

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2010, Heft 5

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer

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

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



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2010



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

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



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



Herausgeber:

© 2010 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06120 Halle, Tel.: +49(0)345 55-26020
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Oststraße 2–18, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

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

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch®) Journal Citation Reports/Science Edition
Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Institut für Angewandte Informatik, Universität der Bundeswehr München, D-85577 Neubiberg, e-mail: Helmut.Mayer@unibw.de
Schriftleiter: Prof. Dr. rer.nat. Carsten Jürgens, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Gebäude NA 7/133, D-44780 Bochum, e-mail: carsten.juergens@rub.de, Prof. Dipl.-Ing. Thomas P. Kersten, HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik, Hebebrandstr.1, D-22297 Hamburg, e-mail: thomas.kersten@hcu-hamburg.de, Prof. Dr. rer.nat. Lutz Plümer, Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn, e-mail: Lutz.Pluemer@ikg.uni-bonn.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 107, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@geobasis-bb.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 191,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos. Der Online-Zugang ist im regulären Subskriptionspreis enthalten.

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

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

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

PFG – Jahrgang 2010, Heft 5

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

KOLLER, M., BUTENUTH, M. & GERKE, M.: Automatic Road-Tracking in Airborne Image Sequences	327
MÜNZER, U., MAYER, C., REICHEL, L., RUNGE, H., FRITZ, T., ROSSI, C. & GUDMUNDSSON, Á.: NRT-Monitoring am Vulkanausbruch Eyjafjallajökull (Island) mit TerraSAR-X	339
BACHOFER, F., HOCHSCHILD, V. & SCHULER, H.: Brachflächenmonitoring im südlichen Pfälzerwald mit Hilfe hochauflösender Satelliten- und LIDAR-Daten	355
JUNG, A., GÖTZE, C. & GLÄSSER, C.: White-reference based post-correction method for multi-source spectral libraries	363
RÖMER, C. & PLÜMER, L.: Identifying Architectural Style in 3D City Models with Support Vector Machines	371

Berichte und Mitteilungen

Bericht zur Dreiländertagung 2010 der SGPF, OVG und DGPF vom 1.–3. Juli 2010 an der Technischen Universität Wien	
Bericht über die Jahrestagung	385
Bericht über die Firmenausstellung	387
Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010	387
Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten des trinationalen Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010	
STEFAN NIEDERMAYR (TU Wien)	389
ANNINA FAES (Universität Zürich)	389
ANDRÉ HENN (Universität Bonn)	390
Berichte der Arbeitskreise der DGPF	
3D-Stadtmodelle	392
Aus- und Weiterbildung	393
Auswertung von Fernerkundungsdaten	393
Bildanalyse und Bildverstehen	395
Geoinformatik	396
Hyperspektrale Fernerkundung	397
Nahbereichsphotogrammetrie	398
Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning	399
Sensoren und Plattformen	401
Standardisierung und Qualitätssicherung	402
Mitteilungen der DGPF	
31. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Mainz 2011	403
Ausschreibung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2011	403
Neue Mitglieder der DGPF	405
Berichte von Veranstaltungen	
6. GIS-Ausbildungstagung vom 10.–11. Juni 2010 am GFZ in Potsdam	405
Canadian Geomatics Conference 2010 und ISPRS Commission I Symposium vom 15.–18. Juni 2010 in Calgary, Kanada	407
ISPRS Commission V Symposium vom 21.–24. Juni 2010 in Newcastle upon Tyne, Großbritannien	408

Hochschulnachrichten	
Leibniz Universität Hannover, Dissertation MATTHIAS SCHRAMM	411
Leibniz Universität Hannover, Dissertation MOHAMMED AL SAYEL	412
Universität Osnabrück, Honorarprofessur für PETER REINARTZ	413
Jade Hochschule, Karl Kraus-Medaille für THOMAS LUHMANN	415
Veranstaltungskalender	415
Neuerscheinungen	417
Zum Titelbild	417
Korporative Mitglieder	419
Zusammenfassungen der „Originalbeiträge“ und der Beiträge „Aus Wissenschaft und Technik“ (deutsch und englisch) sind auch verfügbar unter www.dgpf.de/neu/pfg/ausgaben.htm	



Automatic Road-Tracking in Airborne Image Sequences

MATHIAS KOLLER, MATTHIAS BUTENUTH, München & MARKUS GERKE, Enschede

Keywords: Road Tracking, Image Sequences, Image Overlap, Redundancy

Summary: This paper describes an automatic road-tracking approach for rural areas using airborne image sequences. Due to the relatively small image size, small-frame camera systems are ideal platforms for the development of automatic image analysis approaches which make use of redundant image information available through the obligatory image overlap. In the proposed approach an initial road network extracted in a first image or manually digitized by an operator is automatically continued in overlapping adjacent images. First, a supervised classification is performed: The existing road network is used as the training region in the overlapping area in order to optimally account for radiometric and illumination properties of the individual images. Second, the segments obtained in the first step are combined with extracted edges in order to derive an optimal road-tracking. The combination of areal and linear features also enables to extract road crossings. Third, a post-processing step closes gaps between extracted sections to build a complete road network. Results demonstrate that a reliable and accurate tracking of main roads including junctions and field-paths is possible with the proposed approach given a clear color separation of path and background. An open issue concerns the closing of large gaps which needs further attention in future research.

Zusammenfassung: *Automatische Verfolgung von Straßen in Luftbildsequenzen.* In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur automatischen Straßenverfolgung in Luftbildsequenzen für ländliche Gebiete beschrieben. Trotz ihrer relativ kleinen Bildgröße sind Small-Frame Kamera-Systeme ideale Plattformen für die Entwicklung von Ansätzen zur automatischen Bildanalyse, da durch die Bildüberlappung redundante Bildinformation genutzt werden kann. Der vorgestellte Ansatz setzt ein Staßennetzwerk, entweder in einem ersten Bild extrahiert oder manuell von einem Operator digitalisiert, automatisch in überlappenden benachbarten Bildern fort. Zuerst wird eine überwachte Klassifizierung durchgeführt: Das bestehende Straßennetzwerk wird als Trainingsregion im überlappenden Bereich benutzt, um die Eigenschaften der individuellen Bilder bezüglich Radiometrie und Beleuchtung optimal zu berücksichtigen. Zweitens werden die erhaltenen Segmente mit extrahierten Kanten kombiniert, um eine optimale Straßenverfolgung herzuleiten. Drittens schließt ein Nachbearbeitungsschritt Lücken zwischen extrahierten Sektionen, um ein komplettes Straßennetzwerk zu erzeugen. Ergebnisse zeigen, dass mit diesem Ansatz eine zuverlässige und genaue Verfolgung von Hauptstraßen inklusive Kreuzungen und Feldwegen möglich ist, wobei vorausgesetzt wird, dass sich diese Wege farblich klar vom Hintergrund abheben. Ein noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem ist das automatische Schließen großer Lücken im extrahierten Staßennetzwerk.

1 Introduction and Related Work

The automatic extraction of roads from imagery is still an ongoing research topic. The EuroSDR test on road extraction (MAYER et al. 2006) reveals that quite a number of experimental automatic road extraction systems are nowadays mature enough, at least to extract or verify road information in rural areas, obtain-

ing completeness and correctness rates of about 80% or more. On the other hand, the market of image acquisition systems shows an interesting trend: More and more small- and medium-format camera systems are operational which are cheaper compared to traditional large format camera systems. This trend offers the opportunity to develop and test new methods for object extraction, which is moti-

vated in the following. Known approaches for image-based object extraction make use of orthoimage mosaics since these are standard products of most mapping agencies. The advantage of those images is the large coverage of an area and a certain guaranteed level of image accuracy by the producer. However, one disadvantage is the huge unused portion of original image information. The original images captured in airborne campaigns have at least stereo overlap, but for the orthoimage production only one image is used and, additionally, the color is balanced over the whole mosaic, biasing methods which rely on a global image statistic. If the original images would remain available, object extraction methods can directly exploit the redundant information.

The latest camera systems like the 3K allow real-time processing of georeferenced orthoimages from small-format cameras (BUTENUTH et al. 2009, THOMAS et al. 2009). Since the orthoimage processing is done for every image separately, this kind of input data is a very interesting source for new road extraction approaches exploiting explicitly the *image overlap*. To extract roads automatically in such imagery might be of interest not only for traditional applications like the update of existing GIS data, but additionally open new application fields like the (near) real-time mapping in disaster cases. In this paper, a new approach to road extraction is presented which makes explicit use of redundant image information in overlapping areas. The core of the strategy is a combination of image classification and edge extraction, finally enhanced by bridging gaps in the road network.

In the following, a brief overview on existing approaches for road extraction is given. Although a clear categorization is difficult, many existing road extraction approaches can be divided into fully automatic extraction and semi-automatic road-tracking. *Fully automatic approaches* use previous modeled knowledge for an extraction or existing GIS-data about the road network and complete it. The approach of (HINZ et al. 2000) exploits low-level extractions in different image resolutions and global/local context. In (MENA & MALPICA 2005) a method based on segmentation is developed which uses knowledge from existing

GIS data followed by a vectorization. The skeleton produced by the vectorization used in this approach does not detect a segmented road-area precisely at its borders. The approach of (ROSENBAUM et al. 2008) is based on a fusion of existing road-knowledge with edge extraction. Prior information from a road database is used to provide a buffer region in the image where an edge extraction approach is accomplished. In (BACHER & MAYER 2005) supervised image classification is used to evaluate extracted roads, originating from a line-based road extraction approach. The classification result is mainly used to exclude wrong positive road extractions, and not for the detection and delineation of roads as such.

Road-tracking works semi-automatically with starting input and user interaction at critical points. Many approaches use areal multispectral templates of small road-sections combined with direction information to do a locally connected search. An operator determines a point of special interest in a road-network to indicate the direction and to extract the parts of the network which are locally connected with the start point. One typical example is (VOSSELMAN & DE KNECHT 1995), an approach using colorprofile-matching and a Kalman-filter. A large variety of methods for road extraction in single (ortho) images exists, but there is no method available which uses the special properties of overlapping areas in a sequence of small-frame images for a fully automatic and seamless extraction. Semi-automatic tracking methods can be applied for the tasks in disaster management described before, and can theoretically operate in a sequence of single small-frame images, too. However, the automation level is low, because a great deal of user interaction is demanded. In JING et al. 2008, a tracking method is presented which uses texture of the road and direction information for tracking. This approach allows a highly precise and robust tracking by an angular texture template with mean-value and standard deviation, but the borders of the template area are fixed. They are determined by the operator at the start of the tracking without adaptation during the tracking. The algorithm published in HUA et al. 2008, tracks roads at border-edges utilizing precise edge detection in an iterative approach.

A direction is calculated and used as criterion for a selection of edges to continue. Although those approaches show a quite high performance, a well-known and so far not solved problem of road trackers is related to junctions where the tracking stops.

The main contribution of this paper consists in enforcing the automatic road tracking by exploiting the redundant image information provided through the overlapping area of adjacent images. None of the existing approaches apply supervised classification to use redundant information in overlapping images and, additionally, improve the reliability by a fusion with gradient-edges. The combination of complementary image features – image segments from classification and image edges – also ease the inclusion of road junctions in the extraction, since the tracking does not only rely on a local template.

In the next Section 2 details of our approach are described. In Section 3 experimental results are presented and discussed. Finally, Section 4 concludes the paper.

2 Approach for Road-Tracking

This section describes the proposed approach for road-tracking. The basic idea is to perform a simple Maximum Likelihood supervised classification, combined with edge extraction by the Sobel filter. Classification supports the tracking, because of its ability to segment roads roughly depending on global image characteristics, the training information is retrieved from the previous extraction result in overlapping image parts. Edge extraction is used for the delineation of the road border, thus adding local object information.

2.1 Model

Firstly, the chosen road-model of the tracking approach is presented. In the real world, roads are connected objects mostly covered by asphalt or concrete. Therefore, the road model used for the road-tracking regards roads as a completely connected area, homogeneous in color and texture (Fig. 1, top left). In an image, a road is represented by homogeneous pixels

and a gradient-edge at the borders. Roads have a constant width, represented through a constant distance between two opposite road-borders in the image. The image-space in the large frame of Fig. 1 shows exemplarily the area of homogeneous pixels (marked red) and the gradient-edges at the borders (marked blue).



Fig. 1: Homogeneous road area (red) and border edges (blue), original image (top left).

The tracked road-network is represented as a graph delineating the road-borders. The graph is connected and consists of one mesh surrounding the road-area, representing the borderline. Only nodes of degree 2 exist. However, nodes of degree 1 occur when a connection between two nodes is removed to add new road parts. The concept of a connected graph is used although only nodes of degree 1 and 2 occur. An alternative would be to represent the road by single lines or one mesh, respectively, but the notation of graphs allows more flexibility regarding the extension of a road at a specific node, and the conversion between line and mesh is feasible straight forward. The nodes contain the global coordinates of the border points to represent the actual shape. The spatial distance between the nodes can vary to represent the real road-area (cf. Fig. 2).



Fig. 2: Road outline superimposed on two images (left); detail properties of graph (right): node id (blue number), node degree (black number).

2.2 System and Strategy

In this section an overview of the proposed approach is given. The basic system for road-tracking requires the following input information: An image sequence of overlapping, georeferenced orthoimages with a minimal overlap of 30%, a decision concerning one constant direction to process the sorted images and knowledge about the road-color. The system controls the iterative tracking of the road-network over the individual images of the sequence (cf. Fig. 3). *Roads-of-interest* are determined by manually digitizing the area of demanded roads in a *start image* with a closed polygon. Since the road is internally represented as a closed graph, the initially provided road information is called the *Start-Graph*. The edges of the graph represent the road borders, at the image-border the graph is closed in order to obtain a valid description.

The strategy is based on the processing of each image depending on extracted areas of the previous image (cf. Fig. 4). A transition to the next image is achieved by transformation of the existing graph from the previous image into the next image. The transition is either forward or backward in the image sequence, since the images are required to be georeferenced and orthoprojected. In the transformed image, called the *Current Image*, the part of the road-network contained in the overlapping area of the two images is available. The edge of the graph representing the current road out-

line which intersects with the current image is removed, resulting in two nodes with degree 1 and enabling an extension of the road area. A supervised Maximum Likelihood classification using training data from the overlapping area of the current image delivers initial road segments. The training area is explicitly defined by mapping the road graph into the current image. Gradient-edges in the current image, extracted by the Sobel filter, determine road-borders precisely. Tracking is performed by continuing the graph at its open sections by adaptation of the road-parts in the non-overlapping area of the current image. The adaptation is accomplished by an iterative tracking along the borders creating new nodes within the current graph as origin. The *Resulting Graph* for the road-extraction is the result of tracking and is closed at the image borders. Based on the result-graph, the next overlapping image in the sequence is chosen to perform the pre-described processes. The resulting graph is equal to the final result, if no remaining overlapping images are available (cf. Figs. 3 and 4).

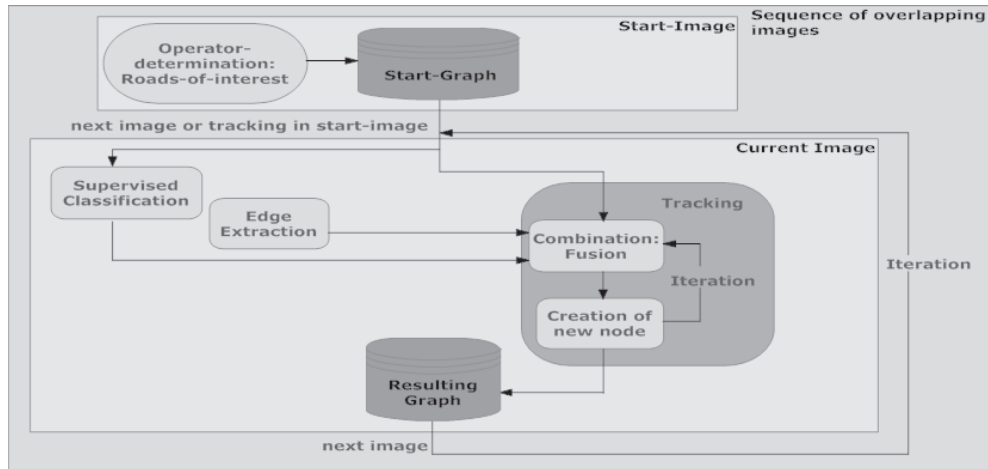


Fig. 3: System of road-tracking.

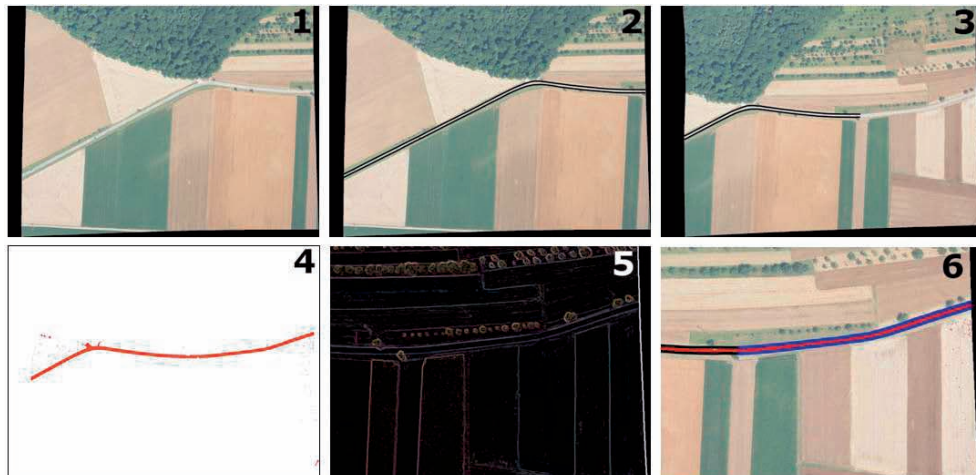


Fig. 4: Example of system process: Start image (1), determination closed start graph (black) (2), switch image (3), classification (4), edge extraction (5), continuation of graph (blue) (6).

2.3 Combination of Classification and Edge Extraction

One important part of the road-tracking system is the fusion of areal and linear features by a combination of image segments retrieved by the classification and the image edges. This combination is necessary for the decision on how to continue the graph at an open node. For the tracking, rules are defined to decide which source is used to extract parts of a road-border at particular points.

The rules for the combination are derived from the general road model explained above. Concerning the continuation at an open node-point, the first rule claims that the start-point of an edge must lie inside a small radius around the node because the border-lines of a road must be completely connected. The second rule demands that the edge does not deviate much in direction and collinearity, because the border-lines at straight road-sections are collinear. Since roads are supposed to have a constant width, the third rule states that an

edge must build a constant width with the opposite one: The end-point of an edge and the current node must create a constant radius to its nearest node on the other roadside. Moreover, an edge must be located near the border of the classified region. Besides the rules for standard road-sections, exceptions for junctions, occlusions and road-ends are defined. At a junction, the deviation in mean-direction is allowed to be larger because the road-model regards junctions as sections with a larger change in direction. Since occlusions are modeled as interruptions in the connected borderline, the radius is allowed to be larger. The exceptions concerning occlusion over larger parts, road-entries and road-ends in the image admit the deviation from mean-direction to be larger.

Different rules have been defined to realize the described concept. The most important constraint is that the edges have to comply with the mean-direction provided by the classified region where it is connected. For the selection of a candidate first a gradient-edge candidate fulfilling the model-constraints gets connected. Edges are preferred since they determine road-borders locally more precisely. They must keep a small distance to the border of the segment from the image classification in order to guarantee the validity. In case no gradient-edge is found in the current region of interest, points on the classified region-border are searched and connected. The two separate representations and a morphologic closing of the classification result avoid the inclusion of edges with a larger deviation. To handle the exceptions junction, road-end, road-entry and partly occlusion, it is sufficient to claim that an

edge has to lie near the segment border fitting to the mean-direction. As the second choice points on the segment border which can have a larger deviation from the mean-direction are permitted.

Small occluded areas, e.g., caused by single trees, are bridged through the morphologic closing, applied to the classification result, but larger gaps have to be closed in a post-processing step.

2.4 Post-Processing: Closing of Gaps in the Network

A post-processing step examines the graph representing the final result in order to close gaps in the network between opposite road-ends. Currently, only gaps on straight roads are found automatically. In Fig. 5 the principle is sketched. First, all edges representing road-ends are removed. In a second step collinear road borders are searched, whereas the distance between the endpoints must not exceed a certain threshold. After closing the respective gaps, the remaining road-ends are closed again to yield a closed graph.

3 Results and Analysis

3.1 Results of Road-Tracking

The proposed road-tracking approach was tested with a dataset from the 3K-camera system, a small frame camera developed by the German Aerospace Center (DLR) (KURZ et al. 2007). The data was chosen from a test-se-

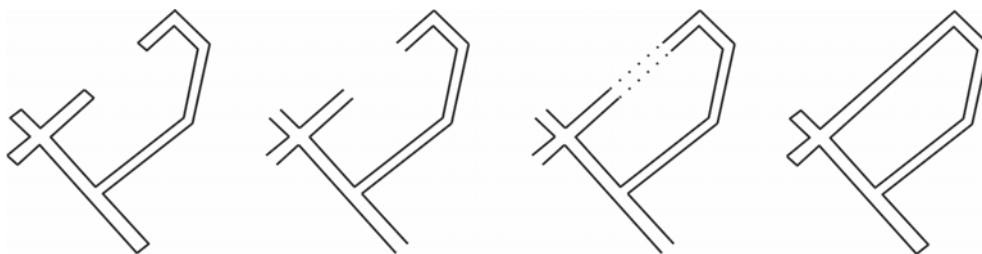


Fig. 5: Closing gaps (from left to right): Initial net with gap; removing edges in the graph not representing road borders; finding collinear road borders; final net with closed gap and closed road-ends.

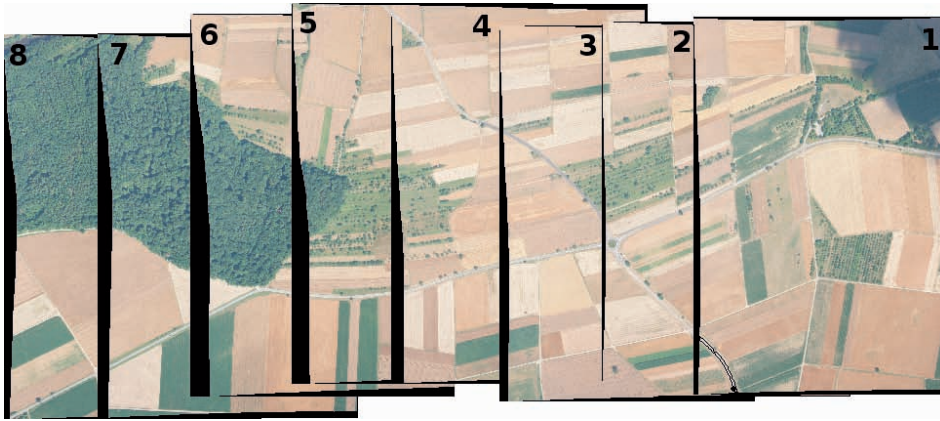


Fig. 6: Image sequence A: The start graph is delineated in image 1 (black).

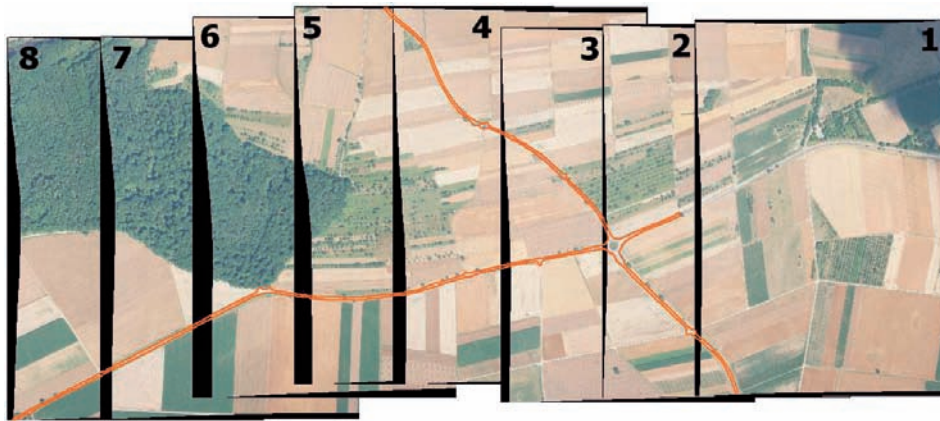


Fig. 7: Image sequence A: Result of road-tracking started from image 1 (red).



Fig. 8: Orthoimage mosaic A: Result of road-tracking started from the right (black), derived road parts up to required new initializations are color-coded (blue, red, yellow).

quence captured at a flight over Vaihingen an der Enz.

The results derived from the given dataset show that main-roads are tracked reliably. In sequence A (cf. Fig. 6), main-roads with similar color are shown. The roads are uniquely and clearly separated from the background. The road-features are long parts, junctions and road-entrances with maximal 90° deviation in mean-direction. Most of the main-roads were extracted and connected.

The tracking works reliably and reaches relatively high quality values: A completeness of 76 % and a correctness of 89 % (cf. Fig. 7). The simple shape of the road-features and the smooth borders allow a robust tracking. The extracted network includes junctions and road-entrances with a similar color to the main-roads. The classification supports the robust tracking because main-roads are unique in color compared to the background. In addition, complex junctions continuing in different directions, for example the roundabout in Fig. 7 in image 2 and image 3, are tracked correctly. The tracking along borderlines, separately and independently at each roadside, allows for an extraction independent from the shape of road-sections. However, tracking cannot be continued reliably at complete occlusion or shadows, as for example shown in Fig. 7, image 2 (right). Tracking stops because the segmented area is not completely connected.

To further examine the influence of using individual overlapping images on the approach, the same experiment was conducted a second time using an orthoimage mosaic. The result is shown in Fig. 8: Starting from the same initial segment (black) as defined in Fig. 6, the tracking stops already after a short road section (blue). In contrast to the result from the image sequence depicted in Fig. 7, two additional initial training sets have to be provided to restart the tracking process, see Fig. 8 red and yellow. This demonstrates the superior strategy of the proposed new approach using the images of the sequence directly, where for each image the classification is automatically trained exploiting the redundant information of the overlapping area. If the image segments derived through classification contain too many background pixels,

the tracking may stop at one individual road side. The graph describing the road outline is then closed without further consideration of image information, which requires manual correction of the graph (cf. different colors of opposite road sides in Fig. 8).

Besides the tests for main roads, extractions of field-paths are performed in test sequence B (cf. Fig. 9). The example contains a successful extraction of field-paths. The width of field-paths is small and the signature of field-paths in feature space is quite similar to the surroundings, leading to a less reliable and accurate classification. The small width of field-paths is of no disadvantage for the tracking method. If a clear classification can be reached, good quality values for tracking are possible reaching a completeness of 56 % and a correctness of 88 % (cf. Fig. 10).

