWE und hatte leider das Problem, dass der gesetzte Zeitrahmen für die Tagung des Arbeitskreises Ausbildung bereits bei weitem überschritten war. Daher konnten die Zuhörer direkt anschließend zum „Festlichen Dreiländer-Bankett“ ein Stockwerk tiefer überwechseln.

HELMUT KANTELHARDT, Wiesbaden

Arbeitskreis Bildanalyse

Die Sitzungen des Arbeitskreises Bildanalyse beinhalteten diesmal acht Vorträge. Sie spannten einen weiten Rahmen von grundsätzlichen methodischen Überlegungen über konkrete Projekte bis hin zu marktreifen Produkten. Einen deutlichen Schwerpunkt bildete die Gebäudeerkennung mit 3D-Rekonstruktion und Visualisierung.

Prof. Dr.-Ing. HANS-PETER BÄHR (Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Universität Karlsruhe) erläuterte in seinem Vortrag *Bildverstehen und Sprachverstehen – ein methodischer Vergleich* komplexe Erkennungsprozesse und veranschaulichte dabei auch die philosophische Begrifflichkeit von Erkennen und Verstehen. Als wichtigste Gemeinsamkeiten von Bild- und Sprachverstehen stellte er Wissen, seine Repräsentation und die Nutzung des Kontextes heraus. Eine enge Symbiose besteht bei Weg- und Lagebeschreibungen, die verbal und graphisch vorliegen können, was ein Beispiel, das aus dem brasilianischen Kataster stammte, deutlich machte.

Dr.-Ing. JOCHEN SCHIEWE (Forschungszentrum für Geoinformatik und Fernerkundung, Hochschule Vechta) beschäftigte sich mit der *Diskussion eines Konzeptes zur Methoden-Koppelung für die Auswertung von*

Fernerkundungsdaten. Ausgangspunkt seiner Überlegungen war die mangelnde Integration der Vielzahl vorhandener komplexer Auswertemodule, die sequentiell ablaufen und meist interaktiv gestartet werden müssen. Abhilfe kann ein System schaffen, bei dem Steuerungs- und Transformationsaufgaben von einer zentralen Integrationskomponente übernommen werden. Dazu sind Standardisierungen wichtig, die Thema einiger Plenarvorträge waren.

Ein Verfahren zur automatischen Detektion von kubischen Verknüpfungsobjekten in digitalen Farbmessbildern präsentierte Prof. Dr.-Ing. Frank Boochs (Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Fachhochschule Mainz). Räumliche Objekte eignen sich besser zur Verknüpfung von Messbildern, die in einem Verbund um ein Objekt herum angeordnet sind, da sie aus mehr Positionen sichtbar sind als flache Marken. Die verwendeten Würfel besitzen verschiedenfarbige Seiten, auf die auch ein Code aufgebracht werden kann. Zur Erkennung und Koordinatenbestimmung werden Kanten- und Farbinformationen der Verknüpfungsobjekte genutzt.

Neben Produkten für die photogrammetrischen Aufgaben Bilddatenerfassung, Triangulation, DGM-, Orthophoto- und Mosaikberechnung, die Dr.-Ing. EBERHARD GÜLCH (INPHO GmbH, Stuttgart) ebenfalls in seinem Vortrag *INPHOs aktuelle Entwicklungen für die digitale Photogrammetrie* vorstellte, bietet das Unternehmen ein System zur interaktiven, dreidimensionalen Erfassung von Gebäuden an. Es fügt interaktive und automatische Komponenten zu einem Arbeitsfluss zusammen, der auf zeitsparende Erfassung ausgelegt ist, wozu z.B. bereitgestellte Standardhaustypen und Kopier- und Vererbungsfunktionen für benachbarte Häuser beitragen.

Mit einem interaktiven System zur Erfassung von Gebäuden beschäftigte sich auch Dr. FRANZ ROTTENSTEINER (Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien) in seinem Vortrag *Halbautomatische Gebäudeextraktion durch hybride Ausgleichung unter Einbeziehung von 3D-Objektmodellen*. Bei seinem

Verfahren setzt der Benutzer die Gebäude aus Grundkörpern zusammen und positioniert sie näherungsweise im Bild. Dann werden die Gebäudeparameter anhand automatischer Feinmessungen und/oder manueller Messungen in einer Ausgleichung bestimmt. In die hybride Ausgleichung fließen fiktive Beobachtungen für die Zugehörigkeit von Punkten zu einer Fläche ein.

Die Statistische Detektion von Gebäuden in multisensoriellen Daten, über die Dr.-Ing. ANSGAR BRUNN (Institut für Photogrammetrie, Universität Bonn) berichtete, läuft im Sinne einer hierarchischen Bearbeitung vor der Gebäuderekonstruktion ab. Die aufwändigere Rekonstruktion kann sich dann auf die als Gebäude klassifizierten Bildbereiche beschränken. Bayes-Netze dienen als statistisches Modell zur Lösung dieses Klassifikationsproblems. Sie erlauben eine übersichtliche Darstellung der Abhängigkeiten von Zufallsvariablen und lernen die Merkmale von Gebäudeflächen in Bildern und Oberflächenmodellen während einer interaktiven Trainingsphase.

Mit einer hierarchischen Vorgehensweise beschäftigte sich unter dem Titel *Extraktion von Gebäuden und Bäumen aus Luftbildern und Oberflächenmodellen* auch Dipl.-Ing. MARKUS GERKE (Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Universität Hannover). Durch verschiedene Abstraktionsebenen wie Landschaft, Klasse, Fläche und Objekt wird die Komplexität der Aufgabe auf der jeweils niedrigeren Ebene reduziert. So können situationsabhängig spezialisierte Operatoren eingesetzt werden, die z.B. Radiometrie, Geometrie und Nachbarschaftsbeziehungen nutzen, um Bäume und Gebäude sicher zu lokalisieren und zu unterscheiden.

Prof. Dr.-Ing. STEPHAN NEBIKER (Abt. Vermessung und GeoInformation, Fachhochschule Basel) zeigte in seinem Vortrag *dilas (Digital Landscape Server) – Eine Servertechnologie für die webbasierte Verwaltung und Visualisierung beliebig großer, hochaufgelöster virtueller Landschafts- und Stadtmodelle* die Voraussetzungen, um komplexe Geodatenbestände für viele Kunden nutzbar zu machen. Dabei wird an Kun-

den mit kleinen Endgeräten, wie Smart Phones, also Mobiltelefone mit erweiterter Funktionalität, gedacht. Für die begrenzten Bandbreiten, die über das Internet oder zu Mobiltelefonen erreichbar sind, ist das vorgestellte, optimierte Daten- und Geometriemodell erforderlich.

Die fachlich interessanten Vorträge auf hohem Niveau wurden vom zahlreichen Publikum übergreifend diskutiert und brachten die Teilnehmer auf diese Weise in ihren speziellen Arbeitsgebieten sicherlich weiter.

ANDREAS BUSCH, Frankfurt am Main

Arbeitskreis Geo-Informationssysteme

In Konstanz fanden zwei Sitzungen des GIS-Arbeitskreises statt, die beide sehr gut besucht waren. Es ging um die 3D-Datenerfassung, Visualisierung und Speicherung. Dieses Thema wird – mit der Verfügbarkeit digitaler 3D-Datenbestände – immer wichtiger.

Zunächst trug NORBERT PFEIFER, TU Wien, über die *Problematik der Erfassung Digitaler Geländemodelle aus Laserscanner-Daten in Stadtgebieten* vor. Während sich die Extraktion des Geländes in Waldgebieten sehr gut mit einer schief-symmetrischen Gewichtung der Daten erreichen lässt, kann dieser Ansatz in Stadtgebieten nicht unmittelbar verwendet werden. PFEIFER berichtete daher über einen neuen Ansatz, der hierarchisch vorgeht, indem er eine sukzessive Filterung in den groben Auflösungen durchführt und auf diese Weise Gebäude von Bodenobjekten trennen kann. Er erreichte mit dem Verfahren Genauigkeiten von 2 cm im Straßenbereich und zwischen 9 und 15 cm in Parklandschaften.

THOMAS HAU, Essen, präsentierte ein *Verfahren zur interaktiven, automationsgestützten Erfassung und Visualisierung von Gebäuden und Städten* auf Basis photogrammetrischer Auswertungen mit dem Programmsystem Phaust. Das System erlaubt eine Erfassung von Gebäuden entweder als einfache Polyeder, oder mit Giebel-, Pult- oder Walmdach. Grundlagen sind ein ALK-Da-

tenersatz, sowie Stereo-Luftbilddaten. Terrestrisch aufgenommene Texturen können auf die Fassaden angebracht werden.

FRANZ STEIDLER, Zürich, stellte ebenfalls ein *semi-automatisches System zur Gebäudemodellierung* vor, den sogenannten *Cyber-City Modeler*. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der Bereinigung der Topologie benachbarter Gebäude und der Integration der Gebäudewände – da aus den Stereobildern bislang primär die Dachstrukturen erhoben wurden. Durch eine Verbindung mit dem System TerraView ist eine Echtzeitbegehung der Stadtmodelle möglich. Interessant ist, dass dies durch eine Organisation der Daten in verschiedenen Levels of Detail erreicht wird.

HARTMUT ROSENGARTEN, Oberkochen, schließlich präsentierte das System *Terra Share*, welches eine *automatische Verwaltung und Verteilung von Geo-Bilddaten* ermöglicht. Diese Funktionalität soll besonders die Mehrfachspeicherung der Daten in einer Organisation unnötig machen, da alle auf den gleichen Datenbestand zugreifen können. Gleichzeitig wird ermöglicht, dass die Daten über das Internet betrachtet werden können.

Im zweiten Sitzungsblock berichtete zunächst MICHAEL PETERSEN, Bochum, über den *Einsatz eines GIS im Immobilien-Konzern Viterra*. Die Viterra verwaltet neben 25000 Grundstücken ca. 32000 Gebäude. Insbesondere geht es dabei darum, alle Geschäftsprozesse wie Objektauswahl, Verkehrswertermittlung, etc. mit an das GIS zu koppeln. Dies wird durch eine Anbindung an SAP R/3 Real Estate erreicht.

HERBERT BROCKMANN, Koblenz, präsentierte den *Aufbau eines Digitalen Geländemodells vom Wasserlauf der Oder mittels Laserscannerdaten*. Es ging dabei speziell darum, abflusswirksame Bereiche im Gewässer zu identifizieren. Die Laserscannerdaten wurden mit Echolotdaten des Gewässerbetts kombiniert, um somit zu einer Bestimmung der Wasser-Land-Grenze zu kommen. Ferner wurde mit der Technischen Universität Wien ein Verfahren entwickelt, welches eine Höheneinpassung angrenzender DGM's erlaubt.

MARTIN TSCHANNEN, Aarau, stellte *BIO-LADA* vor, das *Geographische Informationssystem der Abteilungen Landschaft, Gewässer und Raumplanung des Kantons Aargau*. Das System ist eine ArcView-Anwendung, welche eine Integration der Daten unterschiedlichster Fachabteilungen erlaubt, was zu einer Optimierung der Arbeitsabläufe führt. Wichtig ist hierbei, dass die relativen Genauigkeiten der Originaldaten im System berücksichtigt werden, indem der Nutzer darauf hingewiesen wird, falls er 'inkompatibel' Datensätze miteinander verknüpfen will.

FLORIAN SAYDA, München, berichtete über *VISPA (Virtual Sports Assistant)*. Hierbei handelt es sich um eine Anwendung im Bereich Location Based Services, die speziell für Wanderer zugeschnitten ist. Wanderwege, ein DGM, sowie Informationen zu Hütten sind von einem Datenserver abrufbar. Diese Information erhält der mobile Nutzer in 2D oder auch 3D auf seinem PDA eingespielt.

Insgesamt wurden in der ersten Sitzung wesentliche Aufgaben der GIS-Datenverwaltung und Erfassung berührt. Diese Aspekte wurden sowohl von wissenschaftlicher Seite, als auch aus Sicht der Industrie behandelt. Es zeigt sich, dass die Verfügbarkeit von 3D-Daten zu der Anforderung führt, diese auch angemessen in GIS modellieren, visualisieren, vor allem aber auch analysieren zu können. Gerade der letzte Punkt erfordert allerdings noch weitere Forschungsanstrengungen.

Im zweiten Sitzungsblock standen Anwendungen im Vordergrund. Es zeigt sich eindrücklich, dass GIS für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden können, speziell Applikationen, die nur durch eine Integration unterschiedlicher Datenbestände, Programmsysteme und Sensorsysteme erst möglich geworden sind.

MONIKA SESTER, Hannover

Arbeitskreis Interpretation von Fernerkundungsdaten

Die erste Arbeitskreissitzung wurde im „Blauen Vortragssaal“ des Inselhotels in feudalem Ambiente und mit wunderbarem Ausblick auf den (leider verregneten) Bodensee begonnen. Die Veranstaltung wurde von der Vorsitzenden des Arbeitskreises, Frau Prof. CORNELIA GLÄSSER, eröffnet und geleitet. Drei Beiträge standen auf dem Programm, sodass für jeden Vortrag 30 Minuten Zeit zur Verfügung standen.