In this sequence the classification is accurate enough to track the road-network robustly. The borders at opposite road-sides are tracked reliably and are clearly separated from each other. However, problems occur at field-paths containing a color being too similar to the surrounding. The borders of the segments from classification are detected wrongly or changes in mean-direction of the borderlines are too large, since no clear classification of roads is possible.

The same experiment was conducted using an orthoimage mosaic and the results are shown in Fig. 11: Again, the tracking starts from the same initial segment (black) as defined in Fig. 9 and stops already after a short road section (blue). Two additional trainings for the classification are necessary to obtain results similar to the proposed approach using the images of the sequence separately.

A high redundancy by a large image overlap is of advantage for the classification. Fig. 12 shows an image which was classified with training-pixels determined by the resulting-graph of the previous image. An overlap of 60 % results in reliable segments with a completeness of 79 % and a correctness of 93 %.

A less reliable classification is gained if only a smaller overlap is available, see Fig. 13 for an example with 30 % overlap of adjacent images: Now, the quality values achieve a completeness of only 75 % and a correctness of 93 %. Less pixels of the road are classified



Fig. 9: Image sequence B: The start graph is delineated in image 1 (black).



Fig. 10: Image sequence B: Result of road-tracking started from image 1 (red).

3.2 Results of Post-Processing

correctly. The borders are detected less correctly compared to the results shown in Fig. 12. For example, a larger background area is segmented as road which is directly connected with the road-segment (cf. Fig. 13).

Though the basic tracking approach works well in open landscapes, occlusions caused by trees or similar background colors lead to gaps in the road network (cf. Fig. 10). Gaps are closed by the post-processing operation to re-



Fig. 11: Orthoimage mosaic B: Result of road-tracking started from the right (black), derived road parts up to required new initializations are color-coded (blue, red, yellow).

connect roads as described in Section 2.4. In Fig. 14 an example is shown where a gap of the basic tracking is closed.

4 Conclusions

In this paper, an approach for the tracking of roads in sequences of single overlapping airborne small-frame images by exploiting redundancy is presented. It combines a supervised classification with edge extraction in subsequent overlapping images in order to track roads in rural areas. The results show that the combined use of classification and edge extraction makes the method quite robust. Since training areas for the classification are defined automatically from the overlap with the previous image, the feature space is adapted ideally to the particular image. In case the road is not well separable from the background, for example at narrow field paths, the classification is not reliable and leads to an incomplete extraction. Experiments conducted with orthoimage mosaics produced from the same input images demonstrate the added value of exploiting the overlap region for

automatic adaptation of the feature space: Using the same initial training region, manual intervention, including provision of additional training regions, is necessary to yield a similar result as from individual overlapping images.

The classification quality and thus the road extraction quality depend on the realized image overlap as the example shows. In practical applications, however, this is not critical as the standard overlap at least in flying direction is 60% or more.

The proposed method to close gaps in a post-processing step has limitations, because it only considers the roads extracted so far. In addition, the current implementation is only able to complete gaps on straight road segments. A better approach would attempt to use the images again to verify and enhance the road extraction.

Further developments may go into different directions. One could use existing GIS data to support the road classification. In that case more emphasis has to be put on identifying erroneous training data. It needs to be accounted for different road surfaces, i.e., to use different road classes. For some platforms like light-weight UAV an accurate INS is not available

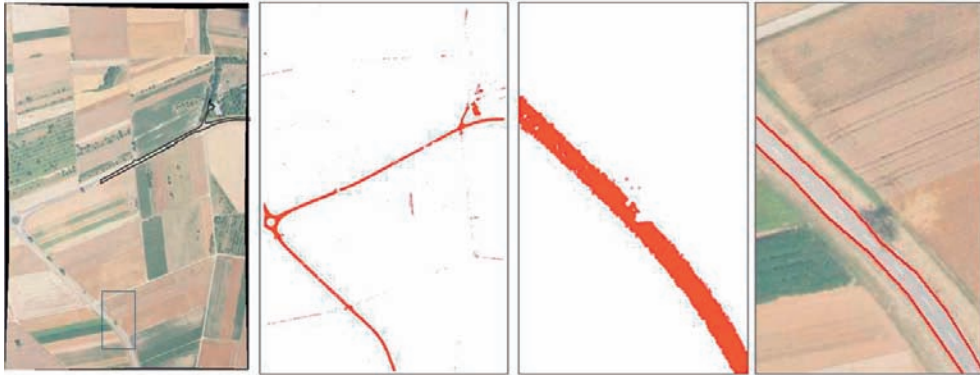


Fig. 12: Road extraction result at 60% image overlap (from left to right): Initial road outline projected into image to delineate the training area (black); classification result; zoom shows good quality of classification; finally delineated road.

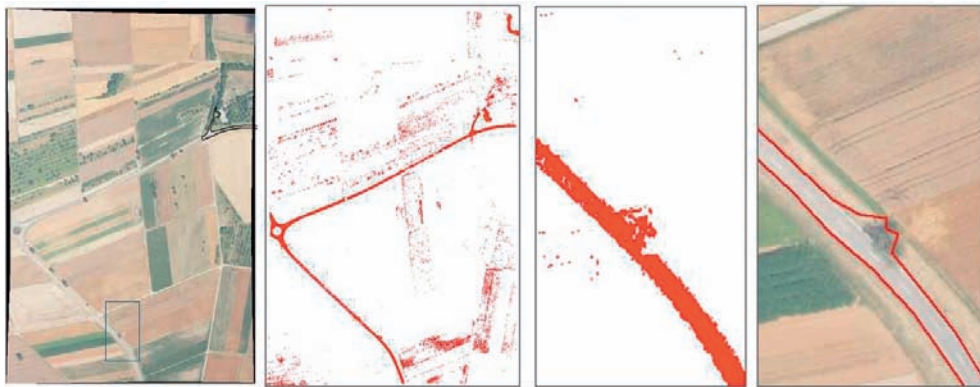


Fig. 13: Classification and tracking result at 30% image overlap (from left to right): Smaller training area than for 60% because of smaller overlap; classification shows much more false positive errors; zoom in shows larger error than for 60% overlap; delineation with errors.



Fig. 14: Post-processing by topological connection of occluded road-sections: Stop at complete occlusion (left), connection through post-processing (right).

and, thus, georeferenced orthoimages can not be computed. However, for quite a number of applications, like quick inspection of UAV images, it is desired to track roads anyhow, even without georeference. Therefore, a further goal is to reach independency from real-time navigation and orthorectification. This can be achieved by computing only the relative orientation from image to image. The node points of the graph need then be transformed from one frame to the next using the particular transformation.

Acknowledgements

The 3K-camera images are provided by the German Aerospace Center (DLR).

References

- BACHER, U. & MAYER, H., 2005: Automatic Road Extraction from Multispectral High Resolution Satellite Images. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3): 29–34.
- BUTENUTH, M., REINARTZ, P., LENHART, D., ROSENBAUM, D. & HINZ, S., 2009: Analysis of Image Sequences for the Detection and Monitoring of Moving Traffic. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **5/09**: 421–430.
- HINZ, S., WIEDEMANN, C. & BAUMGARTNER, A., 2000: A scheme for road extraction in rural areas and its evaluation. – *Fifth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 134–139.
- HUA, H., YING, L., XUN, W., XIA-JUN, Z. & BIN, X., 2008: Road Extraction in Remote Sensing Images Using a New Algorithm. – *IEEE International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 779–782.
- JING, S., XIANGGUO, L., YUNFEI, S. & CHENG, W., 2008: Knowledge-Based Road Extraction from High Resolution Remotely Sensed Imagery. – *IEEE Congress on Image and Signal Processing*, 608–612.
- KURZ, F., MÜLLER, R., STEPHANI, M., REINARTZ, P. & SCHROEDER, M., 2007: Calibration of a Wide-angle Digital Camera System for Near Real Time Scenarios. – *ISPRS Hannover Workshop 2007, High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*, on CD.
- MAYER, H., HINZ, S., BACHER, U. & BALTSAVIAS, E., 2006: A Test of Automatic Road Extraction Approaches. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3): 209–214.
- MENA, J. & MALPICA, J.A., 2005: An Automatic Method for Road Extraction in Rural and Semi-urban Areas Starting from High Resolution Satellite Imagery. – *Pattern Recognition Letters* **26** (9): 1201–1220.
- ROSENBAUM, D., CHARMETTE, B., KURZ, F., SURI, S., THOMAS, U. & REINARTZ, P., 2008: Automatic Traffic Monitoring from an Airborne Wide Angle Camera System. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences* **37** (3b): 557–562.
- THOMAS, U., ROSENBAUM, D., KURZ, F., SURI, S. & REINARTZ, P., 2009: A new Software/Hardware Architecture for Real Time Image Processing of Wide Area Airborne Camera Images. – *Journal of Real-Time Image Processing* **4** (3): 229–244.
- VOSSELMAN, G. & DE KNECHT, J., 1995: Road tracing by profile matching and Kalman filtering. – *Workshop on Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Birkhaeuser, 265–274.

Addresses of the Authors:

Dipl.-Ing. MATHIAS KOLLER, Dr.-Ing. MATTHIAS BUTENUTH, Technische Universität München, Lehrstuhl für Methodik der Fernerkundung, Arcisstr. 21, D-80333 München, Tel.: +49-89-28923857, Fax: +49-(0)89-2809573, e-mail: mathias.koller@gmx.de, matthias.butenuth@bv.tum.de

Dr.-Ing. MARKUS GERKE, University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands, Tel.: +31-53-4874522, e-mail: gerke@itc.nl

Manuskript eingereicht: November 2009
Angenommen: Juli 2010



NRT-Monitoring am Vulkanausbruch Eyjafjallajökull (Island) mit TerraSAR-X

ULRICH MÜNZER, CHRISTOPH MAYER, München, LUTZ REICHEL, Maisach, HARTMUT RUNGE, THOMAS FRITZ, CRISTIAN ROSSI, Oberpfaffenhofen & ÁGÚST GUDMUNDSSON, Kópavogur, Island

Keywords: TerraSAR-X, Vulkanismus, NRT-Monitoring, Gletscherlauf, Island

Summary: *NRT-Monitoring of the Eyjafjallajökull volcanic eruption (Iceland) with TerraSAR-X.* Natural disaster monitoring in Iceland, based on remote sensing data is performed by the group of geological remote sensing at the University of Munich for the space agencies ESA, NASDA/JAXA and CSA since 1992. This will be an important contribution by remote sensing techniques for the early warning and monitoring of natural disasters. The recent volcanic eruptions of the Fimmvörduháls (20.3.–12.4.2010) and beneath Eyjafjallajökull (since 14.4.2010) were the motivation for acquiring a series of TerraSAR-X scenes covering the volcanoes. This new satellite generation with its different beam modes and the additional option of rotation of the satellite from right looking to left looking mode allows an almost daily coverage of the active region in Iceland. This high frequent time series allowed a detailed investigation of the impact of the volcanic activities on the ice cover. For the first time, also a glacier outburst flood (jökulhlaup: massive flood originating from melted glacier ice) could be covered by the image (15.4.2010). The flow velocities of this flood have been determined by Doppler-frequency measurements. Our study shows that the very fast data availability from TerraSAR-X enables an NRT-monitoring for observing natural processes.

Zusammenfassung: Aufbauend auf die seit 1992 durchgeführten Fernerkundungsprojekte zum Katastrophen-Monitoring in Island für die Weltraumorganisationen ESA, NASDA/JAXA, CSA wird mit den TerraSAR-X Satellitendaten (Projekt DLR ID GEO0100) ein Near-Real-Time (NRT) – Monitoring zur Überwachung subaerischer und subglazialer Vulkane in der Neovulkanzone Islands entwickelt. Dadurch soll ein wichtiger fernerkundlicher Beitrag zur Früherkennung von Naturkatastrophen und deren Überwachung geleistet werden. Aktueller Anlass für die Aufnahme einer Datenreihe mit TerraSAR-X war der Vulkanausbruch am Fimmvörduháls (20.3.–12.4.2010) und dem kurz darauf folgenden Ausbruch am Eyjafjallajökull (14.4.2010). Die neue Satellitengeneration des TerraSAR-X ermöglicht mit den unterschiedlichen Beam-Modes und zusätzlichem Drehen des Satelliten vom Right Looking Mode in einen Left Looking Mode eine nahezu tägliche Datenaufnahme für Island und damit eine zeitlich sehr detaillierte Untersuchung des Einwirkens von vulkanischer Aktivität auf die Eisbedeckung. Erstmals konnte auch ein Gletscherlauf (isl. Jökulhlaup; Schmelzwasserflut durch vom Vulkan abgeschmolzenes Gletschereis), mit einer Stripmap-Szene einen Tag (15.4.2010) nach dem subglazialen Vulkanausbruch erfasst und die Fließgeschwindigkeit durch eine Doppler-Frequenz-Messung berechnet werden. Unsere Studie zeigt, dass die sehr schnelle Datenverfügbarkeit beim TerraSAR-X ein NRT-Monitoring zur Überwachung von Naturereignissen ermöglicht.

1 Einleitung

Island ist der zentrale Bereich des aseismischen Island-Färö-Rückens und liegt am modellhaft symmetrischen Reykjanes-Segment des Mittelatlantischen Rückens (EISBACHER

1991). Die topographische Erhebung der ca. 103.000 km² großen Insel über die normale Tiefenlage dieses Rückens ist auf die Kombination eines Asthenosphären diapires mit der

Aufstiegszone eines tiefer gelegenen Hotspots zurückzuführen (JAKOBSSON 1979, PÁLMASSON 1986). Dadurch wurde die magmatische Tätigkeit verstärkt und das Volumen an extrudierten Laven wesentlich erhöht. Gegenüber den recht einförmigen tholeiitischen mittelozeanischen Rückenbasalten zeichnet sich der über dem Meeresspiegel gelegene Festanteil von Island durch eine größere Varietät an Gesteinstypen aus. 80–85 % der Gesteine sind Tholeiite, Übergangs-Alkalibasalte und Alkalibasalte, ca. 10 % besitzen einen sauren bis intermediären Chemismus und die Anteile der Sedimente vulkanischen Ursprungs betragen etwa 5–10 % (SAEMUNDSSON 1979). Die Riftzone durchzieht Südisland mit zwei nahezu parallel versetzten Zweigen (Westliche Vulkan Zone u. Östliche Vulkan Zone) in SW-NE Richtung. Verbunden ist diese Riftzone durch eine ca. 70–80 km lange Transform-Fault (South Iceland Seismic Zone SISZ) mit starker

seismischer Aktivität bis M 7 (EINARSSON et al. 1981, HJALTADÓTTIR et al. 2005). Im Zentrum Islands vereinen sich diese beiden Riftzonen und setzen sich S-N streichend bis zur Atlantikküste Nordislands fort.

Diese sog. Neovulkanische Zone nimmt rund 35.000 km², etwa ein Drittel der Fläche Islands ein. Seit dem Ende der letzten Eiszeit waren schätzungsweise 200 Vulkane aktiv mit einer Magmenförderung von 400–500 km³. Seit der Besiedelung Islands vor 1.140 Jahren betrug die Lavaproduktion aus 30 Vulkansystemen ca. 40 km³, wobei der Anteil basischen Materials bei 70 %, intermediären bei 23 % und sauren bei 7,5 % liegt (SAEMUNDSSON 1979, JAKOBSSON 1979).

Zurzeit sind 11.048 km², d. h. ca. 10 % der Landfläche Islands vergletschert. Europas größte geschlossene Eisfläche ist der Plateaugletscher Vatnajökull (8.086 km²), gefolgt vom Langjökull (929 km²), Hofsjökull

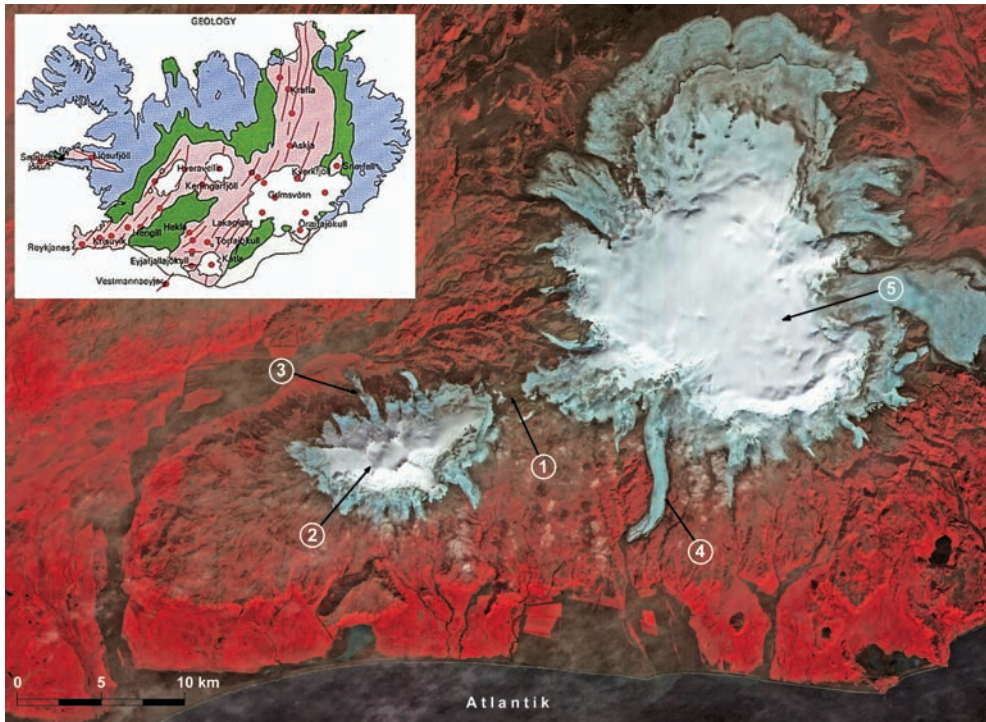


Abb. 1: ASTER Bildausschnitt (RGB Kanal 3,2,1) vom 23.9.2004 mit dem Mýrdalsjökull (596 km²) und Eyjafjalljökull (80 km²) sowie geologischer Übersichtskarte Islands (www.nordvol.hi.is) © NASA. Ausbruchsstelle: ① Fimmvörduháls, ② Eyjafjallajökull; Gletscherzunge: ③ Gígjökull, ④ Sólheimajökull; Subglazialer Vulkan: ⑤ Katla.

(889 km²), Mýrdalsjökull (596 km²), Drangajökull (146 km²) und Eyjafjallajökull (80 km²) sowie kleineren Kargletschern im Norden und vergletscherten Einzelvulkanen (SIGURDSSON 1992, 1998, 2005). Auch unter den Gletschern gibt es, ausgelöst durch seismische Aktivitäten, gewaltige subglaziale Ausbrüche. Mit über 20–30 Eruptionen zählt die Grímsvötn (Vatnajökull) mit ihren Gletscherläufen (isl. Jökulhlaup) zu den aktivsten Vulkanen. Ihre letzten Ausbrüche waren 1922, 1934, 1938, 1982, 1983, 1998 und zuletzt 2004. Der folgenschwerste Ausbruch war in letzter Zeit an der Gjalp (1996), nur wenige Kilometer nördlich der Grímsvötn gelegen. Während eines kurzfristigen Gletscherlaufs verwüsteten ca. 3,4 km³ Schmelzwasser mit einem Abfluss von 53.000 m³/s das periglaziale Vorland im Süden Islands (BJÖRNSSON 1988, ADALGEIRSDÓTTIR 2003, MAGNUSSON et al. 2005, GUDMUNDSSON et al. 1997, 2003, MÜNZER et al. 2000, 2001, 2003). Unter dem Eis des Mýrdalsjökull liegt der Zentralvulkan Katla. Der letzte verheerende Ausbruch war im Jahr 1918 mit einem gewaltigen Gletscherlauf (> 300.000 m³/s).

Derzeit letzter Vulkanausbruch in Island fand am 20.3.–12.4.2010 am Fimmvörduháls statt, einem Bergrücken zwischen dem Mýrdals- und Eyjafjallajökull, und kurz danach begann am 14.4.2010 der Ausbruch am Eyjafjallajökull, nur 8 km westlich der ersten Ausbruchsstelle gelegen (Abb. 1). Die vulkanische Aktivität ist wahrscheinlich am 24.5.2010 abgeschlossen, obwohl eine seismische Aktivität weiterhin vorhanden ist.

2 NRT-Monitoring mit TerraSAR-X

Der TerraSAR-X wurde am 15. Juni 2007 als erster deutscher Radarsatellit für die Erdbeobachtung vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur gestartet. Er wird vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betrieben. Nach der Kalibrierungsphase nahm TerraSAR-X seinen operationellen Betrieb im Januar 2008 auf. Der Satellit umkreist die Erde in einer 514 km hohen, nahezu polaren Umlaufbahn (Inklination 97,44°) und fliegt in einem sog. sonnensynchronen, dusk-dawn Orbit. Das bedeutet, dass der Satellit entlang

der Tag-Nacht-Grenze fliegt und der Sonne immer die gleiche Seite zuwendet. Dies dient insbesondere einer optimalen Energieversorgung durch die Solarzellen.

TerraSAR-X nutzt für die Aufnahme von hochauflösenden Radardaten der Erdoberfläche ein Synthetik Aperture Radar (SAR), das aktiv Radarimpulse im X-Band (Wellenlänge 3,1 cm, Frequenz 9,65 GHz) abstrahlt und das von der Erdoberfläche reflektierte Radarecho wieder mit seiner Antenne empfängt und aufzeichnet.

Die Wiederholrate des TerraSAR-X beträgt 11 Tage, d. h. er erreicht nach jeweils 11 Tagen wieder seine ursprüngliche Position bzw. Orbit. Da der Satellit aber mit unterschiedlichen Blickwinkeln (Incidence Angle) arbeiten kann und unterschiedliche Aufnahmemethoden (beam modes) nutzt, ist es möglich jede Szene auf der Erde innerhalb von 2–4 Tagen (abhängig vom Breitengrad) einmal aufzunehmen. Es stehen folgende Beam Modes zur Verfügung: – Im Spotlight-Modus wird ein Gebiet von 5 bzw. 10 x 10 km Größe erfasst. Dabei wird eine max. Bodenauflösung von bis zu 1 Meter erreicht. – Im Stripmap-Mode nimmt der TS-X Streifen von 30 km Breite mit einer max. Länge von 1.500 km (Szenengröße 30 x 50 km) und einer Auflösung von 3 m auf. – Im ScanSAR-Mode wird ein Streifen von 100 km Breite und max. 1.500 km Länge (Szenengröße 100 x 150 km) mit einer Auflösung von 18 m abgetastet. Zusätzlich kann auch mit verschiedenen Polarisationen aufgenommen werden. Gesteuert wird der TerraSAR-X vom Bodenkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen bei München. Die aufgenommenen Daten werden in einem Onboard-Speicher abgelegt und können über mehrere Datenempfangsstationen zum Boden übertragen werden. Das so genannte TerraSAR-X „Payload Ground Segment (PGS)“ des DLR übernimmt die Archivierung, die Prozessierung, die Datenbestellabwicklung und die Auslieferung der Daten. Wissenschaftliche Kunden werden direkt vom DLR bedient; kommerzielle Kunden werden von der EADS Astrium-Tochter Infoterra GmbH betreut, die am TerraSAR-X über ein so genanntes Public-Private-Partnership beteiligt sind. (DLR-Missionsbroschüre TerraSAR-X_D-GB Juli 2009).

Über das Datenkontingent des Projektes „Monitoring of glaciovolcanic interactions in Iceland utilizing TerraSAR-X – Continuation and enhancement of the existing SAR-based hazard observation“, DLR ID: GEO0100 PI: U. MÜNZER, wurden zur Überwachung des Vulkanausbruchs des Eyjafjallajökulls im Zeitraum vom 20.3.2010 bis 19.5.2010 für unsere Untersuchungen 17 Stripmap-Szenen, 3 ScanSAR-Szenen sowie 1 Spotlight Szene (alle in HH Polarisation) über das EOWEB-Portal des DLR bestellt und abgerufen. Bedingt durch die gewaltige Eruption des Eyjafjallajökull (14.4.2010) wurde sofort am 15.4.2010 morgens um 9:32 Uhr eine Stripmap-Szene für den gleichen Tag (Aufnahmezeit 19:34 Uhr, ascending path) in enger Zusammenarbeit mit dem DLR bestellt und programmiert. Am 16.4.2010 um 4:53 Uhr früh war die Szene als EEC-Basisprodukt (Enhanced Ellipsoid Corrected) bereits ausgeliefert, d. h. knapp 10 Stunden nach der Aufnahme. Dabei wurde die Standard Prozessierungskette durchlaufen und kein gesonderter Near-Real-Time (NRT) Rechner genutzt.

Durch die subpolare Lage von Island sind dort nahezu tägliche Aufnahmen möglich. An einigen Tagen des 11-Tage Wiederholzyklus sind sogar zwei Datenakquisitionen pro Tag möglich (ascending und descending path). Dies wurde bei unserem Monitoring genutzt. Bei der notwendigen lückenlosen Zeitserie zur Überwachung der Vulkane wurden auch Aufnahmen außerhalb des zulässigen Incidence Winkels von 20°–45° für Stripmap-Szenen sowie auch für kurze Zeit der Left-Looking Mode aktiviert. Dabei dreht sich der Satellit um seine Längsachse, um die Radar-Antenne vom standardmäßigen Right-Looking Mode auf Left Looking Mode auszurichten. Dieses Manöver kann nur in Ausnahmefällen vom DLR durchgeführt werden, da es den operationellen Betrieb des Satelliten einschränkt.

3 Vulkanausbruch am Fimmvörduháls (20.3.–12.4.2010) und Eyjafjallajökull (14.4.2010–?)

Der Eyjafjallajökull-Vulkankomplex mit dem Godasteinn als höchste Erhebung (1.666 Meter über mittlerer Meereshöhe (M. ü. m. M.)

befindet sich im östlichen Zweig der Riftzone Südislands. Rund 80 km² Fläche sind derzeit mit Gletschereis bedeckt (SIGURDSSON 2005). Während des letzten Ausbruchs (1821–1823) entstand am Gipfel des Vulkanstocks eine elliptisch ausgerichtete Caldera mit einem Durchmesser von ca. 2,6 km und 4,3 km² Fläche (aus TerraSAR-X Daten). Die Eismächtigkeit ist bis zu 200 m stark (GUDMUNDSSON & HÖGNARDÓTTIR 2005). Nur einzelne Spitzen der subglazialen Caldera ragen derzeit mit einer Höhe von 1.571–1.666 M. ü. m. M. aus dem Eis heraus. Nach Norden hin ist die Caldera geöffnet. Hier zieht sich die Gletscherzunge des Gígjökull (Fläche 3,2 km², Länge 3,8 km, Breite 0,7–1,0 km) bis auf 175 M. ü. m. M. talwärts und endet in einem von Seiten- und Endmoränen eingebetteten Eisrandsee (Fläche 0,65 km², max. Breite 750 m, max. Länge 1.150 m aus TSX-Szene 20.3.2010) mit einem Abfluss in die Krossá und Markarfljót (Abb. 2).

Mit kurzen Zeitabständen gab es zwei Vulkanausbrüche, den kleineren am Fimmvörduháls (20.3.2010) und den durch die enormen



Abb. 2: Kartenausschnitt vom Eyjafjallajökull-Vulkankomplex (M = 1:175.000); © LMI/Fixlanda ehf.

phreatischen Ascheauswürfe (geschätztes Fördervolumen $0,3 \text{ km}^3$) nun bekannten am Eyjafjallajökull (14.4.2010 mit vermutlichen Ende am 24.5.2010). Beide Vulkane liegen in E-W Richtung nur 8 km voneinander entfernt (Abb. 5). Nur am Eyjafjallajökull spielte das abgeschmolzene Gletschereis eine wesentliche Rolle bei dem Vulkanereignis. Beim Fimmvörduháls lag die Eruptionsstelle ($63^\circ 38,1' \text{ N}$, $19^\circ 36,4' \text{ W}$) in einer eisfreien Region am Bergrücken (ca. 1.040 M. ü. m. M.) zwischen dem Eyjafjallajökull und Mýrdalsjökull. Während der 24-tägigen Eruptionszeit wurde Lava (Alkali-Olivin Basalt) gefördert, die eine Fläche von $1,16 \text{ km}^2$ auf dem Plateau bedeckt (aus TSX-Szene 15.4.2010). Ein Teil der Lava floss in tief nach Norden eingeschnittene Felsschluchten (Abb. 5 und 6).

Erhöhte seismische Aktivität begleitete den Beginn des Ausbruchs am Eyjafjallajökull ($63^\circ 38' \text{ N}$, $19^\circ 38' \text{ W}$) am 14.4.2010 mit einer Eruptionsphase, die am 24.5.2010 ihr bisheriges Ende fand. Die Aktualität dieses gewaltigen Ausbruchs war Anlass ein NRT-Monitoring mit einer TerraSAR-X Zeitreihe durchzu-

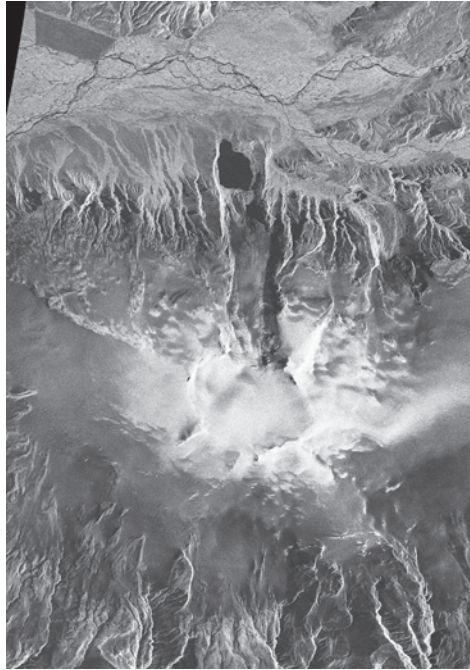


Abb. 3a: TSX Bildausschnitt vom 20.3.2010; Stripmap T125 str010R desc.; © DLR; (Bildbreite 10,34 km, Bildhöhe 14,84 km).

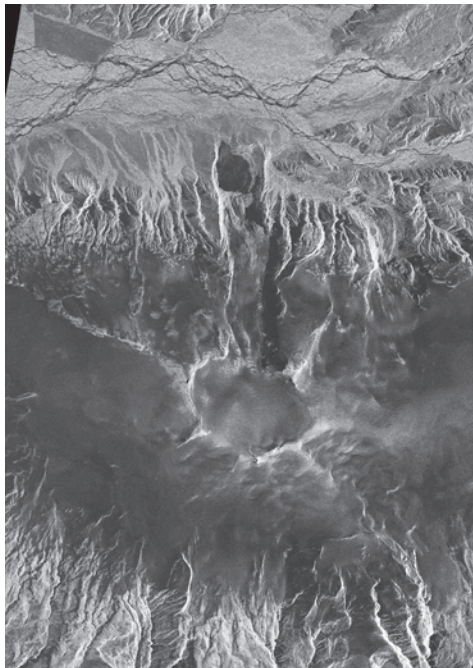


Abb. 3b: TSX Bildausschnitt vom 11.4.2010; Stripmap T125 str010R desc.; © DLR.

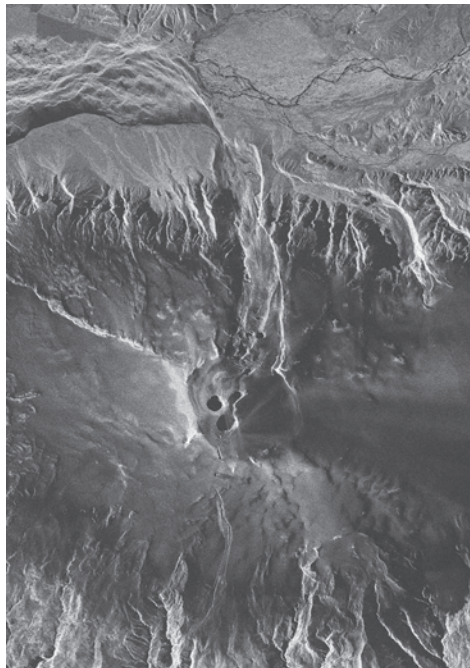


Abb. 3c: TSX Bildausschnitt vom 15.4.2010; Stripmap T26 str019R asc.; © DLR.

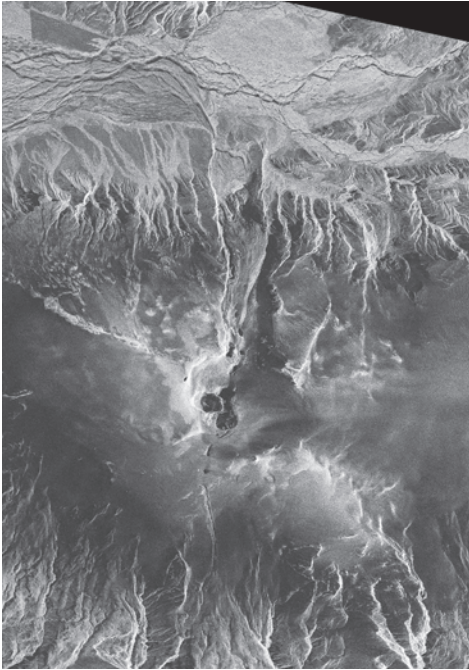


Abb. 3d: TSX Bildausschnitt vom 16.4.2010; Stripmap T34 str006R desc.; © DLR.

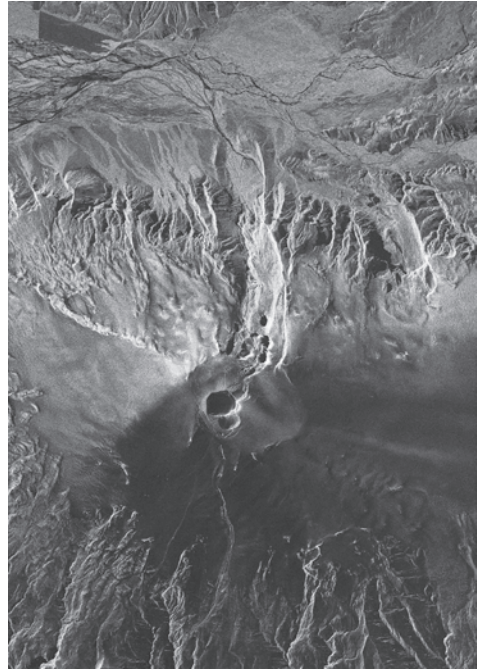


Abb. 3e: TSX Bildausschnitt vom 18.4.2010; Stripmap T65 str013R desc.; © DLR.

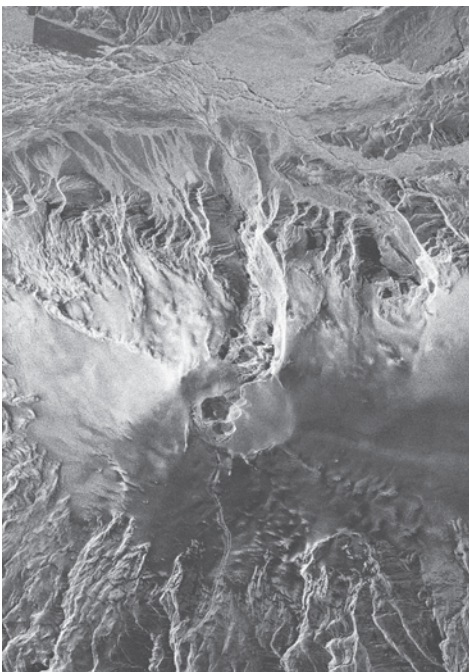


Abb. 3f: TSX Bildausschnitt vom 19.4.2010; Stripmap T80 str005L desc.; © DLR.

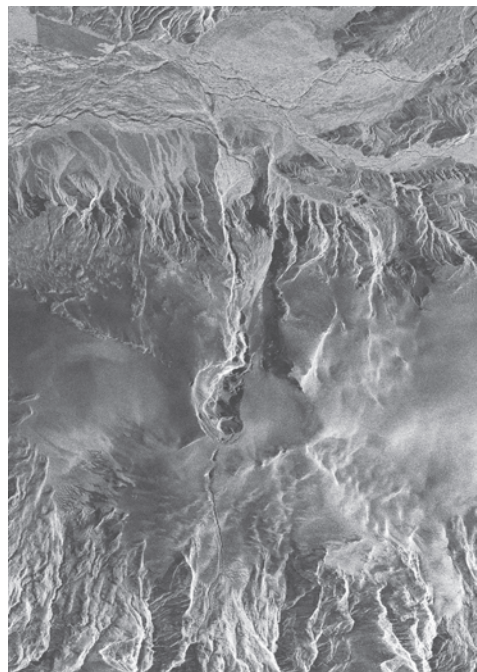


Abb. 3g: TSX Bildausschnitt vom 27.4.2010; Stripmap T34 str006R desc.; © DLR.

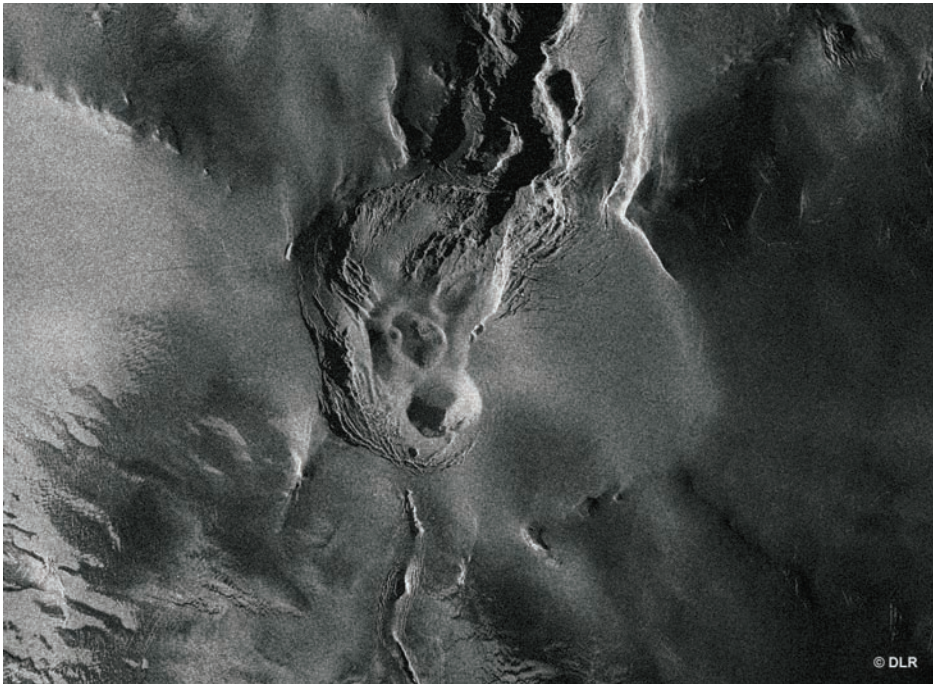


Abb. 4: TerraSAR-X-Bildausschnitt der Spotlight Szene (T26 spot087R) vom 7.5.2010, mit der subglazialen Caldera und neuen Ausbruchstellen.

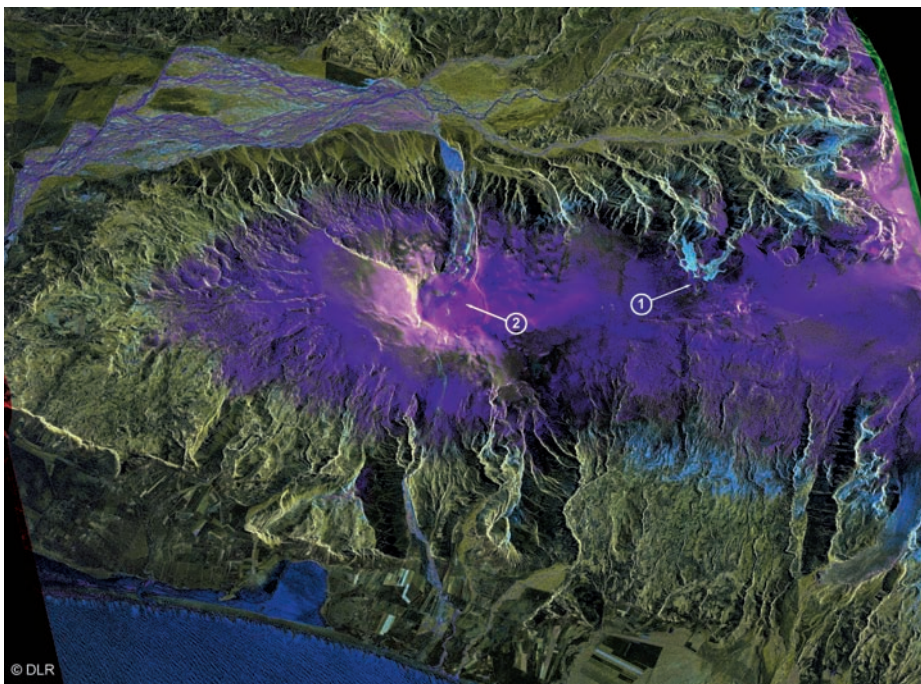


Abb. 5: Farbüberlagerung von zwei TerraSAR-X Stripmap Produkten (HH Polarisation). Rot: TS-X vom 25.3.2010 T41 str010R; Grün: TS-X vom 16.4.2010 T34 str006R; Blau: Differenz. ① Fimmvörduháls (20.3.–12.4.2010); ② Eyjafjallajökull (14.4.2010–?).



Abb. 6: Lavastrom am Fimmvörduháls in die Felsschlucht Hvannárgil vom 7.4.2010 (Blickrichtung nach S); © RAX.



Abb. 7: Vulkanausbruch am Eyjafjallajökull mit Eistunnels im Gígjökull (Aufnahme vom 19.4.2010); © RAX.

führen. Eine Auswahl von TSX Stripmap-Daten vor (Abb. 3a und 3b) und während der ersten Eruptionstage (Abb. 3c–3g) werden in flächengleichen Bildszenen vorgestellt. Schlechte Witterungsverhältnisse und gewaltige Ascheauswürfe machten in den ersten beiden Eruptionstagen eine Vorortbegehung oder Befliegung unmöglich. Mit der TSX-Szene vom 15.4.2010 war es erstmals möglich die exakte Lage der Eruptionsstelle festzustellen und entsprechende Prognosen zur weiteren vulkanischen Entwicklung bzw. Auswirkung abzugeben. Eine ca. 2,5 km lange SW-NE streichende dunkle Eisstruktur durchzieht den inneren Bereich der Caldera. Somit wird sie in einen westlichen (ca. 1,7 km²) und östlichen (ca. 2,5 km²) Bereich aufgeteilt (Abb. 3a und 3b). Die TSX-Aufnahme vom 15.4.2010 (Abb. 3c), d. h. einen Tag nach Ausbruch, zeigt, dass sich die Eruptionsstelle wie auf allen anschließenden Aufnahmen (Abb. 3e–3g) nur auf den westlichen Caldera-Bereich konzentriert

(Abb. 8). Es bildeten sich Anfangs drei gewaltige Kraterlöcher im Gletschereis mit einer Gesamtfläche von 0,3 km². Das linke Kraterloch besitzt einen Durchmesser von 340 m in E-W bzw. 360 m N-S Richtung. Die SW-NE Ausdehnung der anderen miteinander verbundenen Kraterlöcher beläuft sich sogar auf 950 m (Abb. 3c). Im Verlauf der Eruptionstätigkeit veränderten sich stetig diese Kraterlöcher (Abb. 3c–3g). Sie erreichen im Caldera-Bereich eine Fläche von z. B. 0,29 km² (Abb. 3c), 0,46 km² (Abb. 3d), 0,44 km² (Abb. 3e) bei einem max. Durchmesser von 647 m (Abb. 3e).

Den südlichen Rand der Caldera durchbricht eine ca. 1.400 m lange und 30 m breite Eisspalte mit einem ca. 2,5 km langen Schmelzwasserabfluss auf der Eisoberfläche. Dieses Spaltensystem hat sich im Verlauf der Eruption nicht wesentlich verändert und es gab keine größeren Abflussmengen in die landwirtschaftlich genutzten Gebiete.



Abb. 8: Luftaufnahme (19.4.2010) vom Eyjafjallajökull-Ausbruch mit Ascheablagerungen und dem Calderarand (\varnothing 2,6 km) vom Ausbruch 1821–1823, Blickrichtung nach SW.

Weitaus gefährlicher waren die Gletscherrläufe am Tag des Ausbruchs und am 15.4.2010 am Gígjökull (Abb. 3c). Ausgelöst durch die enorme vulkanische Tätigkeit im Bereich der subglazialen Eyjafjallajökull-Caldera sind gewaltige Schmelzwasserfluten aus mehreren neu entstandenen Eislöchern im oberen Bereich des Gígjökull herausgeschossen und über dem Zungengletscher abgeflossen (Abb. 7). Der vorgelagerte, 0,65 km² große Eisrandsee, wurde komplett mit Schlamm, Sedimenten, Gesteinsmaterial und Eisblöcken verfüllt und die enormen Schmelzwasserfluten dieses Gletscherlaufs bewegten sich mit 5,2 m/s in das Flusssystem der Krossá bzw. Markarfljót (Abschnitt 4).

Während auf der Stripmap-Szene vom 20.3.2010 (Abb. 3a) die Eisbedeckung in der Caldera und an den oberen Hängen des Eyjafjallajökulls noch trockenen Schnee aufweist, ersichtlich durch den hohen Rückstreuoeffizienten (JAENICKE 2006), herrschen 3 Wochen

später schon Schmelzbedingungen auf dem gesamten Gletscher vor (Abb. 3b). Am 11.4.2010, d. h. wenige Tage vor dem Vulkanausbruch, zeichnen sich Details der Gletschermorphologie durch die Schneedecke, was darauf schließen lässt, dass die Schneedecke zumindest gut gesättigt ist. Die Gletscherzunge des Gígjökull ist noch ungestört und in der Caldera sind keinerlei Anzeichen erhöhter Aktivität zu erkennen (Abb. 3b). Nach dem Durchschmelzen der Eiskappe an der Ausbruchsstelle in der westlichen Caldera zeigt sich am 15.4.2010 ein vollständig andere Situation (Abb. 3c). Die enormen Schmelzwassermengen der subglazialen Eruption konnte nicht durch einen vertikalen Kanal im Eis nach oben transportiert werden. Daher ist es zu seitlichen Austritten des Schmelzwassers im Bereich des Durchbruchs des Gígjökull durch den Caldera-Rand gekommen (Abb. 7).

Die gesamte östliche Hälfte des Eyjafjallajökulls war bereits am 18.4.2010 von einer

Ascheschicht bedeckt, belegt durch den geringen Rückstreuoeffizienten (Abb. 3e). Die Ascheablagerungen während der gesamten Eruptionsphase werden vermutlich die Massenbilanz des Eyjafjallajökull in der kommenden Schmelzperiode deutlich beeinflussen, da die geringe Albedo einerseits die Energieaufnahme aus der Einstrahlung erhöht, eine dickere Ascheschicht andererseits die Eisschmelze durch geringere Wärmeleitung verringert (MIHALCEA et al. 2008, MAYER et al. 2006).

Erstaunlicherweise ist die östliche Hälfte der Caldera überhaupt nicht von der Eruption beeinflusst. Es bleibt eine scharfe Trennung zwischen den Eruptionsschlotten im Westen und der ungestörten Schneeoberfläche im Osten. Demzufolge muss im Untergrund eine sehr scharfe räumliche Abgrenzung der Eruption gegen Osten existieren.

Augenscheinlich hat die Eruption nur sehr lokale Auswirkungen auf den Gletscher. Innerhalb der Caldera ist ein wesentlicher Teil der Eismassen verschwunden und die eisdynamischen Verhältnisse werden sich im weiteren Verlauf deutlich ändern. Der Auslassgletscher Gígjökull hat seinen Charakter vollständig verändert, da große Teile des Gletschers abgeschmolzen wurden. Es ist zu erwarten, dass auch die verbleibenden Teile des Gletschers durch die stark veränderte Geometrie noch Jahre benötigen, um zu einem neuen Gleichgewicht zu finden. Außerhalb der Caldera sind bis auf die Schmelzrinnen der Gletscherläufe oberflächlich keine dynamischen Veränderungen im Gletschereis zu erkennen. Allerdings wird die abgelagerte Asche einen deutlichen Einfluss auf die Schnee- und Eisschmelze bewirken. Der erhöhte basale Wärmefluss wird allerdings auch außerhalb der Eruptionsstellen zu höheren basalen Schmelzraten führen und damit eventuell mittelfristig die Eisdynamik des Eyjafjallajökull durch einen höheren basalen Wasserfluss verändern. Diese Reaktionen können erst in den kommenden Monaten aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden.

Die Eruptionsstelle am Eyjafjallajökull wurde für die kommenden glaziologischen Untersuchungen mit einer TSX-Spotlight Szene (7.5.2010) bei einer Bodenauflösung von 1 Meter aufgenommen (Abb. 4). Hier zeigt sich

deutlich, dass das Eis im westlichen Bereich der Caldera dynamisch reagiert. Es haben sich Spaltenbündel um die Eruptionsschlote gebildet, die auf ein weiteres Abgleiten der Eismassen ins Zentrum hin deuten. Zum Teil haben sich die Kraterlöcher mit einstürzendem Eis und Schmelzwasser verfüllt. Dieser Prozess wird mit weiteren TSX-Aufnahmen untersucht.

Ab dem 24.5.2010 wurden keine Tephra-Auswürfe am Eyjafjallajökull, sondern mehr oder weniger starke Wasserdampf-Exhalationen beobachtet. Ein definitiver Abschluss der Vulkantätigkeit ist derzeit nicht gegeben.

4 Gletscherlauf (Jökulhlaup) am Gígjökull (15.4.2010)

Ausgelöst durch den Vulkanausbruch am Eyjafjallajökull (14.4.2010) gab es in den folgenden 2 Tagen mehrere Gletscherläufe (Jökulhlaup) im nördlich der Eruptionsstelle gelegenen Flusstal Markarfljót. Der Schmelzwasserabfluss erfolgte über die ca. 1500 m steil abfallende Gletscherzunge des Gígjökull in den von Seiten- und Endmoränen eingefassten Gletschersee. Er wurde in den ersten beiden Eruptionstagen mit Gesteinsmaterial, Schlamm und Eisbruchstücken verfüllt. Am 15.4.2010 (19:05h Ortszeit) wurde dieses Gebiet vom Radar-Satelliten TerraSAR-X mit einer Stripmap-Szene aufgezeichnet. Der Gletscherlauf ist als heller Bereich im Flussbett Markarfljót zu erkennen (Abb. 3c, 9 und 10).

Die Radardaten wurden einer Frequenz-Analyse unterzogen. Tatsächlich konnte eine Doppler-Verschiebung von bis zu 260 Hz ermittelt werden, was einer Geschwindigkeit von 5,2 m/s entspricht. In Abb. 11 ist die Geschwindigkeitsmessung farbcodiert dargestellt und mit dem Radarbild überlagert.

Das Radar misst die Komponente der Geschwindigkeit des bewegten Objekts in Blickrichtung der Radarantenne. Beim weltraumgestützten SAR entspricht das in der Regel dem rechten Winkel zur Flugbewegung. Die Haupt-Fließrichtung des Gletscherlaufs im Markarfljót war bei dem aufsteigenden Satelliten-Orbit für die Doppler-Messung glücklicherweise optimal ausgerichtet. Im Bereich des Ausflusses aus dem Gletschersee ist die

Haupt-Fließrichtung des Gletscherlaufs in Flugrichtung des Satelliten. Dadurch wird die Empfindlichkeit der Doppler-Messung stark reduziert und so ist im Bereich des Gigjökull keine Fließgeschwindigkeit mehr messbar.

Die Doppler-Frequenz Methode zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Gewässers wird bereits bei bodengebundenen Sensoren an Flussbrücken angewandt. Vom Weltraum aus wurden bisher nur größere Meeresströmungen (CHAPRON et al. 2005) oder große Flüsse wie die Elbe vermessen (ROSSI et al. 2010). Um ein gutes Radar Rückstreusignal zu erhalten, muss die Wasseroberfläche durch Turbulenzen oder Wind aufgeraut sein, was beim Gletscherlauf gegeben war. Die Messung einer glatten Wasseroberfläche ist nicht möglich, da die Mikrowellen in Totalreflektion vom Sensor weg gestreut werden.

Der Blickwinkel des Radars θ nach unten war um 51,14 Grad von der Senkrechten zur Seite gerichtet (der sog. „off-nadir-angle“) und die verwendete Wellenlänge λ liegt beim TerraSAR-X bei 3,1 cm. Die Geschwindigkeitskomponente v in Blickrichtung des Radars am Boden beträgt:

$$v = \frac{\lambda \Delta f_{DC}}{2 \sin \theta} \quad (1)$$

Mit Δf_{DC} wird die Differenz zwischen der Doppler-Frequenz vom sich nicht bewegenden Boden und von der Strömung angegeben, und durch blockweise Messung in den Daten ermittelt. Der Mittelwert beträgt 235 Hz mit Spitzenwerten um 260 Hz. Damit ergibt sich für diesen Streckenabschnitt eine mittlere Geschwindigkeit des Gletscherlaufs von 4,7 m/s. Das Gefälle auf diesem Streckenabschnitt beträgt rund 10 m auf 1 km.