JOSEF JANSA vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien berichtete über ein Forschungsprojekt zur „Unterstützung der Modellierung des Schneeschmelzvorganges durch Fernerkundung“ (JANSA und SCHÖNER). SPOT- und ERS-Daten wurden genutzt, um eine Eichung eines Schneeschmelzmodells zu erreichen, das auf bereits existierenden physikalischen Grundlagen beruht. Ziel ist die Ableitung von Informationen über die im Schnee gebundenen Wasserreserven. Insbesondere die Ausdehnung der Schneebedeckung wurde mit unterschiedlichen Klassifikationsmethoden bestimmt. Das Projekt zeigte zufriedenstellende Ergebnisse, sodass die Wasserwerke der Stadt Wien einen Praxis-Pilotversuch zur Modellierung der Schmelzwassermengen unter Verwendung auch von Fernerkundungsmethoden in der nahen Zukunft starten werden.

Im Beitrag von CHRISTIAN THIEL und TANJA RIEDEL vom Institut für Geographie der Friedrich-Schiller-Universität Jena (AG Prof. SCHMULLIUS), der leider nicht mehr den Weg in den Publikationsband oder die begleitende CD ROM gefunden hat, wird über die „Ableitung von Landoberflächenparametern aus flugzeuggetragenen voll-polarmetrischen E-SAR Daten unter Berücksichtigung von freiem Vegetationswasser“ berichtet*. E-SAR Daten wurden im Hinblick auf ihr Potential zur Ableitung hydrologischer Parameter analysiert (DFG-Projekt PHY-MO und TerraDew). Als Ergebnis wurde zu-

* Siehe dieses Heft, S. 427

sammengefasst, dass die Eigenvektoren Dekomposition eine wertvoller Ansatz zur Ableitung hydrologisch relevanter Parameter (Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit und feuchte Biomasse) aus multipolarimetrischen SAR-Daten darstellen. Die Klassifikation der Landnutzungsklassen durch Polarisationsparameter wurde dabei als eine Erweiterung der Klassifikation der Intensitäten bezeichnet.

SÖREN HESE, ehemalig wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung des DLR, stellte eine neuartige Methode der textuellen „Klassifikation von Forstbestandsstrukturen in sehr hochauflösenden Multiblickwinkeldaten durch direktionale Variogramme und Integration in das GIS GRASS“ vor. Zur Anwendung kamen sehr hochauflösende Zeilen-scannerdaten der digitalen Stereokamera HRSC-A (High Resolution Stereo Camera-Airborne). Durch Modellierung der geostatistischen Variogrammfunktion in den Bild-daten der unterschiedlichen Blickwinkel der Stereokamera mit Hilfe eines Moving-Window-Ansatzes (je nach Sonnenazimut und blickwinkelbedingter Objektverkipfung) wurden richtungsabhängige und hochdimensionale Signaturen generiert, die spezifisch für einzelne Fichtenbestandsstrukturen sind. Die Ergebnissenauigkeiten bei der resultierenden Zuordnung der Signaturen zu Strukturklassen durch ein überwachtes Verfahren liegen bei über 90%. Im Ausblick wurde auf die Integration des Verfahrens (welches im weiteren als Variogramm-Textur-Klassifikation (VTC) bezeichnet wurde) in das Geoinformationssystem GRASS und die daraus entstehenden Möglichkeiten der Ableitung von struktureller Bestandsdiversität bzw. -homogenität durch Miteinbeziehung von bestehenden Bestandsgrenzen (z. B. aus der Forsteinrichtung) eingegangen.

Anwendungsorientierte Fragestellungen bildeten den Schwerpunkt der 2. Sitzung des Arbeitskreises, die im Festsaal stattfand. So berichtete THOMAS IHL von der Universität Halle über das Projekt „OFULSA – Operationalisierung von Fernerkundungsdaten für die Umweltverwaltung im Land Sachsen-Anhalt anhand ausgewählter Beispiele aus der Bergbaufolgelandschaft“. Im Rahmen des

Projektes sollen standardisierte Verfahren für Aufgaben innerhalb der Umweltverwaltungen entwickelt werden, die die Mitarbeiter der Behörden in die Lage versetzen, bestimmte Fragestellungen weitgehend selbstständig anhand aktueller Fernerkundungsdaten zu lösen. Dies wurde anschaulich an verschiedenen Fallbeispielen, wie z.B. der Simulation von Uferlinien nach der Flutung von Tagebaurestseen und der Landnutzungsklassifikation demonstriert. Die einzelnen Arbeitsschritte des Auswerteprozesses werden in einer ACCESS-Datenbank katalogisiert und dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

Das Projekt „DEKALUMP – Demonstrationsbeispiele für die Datenerhebung und Kartierung in der Landschafts- und Umweltplanung“, das von HORST WEICHELT vorgestellt wurde, ordnet sich in die Pro-Smart II – Initiative zur Entwicklung eines satellitengestützten Radar-Erdbeobachtungssystems ein. Um die zukünftigen Marktchancen der SAR-Daten bewerten zu können, ist eine enge Zusammenarbeit mit den künftigen Nutzern unabdingbar. Daher wurden im ersten Schritt die Kundenanforderungen, auf denen sich die nachfolgende Prozessarchitektur aufbaut, definiert. Diese brachten ein starkes Interesse an der flächenhaften Erfassung der Landnutzung bei einer hohen Datenverfügbarkeit und Klassifikationsgenauigkeit und der Anpassung der Ergebnisse an die gültigen Nomenklaturschlüssel zum Ausdruck. Ausgehend davon wurden innerhalb des Projektes Landnutzungs- und Landbedeckungsklassen aus Simulationsdaten des künftigen TERRA-SAR am Beispiel eines Untersuchungsgebietes in der Schwäbischen Alb abgeleitet. Es wurde ein multitemporaler, objektorientierter Ansatz bei der Klassifikation gewählt, der ebenfalls den Einbezug von Zusatzdaten wie ATKIS- und ALK-Daten erlaubte. Die abschließenden Ergebnisse der Untersuchung werden zum Ende des Jahres erwartet.

Den Abschluss der Sitzung des Arbeitskreises bildete der Vortrag von MARC HONIKEL von der ETH Zürich über die Zwischenergebnisse des Projektes „CIRSTEN-Kartierung von Naturkatastrophen mit optischen und SAR Fernerkundungsdaten“. Es konnte am Beispiel des Orkans Lothar, der

Ende 1999 weite Teile Westeuropas verwüstete, die Eignung von ERS-1 und 2 SAR Daten zur Detektion von Schäden im mittleren Maßstab gezeigt werden. Bereits 2 Wochen nach dem Sturm stand eine Schadenskarte mit einer hohen Genauigkeit zur Verfügung, die zu diesem Zeitpunkt wohl die einzige großflächige Schadensinformation der Schweiz darstellte.

In den Kaffeepausen zwischen den einzelnen Vortragsblöcken, wurden im Foyer Poster präsentiert und angeregt diskutiert, die im Folgenden genannt werden:

- RALF DONNER: *Visuelle Interpretation von Fernerkundungsdaten – neu ergriffen.*
- THOMAS HEEGE, ANDREAS ALBERT und ANKE BOGNER: *Fernerkundung des Bodenseelitorals.*
- ROLAND WACK: *Erstellung von DGMs aus Laserscannerdaten mit Detektion und Korrektur von Problemzonen.*
- FRANZ KURZ und OLAF HELLWICH: *Estimation of Vegetation Parameters from Multispectral Remote Sensing Data Using Radiation Transfer Models.*
- WILFRIED LINDNER: *Digitale Photogrammetrie für Jedermann – Ein neues Low-Cost System.*

KRISTIN BOETTCHER und SÖREN HESE,
Halle – Berlin

Arbeitskreis Nahbereichsphotogrammetrie

Die Sitzungen des Arbeitskreises Nahbereichsphotogrammetrie fanden am Dienstag, den 4. September sowie Mittwoch, den 5. September 2001 in 2 Blöcken statt, ergänzt um Beiträge in der Postersession am Dienstag.

Die Leitung der ersten AK-Sitzung erfolgte durch THOMAS LUHMANN, der in gewohnter Qualität moderierte. In seinen einleitenden Worten kündigte er das Ende seiner 8-jährigen Funktion als AK-Leiter an, um sich u. a. seiner neuen Aufgabe als Vizepräsident der DGPF widmen zu können.

In der Sitzung mit dem Thema „*Photogrammetrische Erfassung von Oberflächen*“ wurden 4 Beiträge präsentiert. Einleitend re-

ferierte GERHARD BRANDSTÄTTER (Graz) über „*Projektiv-geometrische Grundlagen der Stereophotogrammetrie*“. Seit ca. 15–20 Jahren hat die EDV-Sparte „Computer Vision“ die digitale Stereobildverarbeitung als Thema entdeckt und geht dieses Problem aus der Sicht der projektiven Geometrie an. Diese ist aber wohl seit jeher auch Grundlage der klassischen Stereophotogrammetrie und kann sich auf eine Vielzahl von Wissenschaftlern der Münchener und Wiener Schule der Geometrie berufen. Die Herstellung der „Epipolarkorrespondenz“ (relative Orientierung) bei bekannter oder unbekannter Innerer Orientierung (Kamerakalibrierung) wurde am Beispiel von Bildpaaren und -tripeln entwickelt.

„*Automated reconstruction and visualization of a complex Buddha tower of Bayon, Angkor, Cambodia*“ lautete der Titel des Vortrags von A. GRÜN, L. ZHANG und J. VISNOVCOVA (Zürich). Auf Basis eines „tourist-type“ Bildverbandes werden die Möglichkeiten zur automatischen fotorealen Rekonstruktion eines Buddha Turms demonstriert. Mit bewährten Werkzeugen zur Bildauswertung und -triangulation können Koordinatengenauigkeiten von ca. 6 mm am Objekt erreicht werden. Eine Punktwolke aus 88000 Punkten ist das Ergebnis eines MPGC (Multi-Photo Geometrically Constrained) Matchings, aus dem nachfolgend mittels 2.5D Delaunay Triangulation das Oberflächenmodell generiert wird. Die abschließende Objekttexturierung erfolgt auf Basis eines neuen „view-dependend texture mappings“.

Im dritten Vortrag sprach J. BÖHM (Stuttgart) über „*Erfassung und Interpretation von dichten Oberflächendaten*“, basierend auf dem Einsatz von Streifenprojektionssystemen nach dem codierten Lichtansatz. Genauigkeitsnachteile des oft genutzten Phasenshift-Verfahrens werden durch das neu entwickelte Line-shift Verfahren reduziert, welches die direkte Verknüpfung von Bildmessungen mehrerer an der Messung beteiligter Kameras ermöglicht. Messungen mit einer Multi-Sensor Mess-Maschine, die eine rasterförmige Punktwolke liefert, wurden demonstriert, Interpretationsstrategien, die

insbesondere die Zuordnung von Flächen der Messdaten zu Flächen eines CAD-Modells ermöglichen, vorgestellt.

Mit der „*Automatischen Detektion und Erfassung von Rissen in Fahrbahnoberflächen*“ beschäftigten sich M. DRECHSLER und F. SCHREIBER (Dresden). Straßenbaubehörden haben einen permanenten Bedarf an aktuellen Informationen über die Güte von Straßenbelägen. An einem Beispieldatensatz werden Bildsegmentierungsverfahren vergleichend erprobt. Besonderes Augenmerk wird auf die Eignung der Verfahren hinsichtlich vollautomatischer Verarbeitung langer Bildsequenzen und die größtmögliche Unabhängigkeit von Steuerparametern gelegt. Die Qualität der Ergebnisse hängt stark von äußeren Einflüssen, wie Beleuchtungsverhältnisse oder der Verschmutzung in den zu erfassenden Rissen ab.

„*Industrielle Anwendungen*“ waren das Thema des zweiten Blocks, der durch den neuen AK-Leiter HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA (Essen) moderiert wurde. Zu Beginn berichtete J. HEFELE (Stuttgart) über das „*On-Line Pose Messsystem für Roboter*“, welches auf Basis photogrammetrischer Verfahren Position und Orientierung (Pose) des Tool Center Points (TCP) eines Roboters bestimmt. Derart kalibrierte Roboter verfügen über eine deutlich gesteigerte Absolutgenauigkeit in der Positionierung. Ein abschließender Vergleich des photogrammetrischen Systems mit einem auf dem Markt befindlichen Referenzsystem (Ball-Bar System) demonstriert dessen Leistungspotenzial.

Über den „*Einsatz der digitalen Nahbereichsphotogrammetrie im Rahmen des Aufbaus der Experimente des Teilchenbeschleunigers LHC am CERN*“ berichteten im Anschluss C. HUMBERTCLAUDE und D. MERGELKUH (Genf). Das verfügbare photogrammetrische Industriemesssystem wird vor allem wegen der kurzen Einsatzzeiten vor Ort (bei gleichzeitig hoher Punktanzahl) und des hohen Genauigkeitspotenzials eingesetzt. Am Beispiel eines Großbauteils (14 m Durchmesser) wird die Leistungsfähigkeit des Messsystems im Rahmen von Simulationen und anschließenden Messungen aufgezeigt.