Die Doppler-Frequenz-Messung wird mit Hilfe der SAR Daten durchgeführt und nutzt die Verschiebung des so genannten „Azimut-Spektrums“. Da dieses mit der Antennenfunktion gewichtet ist, lässt sich eine Verschiebung bei genügender Mittelung gut messen. In diesem Fall wurden 200 Spektren mit 256 Abtastwerten gemittelt. Diese so genannte „Doppler Centroid“ Analyse wurde mit einem gleitenden Analysefenster ausgeführt. Um den Referenzwert für die Geschwindigkeit Null zu erhalten, wurden auch Messungen außerhalb

des Gletscherlaufs auf unbewegten Boden durchgeführt.

Da das Analysefenster im Randbereich des Gletscherlaufs auch Pixel aus dem umliegenden sich nicht bewegenden Land mit einbezieht, kommt es im Randbereich des Gletscherlaufs zu einer systematischen Unterschätzung der Fließgeschwindigkeit. Da das Analysefenster eine Größe von nur 0,12 km² besitzt, der Gletscherlauf aber eine Fläche von 11,35 km² abdeckt, ist dieser Fehler nicht signifikant. Tatsächlich zeigte eine Überprüfung

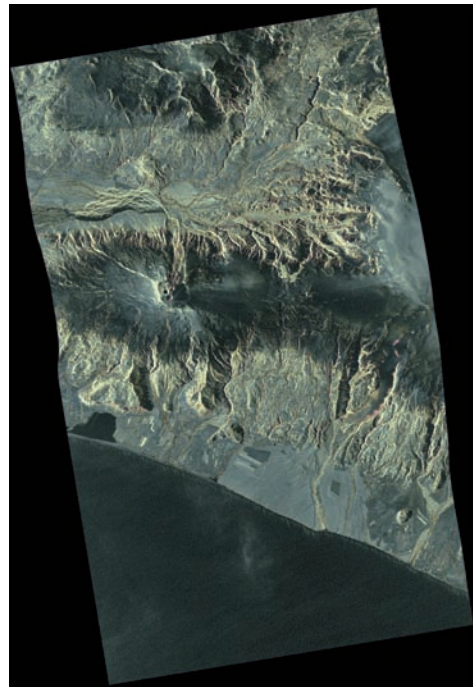


Abb. 9: TSX-Szene vom 15.4.2010 Stripmap T26 str019R; © DLR.

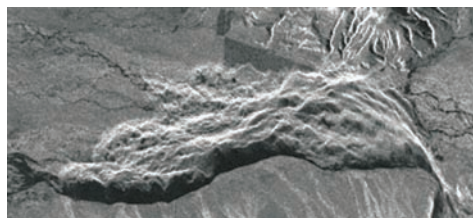


Abb. 10: Ausschnitt des Gletscherlaufs aus obiger TSX Stripmap Szene, Fläche von 11,35 km², max. Länge 6,9 km u. Breite 1,8 km.

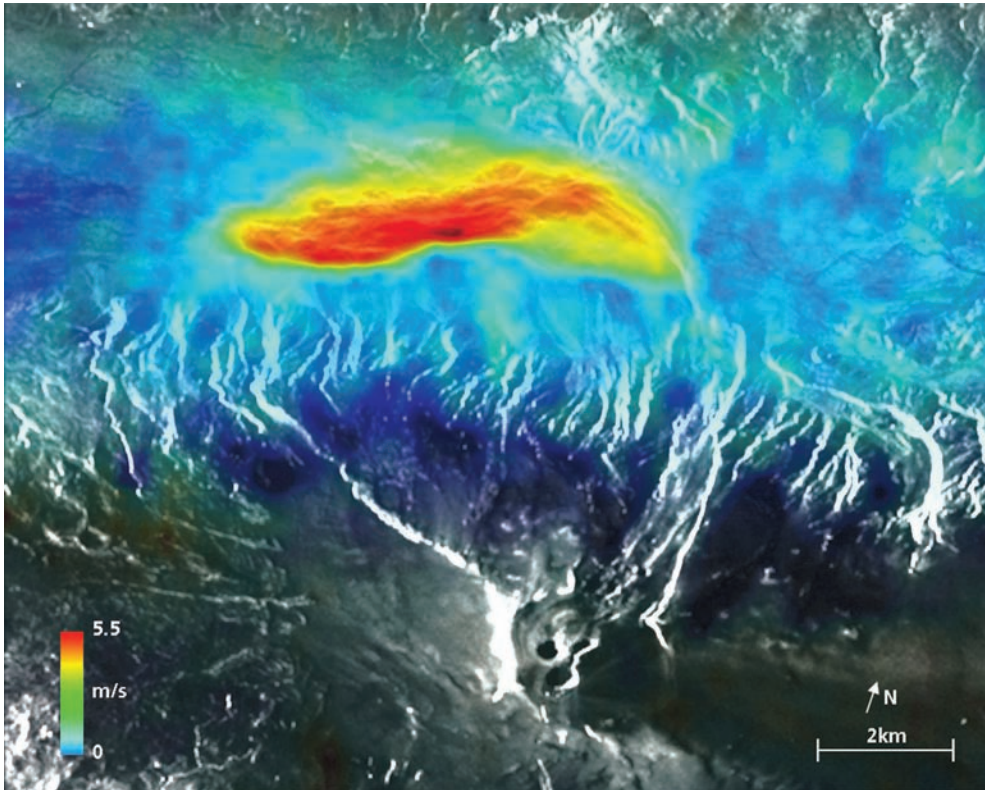


Abb. 11: TSX-Szene vom 15.4.2010 mit überlagerter Dopplerfrequenz-Messung; Stripmap T26 str019R (nicht geocodiert). © DLR

des ermittelten Mittelwerts für die Dopplerverschiebung mit Hilfe eines kalibrierten Standard-Messprogramms zur Doppler Centroid Schätzung von SAR Daten eine sehr gute Übereinstimmung.

Mit der Distanz von 7,0 km von der Front des Gletscherlaufs ($63,684^\circ$ Nord und $19,780^\circ$ West) bis zum Ausfluss aus dem Gletschersee und der ermittelten mittleren Fließgeschwindigkeit lässt sich aus der TS-X Aufnahme der Zeitpunkt rekonstruieren, wann die Schmelzwasserflutwelle im Gletschersee im Tal angekommen sein müsste. Dieser Moment lag rund 25 Minuten vor der TS-X Aufnahme, also um 18:45h.

Für den weiter flussabwärts liegenden zweiten Teil des Gletscherlaufs lässt sich die Fließgeschwindigkeit aus Daten der hydrologischen Messstation des Meteorologischen Instituts Reykjavík (www.vedur.is) und der TS-X Auf-

nahme ermitteln. Die Pegel-Messstation liegt an der alten Brücke über den Fluss Markarfljót auf $63,655^\circ$ Nord und $19,950^\circ$ West. Der sprunghafte Anstieg des Pegels durch den Gletscherlauf wurde dort um 19:56h registriert. Die Distanz von der Messstation bis zur Stirnfront des Gletscherlaufs in der TS-X Aufnahme (aufgenommen um 19:05h) beträgt ca. 10,0 km, für die der Gletscherlauf 51 Minuten benötigte. Die für diesen Streckenabschnitt ermittelbare Fließgeschwindigkeit liegt also bei 3,3 m/s. Da in diesem Bereich das Gefälle mit 5,4 m auf 1 km deutlich geringer ist, als im oberen Abschnitt (10 m auf 1 km) ist die niedrigere Fließgeschwindigkeit plausibel.

Die hier erstmals über Land ausgeführten Doppler-Messungen von Wassermassen mit Hilfe von SAR-Bildern könnten in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Erfassung von Flutereignissen beitragen.

5 Ausblick: SAR-Überwachung des subglazialen Vulkans Katla (Mýrdalsjökull)

Die Möglichkeit eines weiteren Ausbruchs des Nachbarvulkans Katla erfordert es rechtzeitig ein SAR-Monitoring aufzubauen. Mit seinen 596 km² Fläche ist der Mýrdalsjökull mit dem subglazialen Zentralvulkan Katla der viertgrößte Plateau-Gletscher Islands. Die Eismächtigkeit wurde mit Hilfe des radio echo-sounding Verfahrens bestimmt (BJÖRNSSON et al. 2000). Die mächtigste Eisaufgabe befindet sich im nordöstlichen Teil der Katla-Caldera, wo ein Bereich von 12 km² mehr als 600 m Eisdicke aufweist. Nach BJÖRNSSON et al. (2000) beträgt das gesamte Eisvolumen am Mýrdalsjökull 140 km³, ca. 45 km³ liegen derzeit innerhalb der Katla-Caldera. Aufgrund der Eruptionszyklen der Katla (längste Ruhephase 80 Jahre, kürzeste 13 Jahre) sowie seismischer Aktivität in den letzten Jahren könnte ein erneuter Ausbruch jederzeit erfolgen (MÜNZER et al. 2004, SCHARRER et al. 2007). Die bislang aufgetretenen subglazialen Vulkanausbrüche hatten, zuletzt im Jahr 1918, katastrophale Auswirkungen zur Folge (LARSEN 2000, STURKELL 2010). So betrug 1918 der max. Schmelzwasserabfluss des Gletscherlaufs im Mýrdalssandur ca. 300.000 m³/s (BJÖRNSSON 1992, SIGURDSSON et al. 2000).

Aufbauend auf die langjährige ENVISAT-ASAR Überwachung des Mýrdalsjökulls mit InSAR und Change Detection Verfahren wird derzeit die Eismorphologie mit TerraSAR-X (ScanSAR, Stripmap) auf Veränderungen untersucht (Abb. 12).

Die Eisdepressionen und glazialmorphologischen Veränderung eignen sich in idealer Weise als Indikatoren zum Aufbau eines satellitengestützten Frühwarnsystems für subglaziale Vulkane (MÜNZER et al. 2005, JAENNICKKE et al. 2006, SCHARRER et al. 2007). So pauste sich beim Vulkanausbruch der Gjalp (1996) einen Tag zuvor die Vulkanspalte mit ihrem Einzugsbereich durch das einige hundert Meter dicke Gletschereis am Vatnajökull. Festgestellt wurde dies auf einer JERS-1/SAR Szene vom 1.10.1996 (MÜNZER et al. 2001, 2007). Eine Frühwarnung konnte damals wegen einer zu langen Datenlieferung nicht

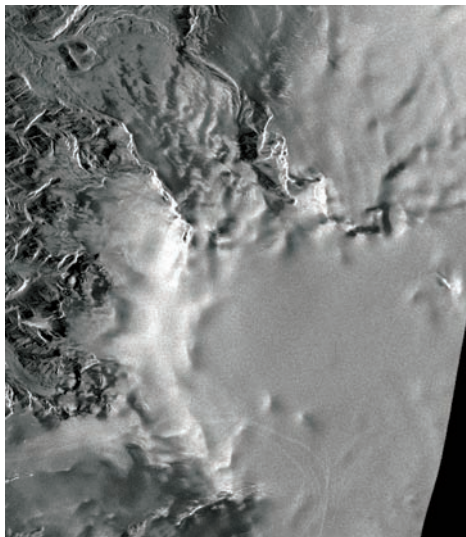


Abb. 12: TSX-Stripmap (31.3.10, © DLR) u. Luftbild (29.8.03, U. MÜNZER) mit Eisdepressionen und Schmelzwassertunnel am Mýrdalsjökull.

rechtzeitig gegeben werden. Mit der schnellen Datenverfügbarkeit beim TerraSAR-X besteht nun eine deutlich verbesserte Chance für eine Frühwarnung.

Am 21.6.2010 wurde der Schwester-Satellit TanDEM-X erfolgreich im Orbit positioniert. Ab 2011 soll mit dem Satellitenpaar ein globales Oberflächenmodell der Erde, mit bisher unerreichter Genauigkeit (Flächenraster von 10 m, Max. Höhenfehler 1 m) aufgenommen werden (BAMLER et al. 2008). Durch einen engen Formationsflug wird die bistatische interferometrische Vermessung der Erdoberfläche möglich. Neben dieser flächendeckenden Aufgabe ergibt sich durch die Verfügbarkeit von

zwei Satelliten eine deutliche Verbesserung der Identifikation und Untersuchung von kurzfristigen Oberflächenveränderungen.

6 Schlussfolgerung

Die laufenden Untersuchungen haben gezeigt, dass mit den TerraSAR-X Radardaten ein NRT-Monitoring bei Naturkatastrophen möglich ist und nahezu lückenlose Zeitserien für eine kontinuierliche Überwachung erstellt werden können. Durch eine kurzfristige Programmierung des TerraSAR-X durch das DLR wurde der Vulkan Eyjafjallajökull bereits am 15.4.2010, d. h. einen Tag nach dem Ausbruch, aufgenommen. Die Datenauslieferung erfolgte bereits wenige Stunden später.

Die hochauflösenden Stripmap-Produkte (EEC Enhanced Ellipsoid Corrected) erfüllen alle Voraussetzungen um erste Analysen und Prognosen zum Vulkanausbruch geben zu können. Die fortführenden Untersuchungen werden sich jedoch auf SSC-Produkte (Single Look Slant Range Complex) stützen, die mit genaueren DHM's (20 m Raster) und Corner-Reflektoren als Passpunkte prozessiert werden.

Erstmals konnte mit Hilfe der Doppler-Frequenz-Messung die Fließgeschwindigkeit von Schmelzwasser bei einem Gletscherlauf durch die hohe geometrische Auflösung der TerraSAR-X Daten erfasst werden. Die Kombination der schnellen Detektierung von Oberflächenveränderungen ungeachtet der Wolkenbedeckung und der Analyse von dynamischen Prozessen birgt ein erhebliches Potential für die zukünftige Überwachung von Naturgefahren.

Danksagung

Dem TSX-Science Coordinator, Achim Roth und Ursula Marschalk sowie dem Team des Order Helpdesk am Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des DLR, Oberpfaffenhofen sei ein herzlicher Dank für ihren außergewöhnlichen Einsatz zum Vulkan-Monitoring und Hilfe ausgesprochen.

Wertvoll zu unseren SAR-Interpretationen waren die Luft- und Geländefotos über die

beiden Eruptionsstellen, die uns Ragnar Axelsson (RAX), Reykjavík, zur Verfügung gestellt hat. Hans H. Hansen, Fixlanda ehf., Kópavogur, unterstützte uns mit entsprechenden Kartenausschnitten. Ihnen sei ein herzlicher Dank ausgesprochen.

Den drei anonymen Reviewern sei für die kritischen Anmerkungen herzlich gedankt.

Literatur

- ADALGEIRSDÓTTIR, G., 2003: Flow dynamics of Vatnajökull ice cap, Iceland. – PhD Thesis, 178 pp., ETH Zürich.
- BAMLER, R., ADAM, N., HINZ, S. & EINEDER, M., 2008: SAR-Interferometrie für geodätische Anwendungen. – *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten* 7/2008: 243–252.
- BJÖRNSSON, H., 1988: Hydrology of Ice Caps in Volcanic Regions, Reykjavík.
- BJÖRNSSON, H., 1992: Jökulhlaups in Iceland: Prediction, Characteristics and Simulation. – *Annals of Glaciology* 16: 95–106.
- BJÖRNSSON, H., PÁLSSON, F. & GUDMUNDSSON, M.T., 2000: Surface and bedrock topography of the Mýrdalsjökull ice cap, Iceland: The Katla caldera, eruption sites and routs of jökulhlaups. – *Jökull* 49: 59–74.
- CHAPRON, B., 2005: Direct Measurement of Ocean Surface Velocity from Space: Interpretation and Validation. – *Journal of Geophysical Research* 110: C07008.
- DLR-Missionsbroschüre, 2009: TerraSAR-X – Das deutsche Radarauge im All. – Deutsches Zentrum für Luft- u. Raumfahrt e.V., Bonn, 44 S..
- EINARSSON, P., BJÖRNSSON, S., FOULGER, G., STEFÁNSSON, R. & SKAFTADÓTTIR, TH., 1981: Seismicity pattern in the South Iceland seismic zone, From Earthquake Prediction – An International Review. – *Maurice Ewing Series* 4: 141–151.
- EISBACHER, G.H., 1991: Einführung in die Tektonik. – VIII, 310 S., Spektrum Akademischer Verlag, Stuttgart.
- GUDMUNDSSON, M.T., SIGMUNDSSON, F. & BJÖRNSSON, H., 1997: Ice-volcano interaction of the 1996 Gjalp subglacial eruption, Vatnajökull, Iceland. – *Nature* 389: 954–957.
- GUDMUNDSSON, M.T., SIGMUNDSSON, F., BJÖRNSSON, H. & HÖGNADÓTTIR, T., 2003: The 1996 eruption at Gjalp, Vatnajökull ice cap, Iceland: efficiency of heat transfer, ice deformation and subglacial water pressure. – *Research Article; Bull. Volc.* 66: 46–65.
- GUDMUNDSSON, M.T. & HÖGNADÓTTIR, TH., 2005: The melting distribution and origin of the jökul-

- hlaups that can be caused by eruptions from western Mýrdalsjökull and Eyjafjallajökull. – Assessment of hazard due to eruptions and jökulhlaups from western Mýrdalsjökull and Eyjafjallajökull, Reykjavík, Iceland, University Publ., 158–179.
- HJALTADÓTTIR, S., GEIRSSON, H. & SKAFTADÓTTIR, TH., 2005: Seismic activity in Iceland during 2004. – *Jökull* **55**: 107–119.
- ICELANDIC METEOROLOGICAL OFFICE: www.vedur.is.
- JAKOBSSON, S.P., 1979: Outline of the Petrology of Iceland. – *Jökull* **29**: 57–73.
- JAENICKE, J., MAYER, C., SCHARRER, K., MÜNZER, U. & GUDMUNDSSON, Á., 2006: The use of remote-sensing data for mass-balance studies at Mýrdalsjökull ice cap, Iceland. – *Journal of Glaciology* **52** (179): 565–573.
- LARSEN, G., 2000: Holocene eruption within the Katla volcanic system, south Iceland. – *Jökull* **49**: 1–28.
- MAGNÚSSON, E., BJÖRNSSON, H., DALL, J. & PÁLSSON, F., 2005: Volume changes of Vatnajökull ice cap, Iceland, due to surface mass balance, ice flow, and subglacial melting of geothermal areas. – *Geophysical Research Letters* **32**: LO55504, doi: 10.1029/2004GL02111111615.
- MAYER, C., LAMBRECHT, A., BELÓ, M., SMIRAGLIA, C. & DIOLAIUTI, G., 2006: Glaciological characteristics of the ablation zone of Baltoro Glacier, Karakoram, Pakistan. – *Annals of Glaciology* **43**: 123–131.
- MIHALCEA, C., MAYER, C., DIOLAIUTI, G., D'AGATA, C., SMIRAGLIA, C., LAMBRECHT, A., VUILLERMOZ, E. & TARTARI, G., 2008: Spatial distribution of debris thickness and melting from remote sensing and meteorological data at debris-covered Baltoro glacier, Karakoram, Pakistan. – *Annals of Glaciology* **48**: 49–57.
- MÜNZER, U., BAHR, T. & WEBER-DIEFENBACH, K., 2000: Katastrophen-Monitoring am Beispiel Islands. – *Schlußbericht: Förderkennzeichen 50 EE 9706*, München, 62 S.
- MÜNZER, U., GUDMUNDSSON, Á., & WEBER-DIEFENBACH, K., 2001: Überwachung subglazialer Vulkane auf Island mit geowissenschaftlichen und fernerkundlichen Methoden. – *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation* **9**: 326–339.
- MÜNZER, U. & WEBER-DIEFENBACH, K., 2003: Remote Sensing of Subglacial Eruptions in Iceland and Development of Related Warning Systems. – *International Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters*, Springer, 515–520.
- MÜNZER, U., SCHARRER, K., WEBER-DIEFENBACH, K. & GUDMUNDSSON, Á., 2004: Integration von ENVISAT-ASAR Daten in ein GIS-System zum Katastrophen-Monitoring im Rahmen des ENVISAT-Projektes [ID 142]. – *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation* **13**: 417–429.
- MÜNZER, U., SCHARRER, K., WEBER-DIEFENBACH, K. & GUDMUNDSSON, Á., 2005: Integration of ENVISAT-ASAR Data in a Hazard-Monitoring-GIS. – *ENVISAT-Project [ID 142]*. ENVISAT and ERS Symposium, ESA SP-572, Noordwijk, The Netherlands.
- MÜNZER, U., GUDMUNDSSON, Á. & MARTINIS, S., 2007: NRT monitoring of the 2004 subglacial Grímsvötn eruption (Iceland) with ENVISAT-ASAR data. – *ENVISAT Symposium, ESA SP-636*, Noordwijk, The Netherlands.
- PÁLMASSON, G., 1986: Model of Crustal Formation in Iceland and Application to Submarine Mid-Ocean-Ridge – The Western North Atlantic Region. – *Geological Society of America Vol. M: Geology of North America*, 87–97.
- ROSSI, C., 2010: Surface Current Retrieval from TERRASAR-X Data Using Doppler Measurements. – *IGARSS, IEEE*, in press.
- SAEMUNDSSON, K., 1979: Outline of the Geology of Iceland. – *Jökull* **29**: 7–28.
- SCHARRER, K., SPIELER, O., MAYER, C. & MÜNZER, U., 2007: Imprints of subglacial volcanic activity on the glacier surface – SAR study at the Katla volcano (Iceland). – *Bulletin of Volcanology* DOI 10.17/s00445-007-0164-z, 495–506.
- SIGURDSSON, O., 1992: Jöklabreytingar 1930–1960, 1960–1990 og 1990–1991. – *Jökull* **42**: 81–88.
- SIGURDSSON, O., 1998: Glacier variation in Iceland 1930–1995. – *Jökull* **45**: 3–25.
- SIGURDSSON, O., ZÓPHONIASSON, S. & ISLEIFSSON, E., 2000: The Jökulhlaup from Sólheimajökull, July 18th 1999. – *Jökull* **49**: 60–75.
- SIGURDSSON, O., 2005: Jöklabreytingar 1930–1960, 1960–1990 og 2003–2004. – *Jökull* **55**: 163–170.
- STURKELL, E., EINARSSON, P., SIGMUNDSSON, F., HOOPER, A., ÓFEIGSSON, B.G., GEIRSSON H. & ÓLAFSSON, H., 2010: Katla and Eyjafjallajökull Volcanoes. – *Developments in Quaternary Sciences* **13**: 5–21.

Adressen der Autoren:

Dr. rer. nat. ULRICH MÜNZER, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Sektion Geologie (Geologische Fernerkundung), Ludwig-Maximilians-Universität München, Luisenstr. 37, 80333 München, Tel.: +49-89-2180-6589, e-mail: ulrich.muenzer@iaag.geo.uni-muenchen.de.

Dr. rer. nat. CHRISTOPH MAYER, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Glaziolo-

gie, Alfons-Goppel-Str. 11, 80539 München, Tel.: +49-89-2331-1260, e-mail: christoph.mayer@lrz.badw-muenchen.de.

Dipl.-Geol. LUTZ REICHEL, 3D Remote Sensing Geoconsult, Alpenrosenstr. 3, 82216 Maisach, Tel.: +49-8141-404414, e-mail: 3dremotesensing@googlemail.com.

Dipl.-Ing. HARTMUT RUNGE, Dr. rer. nat. THOMAS FRITZ, MSc. CRISTIAN ROSSI, Deutsches Zentrum für Luft- u. Raumfahrt e.V., Institut für Methodik der

Fernerkundung, Münchner Str. 20, 82234 Weßling, Tel.: +49-8153-28-1364, e-mail: hartmut.runge@dlr.de, thomas.fritz@dlr.de, cristian.rossi@dlr.de.

ÁGÚST GUDMUNDSSON, Fjarkönnun ehf., Furugrund 46, 200 Kópavogur, Island, Tel.: +354-8691849, e-mail: fjarkonn@simnet.is.

Manuskript eingereicht: Mai 2010

Angenommen: Juni 2010



Brachflächenmonitoring im südlichen Pfälzerwald mit Hilfe hochauflösender Satelliten- und LIDAR-Daten

FELIX BACHOFER & VOLKER HOCHSCHILD, Tübingen, HELMUT SCHULER, Lambrecht

Keywords: QuickBird, Laserscanning, Landnutzungsklassifikation, Biosphärenreservat, Kulturlandschaft

Summary: *Monitoring of Fallow Land in Southern Palatinate Forest Using High Resolution Satellite and LIDAR Data.* The preservation of a heterogeneous cultural landscape within the biosphere conservation area Palatinate Forest requires open landscapes while reducing the scrubbing of fallow land. Therefore, a cost efficient method utilizing high resolution remote sensing data with a combined pixel and object oriented classification approach was developed. The use of LIDAR-data simplified the procedure and enhanced the transferability.

Zusammenfassung: Für den Erhalt von abwechslungsreichen Kulturlandschaften ist es essentiell Offenlandbereiche zu erhalten und die Verbuschung von Brachflächen zu reduzieren. Dazu wurde anhand hoch auflösender Satellitendaten im Biosphärenreservat Pfälzerwald eine kostengünstige Fernerkundungsmethodik entwickelt, die einen kombinierten pixel- und objektorientierten Ansatz nutzt, um Verbuschungsflächen zu erfassen. Der Einsatz von hochauflösten Laserscanningdaten ergab zudem, dass die Landnutzungsklassifikation stark vereinfacht und besser übertragbar gestaltet werden kann.

1 Einleitung

Die Kombination optischer Fernerkundungsdaten mit Höheninformationen aus flugzeuggetragenen Laserscanningdaten (LIDAR) wurde in den letzten Jahren vielfach mit den unterschiedlichsten Zielsetzungen eingesetzt. Die Anwendungen konzentrieren sich auf die Verbesserung von Landnutzungsklassifikationen (BORK & SU 2007), die Bestimmung von Baumarten über ihre Spektralsignatur und die Baumhöhe (ASCHOFF & SPIECKER 2004, WATT et al. 2004, PECKHAM et al. 2009), den Natur- und Küstenschutz (ELAKSHER 2008) oder urbane Applikationen mit Gebäudehöhenabschätzung (WALTER 2005, BRAUMANN 2006, SOHN & DOWMAN 2007). Methodisch werden dazu häufig objektorientierte Bildanalyseverfahren verwendet (KRESSLER & STEINNOCHER 2006) oder Landschaftsstrukturmaße zur forstwirtschaftlichen Analyse um die dritte Dimension erweitert (BLASCHKE & TIEDE 2004).

Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes zur satellitengestützten Erfassung der Verbus-

chungsflächen im südlichen Pfälzerwald wurden erstmals hochauflöste QuickBird-Daten aus dem Frühjahr 2007 sowie Laserscannerdaten (LIDAR-Daten) eingesetzt, um eine standardisierte, kostengünstige Methodik zur Kartierung der Grünlandbrachen zu entwickeln. Der Pfälzerwald ist schon seit längerem von der Aufgabe landwirtschaftlicher Betriebe und Abwanderung geprägt. Daher stellt die Verbuschung von brachgefallenen, ehemals landwirtschaftlich genutzten Grünflächen eines der vordringlichsten Probleme der peripheren Region Pfälzerwald dar, das immer wieder erhebliche öffentliche Finanzmittel zur Beseitigung verschlingt (SCHULER 2007). Neben der reinen Erfassung der verbuschten Areale sollte auch eine qualitative Einschätzung der ökologischen Wertigkeit durchgeführt werden, um das anfallende Pflanzenmaterial hinsichtlich seines Wertes als Schnittgut oder Holz beurteilen zu können.

2 Lage des Untersuchungsgebietes und Datengrundlage

In Anlehnung an ein geplantes Großbeweidungsprojekt wurde als Untersuchungsgebiet ein 100 km² großes Testgebiet im Bereich der Verbandsgemeinden Annweiler und Bad Bergzabern ausgewählt (Abb. 1). Dieses Gebiet weist in der walddominierten Region (> 50 %, vorwiegend Nadelwaldarten) noch die größten landwirtschaftlichen Nutzflächen auf. Somit wurde dementsprechend hier auch der Ausschnitt für die Aufzeichnung der Satellitendaten im Frühjahr 2007 mit der Vorgabe einer maximal 15%igen Wolkenbedeckung und einer Abweichung von maximal 15° aus der Nadirposition definiert. Die QuickBird-Daten (panchromatisch 0,61 m räumliche Auflösung; multispektral 2,44 m räumliche Auflösung) konnten dann am 28.04.2007, am Ende einer außerordentlich warmen und trockenen Witterungsperiode im April 2007 erfolgreich aufgezeichnet werden (vgl. Abb. 3a).

Ein Digitales Geländemodell (DGM) mit einer geometrischen Auflösung von 20 m wur-

de von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF), die hochauflösten LIDAR-Daten (1 x 1 m Raster) wurden vom Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz als Probedatensatz für ein Gebiet von 400 x 400 m zur Verfügung gestellt.

Unmittelbar im Anschluss an die QuickBird-Datenaufzeichnung konnte ein Geländevergleich mit zahlreichen Vergleichsmessungen zum Blattflächenindex (LAI) an vielfältigen Vegetationsarten durchgeführt werden.

3 Methodischer Ansatz

Die optischen Datensätze wurden mit den Passpunkten aus eigenen GPS-Messungen geometrisch korrigiert und mit Hilfe des DGMs differentiell entzerrt um die nötige Verbesserung der Lagegenauigkeit zu erreichen (JACOBSON 2003, AGUILAR et al. 2007). Die Landnutzungsklassifikation der QuickBird-Daten wurde mit einer Klassentiefe von 6 Klassen (Acker, Grünland, Siedlung, Wasser, Laub-

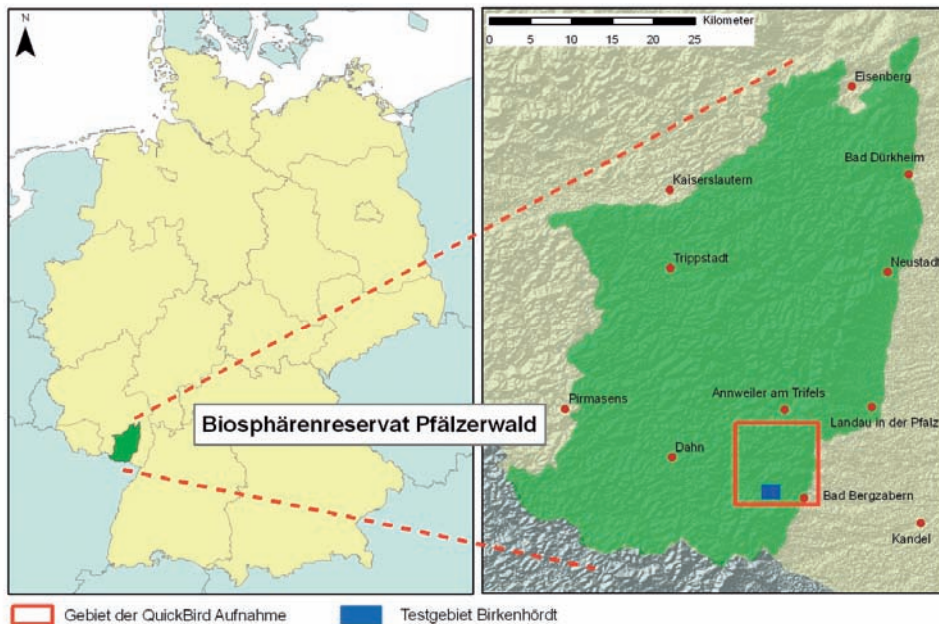


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes im Biosphärenreservat Pfälzerwald (Datenquellen: links: ESRI Data and Maps 2009, rechts: ASTER GDEM Schummerung).

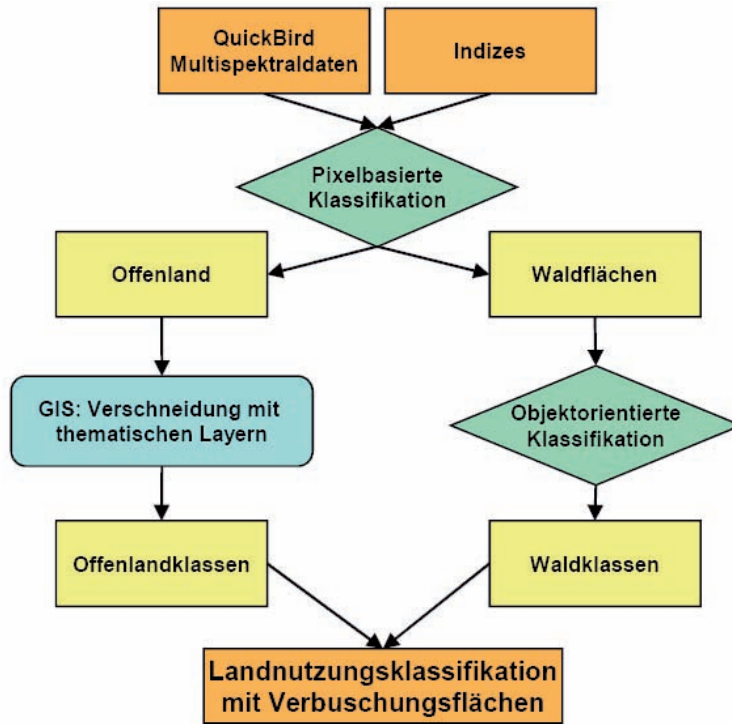


Abb. 2: Kombiniertes Ansatz pixelbasierter und objektorientierter Klassifikation.

und Nadelwald) durchgeführt. Bei der Klassifikation wurden sowohl die Möglichkeiten eines pixelbasierten als auch eines objektorientierten Ansatzes überprüft (vgl. Abb. 2).

Bei der Prozessierung der LIDAR-Punkt-daten wurden je ein Rasterdatensatz mit einem Digitalen Geländemodell (DGM) aus den last-pulse-Daten und einem Digitalen Oberflächenmodell (DOM) aus den first-pulse-Daten interpoliert (Abb. 4). Zur weiteren Analyse wurde ein Differenzmodell (normalisiertes DOM) erstellt, welches die Höhe der Objekte über dem Gelände beschreibt (PFEIFER 2003, TÓVÁRI et al. 2004).

$$nDOM = DOM - DGM$$

Die dadurch abgeleiteten Höhenwerte der verbuschten Vegetation wurden neben dem NDVI-Wert als wichtiges Klassifikationskriterium bei der abschließenden objektorientierten Klassifikation verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Klassifikation der hoch aufgelösten optischen Fernerkundungsdaten

Die besten Ergebnisse im Offenlandbereich wurden mit dem pixelbasierten Ansatz erreicht, in den Waldflächen mit dem objektorientierten Ansatz. Aufgrund dessen wurde eine getrennte Klassifikation der Wald- und Offenlandbereiche durchgeführt und die jeweiligen Ergebnisse anschließend wieder zusammengeführt (Abb. 2). Im Offenlandbereich konnten die Siedlungsflächen, Einzelbäume/Verbuschung, Grünland- und Acker- sowie Wasserflächen sehr gut unterschieden werden. Sonderflächen wie Sportanlagen oder Steinbrüche wurden aus der Topographischen Karte 1 : 25 000 übernommen. Da einzelne Bäume und Büsche sich spektral nur geringfügig unterscheiden integriert die Klasse sowohl

Gartenbäume, Streuobstwiesen, Bachuferbrache und auch verbuschtes Dickicht. Eine weitere Trennung konnte demnach nur nach dem Ausschlussverfahren durchgeführt werden. Dabei wurde mit Hilfe eines Distanzfilters ein Puffer von 15 m um das Siedlungsgebiet gelegt, um Bäume in Siedlungsgebieten auszuschließen, von denen unzweifelhaft angenommen werden kann, dass es sich um Gartenbäume handelt. Bei der somit auf Bachuferbrachen, Streuobstbäume und Verbuschungsflächen reduzierten Klasse wurde eine vergleichbare Methodik zur Abgrenzung und Ausschluss der Bachuferbrachflächen angewendet. Nach der Digitalisierung des Gewässernetzes wurde ein Korridor von 20 m Breite um die Gewässer berechnet, so dass nach diesem Bearbeitungsschritt nur noch Streuobstwiesen und Verbuschungsflächen übrig blieben. Die abschließende Trennung von Streuobst und Verbuschung erfolgte dann durch eine Verschneidung dieses Zwischenergebnisses und dem von der Biosphärenreservatsverwaltung zur Verfügung gestellten Streuobstlayers innerhalb eines Geographischen Informationssystems. Trotz der hohen räumlichen Auflösung ist eine detaillierte Bestimmung der Arten der Verbuschungsflächen aus den QuickBird-Satellitendaten nicht möglich. Dies hängt

in erster Linie mit der im Gelände festgestellten heterogenen Artenzusammensetzung der Verbuschungsflächen (Brombeeren, Ginster, Eichen, etc.) zusammen. Eine Verschneidung der durch das Ausschlussverfahren abgegrenzten Verbuschungsflächen mit dem Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), der stark mit dem LAI korreliert, lies durchaus eine mehrstufige Klassifizierung (Abb. 3b) der Verbuschungsflächen zu (HEISKANEN 2006, STAUDENRAUSCH et al. 2006). Eine Unterscheidung zwischen verholzten, adulten Bäumen, Strauchflächen und niederem Gestrüpp mit dem Ziel der Ausweisung von Prioritätsgebieten für die Beseitigung sowie der Holzschnittwertigkeit scheint demnach ebenfalls möglich.

Die angewandte Methodik des kombinierten pixelbasierten und objektorientierten Ansatzes hat zu einem zuverlässigen Ergebnis geführt, vor allem unter Berücksichtigung der besonderen Herausforderungen einer Genauigkeitsabschätzung für die Klassifikation hochauflösender Fernerkundungsdaten (GAHLER 2006). Dabei konnte eine Gesamtklassifikationsgenauigkeit („overall accuracy“) der Landnutzungsklassifikation mit einem Wert von 88,6% erreicht werden. Der Kappa-Koeffizient betrug 0,84, wobei die größten Über-

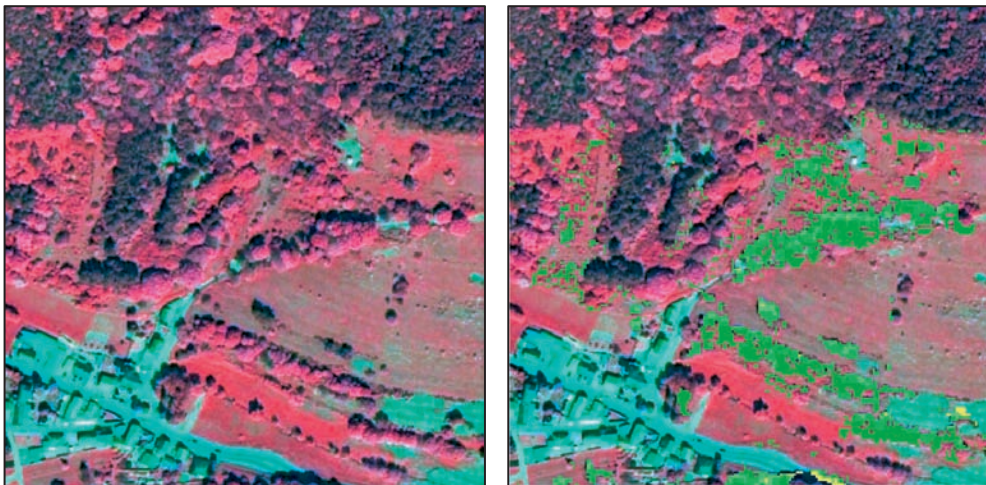


Abb. 3: (a) QuickBird-Aufnahme eines stark verbuschten Gebietes nordöstlich der Gemeinde Birkenhördt (Bildfusion aus PAN und MS in IR-Falschfarbendarstellung); 400 x 400 m – Ausschnitt für den auch LIDAR-Daten zur Verfügung stehen, (b) Verbuschungsflächen mit mehrstufigen NDVI-Werten (hellgrün – niedrige Werte, dunkelgrün – hohe Werte).

schneidungen zwischen Nadelwald und schattigem Laubwald auftraten. Das Ergebnis einer separaten Genauigkeitsabschätzung der klassifizierten Verbuschungsflächen lag bei 80 % und einem Kappa-Koeffizienten von 0,45. Hier lagen Überschneidungen mit hochgewachsenen Wiesenflächen vor.

4.2 Integration der LIDAR-Daten

Das nDOM floss mit den QuickBird-Daten und mit einem aus diesen abgeleiteten NDVI-

layer in eine objektorientierte Klassifikation ein. Bei der Segmentierung führte eine hohe Gewichtung des nDOM-layers zu guten Ergebnissen, d.h. die Zuweisung erfolgte aufgrund der mittleren Höhereigenschaften und der mittleren NDVI-Werte eines Segmentes. Gebäude wurden durch einen niedrigen NDVI-Wert aus Objekten über einem Hörschwellenwert identifiziert, so dass die verbleibenden Objekte die ebenfalls über dem Hörschwellenwert lagen und einen höheren NDVI aufwiesen verschiedene Verbuschungsklassen, Baumgruppen, siedlungsnahen Vege-

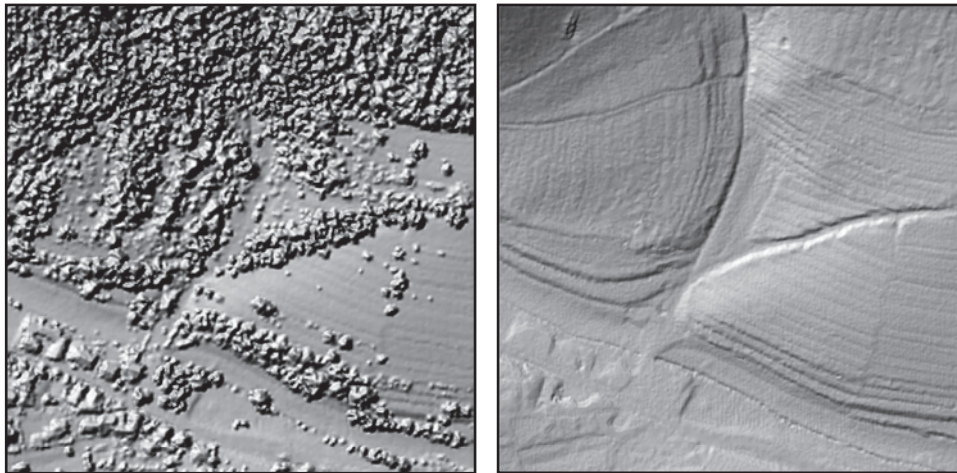


Abb. 4: (a) Digitales Oberflächenmodell, (b) Digitales Geländemodell.

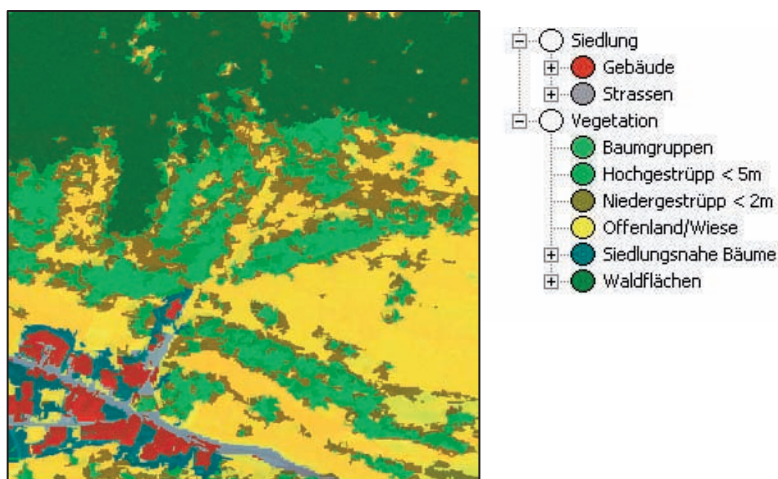


Abb. 5: Landnutzungsklassifikation mit QuickBird- und LIDAR-Daten.

tation (Hausgärten) oder Waldflächen waren (Abb. 5). Diese ließen sich mittels Höhen-, Flächen- und Nachbarschaftseigenschaften trennen. Auch Vorwald lies sich, sofern er noch nicht zur durchschnittlichen Waldhöhe aufgeschlossen hatte, identifizieren.

5 Ausblick

Die entwickelte Methodik bedarf einiger sehr aufwändigen Arbeitsschritte. Dadurch gestaltet sich die Übertragbarkeit der Methodik auf Aufnahmen benachbarter Gebiete oder im Rahmen von Zeitreihen schwierig. Vor allem vor dem Hintergrund, dass unterschiedliche phänologische Stadien der Vegetation bei anderen Aufnahmen die Übertragbarkeit zusätzlich erschweren (LAUSCH 1999). Als eine weitere Schwierigkeit erwies sich die Behandlung von Waldrandgebieten, bei welchen die Verbuschung in der Vorwaldzone wegen der spektralen Überlappung mit den Waldbereichen nur schwer zu erfassen ist. In der verwendeten Waldmaske ist die Vorwaldzone derzeit integriert, sofern sie sich spektral nicht deutlich von den Wäldern unterscheiden. Dies bietet die Möglichkeit, den derzeitigen Ist-Zustand der Waldfläche als Ausgangsfläche für mögliche zukünftige Verbuschungsanalysen heranzuziehen.

Der Einsatz der LIDAR-Daten hat gezeigt, dass sich der kombinierte Ansatz noch verbessern lässt. Ein großer Vorteil der Verwendung der hochaufgelösten Höhendaten liegt in der Übertragbarkeit des Regelwerks auf andere Aufnahmen.

Vor der Fortführung des Projekts steht eine Kosten-Nutzen-Analyse zum Einsatz der LIDAR-Daten, die für die Offenlandbereiche beschafft werden müssten. Des Weiteren sollte die Auswertung auf die ganze Fläche des Biospärenreservates ausgeweitet werden. Ein Monitoring über Zeitreihen im 5-Jahresabstand wäre sinnvoll. Die Klassifikation der Verbuschungsflächen hinsichtlich seines Schnittgutwertes bietet mit Korrekturmodellen zur korrekten Volumenberechnung (MEINEL et al. 2006) bzw. mit geländebasierten Regressionsmodellen zur Ableitung der Biomasse (NÆSSET 2004) hohes Anwendungspotenzial.

Danksagung

Dank gebührt dem Biospärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen für die Förderung der Auftragsforschung sowie dem Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz und der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) für die zur Verfügung gestellten Höhenmodell-Daten.

Literatur

- AGUILAR, M.A., AGUILAR, F.J., AGUERA, F. & SANCHEZ, J.A., 2007: Geometric accuracy assessment of QuickBird basic imagery using different operational approaches. – *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **73**: 1321–1332.
- ASCHOFF, T. & SPIECKER, H., 2004: Algorithms for the automatic detection of trees in laserscanner data. – *ISPRS – Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment XXXVI*: 71–75.
- BLASCHKE, T. & TIEDE, D., 2004: 3D-Landscape Metrics to Modelling Forest Structure and Diversity Based on Laser-Scanning Data. – *ISPRS – Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment XXXVI*: 129–132.
- BORK, E.W. & SU, J.G., 2007: Integrating LIDAR data and multispectral imagery for enhanced classification of rangeland vegetation: A meta analysis. – *Remote Sensing of Environment* **111** (1): 11–24.
- BRAUMANN, B., 2006: Objektorientierte Gebäude-detektion in Laserscannerdaten und multispektralen Bildern. – Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien.
- ELAKSHER, A.F., 2008: Fusion of hyperspectral images and lidar-based DEMs for coastal mapping. – *Optics and Lasers in Engineering* **46** (7): 493–498.
- GÄHLER, M., 2006: Biotoptypenerfassung auf Basis digitaler höchst auflösender Fernerkundungsdaten. – Dissertation am Institut für Geoinformatik und Fernerkundung: Universität Osnabrück.
- HEISKANEN, J., 2006: Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. – *International Journal of Remote Sensing* **27** (5–6): 1135–1158.
- JACOBSON, K., 2003: Auswertung von QuickBird- und IKONOS-Aufnahmen. – Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation **12**: 427–434.

- KRESSLER, F.P. & STEINNOCHER, K., 2006: Image Data and LIDAR – an Ideal Combination Matched by Objectoriented Analysis. – 1st International Conference on Object-Based Image Analysis (OBIA), Salzburg.
- LAUSCH, A., 1999: Raumstrukturmaße in der Tagebaufolgelandschaft “Südraum Leipzig” – Durchführung von Monitoring und Bewertungsansätzen. Workshop “Landschaftsstruktur”, Schriftenreihe des Institutes für ökologische Raumentwicklung **29**: 77–93.
- MEINEL, G., HECHT, R. & BUCHROITHNER, M.F., 2006: Die Bestimmung städtischen Grünvolumens – Nutzen, Methodik und Ergebnisbewertung. – Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg, 473–481.
- NÆSSET, E., 2004: Estimation of above- and below-ground biomass in boreal forest ecosystems. ISPRS – Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment.
- PECKHAM, S.D. & AHL, D.E., 2009: Bryophyte cover estimation in a boreal black spruce forest using airborne lidar and multispectral sensors. – Remote Sensing of Environment **113** (6): 1127–1132.
- PFEIFER, N., 2003: Oberflächenmodelle aus Laserdaten. – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **91** (4), 243–252.
- SCHULER, H., 2007: GIS gestütztes Konzept zur Biotoppflege auf der Grundlage der Planung vernetzter Biotopsysteme (VBS) – Im grenzüberschreitenden Biosphärenreservat Pfälzerwald – Vosges du Nord (Deutscher Teil) Naturpark Pfälzerwald. – Wissenschaftliches Jahrbuch des grenzüberschreitenden Biosphärenreservates Pfälzerwald – Vosges du Nord **13** (2006–2007): 209–218.
- SOHN, G. & DOWMAN, I., 2007: Data fusion of high-resolution satellite imagery and LIDAR data for automatic building extraction. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing **62** (1): 43–63.
- STAUDENRAUSCH, H., HOCHSCHILD, V., HELMSCHROT, J., MÜLLER, A., GERLACH, R., REINECKE, A. & FLÜGEL, W.-A., 2000: Application of Remote Sensing and GIS for Integrated Water Resources Management in Southern Africa. Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2000** (5): 331–342.
- TÓVÁRI, D. & VÖGTLE, T., 2004: Object classification in laserscanning data. ISPRS – Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment **XXXVI** (8/W2).
- WALTER, V., 2005: Object-based classification of integrated multispectral and LIDAR data for change detection and quality control in urban areas. – ISPRS conference 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN) **XXXVI** (8/W27): 6.
- WATT, P.J. & DONOGHUE, D.N.M., 2004: Predicting Forest Height from IKONOS, LANDSAT and LIDAR Imagery. – ISPRS – Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment **XXXVI**: 228–231.

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Geogr. FELIX BACHOFER, Prof. Dr. VOLKER HOCHSCHILD, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Geographisches Institut, Rümelinstr. 19–23, D-72070 Tübingen, Tel.: 07071-29-77528, -75316, Fax: -5378, e-mail: felix.bachofer@ggi.uni-tuebingen.de, volker.hochschild@uni-tuebingen.de.

Dipl.-Ing. HELMUT SCHULER, Biosphärenreservat Naturpark Pfälzerwald, Franz-Hartmannstr. 9, D-67466 Lambrecht, Tel.:06325-9552-15, Fax.: -19, e-mail: h.schuler@pfaelzerwald.de.

Manuskript eingereicht: Mai 2009

Angenommen: Juli 2010





White-reference based post-correction method for multi-source spectral libraries

ANDRÁS JUNG, CHRISTIAN GÖTZE & CORNELIA GLÄSSER, Halle

Keywords: Spectroscopy, white reference, post-correction, field portable spectrometer, spectral libraries

Summary: This paper focuses on an easy-to-use post-correction method of spectral ground-truth signatures. This method was developed and applied within this experiment. The following spectrometers were used: FieldSpec (FS) and TerraSpec (TS) from Analytical Spectral Devices, Inc and HandySpec^{VIS/NIR} (HS) from the German company Tec5 AG. As a fourth “virtual spectrometer”, the free spectral library of the United States Geological Survey (USGS) was included. Spectral measurements taken by different spectrometers for the same objects can cause difficulties when comparisons are made between ground-truth spectra. The instrumental differences, the technical parameters (spectral resolution and ranges, illumination sources, arrangement, viewing angle) vary from spectrometer to spectrometer, but a white-reference dependent post-correction could work and enhance the similarity between spectra. By the post-correction method a positive change of over 10% was achieved which is considered as significant for most spectral library users. The importance of spectral libraries is growing and the intercomparability of them is still a challenge. The post-correction method is a practical tool for building and using multi-source ground-truth spectral libraries.

Zusammenfassung: *Weißabgleich-basierte Post-Korrekturmethode für Spektralbibliotheken.* Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer anwendbaren Post-Korrekturmethode für spektrale Feld- und Labormessungen. Diese Methode wurde innerhalb eines Spektrometervergleichs entwickelt und getestet. Folgende Spektrometer wurden verwendet: FieldSpec (FS) und TerraSpec (TS) von Analytical Spectral Devices, Inc und HandySpec^{VIS/NIR} (HS) der deutschen Firma tec5 AG. Als viertes virtuelles Spektrometer wurde die frei verfügbare Spektralbibliothek des United States Geological Survey (USGS) verwendet. Spektrale Messungen mit verschiedenen Spektrometern zeigen für gleiche Messobjekte Unterschiede im Spektralsignal. Die instrumentellen Unterschiede basieren auf technischen Parametern (spektrale Auflösung und Spektralbereiche, Lichtquellen, Arrangement, Betrachtungswinkel). Die auf einem Weißabgleich basierende Post-Korrektur kann zur Verringerung externer Fehler beitragen. Durch die Post-Korrekturmethode kann eine positive Veränderung der spektralen Ähnlichkeit von über 10% erreicht werden. Die Bedeutung von Spektralbibliotheken wächst, die Vergleichbarkeit ist aber immer noch eine Herausforderung. Die Post-Korrekturmethode ist ein praktisches Werkzeug für die Erstellung und Nutzung von spektralen Bibliotheken.

1 Introduction

In hyperspectral remote sensing high-resolution spectral signatures are essential for object identification. The spectral information can originate from many sources and are usually stored in spectral libraries. From point measurements to pixel based imaging systems numerous techniques and methods are available for use. These facts challenge both the prima-

ry data producers and the data archivists but most importantly the high-end data users (MILTON et al. 2006). Even now practical questions are still of high importance and need to be discussed before going into more complex levels. However, to discuss the whole data chain would go beyond the capabilities of this paper. For this case a reduced but highly focused aim is advisable. This reduction leads to the very first level of the spatial data scale, the

ground truth. It is well known that the most common way to capture spectral ground truth is to use a hand-held field spectrometer. This device can virtually provide a uniform dataset for the same target in a very short time. However, measurements taken by other spectrometers for the same object could be different, which could strongly affect spectral identification (PRICE 1994, 1998, CASTRO-ESAU et al 2006). Recent tendencies have shown that the number of field spectrometer providers is growing and in some segments of the market prices have decreased. This phenomenon will be more noticeable when new hyperspectral satellites will be in orbit and ground truth data will be required. Experience from practice has shown that using external spectral libraries often led to disappointments. Development is needed for new methods that can improve the spectral similarity between “quasi-identical” samples. In this paper a simple and easy-to-use post-correction approach will be presented which can help users synchronize multi-source ground-truth spectra. Special attention was paid to the white-reference measurements, because the proposed post-correction method works with white panel raw data. Three commercially available hyperspectral spectrometers and the free USGS spectral library were included in the experiment. It was not our intention to create a ranking system among the spectrometers. Decisions regarding which spectrometer is the most suitable for an application should depend on research aims and target specifications.

2 Materials and Methods

Three spectrometers, FieldSpec and TerraSpec from Analytical Spectral Devices (ASD 2010) and HandySpec^{VIS/NIR} from Tec5 (Tec5 2010) were included in this experiment. The following abbreviations are used in this paper. FS stands for FieldSpec Pro FR (350–2500 nm), TS for TerraSpec (350–2500 nm), HS for HandySpec^{VIS/NIR} (400–1690 nm) and USGS for the USGS spectral library sample (400–2500 nm). To enhance the spectral comparability, the same mineral sample was scanned by all spectrometers. As test material chlorite was selected. Chlorite with a size of 5×5 cm

was an ideal mineral for a spectrometric test because it is durable and shows absorption peaks and stand-alone features throughout the spectrum of 400–2500 nm. This consideration is of high importance for a spectrometer with a sensing capability of up to 1690 nm (HS, for instance). The mineral sample was courtesy of the geological collection of the Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany (MLU).

Due to influencing factors (changing atmospheric conditions, seasonal and diurnal changes etc.) the laboratory seemed to be the most stable and suitable place for this experiment. The illumination parameters, human factors and other technical parameters were not predetermined, because every spectrometer has its own source of illumination and white reference panel in practice. Two white reference panels were from Labsphere® (Labsphere 2010) and the third one was a device coupled material from Tec5. The white panel for the USGS spectrum was not known. However, white reference panels can considerably modify the spectral reflectance curves. The white reference measurements were separately taken by every spectrometer and were used as a reference for the chlorite sample.

Each spectral sampling was repeated four times over the same target and saved separately. For the evaluation the repeats were averaged. Before reflectance values were generated the raw data or digital counts were also archived. MILTON et al. (2009) wrote that reflectance data will remain a convenient way to represent the energy interactions occurring at the surface, and they have value in generic spectral libraries (MILTON et al. 2009). This approach was highly accepted and followed in this work and used for further analyses. It is important to note at this point that the quantity acquired by the used spectrometers was the reflectance factor. The term reflectance factor was used, whereby the ratio of the radiant flux is reflected by a target to that reflected into the same reflected-beam geometry by an ideal and diffuse standard surface, irradiated under the same conditions (NICODEMUS et al. 1997). The normalized reflectance factors were calculated and analyzed.

The analyzed spectral products varied in spectral resolution and ranges; this phenome-

non was able to be statistically solved by spectral resampling. This process was necessary when HS was compared to all other spectra or when USGS to FS, TS and HS. FS and TS had the same spectral resolution. The above mentioned circumstances are very typical for multi-source spectral libraries and were treated as reality factors.

Before applying the white-reference post-correction method, the reflectance factor curves were compared by hyperspectral mapping methods like Spectral Angle Mapper (SAM), Spectral Feature Fitting (SFF) and Binary Encoding (BE). Methods for comparing spectra used in this work are widely used in hyperspectral image classification (LEONE & SOMMER 2000, ASPINALL et al. 2002) but less common in analyses of single-point measurements or spectral libraries. The statistic was generated in the ENVI 4.4 software environment (ENVI 2010). The three comparison methods will be described in the following section.

Spectral Angle Mapper (SAM): It matches spectra to reference them using a measure of spectral similarity based on the angle between the spectra treated as vectors in an n -dimensional space with dimensionality (n) equal to the number of spectral channels. Smaller angles represent closer matches. The angle between each spectra and all reference spectra can be mapped and assigned to the material

for which the spectral angle is smallest and within a defined limiting angle (KRUSE et al. 1993b). When used on calibrated reflectance data, the SAM is relatively insensitive to effects of illumination changes, because the angle between vectors is measured rather than the length of the vector. It determines the similarity of an unknown spectrum to a reference spectrum.

Spectral Feature Fitting (SFF): It uses the “least squares method” to compare the fit spectra to selected reference spectra (CROWLEY & CLARK 1992). The method measures absorption-feature depth which is related to material abundance. It enables the user to specify a range of wavelengths, within which a unique absorption feature exists for the chosen target.

Binary Encoding (BE): It is a classification method that encodes the data and reference spectra into 0-s and 1-s based on whether a spectral value in a band falls below or above the overall average of spectrum. An exclusive ‘OR’ function is then used to compare each encoded reference spectrum with the encoded data spectra and classify the dataset (MAZER et al. 1988). Each spectrum is classified to the material with the greatest number of channels that match above a minimum-match threshold (CLARK et al. 1987, KRUSE et al. 1993a).

In Fig. 1 can be seen how the four-source spectra of chlorite take place within the 400–

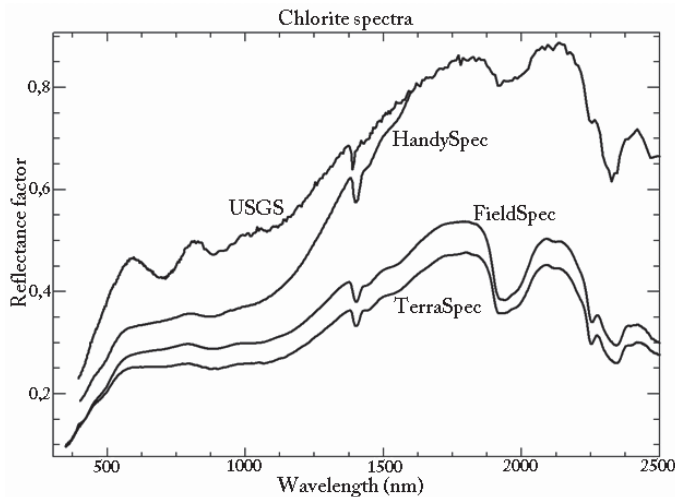


Fig. 1: Reflectance factor curves of chlorite created by four different spectrometers.

2500 nm spectral range. The HandySpec (HS) spectrometer works only up to 1690 nm and shows significant divergence over 1000 nm. The other chlorite spectra vary also both in intensity and resolution, but remain more stable compared to HandySpec (HS). The chlorite sample from USGS spectral library shows distinctions in the visible spectrum, which means that it appears to have had a different colour compared to the sample measured by TS and FS.

For the USGS chlorite sample, only the reflectance factors were available without knowing anything about the white panel properties. This is common for most spectral libraries. However, the supplementary sample information is well documented in the available online database (USGS 2010).

The post-correction method

Special attention was paid to the reflectance factor curve of HS. For HS the white panel raw data was known and could be well processed. For a post-correction a master spectrum is needed to define which one serves as the reference. In this case the white panel raw data of TS was chosen for HS. The FS (FieldSpec) and TS (TerraSpec) spectra were very similar (see Fig. 1) and post-correction was not necessary.

Why to use TS as reference? On the one hand there were technical similarities between TS and HS because both of them had internal illumination that ensured a higher similarity between spectra taken from the same samples. On the other hand, TS was a new device with an up-to-date calibration file.

In Fig. 2 the applied methods and main processing paths are depicted. To generate a post-correction curve it is necessary to know the white panel raw data, because the normalized spectra mask the original properties of the reference surface.

The white reference post-correction is significant when ground-truth spectra are to be compared. Once both white reference raw values and a master spectrometer with known white reference raw values are given, the correction curve can be calculated. The post-correction of HS was carried out by Eq. (1). ORC_{HS} stands for Original Reflectance Curve of HS, $WRRD_{HS}$ for White Reference Raw Data of HS, $WRRD_{TS}$ for White Reference Raw Data of TS and CRC_{HS} for Corrected Reflectance Curve of HS.

$$ORC_{HS} \cdot \frac{WRRD_{HS}}{WRRD_{TS}} = CRC_{HS} \quad (1)$$

The changes implicated by the post-correction method can visually be observed in Fig. 3. The 'correction curve' was calculated from

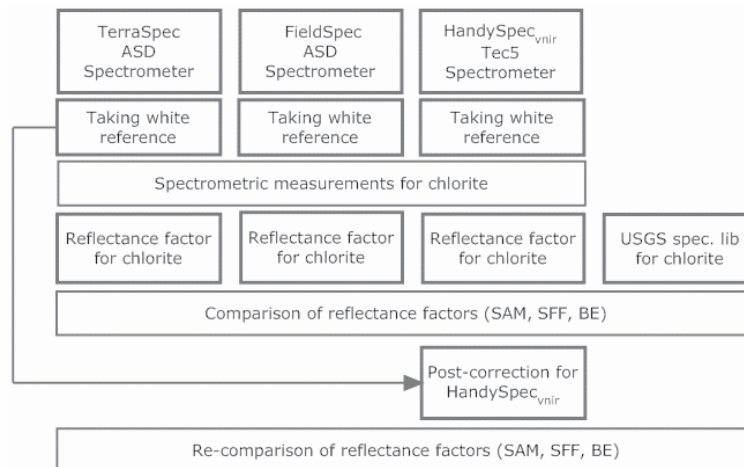


Fig. 2: The workflow and processing paths.

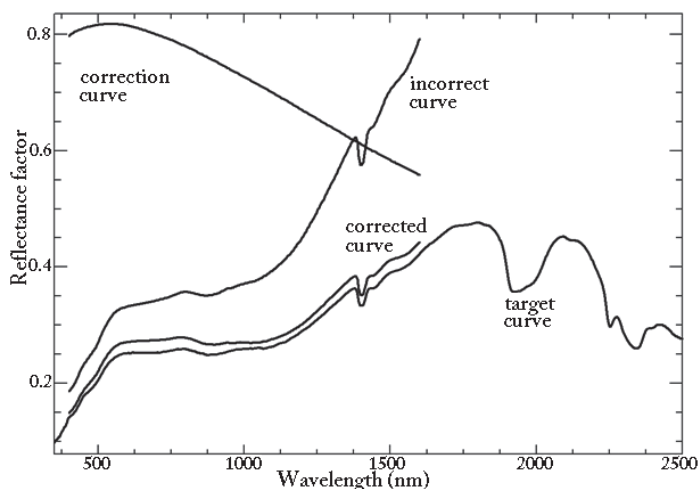


Fig. 3: Changes caused by post-correction.

($WRRD_{HS}/WRRD_{TS}$), the 'incorrect curve' represents ORC_{HS} and the 'corrected curve' is virtually CRC_{HS} . The 'target curve' is the sample reflectance factor curve (chlorite) of the master, in this case TS. The HS has no sensing capabilities above 1700 nm, this is the reason why the 'correction curve' and the 'corrected curve' end at 1700 nm.

3 Summary and Outlook

Reflectance factors of different devices for the same target were compared and, if necessary, post-corrected (see Eq. (1), Fig. 1 and 3). The statistics table Tab. 1 shows the comparison results. Each spectrometer was compared to

the other and relative similarity values were calculated. The matches were set between 0 and 1. The column 'rel.similarity' stands for an averaged value calculated from SAM, SFF and BE.

For the average values an increase of 6% (between bc: FS to HS and ac: FS to HS) and 5% (between bc: TS to HS and ac: TS to HS) was registered. These values (as it can be seen in Tab. 1) depend very much on methods. If considering SAM for changes, the values increased by 11% (SAM between bc: FS to HS and ac: FS to HS) and by 13% (SAM between bc: TS to HS and ac: TS to HS). These changes are significant when multi-source ground-truth signatures should be synchronized. SFF shows also considerable changes, but not as

Tab. 1: Comparison results before and after the correction.

Comparison	Comparison methods			
	rel. similarity	SAM	SFF	BE
before correction (bc)				
FS to TS	0,94	0,97	0,85	0,99
FS to USGS	0,75	0,88	0,48	0,88
FS to HS	0,89	0,85	0,84	0,99
TS to USGS	0,86	0,95	0,67	0,96
TS to HS	0,92	0,85	0,91	1,00
USGS to HS	0,86	0,86	0,75	0,97
after correction (ac)				
FS to HScorrected	0,95	0,96	0,93	0,98
TS to HScorrected	0,97	0,98	0,92	0,99

frequent as SAM, and BE can be regarded as inconsequential for the correction. These results show the strengths and robustness of the comparison methods, too, and focus our attention on the SAM.

Via the post-correction method, it was possible to produce a positive change of over 10%, which is very promising. From a practical point of view, the similarity between two spectra was increased by over 10%, which is significant when spectral libraries have to be synchronized.

The results indicated that the post-correction of the curves was effective when the raw reflectance values were known and well documented. The spectral characteristics of the reference materials are as important as the technical properties of the devices. It is important to emphasize that the numerical results of this investigation are only valid for those materials measured by these 3+1 spectrometers. But in general, the following conclusions can be drawn:

- When reflectance spectra originate from different sources and a comparison must be executed, then post-correction is very advisable and a helpful tool. Systematic differences (see Fig. 3) introduced by device, reference panels or other time-resistance factors are able to be corrected. Post correction is possible when white reference raw values are available and well documented.
- There are many spectral libraries available worldwide and the database is growing. It is often very difficult, time-consuming and inaccurate to use them for scientific aims or comparisons. The standardization of spectral libraries is reasonable when hyperspectral satellites will be launched and spectra from different sources for the same targets will be compiled and evaluated. Before going global, local initiatives must be started and completed for comparing field spectro(radio)meters. Reference panels used in practice have different chemical components, working-properties and spectral-properties. The spectral responses given by reference panels effect the ultimate results of the measurement, which can also be corrected.

With the results of this investigation it is concluded that it is advisable to support special-

ists in agriculture, geology, geography and other environment-related experts who intend to use or build multi-source ground-truth spectral libraries.

Acknowledgements

This comparison would not have been possible to do without the TerraSpec spectrometer of the Department of Economic Geology and Petrology at the MLU Halle. Special thanks go to the German spectroscopy company Tec5 for excellent cooperation and technical support.

References

- ASD (2010), Analytical Spectral Device (ASD), www.asdi.com/ (22.6.2010).
- ASPINALL, R.J., MARCUS, W.A. & BOARDMAN, J.W., 2002: Considerations in collecting, processing, and analysing high spatial resolution hyperspectral data for environmental investigations. – *Journal of Geographical Systems* **4**: 15–29.
- CASTRO-ESAU, K.L., SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A. & RIVARD, B., 2006: Comparison of spectral indices obtained using multiple spectroradiometers. – *Remote Sensing of Environment* **103** (3): 276–288.
- CLARK, R.N., KING, T.V.V. & GORELICK, N.S., 1987: Automatic continuum analysis of reflectance spectra, JPL Publication. – 3rd AIS workshop, California, USA, 138–142.
- CROWLEY, J.K. & CLARK R.N., 1992: AVIRIS study of Death Valley evaporate deposits using least squares band-fitting methods. – JPL Publication **92–14** (1): 29–31.
- ENVI 2010, Image Processing & Analysis Solutions, www.itvvis.com/ProductServices/ENVI.aspx, (16.6.2010).
- JUNG, A., GÖTZE, C. & GLÄSSER, C. (2009): A comparison of four spectrometers and their effect on the similarity of spectral libraries. 6th EARSeL Imaging Spectroscopy SIG Workshop Innovative Tool for Scientific and Commercial Environment Applications Tel Aviv, Israel, March 16–18, 2009.
- KRUSE, F.A., LEFKOFF, A.B. & DIETZ J.B., 1993a: Expert System-based mineral mapping in northern Death Valley, California/Nevada using the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS). – *Remote Sensing of Environment* **44**: 309–336.

- KRUSE, F.A., LEFKOFF, A.B., BOARDMAN, J.B., HEIDEBRECHT K.B., SHAPIRO A.T., BARLOON P.J. & GOETZ A.F.H., 1993b: The spectral image processing system (SIPS) – Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. – *Remote Sensing of Environment* **44**: 145–163.
- Labsphere 2010, Spectralon. www.labsphere.com/ (22.6.2010).
- LEONE, A.P. & SOMMER, S., 2000: Multivariate Analysis of Laboratory Spectra for the Assessment of Soil Development and Soil Degradation in the Southern Apennines (Italy). – *Remote Sensing of Environment* **72** (3): 346–359.
- MAZER, A.S., MARTIN, M., LEE, M. & SOLOMON, J.E., 1988: Image processing software for imaging spectrometry data analysis. – *Remote Sensing of Environment* **24**: 201–210.
- MILTON, E.J., FOX, N. & SCHAEPMAN, M.E., 2006: Progress in field spectroscopy, Proc. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 1966–1968.
- MILTON, E.J., SCHAEPMAN, M.E., ANDERSON, K., KNEUBÜHLER, M. & FOX, N., 2009: Progress in field spectroscopy. – *Remote Sensing of Environment* **113**: 92–109.
- NICODEMUS, F.E., RICHMOND, J.C., HSIA, J.J., GINSBERG, I.W. & LIMPERIS T., 1977: Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance. National Bureau of Standards (U.S.).
- PRICE, J.C., 1994: How unique are spectral signatures? – *Remote Sensing of Environment* **49**: 181–186.
- PRICE, J.C., 1998: An approach for analysis of reflectance spectra. – *Remote Sensing of Environment* **64** (3): 316–330.
- tec5 (2010): Technology for Spectroscopy, www.tec5.com/deutsch/home.html (22.6.2010).
- USGS (2010): U.S. Geological Survey. <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib04/spectral-lib.desc+plots.html> (23.6.2010).
- Address of the Authors:
Dr.-Ing. ANDRÁS JUNG, Dipl.-Geogr. CHRISTIAN GÖTZE, Prof. Dr. CORNELIA GLÄSSER, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, D-06120 Halle, Tel.: +49-345-55-26021, Fax: -27168, e-mail: ajung@sphereoptics.de, christian.goetze@geo.uni-halle.de, cornelia.glaesser@geo.uni-halle.de.
- Manuskript eingereicht: Juli 2009
Angenommen: Juli 2010





Identifying Architectural Style in 3D City Models with Support Vector Machines

CHRISTOPH RÖMER & LUTZ PLÜMER, Bonn

Keywords: Support Vector Machines, City Model, Data Mining, Pattern Recognition, CityGML

Summary: The purpose of the study presented here is to enrich low resolution (LOD1) 3D city models with semantic information about the architectural style of buildings. The focus is on identifying Wilhelminian-style buildings - terraced houses with three to four floors, high storeys, richly decorated facades and an architectural style typical for the turn of the 20th century. We use this example for the evaluation of the potential of Support Vector Machines (SVMs) for data mining in 3D city models. Identification of Wilhelminian-style buildings with low level data is demanding since most distinguishing characteristics are on higher levels of detail. However, Wilhelminian-style buildings tend to form specific ensembles of buildings with similar shape, thus context information is significant. After careful pre-processing, feature extraction, and feature weighting, a Support Vector Machine with a radial basis function as kernel was trained. In contrast to other classifiers which minimize the empirical, Support Vector Machines are based on structural risk minimization. This approach turned out to be especially useful for a task where the respective classes are highly inhomogeneous and a high percentage of the training data is mislabeled. In order to reduce the effect of the latter, an outlier detection was applied as part of the pre-processing. Above, a clustering algorithm was used to cope with hidden structures in the training data. Despite difficult boundary conditions, the SVM classifier was able to detect Wilhelminian-style houses with high accuracy. This demonstrates the high potential of Support Vector Machines for data mining in 3D City Models. However, intelligent pre-processing and kernel parameter optimization are necessary.

Zusammenfassung: *Erkennung des Gebäude-Architekturstils in 3D Stadtmodellen mit Support Vektor Maschinen.* Das Ziel der hier präsentierten Studie ist es, 3D Stadtmodelle mit geringer Auflösung (LOD1) mit semantischen Informationen über den Architekturstil der Gebäude anzureichern. Der Fokus liegt dabei auf Gründerzeithäusern – Reihenhäuser mit drei bis vier Stockwerken, hohen Räumen, reichhaltig verzierten Fassaden und einem Architekturstil, welcher für die Wende zum 20ten Jahrhundert typisch ist. Das Beispiel wird für die Evaluierung des Potentials der Support Vektor Maschinen für Data-Mining in 3D Stadtmodellen benutzt. Die Identifizierung von Gründerzeithäusern in niedrig aufgelösten Daten ist anspruchsvoll, da die charakteristischsten Merkmale dieser Gebäude erst in einem höheren Detailgrad beobachtbar sind. Allerdings lassen sich Gründerzeithäuser oftmals zu spezifischen Gruppen von Häusern mit ähnlicher Form zuordnen, wodurch Kontextinformationen wichtig werden. Nach einer Vorverarbeitung der vorhandenen Daten, einer Merkmalsextraktion und einer Merkmalsgewichtung wird eine Support Vektor Maschine (SVM) mit radialen Basisfunktionen als Kernel trainiert. Im Gegensatz zu anderen Klassifikatoren, welche das empirische Risiko der Fehlklassifikation minimieren, basieren SVMs auf dem Prinzip der strukturellen Risikominimierung. Dieses Vorgehen ist besonders nützlich für Aufgaben, wo die Klassen besonders inhomogen und die Trainingsdaten zu einem hohen Prozentsatz falsch vorklassifiziert sind. Um letzteren Effekt zu reduzieren, wurde eine Ausreißersuche bei der Vorverarbeitung der Daten angewendet. Zusätzlich wurde eine Cluster-Methode genutzt, um unbekannte Zusammenhänge in den Trainingsdaten auszunutzen. Trotz der schwierigeren Randbedingungen war der Klassifikator in der Lage, Gründerzeithäuser in dem Stadtmodell mit hoher Genauigkeit zu präzisieren. Dies zeigt, dass Support Vektor Maschinen ein großes Potential haben für Data-Mining in 3D Stadtmodellen. Eine geschickte Datenvorverarbeitung und Optimierung der Kernelparameter sind jedoch immer noch notwendig.

1 Introduction

Three dimensional city models are available for an increasing number of cities. Not only the volume of data increases, but also the development of consistent geospatial data modelling methods (KOLBE & GRÖGER 2003), such as CityGML, and of models suitable for representing buildings in different levels of detail is progressing fast.

However, nowadays most city models are only given in the level of detail 1 (LOD1). In LOD1 each building is represented by an abstract solid which is derived from the height and the cadastre ground plan of the building. These models make it difficult to detect contentual connections, even if these could substantially support the user when analyzing and pre-processing the dataset.

For instance, a user who intends to move from one town to another and has a specific style of life intends to query a 3D database in order to find areas of a certain architectural style in his new neighborhood. He is able to point on streets in his old neighborhood which are dominated by his preferred architectural style, say Wilhelminian-style buildings. However, he is not willing to study the technical details of the database and to translate his internal concept into an SQL query. Instead he wants to approach the database by saying: "I look for a neighborhood similar to the one where I live now, which is located there". A system which supports this kind of queries is the vision behind our research.

The aim of this study was to design a classifier which identifies areas and streets in cities, based on LOD1 3D city model datasets, which are dominated by a specific architectural style. This information may be used to enrich the LOD1 solids and help the user to interpret the abstract solids or may be used to visually enhance the LOD1 models with automatically generated textures (KRÜCKHANS & SCHMITTWILKEN 2009) which fit the specific building type. This is important as LOD1 city models have been derived for large regions from airborne laserscans and cadastre coordinates, whereas higher resolutions are more difficult to obtain. We restrict to the dichotomous case and leave multi-class labeling for further discussion.

The classifier has to face two main problems. Firstly, an inhomogeneous dataset can be expected because houses of the same architectural style may differ significantly with regard to the features in the given level of detail. Hence, there may be not one prototype for an architectural style, but an unknown number of separate clusters. Secondly, we do not assume that a set of correctly labeled buildings is given. Instead streets dominated by a specific building style are available, where nevertheless buildings with a different architecture appear. A rather high probability of mislabeling in the training dataset can be expected.

Additionally, Wilhelminian-style houses are an especially challenging scenario. Their most distinguishing characteristics (high storeys, richly decorated facades) are not represented in the LOD1 model. Hence, the classifier has to detect hidden patterns which are unknown a-priori. This is the reason why the identification of Wilhelminian-style buildings in LOD1 data poses a demanding for data mining.

Data Mining is the implementation of specific algorithms and learning methods to automatically extract patterns from data (FAYYAD et al. 1996). The classifier has to be able to learn what is specific for a given class from a given set of samples, a capability which is named generalization. Generalization reduces the risk of overfitting and therefore of wrongly predicting the affiliation of unseen data to a certain class. This is achieved by finding a model which is not overly dependent on single examples and therefore resistant against outliers and noise.