Über die „*Abnahme und Überwachung photogrammetrischer Systeme nach VDI 2634, Blatt 1*“ informierten U. RAUTENBERG (Wolfsburg) und M. WIGGENHAGEN (Hannover)*. Mit dieser VDI Richtlinie steht seit kurzer Zeit eine Abnahme- und Überwachungsvorschrift für optische 3D-Messsysteme zur Verfügung. Wesentliches Element der Prüfung sind neu entwickelte eindimensionale Prüfkörper (Maßstäbe), die, in einem definierten Messvolumen angeordnet, Aussagen über Längenmessabweichungen ermöglichen. In Zusammenarbeit mit der PTB Braunschweig wurden erstmals am Markt befindliche photogrammetrische Systeme geprüft.

Die Session endete mit einem Beitrag von G. WIORA, P. BOBROW und B. POLLAK (Ulm) zur „*Digitalen Bildmessung retro-reflektierender Marken in Echtzeit*“. Sie beschreiben einen Ansatz für die Bildmessung dieser Marken mit Subpixel Genauigkeit direkt im Datenstrom einer digitalen Kamera. Hierzu werden programmierbare Gate-Arrays (FPGA) genutzt. In einer ersten Umsetzung ist ein Durchsatz von 40 MPixel pro Sekunde geplant, wobei die Leistungsgrenzen gängiger Hardware bei ca. 250 MPixel pro Sekunde liegen. Damit wird diese Technik auch im Hochgeschwindigkeitsbereich einsetzbar.

Beide Sitzungen wurden von je ca. 40 Personen besucht und waren durch angeregte Diskussionen gekennzeichnet.

Präsentationen im Rahmen der Postersession erfolgten durch nachfolgende Autoren:

– „*Die Multi-Sensor-Ansätze in der Nahbereichsphotogrammetrie*“ von R. REULKE, M. SCHEELE, K. SCHEIBE (Berlin), M. POSPIS, A. ASPELMEIER und B. STRACKENBROCK (Birkenwerder)

– „*Test of the Results of the Interior Orientation with On the Job Calibration For A Metric Camera Using Fuzzy Sets*“ von B. ERGÜN (Istanbul)

* Siehe PFG, H. 2/2002

– „*Real-Time Object Recognition Using a Modified Generalized Hough Transform* – von M. ULRICH, C. STEGER, A. BAUMGARTNER und H. EBNER (München)

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Essen

Arbeitskreis Sensoren und Plattformen

In den einleitenden Worten stellte der Arbeitskreisleiter, Dr. RAINER SANDAU (Berlin), fest, dass diese Drei-Länder-Tagung speziell für die an Sensoren und Plattformen interessierten Tagungsteilnehmer besonders viel bietet. Außer den üblicherweise stattfindenden Sitzungen der DGPF-Arbeitskreise konnten die Teilnehmer von den Sitzungen des DFD, z. B. zu den Themen Hyperspektral-Fernerkundung und Radar-Interferometrie und den drei Blöcken der Plenarvorträge, z. B. zum Thema „Laser Scanning: Ein Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie“ von KARL KRAUS (Wien), im Vortragsblock Zukunftsorientierte Entwicklungen mit den Beiträgen zu den Entwicklungen auf dem Gebiet der digitalen Luftbildkameras (DMC 2001, ADS40, TLS) sowie im Vortragsblock Qualität und Standards zum Stand der internationalen Standards für Photogrammetrie, profitieren.

Die erste Sitzung des Arbeitskreises Sensoren und Plattformen war den flugzeug- und satellitengestützten Kameras und Laser-Scannern gewidmet, sie wurde von PETER FRICKER (SGPBF, Heerbrugg) geleitet.

Die zweite Sitzung konzentrierte sich auf abbildende Spektrometer in der Fernerkundung der Erde von Flugzeugen und Satelliten; sie wurde von RAINER SANDAU geleitet.

Wegen der drei parallel stattfindenden Sitzungen mit interessanten Beiträgen waren ständig wechselnde Teilnehmerzahlen zwischen 60 und 100 zu registrieren.

In der ersten Vortragsveranstaltung wurde über folgende Themen referiert und diskutiert:

FRANK SCHOLTEN: *Einsatz digitaler Kameras im Auflösungsbereich von 5 cm bis 1 m.*

Die neue HRSC-AX Kamerageneration in der geometrischen Analyse.

Diese neue Version der HRSC Kamera zeichnet sich gegenüber der bisherigen durch eine etwa doppelt so lange Zeile aus, einer für die Erdbeobachtung geeigneteren Anordnung der Zeilen und der Filter in der Fokalebene und eines größeren Schwadwinkels der neuen Optik. Ausserdem wird es dank einer hohen Auslesefrequenz der Zeilen von 1600 Hz möglich, die Auflösung in den Sub-Dezimeterbereich hineinzuführen. Die Grenzen werden jetzt also vor allem durch die Genauigkeit von GPS und IMU gesetzt. Es scheint aber möglich zu sein, mit dieser Kamera die digitale photogrammetrische Bildaufnahme ohne Bodenpasspunkte zu realisieren.

EMMANUEL BALTSAVIAS: *Ikonos-Geo Stereo-bilder – Ihr geometrisches Potenzial und ihre Eignung zur 3D-Gebäuderekonstruktion.*

In dieser Analyse wird untersucht, ob die kostengünstigeren Geo Ikonos-Aufnahmen gegenüber den teureren Precision-Aufnahmen wirklich wesentlich ungenauer sind. Die Untersuchung ergab, dass den Geo-Aufnahmen beinahe dieselbe Genauigkeit attestiert werden kann, was die Verwendung für die 3D-Gebäude-Rekonstruktion in brauchbare Nähe rücken würde. Allerdings wird diese Möglichkeit wiederum stark beeinträchtigt durch große Schwankungen der Bildqualität von Szene zu Szene, Merkmalsänderungen von Umlauf zu Umlauf, Artefakte und einen Rauschpegel von 2 bis 11 bit, wodurch die Identifikation von Dachdetails stark eingeschränkt wird und generell mit einem Verlust der Gebäudeform einhergeht, welcher nur durch starke Generalisierung ausgeglichen werden kann.

GÖRRES GRENZDÖRFER: *Geometrisches und radiometrisches Potenzial eines digitalen integrierten flugzeuggetragenen Fernerkundungssystems für Precision Farming (PFIFF).*

Das Ergebnis der Tests mit kostengünstigen Digitalkameras (2K × 2K) und mit einem einfachen GPS – Empfänger, sowie einem einfachen Lage- und Kurswinkelinstrument (AHRS) hat ergeben, dass sowohl die Kamera und das GPS-Gerät bessere Re-

sultate als erwartet hervorbrachten, hingegen das AHRS enttäuschte. Es wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass ein kombiniertes Gerät von GPS und INS notwendig ist, um den guten Resultaten der Digitalkamera ebenbürtig zu sein. Photogrammetrie hat also weiterhin ihren Preis, wenn mit kleinen Digitalkameras gute Resultate erzielt werden sollen.

UWE LOHR: *LIDAR-Höhenmodelle und digitale Bilder zur Orthobildherstellung.*

Es werden die ersten Resultate und Anwendungen der Kombination eines LIDARs mit einem einfachen 4 Kanal (4-Farben) Zeilenscanner vorgestellt. Da der Öffnungswinkel des LIDARs nur 14° beträgt, sind Zeilen von nur 682 Pixel ausreichend, um eine Auflösung von gewünschten 0.5 m zu erreichen. Die Bilddaten, die gleichzeitig mit den Daten für die Erstellung des digitalen Oberflächenmodells aufgenommen werden, ermöglichen es, Lieferzeiten zu verkürzen und die Attraktivität der LIDAR-Technik zu erhöhen.

Die zweite Sitzung wurde eröffnet mit einem Beitrag von A. MÜLLER (Oberpfaffenhofen) und H. KAUFMANN (Potsdam) „*Neue Hyperspektrale Fernerkundungssysteme*“. Das DLR und das GFZ Potsdam führen seit mehr als 10 Jahren gemeinsame Projekte im Bereich spektral hochauflösender optischer Fernerkundung durch. In den vergangenen Jahren wurde dazu vorrangig das abbildende Spektrometer DAIS 7915 eingesetzt. Beide Institutionen haben eine gemeinsame Initiative gestartet, einen neuen flugzeuggetragenen Hyperspektralsensor als Nachfolger für DAIS 7915 zu beschaffen. Ein Wisk-Broom-Scanner (ARES) soll bis zum Jahr 2003 mit 5×32 Kanälen zum Einsatz kommen. Parallel dazu wird am Projektantrag SAND gearbeitet, einer Weltraummission, die geometrische Auflösungen vergleichbar der des TM (ca. 30 m) realisieren soll.

Im zweiten Beitrag von K.-H. SÜMNICH, A. NEUMANN, H. SCHWARZER und G. ZIMMERMANN (Berlin) berichtete KARL-HEINZ SÜMNICH über „Erfahrungen in 5 Jahren Mission MOS/IRS-P3“. MOS ist das erste abbildende Spektrometer im Erdorbit und liefert seit über 5 Jahren zuverlässig spektra-

le Daten über die Erdoberfläche und speziell über die Meeresgebiete. Über MOS wurde bereits im Arbeitskreis ausführlich berichtet. Erinnerung sei hier daher nur an die 17 Kanäle im VIS/NIR-Bereich, deren Informationen über einen weiteren Kanal im SWIR-Bereich ergänzt werden. Die weit über die geplante Missionszeit hinausgehende Einsatzzeit ermöglichte, die Langzeitstabilität der Messwellenlängen des Dunkelsignalverhaltens und der Strahlungsempfindlichkeit aller Sensorelemente zu bestimmen. Im Vortrag wurde auf den zeitlichen Verlauf der Instrumentenparameter und auch auf einige noch ungeklärte Erscheinungen eingegangen.

Im Beitrag „Das abbildende Spektrometer ROSIS“ von S. THIEMANN, P. STROBL, P. GEGE, N. STAHL, W. MOOSHUBER und H. VON DER PIEPEN (Oberpfaffenhofen) erläuterte Frau SABINE THIEMANN die technischen Eigenschaften des flugzeuggetragenen, vor allem für die Gewässerfernerkundung konzipierten Spektrometers ROSIS, das 1994 erstmalig eingesetzt und seit dem Jahre 2000 nach technischen Änderungen und umfangreicher Rekalibration wieder zur Verfügung steht. Der Pushbroom-Scanner ROSIS kann gleichzeitig 512 räumliche und 115 spektrale Pixel erfassen. Die spektralen Informationen werden im Raster von 4 nm erfasst, das IFOV beträgt 0,59 mrad. Neben dem Einsatz zur Detektion von Vegetation, Schnee und Eis sowie Atmosphäre und Wolkenparametern wird ROSIS in der Gewässerfernerkundung eingesetzt. Es können Informationen über die Konzentration und Verteilung von Wasserinhaltsstoffen, Algenklassen, Sedimenttransport und Strömungen abgeleitet werden. Das wurde anhand einer Verteilungskarte von Chlorophyll im Bodensee demonstriert. Derzeit wird ROSIS im Auftrag der europäischen Kommission vom DLR im Rahmen einer „Large Scale Facility“ Nutzern europaweit angeboten.

Der vierte Beitrag von K. JACOBSEN und H. WEGMANN (Hannover) „*Direkte Sensororientierung – Probleme und Lösungen*“ beschäftigte sich mit der Bestimmung der äußeren Orientierung durch die Kombination

inertialer Messeinheiten (IMU) mit relativer kinematischer GPS-Positionierung. Die Bestimmung der äußeren Orientierung ist für die photogrammetrische und die spektrale Messtechnik unbedingt erforderlich, allerdings gibt es unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen. KARSTEN JACOBSEN zeigte, dass zur Nutzung der potenziellen Möglichkeiten der genauen Objektpunktbestimmung viele Einzelkomponenten berücksichtigt werden müssen, die bislang meist nicht berücksichtigt wurden. Hierzu zählen die innere Orientierung, speziell die Kammerkonstante, die Kartennetzabbildung und die Verebnung der Erdoberfläche. Glücklicherweise werden viele Einflussgrößen durch die Bestimmung des Misalignments zwischen dem Instrument und der IMU kompensiert. Voraussetzung ist allerdings, dass die Bildflüge sowohl im Maßstabsbereich als auch in der Lage mit dem Kalibrierungsgebiet zur Bestimmung des Misalignments übereinstimmen. Die Systemkalibrierung und die damit erreichbare Genauigkeit wurde anhand einiger Testdatensätze dargestellt.

Wegen des besonderen Charakters der diesjährigen Arbeitskreissitzungen, die ja innerhalb der Dreiländertagung als gemeinsame Veranstaltung mit dem DFD des DLR eingebettet waren, wurden ausnahmsweise 4 Beiträge mit je 20 Minuten Vortragszeit in jeder Sitzung zugelassen. Das hatte allerdings die Konsequenz, dass für Fragen und Kommentare überwiegend die Pausenzeiten genutzt werden mussten. Insgesamt kann aus den Rückkopplungen von den Sitzungsteilnehmern festgestellt werden, dass die Themen und die Qualität der Beiträge wieder auf Zustimmung stießen.