A classification method which has received increasing attention in recent years is the Support Vector Machine (VAPNIK 1998, SCHÖLKOPF & SMOLA 2002, HEINERT 2010). In contrast to other classifiers who aim at minimizing the empirical risk with regard to the training data, SVMs are based on the principle of structural risk minimization. This leads to a superior generalization capability (GUNN 1998).

As with other supervised learning methods, the quality of the training dataset significantly influences the quality of the class prediction. Hence, the amount of mislabeled examples in the training dataset has to be reduced. To achieve this, two methods are combined. The

LOF outlier detection (BREUNING et al. 2000) is eligible for finding outliers in datasets where no information about the underlying distributions is given. Even if this algorithm can find outliers, the example training set still contains clusters of mislabeled buildings. Therefore, a combination of a clustering algorithm with a SVM-classifier is used to pre-process the training dataset and to remove training examples where the probability of a correct prelabeling is low.

After an overview over the concept of the Support Vector Machines is given in Section 2, the main contribution of this paper is presented in Section 3, which describes how the SVMs are applied to LOD1 city models in order to classify buildings and how the training dataset is pre-processed in order to reduce the number of misclassified training examples.

2 Support Vector Machines

The following Section introduces the concept of the Support Vector Machines. Support Vector Machines is a supervised learning method for binary classification problems. Based on a set of labeled training samples SVMs learn a model which enables the classifier to differ between two classes and predict the class of unseen samples.

Starting with the general problem of binary classification the important principle of structural risk minimization is presented as well as the separating hyperplane on which the class indicator function is based, and subsequently linear and nonlinear Support Vector Machines are introduced. Section 2.4 discusses the case of not linearly separable classes.

2.1 Binary Classification

The starting point is a given dataset of training samples $(\mathbf{x}_1, y_1) \dots (\mathbf{x}_m, y_m)$, with \mathbf{x}_i denoting an n -dimensional feature vector and with $y_i \in \{\pm 1\}$ indicating the class labels of the samples \mathbf{x}_i . The dataset is generated independent and identically distributed by the underlying, unknown propability distribution $P(\mathbf{x}, y) = P(\mathbf{x})P(y | \mathbf{x})$.

We want to generalize the discrete training samples in a way which allows to predict the class label y of any unknown sample \mathbf{x} generated by the same propability distribution $P(\mathbf{x}, y)$ as the training samples. Therefore we need an indicator function $f : \rightarrow \{\pm 1\}$ which approximates the unknown $P(\mathbf{x}, y)$.

At first appearance an appropriate classifier is given by an indicator function which minimizes the expected risk of misclassification, i.e. where the difference between the predicted and the given class label of the training samples is minimal. This approach is called empirical risk minimization.

However, this approach risks overfitting. In an attempt to reduce the empirical risk as much as possible, the classifier may use a model with too many degrees of freedom and therefore may adapt to noise and outliers instead of the underlying patterns we truly search.

A basic insight of statistical learning theory (VAPNIK 1998) states that in order to achieve good classification performance one has to restrict the set of possible indicator functions. This is done by a function which estimates and penalizes the complexity of the model. The model complexity is measured with the VC-Dimension (VAPNIK & CHERVONENKIS 1971). Identification of the appropriate VC-Dimension with regard to a given problem is the basic idea of structural risk minimization. Support Vector Machines are based on this principle. They balance the risk of overfitting with the minimization of the empirical risk.

2.2 Linear Support Vector Machines

We start with the basic case of linear support vector machines and assume that the training data is linearly separable. The set of indicator functions is thus restricted to separating hyperplanes of the form

$$\langle \boldsymbol{\omega}, \mathbf{x} \rangle + b = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i + b = 0 .$$

The distance between the origin and the hyperplane is given by $b \in \mathbb{R}$, while $\boldsymbol{\omega} \in \mathbb{R}^n$ denotes the normal vector (weight vector) of the hyperplane. The hyperplane divides the fea-

ture space into two regions, one for the class $\{+1\}$ and one for the class $\{-1\}$. New, unseen points are classified depending on which side of the hyperplane they are.

We now search the hyperplane which results in no misclassification and where the distance between the hyperplane and the nearest points in the training dataset is maximal. Among all separating hyperplanes (there are infinitely many) this *maximal margin* hyperplane proves to minimize the structural risk (Section 2.1) and to achieve the best prediction accuracy. If we fix the minimal distance of the nearest point in the dataset to the hyperplane to one, we get a so called canonical hyperplane and the distance of any point in the dataset to the hyperplane is given by

$$d(\omega, b; \mathbf{x}) = \frac{|\langle \omega, \mathbf{x} \rangle + b|}{\|\omega\|}.$$

If we would not use canonical hyperplanes ω and b could always be multiplied by the same non zero constant. Fixing the distance to any scalar abolishes this degree of freedom, which would prevent the construction of a unique maximal margin hyperplane.

Hence, we have to minimize

$$h(\omega) = \frac{1}{2} \|\omega\|^2 \quad (1)$$

to get the optimal hyperplane with the maximal distance to the nearest point of the training dataset.

The separating hyperplane will only then be optimal, if the risk of misclassification is minimized at the same time. This is achieved by the constraint:

$$y_i (\langle \omega, \mathbf{x}_i \rangle + b) \geq 1, i = 1 \dots m \quad (2)$$

Finding the optimal hyperplane therefore is identical to solving equation (1) subject to the constraint (2). This turns out to be a convex minimization problem which is guaranteed to have one global solution which may be found with well known methods. With regards to performance SVMs tend to solve the following equivalent dual maximization problem (BOYD & VANDENBERGHE 2004). Using the Ka-

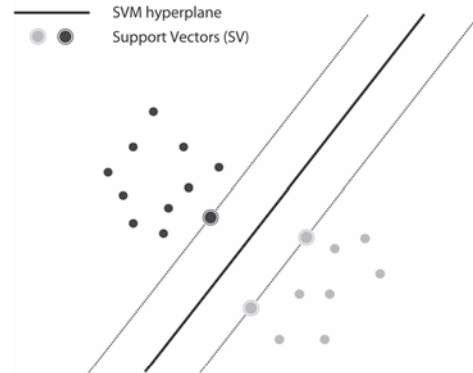


Fig. 1: Separating hyperplane between two classes (grey and black points). The optimal hyperplane is the one with the largest distance to both classes.

rush-Kuhn-Tucker conditions (ROCKAFELLAR 1993) we get:

$$\max_{\alpha} W(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j \langle \mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j \rangle, \quad (3)$$

$$\text{subject to } \alpha_i \geq 0 \quad (4)$$

$$\text{and } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0. \quad (5)$$

Solving (3) returns the dual Lagrangian α_i for every \mathbf{x}_i . One key ability of the Lagrangian dual variable is that it becomes zero for every \mathbf{x}_i where the constraint does not become zero, i.e. where the distance between the hyperplane and the corresponding class is not minimal. Those points where $\alpha_i \neq 0$ is true are called support vectors. With the help of the Lagrangian dual variable the optimal hyperplane can be calculated again:

$$\hat{\omega} = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i \mathbf{x}_i, \quad (6)$$

$$\hat{b} = -\frac{1}{2} \langle \hat{\omega}, \mathbf{x}_a + \mathbf{x}_b \rangle, \quad (7)$$

where \mathbf{x}_a and \mathbf{x}_b are any support vectors of the two classes ($\mathbf{x}_a, \mathbf{y}_a \in \{+1\}$ and $\mathbf{x}_b, \mathbf{y}_b \in \{-1\}$). The coefficients of ω can be interpreted as the weights of the individual features.

Predicting the class of a new, unseen data point is now possible through the sign of the distance between this point and the hyperplane, which leads to the indicator function

$$f = \text{sgn}\left(\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i \langle \mathbf{x}, \mathbf{x}_i \rangle + \hat{b}\right). \quad (8)$$

2.3 Nonlinear Support Vector Machines

Until now it was assumed that the data is linearly separable, though this indeed is not appropriate for all datasets. As the Cover-Theorem (COVER 1965) states, the probability that classes are linearly separable increases when the features are nonlinearly mapped into a higher dimensional feature space. Mapping the original dataset into a higher dimensional space therefore allows the construction of an optimal separating hyperplane.

This, however, may be rather computational inefficient for large datasets. Hence, kernels (SHAWE-TAYLOR & CRISTIANINI 2004) are used to compute the Support Vector Machine in high dimensional feature spaces without explicitly mapping into these. As the kernel trick states we can replace every dot product with a kernel function $k(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$. Since all feature vectors only occur in dot products, the kernel trick can be applied (SCHÖLKOPF & SMOLA 2002) to map the data into a high dimensional space and simultaneously avoid the drawback of a high runtime.

Performing the mapping with a kernel function $k(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ results in a modified optimization problem:

$$\max_{\alpha} W(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j), \quad (9)$$

subject to the constraints (4) and (5).

The most widely used kernel function is the Gaussian radial basis function

$$k(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2\|^2}{2\sigma^2}\right), \quad (10)$$

where the parameter σ influences the smoothness of the decision boundary in feature space.

The hyperplane is now given by

$$\langle \hat{\omega}, \mathbf{x} \rangle = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}) \quad (11)$$

and

$$\hat{b} = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i (k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_a) + k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_b)), \quad (12)$$

where \mathbf{x}_a and \mathbf{x}_b are any support vectors from both classes. The indicator function is

$$f(\mathbf{x}) = \text{sgn}\left(\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i k(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) + \hat{b}\right). \quad (13)$$

2.4 Soft Margin Classifier

Until now it has been assumed that the training data are free of noise and that both classes do not overlap in feature space. This assumption, again, is not realistic in most practical cases. Above, as discussed in Section 2.1, the classifier has to handle the trade-off between minimizing the empirical risk and calculating a hyperplane which generalizes the data well. Hence, soft constraints are required which allow misclassifications in the training data. In order to handle misclassifications, the slack variable ξ is introduced, which results in a new constraint for (1)

$$y_i (\langle \omega_i, \mathbf{x}_i \rangle + b) \geq 1 - \xi_i, \quad i = 1 \dots m, \quad (14)$$

$$\xi_i \geq 0, \quad i = 1 \dots m. \quad (15)$$

With an unbounded slack variable ξ , however, all examples would meet the constraints. Thus the sum of the slack variables has to be minimized.

$$\text{Minimize } h(\omega) = \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^m \xi_i, \quad (16)$$

subject to constraint (14) and (15), where the penalty term C weights the influence of the slack variables. Interestingly, the Lagrangian dual optimization problem (9) stays the same, apart from a slightly modified constraint $C \geq \alpha_i \geq 0$

3 Predicting Wilhelminian-style Buildings

Our aim has been to learn a SVM model of Wilhelminian-style buildings for LOD1 data. Wilhelminian-style buildings, typical for the late 19th to early 20th century, are mainly terraced houses with three to four floors. The facade is typically richly decorated and has many small oriels. While the first and second floor are mostly high with huge windows the upper floors were mainly inhabited by servants or people from the poorer working class and display small windows and low ceilings.

We used the LIBSVM Tool from (CHANG & LIN 2001), which is readily available and provides a stable, performant and convenient SVM implementation on several platforms. Most other algorithms used here are available in the open source data mining system Rapid-Miner (MIERSWA et al. 2006).

The first Section describes how the feature space is constructed from the LOD1 model. In Section 3.2 the training examples for the Wilhelminian-style buildings and for "Others" are chosen. In Section 3.3 the Support Vector Machines method is applied to our classification task. Section 3.4 describes how the results can be improved using an outlier detection and a clustering algorithm and finally in Section 3.5 the results are discussed.

3.1 Constructing the Features from the LOD1 City Model

The example dataset is given as a 3D-CityGML model of Bonn in the LOD1 representation, where buildings are reduced to abstract solids without roofs (see Fig. 2). The solids are constructed from cadastre coordinates of the conjugated houses ground plans, whereas the height is extracted from airborne laserscans. Overall, the database used for this experiment has 57,510 buildings. In addition, every building is given with its address.

The SVM classifier expects feature vectors of fixed length which allow a comparison between the buildings. The given cadastre coordinates for the ground plans of the buildings, however, are lists of arbitrary length which are not suitable for a similarity test. As such, the given ground plans are not suitable for our tasks. Therefore, feature construction was necessary.

As every solid can be described by its ground plan and its height, descriptions of both are used as features. Hence, the first feature used is the height of every solid. The ground plan is approximated by its 2D-bounding box. From this bounding box, the width (here the shortest edge of the box), the length (the longest edge of the box) and the slimness as the ratio of width to length is extracted. Another feature is the area of the exact ground plan. The last feature derived from a single building solid is the type of the floor plan. Un-

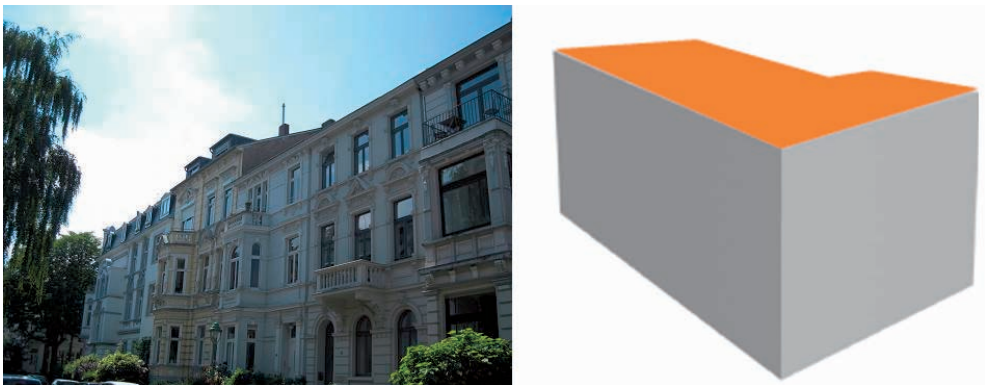


Fig. 2: Typical examples of Wilhelminian-style buildings (left side) compared with a LOD1 solid (KOLBE & GRÖGER 2003) on the right side.

der the assumption that every angle is rectangular, the ground plan is categorized into rectangles, L-, U-, T-forms and atriums. If none of these forms fit the ground plan sufficiently it is labeled as a complex form.

Most Wilhelminian-style buildings are terraced houses and therefore very similar in their features. All houses are grouped in house-blocks. As a rule, adjacent houses are closer than one meter to its neighbor. Since Wilhelminian-style houses tend to be rather similar within a given neighborhood, context turns out to be rather important. For this reason, the context is represented explicitly for every single building. For every feature, with the exception of the type of the ground plan, the median of its house-block is calculated and added as an additional feature.

To take buildings into account which differ considerably from the other buildings in a house-block, the difference between the median and the single buildings' feature has been added as an additional feature.

All in all, 16 features were derived (see Tab. 1 for a list of all features used). These fea-

tures build the feature vector \mathbf{x} of the binary classification task for every building the SVM algorithm is supposed to learn. The rank is based on a weighting which will be discussed in Section 3.3.

Finally, as the features have different scales, all features are normalized to a distribution with mean 0 and standard deviation of 1. This is a standard step in pre-processing and avoids unintended influence of features with a large scale in equation (8).

3.2 Choosing the Training Examples

The next step has been to provide a sufficiently large number of training data containing both Wilhelminian-style buildings and "Others". The focus has been on the design of a (semi-) automatic procedure following the lines sketched in the introduction.

For this reason, previous knowledge has been used. Suburbs were selected which are dominated by a certain building type. The buildings of a whole suburb are either assigned

Tab. 1: Features derived from the LOD1 solids, ordered according to their relevance for the classifier calculated by the SVM-Weighting algorithm explained in Section 3.3.

Feature	Rank
Height _{Median of the associated house block}	1
Slimness _{Median of the associated house block}	2
Width _{Median of the associated house block}	3
Height _{Difference to the median of the associated house block}	4
Width _{Difference to the median of the associated house block}	5
Height	6
Length _{Median of the associated house block}	7
Width	8
Slimness	9
Type of the floor plan	10
Area _{Median of the associated house block}	11
Length	12
Length _{Difference to the median of the associated house block}	13
Slimness _{Difference to the median of the associated house block}	14
Area _{Difference to the median of the associated house block}	15
Area	16

to the class Wilhelminian-style buildings or “Others”. The “Bonner-Suedstadt”, a suburb dominated by the Wilhelminian-style, is the training example for Wilhelminian-style buildings, where three other suburbs are examples for the class “Others”. Those three suburbs are chosen in such a way that one is expected to be easily separable, one with only few buildings of a similar architectural style and one which is expected to be very difficult to separate. The last one was a former “Wilhelminian-style-suburb”, before it was destroyed by bomb raids in World War II. As some single buildings and streets still are Wilhelminian-style, the new buildings were constructed with similar height, width and length to fit into the overall picture of the suburb. Putting together this demanding training set was done intentionally to provide a challenging scenario for the learner.

The result has been a training dataset of 812 houses serving as the Wilhelminian-style examples and 1992 houses within the other three suburbs as examples for the class “Others”.

3.3 Learning the Model

For reasons which become clear later we started with learning a linear SVM as described in Section 2.3. As both classes overlap in their

training examples, soft margin SVMs were used, as described in Section 2.4. This means the only parameter which had to be optimized was the penalty term C which weights the slack variable ξ in equation (16) and determines the influence of wrongly classified buildings on the position of the hyperplane.

There is no possibility to estimate the best value for C a-priori. As Fig. 3 shows, the percentage of correctly predicted buildings is very sensitive to minimal changes in the parameter C . Therefore, different values for C had to be tested and the one which minimizes the empirical risk was assumed to be the best. To test the empirical risk a ten-fold cross-validation (KOHAVI 1995) was used.

By and large, the accuracy of the *linear* SVM was not satisfactory. However, as a desired side-effect, the linear SVM provides a good weighting of the relative relevance of the distinct features. According to formulas (6) and (7) in Section 2.3 the learned model consists of a normal vector ω and a bias b . The normal vector ω specifies the coefficients of the linear equation defining the hyperplane. The absolute value of the components of ω is a good indicator of the weight of the respective attributes.

The calculated weights have been used to rank the features as was suggested by (GUYON et al. 2002) and to rescale the normalized fea-

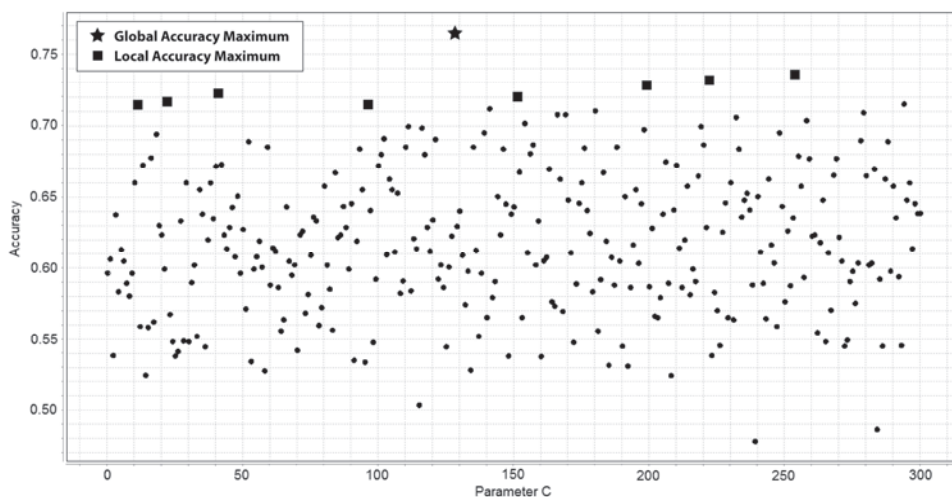


Fig. 3: Prediction accuracy of an unweighted, linear SVM on the training dataset using a ten-fold cross validation with respect to different choices for the parameter C .

tures in order to give more weight to more relevant features. The accuracy was improved by 7% this way. The drawback here is, however, that we have to learn two linear SVM models and have to estimate the parameter C two times independently: at first for the normalized training dataset and then at second for the rescaled, weighted dataset.

Even if the linear SVM classifier was already able to predict some Wilhelminian-style buildings, it resulted in too many obvious errors (cf. Fig. 4) and gave reason to doubt that the problem can be linearly separated through hyperplanes. As this is a binary classification problem with the task to distinguish between Wilhelminian-style houses and all other buildings in the city, it is easy to imagine that there are always examples of buildings from another architectural style which are both larger and smaller in one feature than the Wilhelminian-style buildings. Hence the possibility that both classes can be distinguished with linear hyperplanes seemed unlikely.

Therefore, a non-linear model based on a radial basis function as described in Section 2.4, formula (10), was learned. If this kernel is applied to the Support Vector Machine, the method can be compared with a radial basis network, though instead of putting the radial basis functions in the center of each class, they are placed at the support vectors which result from the Lagrangian optimization process de-

scribed in equation (9) (SCHÖLKOPF et al. 1996).

This affords a second parameter σ which controls the smoothness of the decision boundary. So two parameters, namely C and σ , had to be learnt in order to specify the optimal model. They are different from the parameters learnt for the linear model.

For the linear SVM the evolutionary algorithm (GOLDBERG 1989) was used. As we have many local maxima (see Fig. 3) a high number of iterations is suggested. It found the optimal value for the SVM-weighting at $C_w = 66.16$. The coefficients of this SVM were now used to rescale the feature space and subsequently the final SVM-classifier was learned with $C_{SVM} = 145.41$. This parameter combination resulted in 84.45% correctly classified buildings on the whole training dataset. Please note that C_w is not near the global maximum of Fig. 3. This is due to the fact that we chose a step size of one for the parameters in Fig. 3 while the evolutionary algorithms uses decimal places too. The great difference between the optimal values for C underlines how sensitive the performance is to minimal changes in the parameter C .

The indicator function we derived from the training examples was used to classify all buildings in the city of Bonn. In order to evaluate the results, specific suburbs which are known to consist of both Wilhelminian-style

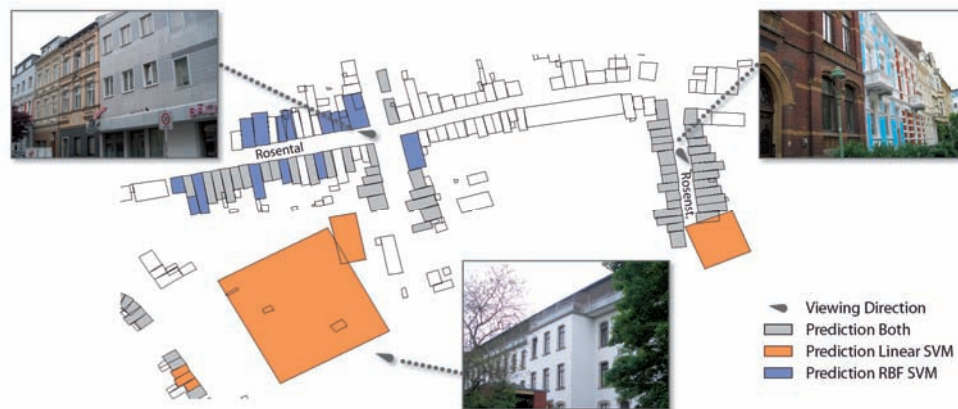


Fig. 4: Results of the linear Support Vector Machine and the RBF Support Vector Machine. Shown are the 2D-bounding boxes of each building. A grey box was predicted by both classifiers. Orange boxes were identified only by the linear SVM and blue boxes only by the RBF SVM.

houses and other buildings were compared with the classification results.

Fig. 4 shows the exemplary results for the streets 'Rosental' and 'Rosenst.'. Both are not part of the training dataset. The classifier was able to successfully predict the Wilhelminian-style buildings in the 'Rosenst.'. The street 'Rosental' is also consisting of Wilhelminian-style houses, but only the southern buildings were correctly identified, whereas the northern part of the street was wrongly classified as "Others".

In addition, some buildings which are obviously too large for the searched Wilhelminian-style buildings with respect to their ground plan, for instance the one south of 'Rosental', were also wrongly classified.

If we calculate the RBF-SVM the optimal result was achieved with the parameters $C_w = 289.97$ for the SVM Weighting and $C_{SVM} = 18.46$ and $\sigma_{SVM} = 0.05$ for the SVM classifier. This resulted in 87.67% correctly classified buildings on the training dataset.

The use of the Gaussian kernel significantly improved the results of the classifier. The obvious outliers are no longer predicted as part of the Wilhelminian-style and also some additional buildings in the street 'Rosental' are correctly classified. Nevertheless some errors remain. For example the first building in the picture of the street 'Rosental' is clearly no Wilhelminian-style house. Also both the linear and the RBF-SVM wrongly predicted whole streets in other parts of the city as Wilhelminian-style.

3.4 *Pre-processing the Training Dataset: Outlier Detection and Clustering*

It was already mentioned that a relevant number of buildings was mislabeled. As Support Vector Machines is a supervised classifier, this has negative effects on the quality of the classifier.

In order to improve quality, data pre-processing should refine the quality of the training data. We applied two methods, namely identification and elimination of outliers and clustering. Both are closely linked. We start with the discussion of outlier detection.

There are different approaches for outlier detection (HODGE & AUSTIN 2004). Most of them make certain assumptions on the distribution of the data. These assumptions could not be confirmed in the given data. For this reason we applied two more recent methods, namely LOF outlier detection (BREUNING et al. 2000) and X-Means (PELLEG & MOORE 2000).

Instead of finding global outliers, the Local Outlier Factor (LOF) test is local and depends on how isolated a point is with respect to the neighborhood. The decision of how isolated a point is relies on its local density compared with the local density of its neighbors. From this comparison a degree of being an outlier is derived. The only parameter needed for this approach is the number of nearest points which are used as the neighborhood. As the test compares local densities, it can be interpreted as the decision if a point belongs to a certain cluster of the size of at least a minimal number of points, controlled by the parameter `min_points`. Therefore, we only have to estimate the size of the minimal cluster we wish to keep in the training dataset with `min_points`. In this experiment, a clustersize of ten was used, though other choices between 10 and 40 led to only very small changes which had no great impact in this dataset. This indicates that a rough estimation is sufficient for this pre-processing step.

The result is a value between zero and one, which indicated the degree of a point being an outlier. Good results were achieved by choosing the mean outlier factor plus three times the standard deviation, i.e. a LOF value of 0.24. This way the more obvious outliers were deleted. This is important as the next step uses a K-Means algorithm which may be influenced by those outliers. Stricter bounds, say the mean plus two times the standard deviation led to similar results. Closer boundaries resulted in too many deleted Wilhelminian-style buildings.

The next step was to identify clusters of buildings which had the wrong label. The training dataset of Wilhelminian-style houses, for instance, contained a cluster of semi-detached houses which are not built in the Wilhelminian-style.