RAINER SANDAU, Berlin und PETER FRICKER, Heerbrugg

Nutzerseminar des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD)

Die Dreiländertagung in Konstanz war eine gemeinsame Tagung von insgesamt vier Veranstaltungen und umfasste neben den wissenschaftlich-technischen Jahrestagungen der

DGPF, der ÖVG und der SGPBF auch das 18. Nutzerseminar des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) des DLR.

Im Rahmen des DFD-Nutzerseminars fanden insgesamt 6 thematische Sitzungen sowie ein Plenarvortrag statt. Von den thematischen Sitzungen wurden zwei gemeinsam mit dem DGPF-Arbeitskreis „Sensoren und Plattformen“ durchgeführt; die vier weiteren Sitzungen befassten sich mit den Themenbereichen „Hyperspektralfernerkundung“, „Radar-Interferometrie“, „Landsat 7 Anwendungen“ und „Fernerkundung im Krisenmanagement“.

Die Vorträge in den beiden Sitzungen „Sensoren und Plattformen“, die gemeinsam mit dem DGPF-Arbeitskreis durchgeführt wurden, werden im vorangestellten Bericht von RAINER SANDAU und PETER FRICKER dargestellt, so dass an dieser Stelle darauf verwiesen werden kann.

Die Sitzung „Anwendungen der Hyperspektral-Fernerkundung“ umfasste drei Vorträge. THOMAS UDELHOVEN (Universität Trier) trug über die *Nutzung von Hyperspektraldaten zur Erfassung von Bodeneigenschaften* vor. Er stellte die Ergebnisse einer Studie vor, in der sowohl in-situ als auch Labor-Reflexionsmessungen für die Quantifizierung von Bodeninhaltsstoffen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse zeigen beträchtliche Unterschiede zwischen der Labor- und der Geländespektrometrie, die im Wesentlichen auf Faktoren wie Beleuchtungsverhältnisse, Bodenfeuchte, Aufnahmegeometrie und Oberflächenrauigkeit zurückzuführen sind. Daher kommt bei der Erstellung von spektralen Bibliotheken der Laborspektrometrie nach wie vor die größere Bedeutung zu. Anhand der spektralen Auslegung der Fernerkundungssensoren AVIRIS, HyMap und DAIS-7915 wurde schließlich gezeigt, welche chemischen Bodenkenngößen unter Verwendung von Regressionsmodellen ableitbar sind.

Der zweite Vortrag wurde von MATHIAS KNEUBÜHLER (Universität Zürich) zu dem Thema „*Spektrometrie zur phänologischen Charakterisierung landwirtschaftlicher Flächen*“ gehalten. Er stellte eine Methodik vor,

mit der die Entwicklungsstadien von Getreidepflanzen auf der Basis von Hyperspektraldaten beschrieben werden können. Dies erfolgt mit Hilfe der Parameter Blattflächenindex (LAI), Anteil der absorbierten fotosynthetisch aktiven Strahlung (FAPAR), Wassergehalt und Chlorophyllgehalt. Erste Ergebnisse dieses Ansatzes mit Daten des Fernerkundungssensors HyMap sind sehr vielversprechend, wobei allerdings Probleme bei der Ableitung des Chlorophyllgehalts auftraten. Weitere Datenanalysen sind noch in Bearbeitung.

Im letzten Vortrag dieses Themenblocks stellten NATALIE STAHL (Universität Trier) und PETER GEGE (DLR Oberpfaffenhofen) ihre Arbeiten zur *Ableitung von Wasserinhaltsstoffen zur Überwachung des Bodensees aus Fernerkundungsdaten* vor. Dabei wurden für den DLR-Sensor MOS Algorithmen zur Ableitung von Chlorophyll-, Gelbstoff- und Schwebstoffkarten entwickelt. Anhand von in-situ Messungen am Bodensee wurden die Methoden überprüft und die Ergebnisse validiert. Zusätzlich wurden Befliegungen mit dem Hyperspektralsensor ROSIS durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Wasserinhaltsstoffe aus Fernerkundungsdaten mit ausreichender Genauigkeit abgeleitet werden können, aus denen die flächenhaften Verteilungsmuster der Wasserinhaltsstoffe deutlich werden. Für das Ziel, die Fernerkundungsdaten in ein Seenüberwachungsprogramm zu integrieren, muss allerdings die absolute Genauigkeit der Ergebnisse noch verbessert werden.

Eine weitere Sitzung befasste sich mit dem Themenbereich „Radar-Interferometrie“. ACHIM ROTH (DLR Oberpfaffenhofen) stellte in seinem Vortrag zur *„Qualität und Verfügbarkeit der Daten von SRTM/X-SAR“* den aktuellen Stand der Arbeiten zur Erstellung des globalen Digitalen Höhenmodells aus den X-SAR-Daten der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) dar. Er erläuterte, warum sich der Beginn der systematischen Prozessierung der Daten gegenüber der ursprünglichen Planung verzögert hat. Durch den Ausfall einer Stickstoffdüse, die den 60 m langen Mast über einen längeren Zeitraum in einer stabilen Lage halten sollte,

wurden häufiger als geplant, Lagekorrekturen mit den Steurdüsen des Shuttles durchgeführt, sodass das Aufnahmesystem insgesamt etwas „unruhiger“ war. Die dadurch entstandenen zusätzlichen Schwingungen wurden nicht mehr vollständig erfasst. Durch eine zeitaufwändige Kalibrierung konnten diese nachträglich modelliert werden. Die operationelle Erstellung der Höhenmodelle wird ab Oktober 2001 beginnen und insgesamt 1,5 Jahre dauern. Die Prozessierung der Daten erfolgt kontinentweise, wobei mit Europa begonnen wird.

Der nächste Vortrag behandelte das Thema *Differenzielle SAR-Interferometrie* und wurde von BERNHARD RABUS (DLR Oberpfaffenhofen) gehalten. Diese Technik ermöglicht die Messung von Verschiebungen der Erdoberfläche im cm-Bereich. In seinem Vortrag stellte er verschiedene Anwendungsbeispiele aus den Themenbereichen Gletscherdynamik und Hangrutschungen vor, die am DFD bearbeitet wurden. Die Messung der Bewegungen erfolgte dabei durch Kombination von Interferogrammen der ERS-1/2 Tandem Mission. Die Ergebnisse zeigten das hohe Genauigkeitspotenzial dieser Technik; wesentliche Einschränkungen sind allerdings die Verfügbarkeit von Daten und der Verlust an Kohärenz.

WOLFGANG WAGNER (DLR Oberpfaffenhofen) widmete sich in seinem Vortrag der Frage, welche Beiträge die *Auswertung von Radardaten zur Erfassung der CO₂-Bilanz* liefern können. Anhand der Ergebnisse des Projektes SIBERIA, in dem eine Waldkarte für eine Fläche von ca. 1 Mio. km² erstellt wurde, zeigte er, dass mit der Radarfernerkundung großflächig CO₂-relevante Waldparameter, wie das Stammvolumen aber auch Brandflächen und Abholzungen, erfasst werden können. In dem derzeit beginnenden Nachfolgeprojekt SIBERIA-II wird eine Modellierung der Kohlenstoffbilanz unter Einbeziehung eines dynamischen Vegetationsmodells und auf der Basis eines Multisensor-Ansatzes angestrebt.

Eine weitere Sitzung war dem Schwerpunkt „Landsat 7 Anwendungen“ gewidmet. Das DFD unterstützt im Rahmen seines Nutzungskonzepts „Landsat 7 Scientific

Data Pool“ wissenschaftliche Untersuchungen und Pilotprojekte durch die kostengünstige Bereitstellung von Daten. Von den derzeit laufenden 7 Projekten wurden drei Projekte in der Sitzung vorgestellt.

Im ersten Vortrag berichtete DETLEF KINDERMANN (Gymnasium Gütersloh) über den *Einsatz der Fernerkundung zur Nahraumanalyse im Schulunterricht*. Das Vorhaben hat zum Ziel, im Erdkundeunterricht projektorientiert die Schülerinnen und Schüler an die Möglichkeiten der Fernerkundung heranzuführen und sie zugleich für umweltbezogene Fragestellungen des Nahraums zu sensibilisieren. Dabei erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit dem Umweltamt, das sowohl Anregungen für die Projektarbeit als auch entsprechendes Datenmaterial beisteuerte. In dem Vortrag und auch in der anschließenden Diskussion wurde deutlich, wie wichtig das richtige didaktische Vorgehen (Stichwort „forschendes Lernen“) bei der Umsetzung im Unterricht ist.

MARINA MÜLLER (GFZ Potsdam) stellte ihre Forschungsarbeiten zum *Einsatz eines Bayes-Ansatzes zur Landnutzungsklassifizierung* vor, der auf der Fusion multitemporaler Landsat 7 Daten basiert. Die Arbeit ist Teil eines Projekts im Rahmen des Deutschen Forschungsnetzes Naturkatastrophen (DFNK) und hat die Ableitung von Landnutzungsparametern für die hydrologische Modellierung und Hochwasservorhersage zum Ziel. Erste Ergebnisse des Klassifizierungsansatzes wurden vorgestellt, allerdings stehen die Validierung und der Vergleich der Genauigkeiten mit anderen Verfahren noch aus.

PETER LOHMANN (Universität Hannover) präsentierte *Untersuchungen zur Anwendbarkeit der linearen spektralen Entmischung beim Bestandsmonitoring von Waldflächen*. Bei der spektralen Entmischung wird versucht, die durch den Abbildungsvorgang entstandene spektrale Mischung in den Bildpixeln zu invertieren; man spricht daher auch von Subpixelanalyse. Die Arbeiten wurden mit dem Programmsystem Imagine Subpixel Classifier durchgeführt und mit einem Standard Maximum Likelihood Verfahren verglichen. Die Ergebnisse zeigten,

dass die Subpixelanalyse zunächst keine signifikanten Verbesserungen in der Genauigkeit der Klassifizierung von Baumarten liefert. Allerdings liegt ein wesentlicher Vorteil der Subpixelanalyse darin, dass Beurteilungen der Bestandsdichte und der Verteilung des Bestandes über die untersuchte Fläche möglich werden, was für ein regelmäßiges Waldmonitoring von großem Interesse ist.

Die letzte Sitzung hatte das Thema „Fernerkundung im Krisenmanagement“ zum Schwerpunkt. Der Vortrag von DANIELE EHRlich (JRC Ispra) befasste sich mit der *„Anwendung geographischer und räumlicher Daten für humanitäre Hilfsorganisationen“*. Er berichtete über die derzeit laufenden Arbeiten an der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission zum Aufbau eines sog. Krisenforums. Dieses System, das auf den Anforderungen des European Commission Humanitarian Office (ECHO) basiert, soll als eine Referenzdatenbank für Hilfsorganisationen fungieren. Ein erster Prototyp des Systems (sog. Digital Map Archive), mit dem über das Internet derartige Informationen abgerufen werden können, ist derzeit im Aufbau.

PETER ZEIL (Universität Salzburg) widmete seinen Vortrag der Frage *„Was passiert in der nächsten Regenzeit? – Die Prävention von Flutkatastrophen“*. Er berichtete über die Erfahrungen in Mosambik und stellte drei wesentliche Aspekte für ein wirkungsvolles Frühwarnsystem in den Vordergrund: a) für Vorwarnung, Management und Prävention bedarf es genauer und zeitnaher Information, b) diese Information erzielt nur Wirkung, wenn sie über bereits erprobte Informationskanäle verteilt wird und c) beim Empfänger angekommen, muss dieser über die Fähigkeit und die Macht verfügen, auf der Basis der Informationen Entscheidungen zu treffen. Im Hinblick auf den Einsatz von Fernerkundungsdaten ist es vor allem wichtig, dass langfristig fachliche und institutionelle Kapazitäten in den betroffenen Gebieten aufgebaut werden.

In seinem Vortrag mit dem Thema *„Weltraumtechnik und Bergrettung“* stellte STEFAN SARADETH (GAF München) ein derzeit laufendes und von der EU gefördertes Projekt

vor, das die Unterstützung der Bergrettung unter Einsatz der Technologien Erdbeobachtung, Kommunikation und Navigation zum Ziel hat. In Zusammenarbeit mit der Bergwacht wurde das Konzept für ein System erarbeitet, das sowohl dem Einsatzleiter als auch den Suchteams entsprechende aktuelle Informationen bereitstellt. Dieses System wurde als Prototyp entwickelt und in einer ersten Testphase erprobt. Die Vorteile

des Systems sind vor allem die realistische Geländevisualisierung, die genaue Information über die aktuellen Standorte der Feldteams und die Zusammenführung aller relevanten Informationen beim Einsatzleiter.

GÜNTER STRUNZ, HARALD MEHL, ANDREAS MÜLLER und ACHIM ROTH, Oberpfaffenhofen

Berichte

48. Photogrammetrische Woche

vom 24. bis 28. 9. 2001 in Stuttgart

Organisiert und geleitet wurde die Veranstaltung von Prof. Dr.-Ing. habil. DIETER FRITSCH, Direktor des Instituts für Photogrammetrie (ifp) und Rektor der Universität Stuttgart sowie RUDOLF H. SPILLER, Direktor von Z/I Imaging GmbH, Oberkochen.

Mit über 500 Teilnehmern aus mehr als 50 Ländern wurde diese Leistungsschau der Photogrammetrie, die im Abstand von zwei Jahren in Stuttgart durchgeführt wird, zu einem großen wissenschaftlich-technischen Höhepunkt dieses Jahres. An fünf Tagen wurden 35 Vorträge gehalten und diskutiert. Sie lagen zu Veranstaltungsbeginn in gedruckter Form und als CD ROM vor*.

Begonnen wurde die 48. Photogrammetrische Woche – in Anwesenheit des Präsidenten der ISPRS, Prof. Dr. JOHN C. TRINDER, Sydney/Australien – mit der Auszeichnung von Dr. CLAUS BRENNER, Robert Bosch GmbH, Hildesheim, mit dem *Carl Pulfrich-Preis 2001* (siehe PFG 3/2001, S.222/223) für seine Arbeiten „*Digitale Gebäudemodelle in Forschung und praktischer Anwendung*“.

Den Festvortrag hielt Dr. GERHARD THIELE vom ESA/NASA, Johnson Space Center Houston, USA, über „seinen“ Weltraum-

flug mit Start am 11. 2. 2000 und die SRTM-Mission zur Radar-Interferometrischen Höhenmodell-Gewinnung von der Erdoberfläche. Zur weiteren Auswertung der dabei gewonnenen Datensätze referierte später während der Veranstaltung MARIAN WERNER, DLR Weßling. Die nahezu komplette Reliefdarstellung der Erdoberfläche von -56° bis $+60^\circ$ Breite in einem 30 m Raster mit etwa 5 m Höhengenaugigkeit soll Mitte 2003 vorliegen und für $1\text{€}/1\text{km}^2$ geordert werden können.

Diese 48. Photogrammetrische Woche hatte drei *Schwerpunktthemen*:

1. Aktueller Stand der digitalen Datenerfassung.
2. Datenfusion und Automation.
3. Web-Photogrammetrie und eBusiness

Die Veranstalter fassten die Ergebnisse der Vorträge und Diskussionen wie folgt zusammen:

– Digitale Aufnahmekameras sind entwickelt und getestet worden:

- DMC 2001 von Z/I Imaging
- ADS40 von LH Systems
- HRSC-AX vom DLR

Sie liefern vielversprechende Ergebnisse, sind aber z. Z noch viel zu teuer in der praktischen Anwendung.

– Daraus folgt, dass wir den Bildflug noch mindestens 10 Jahre lang mit Filmkameras ausführen werden.

– In Frankreich und Italien wird an einem „*Pléiades-Konzept*“ gearbeitet, mit kleinen

* DIETER FRITSCH/RUDOLF SPILLER (Eds.) 2001: Photogrammetric Week '01. 342 S., Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. ISBN 3-87907-359-7

Satelliten und Multisensor-Technik (panchromatisch, multispektral, Radar) mit Auflösungen am Boden ab 0,7 m. Das System soll 2005 installiert sein. Vorher wird 2002 noch SPOT 5 gestartet.

– Kleine Satelliten mit 10 kg Gewicht oder weniger werden für die Datengewinnung aus dem Weltraum an Bedeutung gewinnen.

– Laserscanning wird stärker genutzt werden für die Herstellung von DGM. Punktabstände von 1,5 m und 15 cm Höhengenaueigkeit sind heute im Routinebetrieb erreichbar.

– GPS/INS mit 2–5 cm bzw. 0,003°–0,005° Genauigkeit werden benötigt und sind in Zukunft auch erreichbar, um für großmaßstäbige Bildflüge Aerotriangulation und Passpunkte weitgehend einsparen zu können.

Diese 48. Photogrammetrische Woche war eine großartige, sehr informative, internationale Leistungsschau der Photogrammetrie. Dafür gebührt den Veranstaltern Dank und Anerkennung.

Die Aktualität der wissenschaftlich-technischen Beiträge wurde nicht zuletzt in einem Vortrag von B. LOGAN, Earth Data, New York, demonstriert. Er zeigte und erläuterte photogrammetrische Luftbildaufnahmen mit Thermalkameras über Manhattan nach dem Terrorangriff auf das World Trade Center. Dabei wurden Bilder vom 20.9.2001 und den Tagen davor gezeigt.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

INTERGEO 2001

vom 19. bis 21.9. in Köln

Die jährlich im Herbst stattfindende INTERGEO war auch in diesem Jahr eine hervorragende Konferenz (1400 Teilnehmer und 400 wissenschaftlich-technische Vorträge) mit einer großartigen Ausstellung auf

22000 m² Fläche (30 % mehr als im vorigen Jahr), 416 Ausstellern und einer Besucherzahl von etwa 15000 aus 18 Ländern.

Noch etwa bis vor sieben Jahren in Mainz bezeichnete man diese Veranstaltungen als „Geodätentag mit begleitender Geräteausstellung“. Heute sind Kongress und Ausstellung gleichrangige Bestandteile der INTERGEO.

In diesem Jahr wurde eingeschätzt, dass in der Ausstellung 30 % der Exponate auf die „Klassische Geodäsie“ und 70 % auf GIS und seine Anwendungen entfallen.

2001 war einiges neu oder verändert auf der INTERGEO:

- Neuer Präsident des DVW ist Dipl.-Ing. HAGEN GRAEFF, Baubehörde Hamburg, Amt für Geoinformation und Vermessung. Er hat Dr.-Ing. HANS JOSEF PLATEN nach 11 Jahren Amtszeit abgelöst.

- Der »Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V.« (DVW) hat seinen Namen erweitert mit „*Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*“.

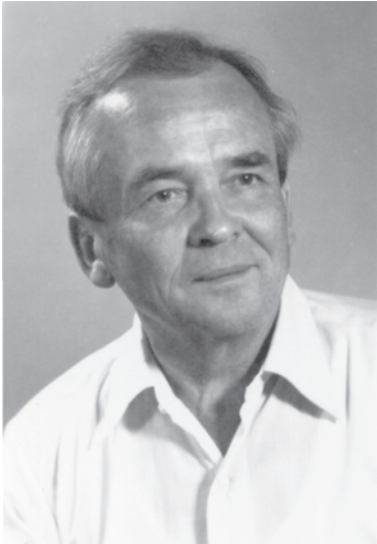
Der DVW e.V., Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, gegründet 1871, führte in Köln 2001 seine 85. Großveranstaltung in Form eines Kongresses und einer Fachmesse durch. Jeder am Vermessungswesen, der Kartographie, Photogrammetrie, Fernerkundung oder Geoinformation interessierte Besucher der Veranstaltung konnte vielfältige Informationen und Anregungen gewinnen und mitnehmen. Die INTERGEO 2001 war eine sehr aufwändige, hervorragende Leistungsschau.

Die nächste INTERGEO 2002 findet vom 16. bis 18. Oktober in Frankfurt am Main statt. Danach folgt INTERGEO 2003 vom 17. bis 19.9. in Hamburg.

Quelle: Pressematerial des DVW und der HINTE Messe- und Ausstellungs-GmbH

Persönliches

GERT E. BORMANN-JUTZ verstorben



Aus der Schweiz teilte uns der langjährige Repräsentant des photogrammetrischen Gerätebaues der Firma Wild-Heerbrugg im vorformulierten Text mit:

»Mein ereignisreiches und überwiegend als schön empfundenenes Leben ist kürzlich zu Ende gegangen«.

Es geschah am 10. August 2001 in Heerbrugg in seinem 82. Lebensjahr.

GERT E. BORMANN wurde am 03. Oktober 1919 im sächsischen Chemnitz geboren, das er in seinem langen Leben immer wieder gern aufgesucht hat. Nach dem Abitur rückte GERT BORMANN zum Wehrdienst bei der Deutschen Luftwaffe ein und wurde Flugzeugführer. Wie viele Flieger, so hat er noch ein paar mehr Geburtstage, an denen ihm das Leben neu geschenkt wurde. Der eine ist der 18. Januar 1940. Da landete er eine Junkers JU 86 mit zugefrorenen Öltanks „bäuchlings“ auf einem Schneefeld bei Volkersdorf (in der Nähe des Schlosses Moritzburg bei Dresden). Das andere Datum ist der 22. Juli 1940. Etwa 35 Kilometer südlich

der englischen Kanalküste wurde sein Aufklärer Dornier DO 17 auf dem Rückflug von London-Birmingham von drei Hurricane Jägern der britischen Air Force in 8500 Metern Flughöhe zusammengeschossen und er landete die Maschine mit stehenden Motoren auf der See. Er kam als Einziger der Besatzung mit dem Leben davon; in Unterhose und Leibchen fischte ihn ein in britischen Diensten operierendes norwegisches Torpedoboot aus dem Wasser und die Engländer verfrachteten ihn später für fünf Jahre in ein kanadisches Kriegsgefangenenlager.

Im Jahre 1946 sah G. BORMANN Deutschland wieder. In Chemnitz waren die Russen. Als Entlassungsort wählte er deshalb Oldenburg in der britischen Besatzungszone. In Bremen kamen ihm zum ersten Mal die immensen Kriegszerstörungen zu Gesicht. Als Mann ohne Beruf wurde er in Oldenburg in das britische Military Hospital dienstverpflichtet zum Leichenwaschen und Koksschaufeln.

Dann gelang es ihm, wie er es nannte, „in einem verstaubten Katasteramt“, ein geodätisches Praktikum als Voraussetzung für ein Vermessungsstudium an der Technischen Hochschule Hannover abzuleisten.

Kurz nach der Diplomprüfung ging G. BORMANN in die Schweiz. An der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich trafen wir beim 9. Internationalen Hochschulkurs für Photogrammetrie bei Professor Dr. Max Zeller zusammen. Infolge einer bis dahin ähnlichen Biografie entwickelte sich zwischen uns eine zunehmende Affinität, die dann später auch Mauern und Stacheldraht standhielt. Internationale Tagungen, Symposien und Fachkongresse boten immer wiederkehrend persönliche Kontakte.

Zwei Persönlichkeiten bestimmten den Anlauf der photogrammetrischen Karriere von G. BORMANN in der Schweiz: Professor Dr. Max Zeller, Chef der Photogrammetrie an der Eidgenössischen Technischen Hoch-

schule in Zürich und Professor Dr. Hugo Kasper, Chef der photogrammetrischen Entwicklungen in der Firma Wild. Bei dem ersteren war er Assistent und der Zweite zog ihn schon bald in sein 20-Mann-Team hinüber, das über Wohl und Wehe der Photogrammetrie in Heerbrugg entschied. Sehr beeindruckend hat mir G. BORMANN von seinem photogrammetrischen Gesellenstück am Sambesi-Canyon im damals noch portugiesischen Mocambique erzählt, wo er nach „lausigen“ amerikanischen Trimetrogon-Aufnahmen und zwei (?) Passpunkten eine Karte im Maßstab 1 : 25 000 herzustellen hatte, die dann als Planungsunterlage für den großen Cabora-Bassa-Staudamm diente.

Von dem Autographen A 7 bis zur Dreizeilenkammer von Otto Hofmann, immer stand G. BORMANN im photogrammetrischen Gerätebau da, wo Entscheidendes geschah. Hier sei verwiesen auf den von ihm geschriebenen Abschnitt »*Photogrammetrischer Gerätebau in der Schweiz*« im Dümmler-Buch „Photogrammetrie in der Schweiz“.

So hat er viele Kollegen und Freunde auf der Welt, die einen ihrer alten Großen betrauern und die GERT BORMANN sicher ein ehrendes Andenken bewahren werden.

Lieber Gert, der Beruf machte uns bisweilen zu Gegnern, nie aber zu Feinden und immer waren wir freundschaftlich verbunden.

HORST H. SCHÖLER, Stadtsteinach

Hochschulnachrichten

Technische Universität Berlin

Als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ wurde Dr.-Ing. OLAF HELLWICH auf die Professur für Photogrammetrie und Kartographie in der Fakultät für Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften berufen. OLAF HELLWICH, der zuletzt am Lehrstuhl für Photogrammetrie

und Fernerkundung der Technischen Universität München tätig war, hat den Ruf angenommen und wurde am 22. August 2001 zum Professor (C4) an der TU Berlin ernannt.

Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßen wir:

ÖZGÜN AKÇAY, TR-80626 Maslak-Istanbul
Prof. Dr. ZUBEYDE ALKIS, Yildiz, Türkei
CEVDET COSKUN AYDIN, TR-06700 Kükükesat-Ankara

Dr. ERKAN BESDOK, Melikyazi-Kayseri, Türkei

SEDAT DOĞAN, TR-55139 Samsun

FÜSÜN DÜZGÜN, TR-80750 Istanbul

MONIKA GÄHLER, 49078 Osnabrück

Dipl.-Ing. MARKUS GERKE, 30167 Hannover

Dipl.-Ing. ALEXANDRA HOFMANN, 01189 Dresden

CORNELIA HORNFECK, 10365 Berlin

Dipl.-Geogr. THOMAS IHL, 06108 Halle

RONALD JANOWSKY, 27243 Harpstedt

Dr.-Ing. GERHARD JOOS, 85662 Hohenbrunn

HAKAN KARABÖRK, TR-42031 Konya

Dipl.-Geogr. GERHARD KEMPER, 67346 Speyer

Dipl.-Ing. ANKE KNÖPPLER, 01217 Dresden

MICHAEL KOLB, 01097 Dresden

BETTINA KORDT, 13125 Berlin

Dr. IRMGARD NIEMEYER, 53111 Bonn

Dipl.-Geol. ANNETTE OBERLE, 76135 Karlsruhe

Dipl.-Ing. MARTIN OCZIPKA, 12489 Berlin

Prof. Dr. DURSUN Z. SEKER, TR-80626 Istanbul

STEFFEN VOGT, 79085 Freiburg

MURAT YAKAR, TR-42031 Konya

NACI YASTIKLI, TR-80750 Istanbul

Prof. Dr. FERRUH YILDIZ, TR-42031 Konya

Prof. Dr. H. MURAT YILMAZ, TR-68100 Ak-saray

Dr.-Ing. KONSTANTINOS ZELIANEOS, GR-14121 Athen

Neue korporative Mitglieder:

DEFINIENS IMAGING GmbH, Trappentreustr. 1–3, 80339 München

GEOZ Ingenieurbüro und Softwarevertrieb, St. Annenstr. 5, 66606 St. Wendel

Technische Universität Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden

Korporative Mitglieder der DGPF

Firmen

Aero-Sensing Radarsysteme GmbH, c/o DLR Oberpfaffenhofen, 82234 Weßling, Internet: www.aerosensing.de

AEROWEST GmbH, Thomasstr. 18–20, 44135 Dortmund, www.aerowest.de

AICON GmbH, Celler Str. 32, 38114 Braunschweig, www.aicon.de

aphos Leipzig AG, Prager Str. 17, 04103 Leipzig, www.aphos.de

Applanix Corporation, L4B 3B3 Richmond Hill, Ontario/Kanada, 85 Leek Crescent, www.applanix.com

Badische Luftbildmessung, Friedrichring 37, 79098 Freiburg

Becker & Keller Beratende Ingenieure, Berner Str. 18, 60437 Frankfurt

BSF Luftbild und Vermessungen GmbH, Waßmannsdorfer Straße, 15831 Diepensee

Büro für Umweltplanung, Sylvestrstr. 4, 38855 Wernigerode

C + B Technik GmbH, Silcherstr. 1, 71706 Markgröningen

CGI Systems GmbH, Pettenkoferallee 39, 82402 Seeshaupt, www.cgisystems.de

Creaso GmbH, Talhofstr. 32A, 82205 Gilching, www.creaso.com

DEFINIENS IMAGING GmbH, Trappentreustr. 1–3, 80339 München, www.definiens.com

DELPHI IMM GmbH, Winckelmannstr. 24, 39108 Magdeburg, www.delphi-imm.de

Deutsches Bergbau-Museum, Am Bergbaumuseum 28, 44791 Bochum, www.bergbaumuseum.de

EFTAS GmbH, Ostmarkstr. 92, 48145 Münster, www.eftas.com

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Erkanli, Eltviller Str. 19, 65197 Wiesbaden,

ESG GmbH, Postfach 800569, 81605 München, www.esg-gmbh.de

ESRI Geoinformatik GmbH, Ringstr. 7, 85402 Kranzberg, www.esri-germany.de

Eurosense GmbH, Unnauer Weg 17, 50767 Köln, www.eurosense.com

fokus Gesellschaft für Bauvermessung, Photogrammetrie und Bildverarbeitung mbH Leipzig, Gustav-Adolf-Str. 12, 04105 Leipzig

FPK Ingenieurgesellschaft mbH, Feurigstr. 54, 10827 Berlin, www.fpk.de

GAF Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung mbH, Arnulfstr. 197, 80634 München, www.gaf.de

Ingenieurbüro GeoCad GmbH, Hoyerswerdaer Str. 20, 02906 Kreba

GEOCART Herten GmbH, Nimrodstraße 60, 45699 Herten, www.geocart.de

geoplana Ingenieurgesellschaft mbH für Photogrammetrie und Bildmessflüge, Büchlesweg 17, 71672 Marbach

GEOSPACE Beckel GmbH, Jakob-Haringer-Str. 1, A-5020 Salzburg, www.geospace.co.at

GEOSPACE Gesellschaft für Luftbilddaten und Systeme mbH, Mathias-Brüggens-Str. 76, 50827 Köln

GEOSYSTEMS GmbH, Riesstr. 10, 82110 Germering, www.geosystems.de

GeoTec Vermessungs-GmbH, Rosa-Luxemburg-Str. 3a, 17291 Prenzlau, www.geotec.de

GEOZ Ingenieurbüro und Softwarevertrieb, Geographic Engineering, St. Annenstr. 5, 66606 St. Wendel

- GESTER-IEC** GmbH, Kurfürstenstr. 62, 12105 Berlin
- GIP** – Gesellschaft für Industriephoto-grammetrie mbH, Tännichweg 3, 73430 Aalen, www.gip-aalen.de
- Hansa Luftbild Consulting International** GmbH, Elbestr. 5, 48145 Münster, www.hansaluftbild.de
- Bernhard Harzer Verlag** GmbH, West- markstr. 59/59 a, 76227 Karlsruhe, www.harzer.de
- IFUS** GmbH an der TFH Berlin, Limburger Str. 42, 13353 Berlin
- IGIS** GmbH Leipzig, Hohmannstr. 6, 04129 Leipzig, www.igis-leipzig.de
- ILV** Ingenieurbüro für Luftbildauswertung und Vermessung, Leipener Str. 7, 04539 Grotzsch, www.ilv-wagner.com
- IMETRIC** SA Technopole, Rue D’Airmont 7, CH-2900 Porrentruy
- Inpho** GmbH, Smaragdweg 1, 70174 Stuttgart, www.inpho.de
- INVERS** Industrievermessung & Systeme, Kruppstr. 82–100, 45145 Essen, Internet: www.invers-essen.de
- Kampsax** GmbH, Dieselstr. 16, 15370 Fredersdorf, www.kampsax.dk
- KAZ Bildmess** GmbH, Karl-Rothe-Str. 10–14, 04105 Leipzig, www.kaz.de
- Leica Geosystems** GmbH, Hans-Bunte-Str. 5, 80992 München, www.Leica-Geo-systems.com
- LH Systems** GmbH, Am Borsigturm 53, 13507 Berlin, www.lh-systems.com
- Dipl.-Ing. Josef Linsinger**, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen, Hauptstr. 31, A-5600 St. Johann/Pg., www.linsinger-zt.com
- Luftbild Brandenburg** GmbH, Karl-Lieb- knecht-Str. 1, 15711 Königs Wusterhausen
- LUM** Geographische Informations-Systeme GmbH, Bergstr. 34, 52538 Selfkant-Hillensberg
- MAPS geosystems** GmbH, Truderinger Str. 13, 81677 München, www.maps-geosystems.com
- Messbildstelle** GmbH, Altplauen 19, 01187 Dresden, www.messbildstelle.de
- METRONOR** GmbH, Altenkesseler Str. 17, 66115 Saarbrücken, www.metronor.de
- Obermeyer Planen + Beraten**, Postfach 121129, 80035 München
- PHOENICS** GmbH, Karmarschstr. 50, 30159 Hannover, www.phoenics.de
- Photogrammetrie** GmbH, Anzinger Str. 5, 81671 München, www.photogrammetrie.de
- Johan Piedfort Photogrammétrie**, 22 Rue St-Martin, CH-1003 Lausanne
- PMS Photo-Mess-Systeme** AG, Bahnhofstr. 8, CH-9430 St. Margarethen, www.pms.co.at
- Rollei Fototechnic** GmbH, Salzdahlumer Str. 196, 38126 Braunschweig, www.rolleimetric.de
- RWE Rheinbraun** AG, Abt. BT 3 Photo-grammetrie, Stüttgenweg 2, 50935 Köln, www.rwe.com
- SICAD GEOMATICS**, Otto-Hahn-Ring-6, 81739 München, www.sicad.de
- technet** GmbH, Pestalozzistr. 8, 70563 Stuttgart, www.technet-gmbh.com
- TERRA Bildmessflug** GmbH & Co., Schumannstr. 21, 71672 Marbach, www.bild-messflug.de
- Terraplan-3 D**, Buchendorfer Str. 74, 82061 Neuried, www.terraplan3d.de
- TerraVista Umweltdaten** GmbH, Königsstr. 14, 48341 Altenberge
- TopoSys** GmbH, Wilhelm-Hauff-Straße 41, 88213 Ravensburg, www.toposys.com
- VEXCEL IMAGING** GmbH, Münzgrabenstr. 11, A-8010 Graz
- Volkswagen** AG, Brieffach 1785, 38436 Wolfsburg, www.volkswagen.de
- Herbert Wichmann Verlag Hüthig** GmbH, Im Weiher 10, 69121 Heidelberg, www.huethig.de
- Z/I IMAGING** GmbH, Postfach 1106, 73442 Oberkochen, www.ziimaging.de

Behörden

- Amt für Geoinformation und Vermessung**, GV 12, Freie und Hansestadt Hamburg, Postfach 100504, 20003 Hamburg, www.hamburg.de/Behoerden/Vermessungsamt
- Amt für Militärisches Geowesen**, Frauenberger Str. 250, 53879 Euskirchen
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft**, Am Hochanger 11, 85354 Freising

Bayerisches Landesvermessungsamt, Alexandrastr. 4, 80538 München, www.bayern.de/vermessung

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Richard-Strauss-Allee 11, 60598 Frankfurt, www.ifag.de

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Postfach 140270, 53107 Bonn, www.bml.de

DB Netz AG, Netz Technik-Zentrum, Infrastrukturdatenmanagement, Im Galluspark 23, 60326 Frankfurt am Main

Forstdirektion Tübingen, Im Schloss, 72074 Tübingen-Bebenhausen

GfE Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Arno-Holz-Str. 14, 12165 Berlin, www.gfe-berlin.de

Hessisches Landesvermessungsamt, Postfach 3249, 65022 Wiesbaden, www.hkvv.hessen.de

Innenministerium NRW, Haroldstr. 5, 40213 Düsseldorf, www.im.nrw.de

IWR Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 368, 69120 Heidelberg

Kommunalverband Ruhrgebiet, Kronprinzenstr. 35, 45128 Essen, www.kvr.de

Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung, Stuttgarter Str. 161, 70806 Kornwestheim, www.landentwicklung-mlr.baden-wuerttemberg.de

Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, Podbielskistr. 331, 30659 Hannover, www.lgn.de

Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Postfach 102962, 70025 Stuttgart, www.lv-bw.de

Märkischer Kreis, Vermessungs- und Katasteramt, Postfach 2080, 58505 Lüdenscheid, www.maerkischer-kreis.de

Sächsisches Landesamt für Forsten, Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna, www.lafgrau-pa.sachsen.de

Stadt Düsseldorf, Vermessungs- u. Katasteramt, Brinckmannstr. 5, 40200 Düsseldorf, www.duesseldorf.de

Stadt Köln, Amt für Liegenschaften, Vermessung und Kataster, Willy-Brandt-Platz 2, 50679 Köln

Stadt Wuppertal, Ressort 102.00, 42269 Wuppertal, www.wuppertal.de

Thüringer Landesvermessungsamt, Hohenwindenstr. 13a, 99086 Erfurt

Hochschulen

FH Bochum, FB Vermessungswesen und Geoinformatik, Lennerhofstr. 140, 44801 Bochum

FH Frankfurt a.M., FB Vermessungswesen, Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt am Main, www.fbg.fh-frankfurt.de

FH Karlsruhe, Hochschule für Technik, FB Geoinformationswesen, Postfach 2440, 76012 Karlsruhe, www.fh-karlsruhe.de

FH Mainz – i3mainz, Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Holzstr. 36, 55116 Mainz, www.i3mainz.fh-mainz.de

FH Oldenburg, Inst. f. Angew. Photogrammetrie u. Geoinformatik, Ofener Str. 16, 26121 Oldenburg

FH Stuttgart, Hochschule für Technik, FB Vermessung und Geoinformatik, Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart, www.fht-stuttgart.de

HTW Dresden, FB Vermessungswesen/Kartographie, Postfach 120701, 01008 Dresden, www.htw-dresden.de

RWTH Aachen, Geodätisches Institut, Templergraben 55, 52062 Aachen, www.gia.rwth-aachen.de

TU Berlin, Sekr. EB 9, Fachgebiet Photogrammetrie, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, www.fpk.tu-berlin.de

TU Braunschweig, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Gauß-Str. 22, 38106 Braunschweig, www.tu-bs.de/institute/geodae

TU Darmstadt, Lehrstuhl für Photogrammetrie und Kartographie, Petersenstr. 13, 64287 Darmstadt, www.gi.verm.tu-darmstadt.de

TU Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden, www.tu-dresden.de

TU München, Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung, Arcisstr. 21, 80333 München, www.photo.verm.tu-muenchen.de

Universität Bonn, Institut für Photogrammetrie, Nußallee 15, 53115 Bonn, www.ipb.uni-bonn.de

Universität Frankfurt, Geologisch Paläontologisches Institut, Senckenberganlage 32–34, 60325 Frankfurt am Main

Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover, www.ipi.uni-hannover.de

Universität Karlsruhe, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Eng-

lerstr. 7, 76128 Karlsruhe, www.ipf.bauverm.uni-karlsruhe.de

Universität Kiel, Geographisches Institut, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, www.uni-kiel.de:8080/Geographie/Geograph.htm

Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie, Geschwister-Scholl-Str. 24, 70174 Stuttgart, www.ifp.uni-stuttgart.de

DIN-Besprechung

DIN 18740-1 Photogrammetrische Produkte – Teil 1: Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 18 Seiten

Nachdem der Normenausschuss Bauwesen im DIN die Normung von Begriffen in der Norm 18716 „Photogrammetrie und Fernerkundung“ erfolgreich abgeschlossen hatte, wagte er sich an Neuland und stellt der interessierten Öffentlichkeit mit der Norm 18740-1 zunächst den Teil 1 „Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild“ der geplanten Reihe „Photogrammetrische Produkte“ vor.

Wer ist nun diese interessierte Öffentlichkeit? Es gibt unter den Auftraggebern für Bildflüge einerseits die Gruppe der Profis, die routine- und regelmäßig Bildflüge auschreiben und in aller Regel genau wissen, was sie benötigen und die ihre Ausschreibungen entsprechend formulieren. Außerdem gibt es bei den Auftraggebern auch photogrammetrische Laien, die für unterschiedlichste Zwecke Luftbilder hoher Qualität benötigen, sich aber oft sehr unsicher sind, wie sie ihren Auftrag konkret formulieren sollen. Diesen beiden Gruppen von Auftraggebern stehen auf Seiten der potentiellen Auftragnehmer ebenfalls zwei Gruppen gegenüber. Einerseits leistungsfähige Bildflugfirmen mit hohem technischem Standard und photogrammetrischem Know-how und andererseits Firmen, die auch am Luftbildmarkt partizipieren wollen, aber im Extremfall nicht wissen, was un-

ter einer Reihenmesskamera zu verstehen ist, geschweige denn eine solche besitzen. Auch solche Firmen bieten Bilder an, die etwa als Schrägaufnahmen durchaus für Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit oder zur Dokumentation verwendet werden können.

An die letztere Art von Bildern denkt die vorliegende Norm aber nicht. „Sie dient der Qualitätssicherung des Luftbildes und der Hilfsdaten. Anwendungen der photogrammetrischen Luftbildaufnahme finden sich in der Interpretation und photogrammetrischen Auswertung von Einzelbildern, Bildpaaren und Bildverbänden. Die Luftbildaufnahme dient schwerpunktmäßig dem Vermessungswesen, der Kartographie und der Datengewinnung für Geoinformationssysteme“, so die vorliegende Norm.

Die Norm „Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild“ fördert gute Beziehungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Die hier festgelegten Forderungen an photogrammetrische Bildflüge und Bilder betreffen das Instrumentarium (Luftbildkamera, System für Positionsbestimmung), Prozesse (Aufnahme, Filmentwicklung), Produkte (Filme und daraus abgeleitete Produkte, Hilfsdaten) und die Dokumentation. Neben den ausführlich behandelten allgemeinen Anforderungen dürfte das Formblatt „Spezifikation für photogrammetrische Bildflüge“ die größte Aufmerksamkeit in der photogrammetrischen Praxis finden. Die Norm will keinen genormten Einheitsbildflug erzwingen, sondern sie soll es erleichtern, alle zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer relevan-

ten technischen Punkte anzusprechen und zu sinnvollen Auftragvergaben zu kommen. Diesem Ziel dient das Formblatt, dessen Vervielfältigung dem Anwender ausdrücklich gestattet ist. Dieser kann benötigte Eigenschaften einfach ankreuzen (z. B. Bildwanderungsausgleich FMC zwingend oder nur erwünscht?) oder seine spezifischen Parameter angeben (z.B. Bildmaßstab). Bis zum Kontaktabzug auf Papier (hochglanz oder matt?) ist alles vorgesehen, woran bei der Vergabe gedacht werden muss. Sollte sich dieses Formblatt durchsetzen, was sehr zu wünschen wäre, hätte dies sowohl für Auftraggeber als auch für Auftragnehmer wesentliche Vorteile: Der Auftraggeber wird auf alle wesentlichen Forderungen aufmerksam gemacht, ohne dass ihm die Freiheit genommen wird, besondere Eigenschaften eines speziellen Bildflugs zu vereinbaren. Der Auftragnehmer sieht sich in geringerem

Maße als bisher einer unüberschaubaren Vielfalt von zum Teil exotischen Forderungen gegenüber; auch für ihn wird eine Ausschreibung einfacher zu bearbeiten.

Als Kritiker neigt man immer dazu, doch noch die eine oder andere Unzulänglichkeit im besprochenen Werk zu suchen. Als einzigen Kritikpunkt könnte ich anführen, dass die Bildflug-Signalisierung nicht mit abgedeckt ist. Wenn irgendwann eine Neubearbeitung der Norm anstehen sollte, könnte dieser kleine Mangel leicht behoben werden.

Ich wünsche dieser Norm uneingeschränkt eine weite Verbreitung und eine möglichst umfassende Anwendung. Gespannt kann man heute schon auf die geplanten Normen für digitale Luftbilder und für digitale Orthophotos sein.

LOTHAR KIEFER, Kornwestheim

Buchbesprechungen

JÜRGENS, CARSTEN (Hrsg.), 2001: Remote Sensing of Urban Areas/ Fernerkundung in urbanen Räumen. Abstracts and Full Papers (on Supplement CD-ROM) of the 2nd International Symposium held in Regensburg, June 22-23, 2001. Regensburger Geographische Schriften, Heft 35. DM 30,-. ISBN 3-88246-222-1.

Nachdem das 1. Symposium „Remote Sensing of Urban Areas“ am 17./18.4. 1997 in Regensburg sehr viel Interesse gefunden hatte, wurde von der 2. Veranstaltung zum gleichen Thema sehr viel erwartet. Und diese Erwartungen wurden in vollem Umfang erfüllt (siehe Bericht von MATTHIAS MÖLLER in PFG 5/2001).

Jetzt liegt die gedruckte Fassung der „Abstracts“ (106 Seiten) und die auf CD-ROM gespeicherte ausführliche Fassung der 40 Beiträge (345 Seiten mit Color-Bildern) vor. In ausgezeichnete Qualität redigiert und gedruckt, bzw. digital gespeichert, gibt diese Vortragssammlung einen aktuellen Über-

blick über Aufgaben, Probleme und den Arbeitsstand der Fernerkundung in städtischen Räumen. Die Veranstalter hatten selbst einen thematischen Rahmen für dieses Symposium „Fernerkundung von urbanen Gebieten“ vorgegeben:

- Erfassung des urbanen Wachstums
- Analyse von thermalen Bilddaten
- globale Verfahren der Erfassung städtischer Gebiete
- Methoden zur Straßenextraktion
- IKONOS-Anwendungen
- Spezialanwendungen
- Erfassung der Landnutzungs-Dynamik
- Ableitung von Höhe und Dichte
- HRSC-A-Anwendungen
- RADAR-Anwendungen
- Erfassung informeller Siedlungen
- ökologische Aspekte städtischer Landschaften

Die 125 Teilnehmer des Symposiums kamen aus 20 Ländern. Sie berichteten über die in ihren Städten und Ländern mit den

unterschiedlichen Technologien gewonnenen Erfahrungen.

Aber die Vorträge vermitteln auch einen Eindruck von den geographischen Besonderheiten in den verschiedenen Städten und Regionen, die auf diesem Regensburger Symposium vertreten waren bzw. über die dort u.a. berichtet wurde:

Belgrad: Yu,	Istanbul, Ankara: TR,
Alexandria: ET,	Gombe (Nigeria): WAN,
Triest, Neapel, Rom: I,	Göthenburg: S,
Bristol, Cardiff: UK,	Potsdam, Berlin: D,
Kapstadt: ZA,	Tokyo-Bay: J,
Bratislava: SK,	Wien: A,
Daressalaam: EAT,	Lissabon: P,
Shanghai: VRC,	Tel Aviv: IL,
Santa Barbara, Phoenix: USA,	
Trichirapalli Town/Tamil Nadu: IND	

Wer nun annimmt, dass nach den zwei Symposien zum Thema „Fernerkundung in urbanen Räumen“ in den Jahren 1997 und 2001 das Thema erschöpft und das Interesse eingeschränkt ist, der irrt. Schlussfolgernd aus dem großen Interesse, das diese Thematik besitzt, wird in einem größeren Rahmen – am 8./9. 11. 2001 der „1. IEEE/ISPRS-Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas“ in Rom, Italien durchgeführt.

Und die Veranstaltungsreihe von Regensburg wird fortgesetzt – vom 11. bis 13. 6. 2002 mit dem „Third International Symposium Remote Sensing of Urban Areas“ in Istanbul, Türkei. Diese Veranstaltung wird organisiert und geleitet von Prof. Dr. DERYA MAKTAV, Istanbul und Dr. CARSTEN JÜRGENS, Regensburg.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

BUHMANN, ERICH & WIESEL, JOACHIM 2001: GIS-Report 2001. Software Daten Firmen. 6., neubearbeitete Auflage. 304 S. Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstr.

59/59a, 76227 Karlsruhe, Tel.: 0721-944 02-0, Fax: 0721-944 02-30, e-mail: Info@harzer.de. ISBN 3-9803128-7-9. € 24,-

Mit dem kürzlich erschienenen und wesentlich erweiterten „GIS-Report 2001“ geben die Autoren Professor Erich Buhmann und Dr. Joachim Wiesel, in Zusammenarbeit mit dem Bernhard Harzer Verlag GmbH nun zum sechsten Mal einen umfassenden, vollständig aktualisierten und detaillierten Überblick über den deutschsprachigen GIS-Markt.

Der jährlich erscheinende „GIS-Report“ dient für alle GIS-Anwendungsgebiete als zentrales Referenzhandbuch sowie als Branchenführer für Deutschland, Österreich und die Schweiz. Wieder vollständig überarbeitet zeigt er Entwicklungstrends und Marktdaten, die auf den Meldungen der Anbieter und wo nötig auf eigenen Markterhebungen basieren. Er gibt damit einen Gesamtüberblick und wertvolle Hilfestellungen für Fachleute und GIS-Einsteiger.

In Tabellen und ausführlichen GIS-Softwarebeschreibungen werden die im deutschsprachigen Raum erhältlichen GIS-Software-Produkte beschrieben und vergleichbar gegenübergestellt. Insgesamt verzeichnet der neue GIS-Report“ jetzt rund 850 Software-Programme, mit den entsprechenden Leistungsmerkmalen. Zahlreiche ausgewählte und detaillierte Software-Beschreibungen, Firmenprofile und über 280 Anbieter-Adressen aus dem öffentlichen und privaten Sektor ergänzen die Übersichten. Im Zusammenhang mit den Markterhebungen zum „GIS-Report“ ist auch das Angebot der Datenanbieter sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor aufwändig recherchiert worden. Eine wichtige Auswahl davon ist in der Printversion des „GIS-Report“ aufgenommen.

Teile des „GIS-Report“ sind unter www.gis-report.de im Internet verfügbar.

Neuerscheinungen

JÜRGEN DODT & WERNER HERZOG, 2001: Kartographisches Taschenbuch 2001. 320 S., 11,9 cm × 17 cm, kart. Kirschbaum Verlag, Bonn. DM 29,-. ISBN 3-7812-1509-1.

CARSTEN JÜRGENS, (Hrsg.), 2001: Remote Sensing of Urban Areas/ Fernerkundung in urbanen Räumen. Abstracts and Full Papers (on Supplement CD-ROM) of the 2nd International Symposium held in Regensburg, June 22–23, 2001. Regensburger Geographische Schriften, Heft 35. DM 30,-. ISBN 3-88246-222-1.

JOSEF STROBL, THOMAS BLASCHKE & GERALD GRIESEBNER (Hrsg.), 2001: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2001. XII, 556 S. Kartiert. Herbert Wichmann, Hüthig Fachverlage, Heidel-

berg (www.huethig.de oder www.geopoint.de). DM 154,-. ISBN 3-87907-361-9

FRANK J. AHERN, JOHANN G. GOLDAMMER & CRISTOPHER O. JUSTICE (Hrsg.), 2001: Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space: Planning a Coordinated Effort. X, 303 S., 81 Abb., davon 42 in color, 20 Tab. kart. Hochglanz. SPB Publishing bv, P.O. Box 97747, 2509 GC The Hague, Niederlande, Fax: + 31-70-33 00 254. ISBN 90 5103 1408. € 70,-

ERICH BUHMANN & JOACHIM WIESEL, 2001: GIS-Report 2001. Software Daten Firmen. 6., neubearbeitete Auflage. 304 S. Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstr. 59/59a, 76227 Karlsruhe, e-mail: Info@harzer.de. ISBN 3-9803128-7-9. € 24,-

Vorankündigungen

21.–23. Mai 2002:

4. SAPOS®-Symposium, Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung, mit dem Motto: „**SAPOS® verbindet...**“ in **Hannover**. Auskünfte durch den Veranstalter: Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), www.adv-online.de und die Ausrichter: LGN-Landesvermessung+Geobasisinformation Niedersachsen, Dr. Robert Winter, Podbielskistr. 331, 30659 Hannover, Tel.: 0511-64609-131, Fax: 0511-64609-168, e-mail: robert.winter@lgn.niedersachsen.de, www.lgn.de und IfE-Institut für Erdmessung der Universität Hannover, www.ife.de.

24.–26. September 2002:

22. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF

*Photogrammetrie – Fernerkundung-
Geoinformation:
Zu neuen Märkten · auf neuen Wegen ·
mit neuer Technik*

in **Neubrandenburg**. Auskünfte durch: Dr. Klaus-Ulrich Komp, Präsident DGPF, e-mail: Praesident@dgpf.de, Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen, Sekretär DGPF, e-mail: sekretaer@dgpf.de, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse, FH Neubrandenburg, e-mail: kresse@fh-nb.de, http://www.dgpf.de

Mitteilungen der DGPF

Vorankündigung und Call for Papers

Die 22. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung wird vom 24. bis zum 26. September 2002 in Neubrandenburg stattfinden. Das Tagungsthema lautet:

***Photogrammetrie – Fernerkundung –
Geoinformation:
Zu neuen Märkten auf neuen Wegen
mit neuer Technik***

Um allen Interessierten genügend Planungszeit zu geben, laden wir Sie hiermit zu Vorträgen in den Sitzungen der Arbeitskreise, zu Posterpräsentationen oder zur Firmenausstellung ein. Sollten Sie weitere Anregungen zur Tagung geben wollen, bitten wir Sie um entsprechende Vorschläge.

Da nach der positiven Resonanz der Dreiländertagung in Konstanz wieder die Herausgabe eines Tagungsbandes mit begleitender CD-ROM rechtzeitig zur Tagung beabsichtigt ist, wird ein gewisser Vorlauf für die Vorbereitungen erforderlich:

15.03.2002 Abgabefrist von Themen mit Abstracts im Umfang von 300 Wörtern direkt an die Adressen der jeweiligen Arbeitskreisleiter:

Ausbildung: h.kantelhardt@hkvv.hessen.de

Bildanalyse: busch@ifag.de

Geoinformationssysteme:

monika.sester@ikg.uni-hannover.de

Interpretation von Fernerkundungsdaten:

glaesser@geographie.uni-halle.de

Nahbereichsphotogrammetrie:

przybilla@uni-essen.de

Fernerkundung in der Geologie:

wetz@gfz-potsdam.de

Sensoren und Plattformen:

rainer.sandau@dlr.de

15.04.2002 Mitteilung an die Autoren zur Akzeptanz des vorgeschlagenen Beitrags inkl. Autorenrichtlinien.

15.06.2002 Termin zur Einreichung von Manuskripten und Farbbildern in druckfertiger

Form bei gleichzeitiger Anmeldung der Referenten zur Tagung und Zahlung der Teilnehmergebühr.

Wir hoffen, damit allen interessierten Referenten genügend Planungszeit zu geben und dem Redaktionsteam die pünktliche Auslieferung von Tagungsband und CD zum Tagungsbeginn zu ermöglichen.

Die Fachhochschule Neubrandenburg wird als Gastgeber mit ihren Studiengängen Geoinformatik und Vermessungswesen nicht nur für den logistischen Rahmen der Vorträge sorgen, sondern auch für die Posterpräsentationen und Firmenausstellungen in unmittelbarer Nähe zu den Sitzungsräumen attraktiven Raum zur Verfügung stellen.

Das Rahmenthema möge den einen oder anderen inspirieren, den ostdeutschen Standort in Beziehung zu den östlichen Beitrittskandidaten der EU zu setzen, wobei die globalisierte Kommunikation auch neue Absatzwege für die Geoinformation mit sich bringen wird. Ebenso lassen jüngste Entwicklungen in Aufnahmetechnik und Sensorentwicklung erkennen, dass sowohl von neuen Weltraumplattformen wie auch von flugzeuggetragenen Systemen neue Ergebnisse und Marktauftritte zu erwarten sind.

Die glazialmorphologisch geprägte Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns sowie einige Veranstaltungshighlights am Rande der Jahrestagung werden hoffentlich auch Sie überzeugen, dass das Programm und der mögliche intensive Erfahrungsaustausch eine interessante Reise wert ist.

Prof. H.-J. PRZYBILLA, neuer Leiter des AK Nahbereichsphotogrammetrie

Nach der Wahl von Prof. Dr.-Ing. THOMAS LUHMANN, Oldenburg, zum Vizepräsidenten der DGPF im Jahre 2000, wurde die Leitung des Arbeitskreises »Nahbereichsphotogrammetrie« von Prof. Dr.-Ing. HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Essen, übernommen.

Zum Titelbild

ISAT 2001



Das Titelbild stellt das neue ImageStation Modul ISAT2001 als automatisches Aerotriangulationspaket (AAT) der nächsten Generation vor. Dargestellt ist ein Teil der graphischen Benutzeroberfläche.

Als Anbieter photogrammetrischer Systeme hat sich Z/I Imaging entschlossen, sein bekanntes Produkt PHODIS AT in wesentlichen Funktionalitäten zu erweitern, um so auch allgemein die Einschränkungen bestehender AAT-Lösungen zu beheben.

Das Funktionsprinzip der digitalen AAT von PHODIS sieht lediglich die Erzeugung einer dichten Wolke aus Verknüpfungspunkten vor, die gleichmäßig über den gesamten Block verteilt sind. Ein externes Programm zur Bündelblockausgleichung (BBA) übernimmt dann die Erkennung und Beseitigung von Messfehlern und bestimmt schließlich die äußeren Orientierungsparameter der Bilder.

Vorrangiges Entwicklungsziel war es, dem Nutzer des Produktes ISAT 2001 eine höhere Wirtschaftlichkeit bei der Aerotriangulation von Luftbildern zu ermöglichen.

Wesentliche Merkmale des neuentwickelten Produktes sind:

- Hochwertige Verknüpfungspunkte
- Erkennung geometrisch schwacher Gebiete

- optimierte Verarbeitung mit GPS/INS Daten
- Berechnung der Shift- und Driftparameter während der BBA.

Hochwertige Verknüpfungspunkte

Um aus der Menge der automatisch extrahierten Punkte hochgenaue Verknüpfungspunkte erzeugen zu können, wurde eine robuste freie Netzausgleichung eingeführt, die auf einer Zwischenstufe der Pyramide durchgeführt wird. Nach der Bestimmung der Verknüpfungspunkte werden so Fehler in den Messungen beseitigt und für jedes Bild verbesserte äußere Orientierungen (Exterior Orientation, EO) bestimmt, welche später zur zeitsparenden und genaueren Verfolgung weiterer Verknüpfungspunkte dienen können. Nach Abschluss der BBA auf der Zwischenstufe steht ein Satz in sich schlüssiger, zuverlässiger Bildkoordinaten zur Verfügung. Diese sind wesentlich für die Erkennung schwach verknüpfter Gebiete.

Erkennung geometrisch schwacher Gebiete

Eine weitere Hauptaufgabe der in ISAT integrierten BBA ist die Erkennung geometrisch schwacher Gebiete im gesamten photogrammetrischen Block. Gebiete werden als geometrisch schwache Gebiete gekennzeichnet, wenn der Versuch, mit automatischen Matchingverfahren weitere Punkte zu finden, fehlschlug. Zur Kennzeichnung geometrisch schwacher Gebiete wird die Bildfläche in ein regelmäßiges Raster unterteilt, wobei die Rasterzellen die von Gruber-Gebieten beinhalten. Die gefundenen Verknüpfungspunkte in jeder Rasterzelle werden nach verschiedenen Kriterien untersucht. Es wird versucht, möglichst viele schwach verknüpfte Gebiete zu schließen, indem in Bereichen mit hoher Mehrfachüberdeckung automatisch nach weiteren Verknüpfungspunkten gesucht wird.

Dieser Teil der Prozessierung ist einer der wichtigsten Schritte für die Erstellung einer

Verknüpfungspunktliste, die vornehmlich gut verteilte, stark verknüpfte und fehlerfreie Punkte umfassen soll.

Die als schwach verknüpft gekennzeichneten Gebiete können vom Bearbeiter nacheinander abgearbeitet werden. Hierzu bietet ImageStation ein teilautomatisches Verfahren zur Punktmessung in den betreffenden Gebieten. Die Funktion zur Bearbeitung dieser Gebiete führt den Benutzer zu den gefundenen schwach verknüpften Gebieten, öffnet alle beteiligten Bilder und stellt teilautomatische Punktmessfunktionen zur Einfügung von Verknüpfungspunkten in den entsprechenden Gebieten bereit (siehe Titelbild).

Optimierte Verarbeitung mit GPS/INS Daten

Wenn nur ungefähr bekannte EO-Parameter zur Verfügung stehen, beginnt das AAT-Verfahren mit einer Blockbildung zur Verknüpfung des gesamten Bildverbandes und zur Bereitstellung genäherter EO-Parameter für jedes Bild. Falls eine EO aus GPS/INS zur Verfügung steht, erübrigt sich der Schritt der Blockbildung. Das automatische Matchingverfahren kann direkt von einer Zwischenstufe der Bildpyramide aus gestartet werden und kann sich auf die nunmehr sehr präzise bestimmbar Bereiche mit Mehrfachpunkten konzentrieren.

Auf Basis der präzisen EO ergibt der Vorwärtseinschnitt die zuverlässigste Überprüfung auf Fehler in der Verknüpfungspunktliste und gewährleistet so eine hohe Qualität der verbleibenden Punkte. Aufgrund der guten Qualität der Verknüpfungspunkte läuft außerdem die Punktverfolgung durch Least-Squares-Matching (LSM) im allgemeinen schneller, da in den Punkten keine groben Fehler mehr vorhanden sind.

Berechnung der Shift- und Driftparameter während der BBA

Die Korrektur von Shift und Drift der äußeren Orientierung kann, falls EO Messungen verfügbar sind, bei den 3 Positionskordinaten sowie bei den 3 Orientierungswinkeln angebracht werden. Dazu werden bei der Bündelblockausgleichung bis zu 12 zusätzliche Parameter ermittelt. Normalerweise

werden diese Parameter ausschließlich während des Aerotriangulationsprozesses benutzt. Für die darauffolgenden Anwendungen werden die korrigierten EO-Parameter im endgültigen Projektkoordinatensystem exportiert (X_o , Y_o , Z_o , Ω_o , Ψ_o und K_o).

Die jeweilige Gewichtung der vorliegenden EO-Beobachtungen wird entweder aus der GPS/INS Nachverarbeitungssoftware abgeleitet oder vom Benutzer ermittelt. Falls einige Bilder keine GPS- bzw. INS-Informationen enthalten, werden ihre EO-Parameter während der BBA ermittelt.

Das neu eingeführte ImageStation Aerotriangulationspaket tritt an die Stelle des bisherigen Triangulationspakets auf der Basis von MATCH AT. Das Produkt ISAT bietet eine voll automatische Bestimmung homogener, gut verteilter und optimal zugeordneter Mehrfach-Verknüpfungspunkte. Erreicht wird dies durch eine in alle Phasen des Matchingvorgangs integrierte, robuste Bündelblockausgleichung. Die integrierte Ausgleichung wird als freie Netzausgleichung durchgeführt und gestattet weiterhin optional die Berechnung der Selbstkalibrierung des Sensors sowie der Shift- und Driftparameter. ISAT verfügt über leistungsfähige Suchalgorithmen, um in den Überdeckungsbereichen eine ausreichende Zahl gut verteilter Verknüpfungspunkte zu finden. Eine effiziente Fehlererkennung und durchdachte Behandlung schwach verknüpfter Gebiete unterstützen einen optimierten Arbeitsablauf. Durch die Eingabe von EO-Informationen aus GPS/INS Sensoren wird die Bearbeitungszeit verkürzt. Somit kann die neue ISAT auch als leistungsfähiges Werkzeug zur Validierung oder Verbesserung von verfügbaren GPS/INS Messungen eingesetzt werden.

Für zukünftige Produktversionen ist eine Erweiterung des AAT-Moduls vorgesehen, so dass dann auch die Möglichkeit der Verarbeitung von Mehrkanalbildern besteht wie sie z.B. von der digitalen modularen Kamera DMC von Z/I Imaging erzeugt werden.

www.ziimaging.de

Copyright: Z/I Imaging

CHRISTOPH DÖRSTEL, Oberkochen