The idea to solve this problem is based on the assumption that a classifier will predict

buildings of clusters which are compact in feature space as patterns of the same class. This follows the underlying cluster assumption of semi-supervised learning which states that if points are in the same cluster, they are likely to be of the same class (CHAPELLE et al. 2006). Therefore, if we have buildings with a different architectural style than the Wilhelminian-style in the training dataset, we should be able to find them with an unsupervised clustering algorithm.

If we now cluster the training dataset for Wilhelminian-style buildings and assume that each cluster represents either one architectural subcategory of Wilhelminian-buildings or of another building style, say semi-detached houses, we could use each cluster as a separate class and train it versus the class “Others” using an SVM. A high misclassification ratio will now indicate that a significant number of similar buildings lies within the training dataset “Others”. For example, there may be about ten times the number of semi-detached houses in the training samples for “Others” as in the training dataset of Wilhelminian-style buildings, hence the classification performance of the cluster containing the semi-detached houses will be relatively poor.

This way, the clusters which are hard to separate from “Others” are deleted from the training dataset of the Wilhelminian-style-class”. This works especially well with Support Vector Machines because of its superior generalization ability.

There are several cluster analysis methods available for this step. Well-known algorithms,

like DB-SCAN (ESTER et al. 1996) are not used, as they are not optimal for clusters with different densities (ERTÖZ et al. 2003). X-Means (PELLEG & MOORE 2000) is an extension of the classical K-Means algorithm where the optimal number of clusters K is estimated through the Bayesian information criterion (SCHWARZ 1978).

To reduce the influence of unimportant or highly correlated features on clustering, a feature weighting algorithm was applied beforehand. Best results were achieved if the top eight features (half the feature space) were used.

This way, four clusters of Wilhelminian-style-samples were derived. These were trained in the same way as described in Section 3.3 using a multi-class SVM against the class “Others”. This resulted in two clusters with correctly classified building ratios of more than 80 % and two classes with ratios below 55 %. The latter were deleted from the training dataset, the remaining two were consolidated. The process from Section 3.3 was repeated on this refined dataset.

The question for a good threshold remains. In our experiment, a threshold of 66 % led to good results. A higher boundary denied too many buildings for the classifier, whereas a lower boundary was not always able to catch all errors.

As a result, the mentioned semi-detached houses were completely removed from the training dataset, together with other wrongly pre-labeled samples. Though this, of course, also resulted in the loss of some correctly pre-

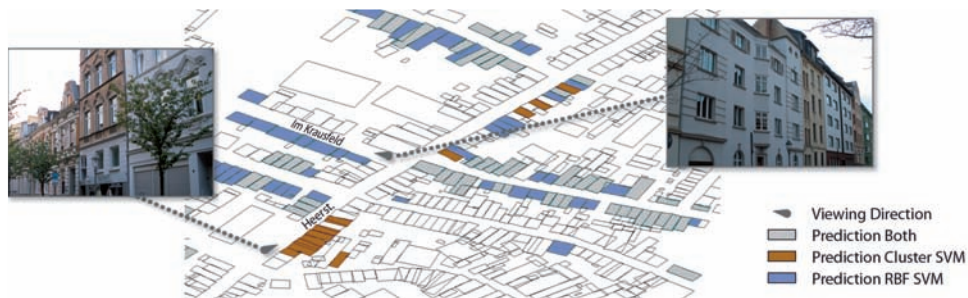


Fig. 5: Comparison of the SVM classifier after the clustering (brown) and without the clustering, using the RBF-Kernel from Section 3.3 (blue). Buildings identified as Wilhelminian-style buildings by both classifiers have grey bounding boxes.

labeled buildings, especially those Wilhelminian-style houses which have atypical features, like the ones placed at the corners of the street, who have a ground plan which is more rectangular and not typical for the terraced houses of the other Wilhelminian-style examples.

The trained classifier was then again used to identify the Wilhelminian-style buildings in the whole city of Bonn. Fig. 6 shows the results for the same region used to validate the classifiers in Section 3.3. As we see, the street 'Im Krausfeld', which was previously wrongly labeled as Wilhelminian-style houses was now correctly identified as part of the class "Others".

3.5 Results and Conclusions

Out of 57,510 buildings on the complete dataset, 2,629 were predicted to be of the Wilhelminian-style and 54,881 were assigned to the class "Others". As there is no pre-labeled dataset of Bonn, validation of the results can only be based on a visual verification. As manually checking all buildings would be a non manageable effort we limit the validation to the areas and streets where large blocks of Wilhelminian-style houses were predicted and check if streets known to be characterized by the Wilhelminian-style not contained in the training examples were identified successfully.

As a general rule the classifier worked well in streets which are dominated by Wilhelminian-style. Problems occurred in areas where single Wilhelminian-style buildings were part of a street dominated by other buildings. Here the classifier was not always capable of predicting the correct house class. The reason for this is the usage and high relevance of context, represented by the median features as discussed in Section 3.1. These features bring about a bias in favour of the dominating architectural type of a specific street.

In this regard the results from the 'Wolfsst.' are worth being mentioned. This street was part of the training examples of the class "Others" because Wilhelminian-style houses are not predominant. Several buildings, however, were correctly predicted as Wilhelminian-style buildings by the classifier. This example

shows that the structural risk minimization works well and is capable of handling a certain amount of wrongly pre-labeled training data examples.

When the buildings are very similar in their geometric characteristics misclassifications happened. This is due to the mentioned limitation of LOD1. This limitation proved to be especially critical when whole streets of the "Wilhelminian-style-suburb" were destroyed in World War II and replaced by more modern houses with similar characteristics in order to not disturb the urban image in these suburbs.

All in all, the classifier was able to predict the architectural style of buildings with a high accuracy in spite of the limitations of LOD1. Using city models of a higher resolution could further improve the accuracy. Especially the roof type and the facades which are denied in LOD1 could be of great relevance for the classifier.

The LOF outlier detection proved to be a good method for finding outliers. Clustering caused an even more reliable class prediction, as it successfully removed wrongly labeled clusters of buildings from the training dataset. Without the clustering, two whole streets were predicted as Wilhelminian-style, even if a visual control of those streets showed that those were not part of this architectural style.

The running example of this study were Wilhelminian-style houses. The methods presented here, however, are not confined to this specific architectural type. The identification of detached houses, terraced houses or semi-detached houses, for example, is feasible as well. HENN (2009) successfully distinguished between those building types with a slightly different approach using SVMs as well. His study, in contrast, used manually pre-labeled data sets.

Support Vector Machines proved to be eligible for a challenging classification task. The principle of structural risk minimization resulted in a successful generalization of the data set and avoided overfitting to a high degree. The information content of the given LOD1 city model is limited and the variety within the two classes Wilhelminian-style and "Others" is large. There were many misclassified individuals in the training dataset. Nevertheless the classification accuracy was amaz-

ingly high. This demonstrates the high potential of SVMs for data mining in 3D city models.

Careful pre-processing, namely the construction of features representing context, outlier elimination and cluster analysis, substantially contributed to the achieved accuracy.

References

- BOYD, S. & VANDERBERGHE, L., 2004: *Convex Optimization*. – Seventh Edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BREUNIG, M.M., KRIEGEL, H.-P., NG, R.T. & SANDER, J., 2000: Identifying Density-Based Local Outliers. – ACM SIGMOD Conference.
- CHANG, C.-C. & LIN, C.-J., 2001: LIBSVM: a library for support vector machines. – www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.
- CHAPPELLE, O., SCHÖLKOPF, B. & ZIEN, A., 2006: *Semi-Supervised Learning* – MIT Press, Massachusetts, USA.
- COVER, T.-M., 1965: Geometric and statistical properties of systems of linear inequalities with applications in pattern recognition. – *IEEE Transactions in Electronic Computers* **14**: 326–334.
- ERTÖZ, L., STEINBACH, M. & KUMAR, V., 2003: Finding clusters of different sizes, shapes, and densities in noisy, high dimensional data. – Second SIAM International Conference on Data Mining.
- ESTER, L., KRIEGER, H.-P., SANDER, J. & XU, X., 1996: A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. – 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.
- FAYYAD, U., PIATETZKY-SHAPIRO, G. & SMYTH, P., 1996: From data mining to knowledge discovery in databases. – *AI Magazine* **17**: 37–54.
- GOLDBERG, D. E., 1989: *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. – Addison-Wesley, Boston, USA.
- GUNN, S.-R., 1998: *Support vector machines for classification and regression*. – School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, UK.
- GUYON, I., WESTON, J., BARNHILL, S. & VAPNIK, V., 2002: Gene selection for cancer classification using support vector machines. – *Machine Learning* **46** (1–3): 389–422.
- HEINERT, M., 2010: Support Vector Machines – Teil I: Ein theoretischer Überblick. – *Zeitschrift für Vermessungswesen* **135** (3): 179–189.
- HENN, A., 2009: Prototypische Verfeinerung von 3D-Stadtmodellen mit Methoden des Maschinellen Lernens. – Diplomarbeit, Universität Bonn.
- HODGE, V.J. & AUSTIN, J., 2004: A Survey of Outlier Detection Methodologies. – *Artificial Intelligence Review* **22** (2): 85–126.
- KOCH, K., 1997: *Parameterschätzung und Hypothesentests in linearen Modellen*. – 3. Aufl., 381 S., Dümmler, Bonn.
- KOHAVI, R., 1995: A Study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* **2** (12): 1137–1143.
- KOLBE, T. & GRÖGER, G., 2003: Towards unified 3D city models. – *ISPRS Comm. IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II*.
- KRÜCKHANS, M. & SCHMITTWILKEN, J., 2009: Attributierte Grammatiken zur artifiziellen Verfeinerung von 3D-Stadtmodellen. – *DGPJ-Jahrestagung*.
- MIERSWA, I., WÜRST, M., KLINKENBERG, R., SCHOLZ, M. & EULER, T., 2006: YALE: Rapid prototyping for complex data mining tasks. – *ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*.
- PELLEG, D. & MOORE, A., 2000: X-Means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters. – *17th International Conference on Machine Learning*: 727–734.
- ROCKAFELLAR, R.T., 1993: Lagrange multipliers and optimality. – *SIAM Review* **35**: 183–238.
- RÖMER, C., 2009: *Support-Vektor-Maschinen für Data Mining in Stadtmodellen*. – Diplomarbeit, Universität Bonn.
- SCHÖLKOPF, B. & SMOLA, A., 2002: *Learning with Kernels – Support Vector Machines, Regularization, Optimization and Beyond*. – MIT Press, Cambridge, www.learning-with-kernels.org.
- SCHÖLKOPF, B., SUNG, K., BURGESS, C., GIROSI, F., NIYOGI, P., POGGIO, T. & VAPNIK, V., 1996: Comparing Support Vector Machines with Gaussian kernels to radial basis function classifiers. – A.I. Memo No. 1599, Massachusetts Institute of Technology.
- SCHWARZ, G., 1978: Estimating the dimension of a model. – *Annals of Statistics* **6**: 461–464.
- SHAWE-TAYLOR, J. & CHRISTIANINI, N., 2004: *Kernel Methods for Pattern Analysis*. – Cambridge University Press.
- TAX, D.M.J. & DUIN, R.P.W., 1999: Support Vector Domain Description. – *Pattern Recognition Letters* **20** (11–13): 1191–1199.
- VAPNIK, V., 1998: *Statistical Learning Theory*. – Wiley-Interscience, New York, USA.
- VAPNIK, V. & CHERVONENKIS, A., 1971: On the Uniform Convergence of Relative Frequencies of Events to their Probabilities. – *Theory of Probability and its Applications* **16** (2): 264–280.

Address of the Authors:

CHRISTOPH RÖMER, Prof. Dr. LUTZ PLÜMER, University of Bonn, Institute for Geodesy and Geoinformation, D-53115 Bonn, Tel.: +49-228-73-1759, -1750, Fax: -1753, e-mail: roemer@igg.uni-bonn.de, plue-mer@igg.uni-bonn.de.

Manuskript eingereicht: November 2009

Angenommen: Juli 2010

30. Wissenschaftlich-Technische DGPF-Jahrestagung 2010

Bericht zur Dreiländertagung 2010 der SGPF, OVG und DGPF vom 1.–3. Juli 2010 an der Technischen Universität Wien

In diesem Jahr fand die dritte „Dreiländertagung“ der SGPF, OVG und DGPF statt. Die drei nationalen Gesellschaften für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation der Schweiz, Österreich und Deutschland trafen sich vom 1.–3. Juli 2010 an der Technischen Universität Wien. Bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung hatten MICHAEL FRANZEN (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) und sein Team aus Mitarbeiterinnen, Mitarbeitern und Studierenden der TU Wien perfekte Arbeit geleistet. Auf diesem Weg bedanken sich alle Teilnehmer der Dreiländertagung nochmals ganz herzlich für die perfekt vorbereitete Tagung sowie die Zusatzveranstaltungen wie z.B. die Welcome Party, organisiert von den Studierenden.

Eröffnungsveranstaltung am 1. Juli 2010

Der Studiendekan für Geodäsie und Geoinformation, Prof. GEORG GARTNER betonte in seinen Eröffnungsworten, wie wichtig die internationale Kooperation zwischen den Gesellschaften sei und erläuterte seine drei wichtigsten Kriterien für die Teilnahme an technisch wissenschaftlichen Tagungen: 1. Er möchte gerne seine eigenen Arbeiten bestätigt sehen, 2. er möchte eigene Ideen an andere weitergeben und 3. mindestens eine Idee mitnehmen, die das Potenzial hat, einen selbst in seiner wissenschaftlichen Arbeit weiterzubringen.

MICHAEL FRANZEN war für die Organisation der Dreiländertagung D-A-CH zuständig. Er begrüßte die anwesenden Gäste und sprach seinen Dank an das Organisationskomitee aus. Die Präsidentin der DGPF, Prof. CORNELIA GLÄSSER bedankte sich bei den lokalen Organisatoren für die perfekte Vorbereitung

der Tagung und wünschte allen Teilnehmern eine erfolgreiche Tagung. Durch die Tutorien am 30. Juni habe die Veranstaltung zusätzliche Anreize erhalten. Prof. STEPHAN NEBIKER bedankte sich als Präsident der schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (SGPF) für die perfekte Organisation der Dreiländertagung. ISPRS Präsident Prof. ORHAN ALTAN betonte die Bedeutung der Konferenz für die wissenschaftlichen Gesellschaften und wünschte allen eine erfolgreiche Veranstaltung. Der Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), GERT STEINKELLNER begrüßte ebenfalls die Teilnehmer im Namen seiner Gesellschaft.

Im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung wurden die Preisträger des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises vorgestellt. Der Preis wurde wieder unter der gemeinsamen Beteiligung der SGPF, OVG und DGPF verliehen. Prof. JOCHEN SCHIEWE moderierte die Verleihung und übergab die Urkunden an die Preisträger.

Die Verleihung des Hansa-Luftbild-Preises 2010 wurde von Dr. PAUL HARTFIEL vorgenommen. Der Preis wurde verliehen für die in Heft 1/2009 der Zeitschrift PFG veröffentlichte Arbeit: „An Advanced Approach for Automatic Extrapolation of Planar Surfaces and Their Topology from Point Clouds“. Die Autoren ANDREAS SCHMITT und Dr.-Ing. THOMAS VÖGTLE nahmen den Preis dankend entgegen.

Vortragsprogramm

Am 1. und 2. Juli wurden die Fachvorträge der drei beteiligten Gesellschaften parallel in drei Sitzungsräumen gehalten. Einzelheiten zu den Inhalten und Ergebnissen finden sich in den Berichten der Arbeitskreisleiter.

Posterbeiträge

Am 1. Juli wurden von 16.00–18.30 Uhr die wissenschaftlichen Poster präsentiert.

Mitgliederversammlung

Die ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V. fand am 1. Juli von 17:15 bis 19:30 Uhr statt. Vor zeitweise 49 anwesenden Mitgliedern wurden u.a. folgende Tagesordnungspunkte behandelt:

- Geschäftsbericht des Vorstandes
- Kassenprüfung
- Wahl des Präsidenten und der übrigen Mitglieder des Vorstandes
- Antrag auf Namensänderung der Gesellschaft

Geschäftsbericht des Vorstandes

Innerhalb des Geschäftsberichtes erläuterte die Präsidentin die aktuelle Mitgliederstruktur. Bei der Zahl der ordentlichen Mitglieder hält der leichte Abwärtstrend noch an. Daher müssen verstärkt junge Mitglieder geworben werden.

Die Präsidentin informierte über die Entwicklungen in den Arbeitskreisen der DGPF und wichtigen Neuerungen bei der Leitung der Arbeitskreise. Insbesondere der neue gemeinsame Arbeitskreis der DGPF und der DGfK, 3D-Stadtmodelle, ist ein wichtiger Schritt in Richtung der Durchführung von vereinsübergreifenden Aktionen.

Der Sekretär berichtete über die Gestaltung der Internetseiten der DGPF. Seit Juli 2007 wurden über 30400 Zugriffe auf die Startseite www.dgpf.de der Gesellschaft registriert. Neu aufgenommen wurde der Link www.geomatiker.com, unter dem aktuelle Informationen zum neuen Ausbildungsberuf Geomatiker/in zu finden sind.

Der Schatzmeister legte den Geschäftsbericht der Gesellschaft vor und erläuterte seine Aufstellungen zur Entwicklung der Mitgliedsbeiträge, der Entwicklung sonstiger Einnahmen, der Kostenentwicklung der Zeitschrift und der aktuellen Geldanlagen.

Die Präsidentin erläuterte die Entwicklung und den Status der Zeitschrift PFG. KLAUS KOMP berichtete über die positive Entwicklung der Stiftung PFGeo und forderte die Anwesenden auf, über Möglichkeiten zur Erhöhung des Stiftungskapitals nachzudenken.

Kassenprüfung

Die Kassenprüfer KARL HEILAND und Prof. HANS MOHL bestätigten eine einwandfreie Kassenführung für den Zeitraum 2008 bis 2010. Besonderer Dank wurde dem Schatzmeister Dr. HERBERT KRAUSS für die erfolgreiche Arbeit ausgesprochen.

Wahl des Präsidenten und der übrigen Mitglieder des Vorstandes

Der Vorstand wurde von den anwesenden Mitgliedern ohne Gegenstimme mit einer Enthaltung aus der Mitgliederversammlung und mit Enthaltung der Vorstandsmitglieder entlastet. Die Wahl des Vorstandes erfolgte ohne Gegenstimme, mit einer Enthaltung aus der Mitgliederversammlung und mit Enthaltung der Vorstandsmitglieder. Der im Block gewählte neue Vorstand besteht aus folgenden Mitgliedern:

Präsidentin Prof. Dr. CORNELIA GLÄSSER, Vizepräsident Prof. Dr. THOMAS KOLBE, Schatzmeister Dr. HERBERT KRAUSS, Sekretär Dr. MANFRED WIGGENHAGEN, Hauptschriftleiter Prof. Dr. HELMUT MAYER, Beiräte Dr. KLAUS KOMP, Prof. Dr. HANS-GERD MAAS, Prof. Dr. MONIKA SESTER, Dr. ECKHARDT SEYFERT
Zu Kassenprüfern wurden Dipl.-Ing. KARL HEILAND und Prof. HANS MOHL gewählt.

Antrag auf Namensänderung der Gesellschaft

In Erweiterung der Tagesordnung war vom Beirat Dr. KLAUS KOMP ein Antrag auf Namensänderung eingebracht worden. In der Mitgliederversammlung wurde intensiv diskutiert, ob als Name der Gesellschaft zukünftig „Deutsche Gesellschaft für Geoinformation, Photogrammetrie und Fernerkundung e.V.“ geführt werden sollte. Von den Anwesenden wurde dieser Antrag kontrovers diskutiert. Es konnte festgestellt werden, dass statt Geoinformation eher Geoinformatik gewählt werden sollte, eine endgültige Entscheidung für die Namensänderung wurde aber auf eine der nächsten Mitgliederversammlungen vertagt. Der Vorstand erhält den Auftrag, ein

Meinungsbild der Mitglieder einzuholen. Der Meinungsaustausch zu diesem Thema wird in Kürze unter der Internetseite www.dgpf.de/neu/name.htm zu verfolgen sein.

Exkursionen und Rahmenprogramm

Von den lokalen Organisatoren war für den 3. Juli eine Exkursion zum Stephansdom mit dem Titel „ungewöhnliche Ansichten, Ausichten und Einsichten“ angeboten worden. Bereits am 1. Juli fand im Innenhof der Technischen Universität Wien die traditionelle Ice-Breaker-Party statt. Dort konnten bei kühlen Getränken und deftigen Speisen die Eindrücke vom Tag diskutiert und zukünftige Aktivitäten zwischen den beteiligten Gesellschaften und Firmen geplant werden. Der folgende Tag wurde mit einem geselligen Beisammensein auf dem historischen Dampfschiff „Schönbrunn“ abgeschlossen.

Abschlussveranstaltung am 2. Juli

Anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. GOTTFRIED KONECNY würdigte der Präsident der African Association of Remote Sensing of the Environment (AARSE) Dr. TSEHAIE WOLDAI seine jahrzehntelange internationale Arbeit und bedankte sich herzlich für die unzähligen wissenschaftlichen Impulse, die er durch Prof. GOTTFRIED KONECNY erhalten hat.

PROF. THOMAS A. WUNDERLICH beeindruckte in seinem Festvortrag mit Beobachtungen und Forderungen, um die Geodäsie mit ihren Teilgebieten Geoinformatik und Geoinformation in den Medien und auf dem Berufsmarkt stärker hervorzuheben und damit mehr Nachwuchskräfte auf den Beruf aufmerksam zu machen.

MANFRED WIGGENHAGEN, Hannover

Firmenausstellung

Der Tagungsort der „Dreiländertagung“ Wien zog eine Reihe von Firmen an, die bisher noch nicht auf einer Jahrestagung vertreten waren. Insgesamt zwanzig Aussteller nutzten die

Möglichkeit, ihre neuen Produktentwicklungen vorzustellen, auf bereits im Einsatz befindliche Gerätetechnik hinzuweisen, oder aus ihrem Verlagsprogramm Beispiele vorzulegen.

Die Organisatoren platzierten die Firmenausstellung unmittelbar vor den Vortragsräumen und nicht weit von der Registrierung zur Tagung. Das ermöglichte jedem Besucher, die Ausstellung täglich mehrfach zu durchqueren und dabei immer wieder neue Anknüpfungspunkte für Fachdiskussionen mit den Ausstellern zu finden.

Zur Tagung konnten die Stände der folgenden Firmen besucht werden: Airborne Technologies GmbH, BEWAG Geoservice GmbH, CREASO GmbH, Definiens AG, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, GGS Geotechnik, Geoinformatik & Service GmbH, IGI – Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH, Intergraph Z/I Deutschland GmbH, ITT VIS, JENOPTIK I Verteidigung & Zivile Systeme GmbH, LBI for Archeological Prospection and Virtual Archaeology, Leica Geosystems AG, RapidEye AG, RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Sphere-Optics GmbH, Terra Messflug GmbH, TopoL Software s.r.o., Trimble, Vermessung AVT ZT GmbH und VEXEL Imaging GmbH | a Microsoft Company.

ECKHARDT SEYFERT, Werder/Havel

Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010

Im Rahmen der feierlichen Eröffnungsveranstaltung der Dreiländertagung von DGPF, OVG und SGPF wurde am 1. Juli 2010 der Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2010 verliehen. Die Übergabe fand traditionsgemäß in Anwesenheit von Frau URSULA KRAUS, der Witwe des Namensgebers der Auszeichnung, statt.

Mit dem Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis werden herausragende Abschlussarbeiten auf den Gebieten der Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation sowie ihrer Nachbarbereiche ideell gewürdigt, finanziell honoriert und einer größeren Öffentlichkeit bekannt gemacht.

Aus den 13 Bewerbungen wählte die trinationale Jury, bestehend aus KIRSTEN WOLFF (swisstopo), VIKTOR KAUFMANN (TU Graz) und JOCHEN SCHIEWE (HafenCity Universität Hamburg), folgende Preisträger aus:

1. Preis: STEFAN NIEDERMAYR (TU Wien, Betreuer: Prof. PFEIFER) zum Thema „Vervollständigung von Stadtmodellen mittels Distanzkameras“

2. Preis: ANNINA FAES (Universität Zürich, Betreuer: Dr. SCHUBERT) zum Thema „Gletscherbewegungsmessungen mit TerraSAR-X-Daten“

3. Preis: ANDRÉ HENN (Universität Bonn, Betreuer: Prof. PLÜMER) zum Thema „Data Mining in 3D-Stadtmodellen mit SVM“

Erstmalig wurden in diesem Jahr die Preisträger durch kurze Laudationes ihrer Betreuer oder Beauftragten näher vorgestellt. Darüber hinaus präsentierten sich die Gewinner in kurzen Vorträgen im Rahmen des regulären Vortragsprogramms. Die Kurzfassungen der prämierten Arbeiten sind im Folgenden abgedruckt.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg



Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010 (v.l.n.r.): Prof. Dr. JOCHEN SCHIEWE (Jury-Vorsitzender), GERT STEINKELLNER (Präsident OVG), Prof. Dr. WOLFGANG FÖRSTNER (Laudator), Prof. Dr. ANDREAS WIESER (Laudator), Dipl.-Ing. STEPHAN NIEDERMAYR (1. Platz), M.Sc. ANNINA FAES (2. Platz), Dipl.-Ing. ANDRÉ HENN (3. Platz), Prof. Dr. CORNELIA GLÄSSER (Präsidentin DGPF), URSULA KRAUS, Prof. Dr. STEPHAN NEBIKER (Präsident SGPF) Foto: © TU Wien.

Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten des trinationalen Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010

Vervollständigung von Stadtmodellen mittels Distanzkameras

In letzter Zeit steigt der Bedarf an immer detaillierteren 3D-Stadtmodellen. Typischerweise werden zur Erfassung der Daten, aus denen in weiterer Folge ein Modell abgeleitet wird, flugzeuggetragenes Laserscanning und Luftbildphotogrammetrie eingesetzt. Zur Erstellung von hoch detaillierten Stadtmodellen sind zusätzlich auch terrestrische Methoden notwendig.

Beim so genannten 'Range Imaging' (RIM) kommen Kameras zum Einsatz, deren Sensoren für alle Pixel gleichzeitig die Laufzeit eines emittierten Signals bestimmen, woraus die Distanzen zum Objekt unmittelbar bestimmbar sind. Gleichzeitig zur Distanz wird die Amplitude des reflektierten Signals aufgezeichnet, so dass neben dem Distanzbild ein Amplitudenbild erzeugt werden kann, wobei mehrere Bilder pro Sekunde aufgenommen werden können. Spezielle Kameras, welche auf Photomischdetektoren (PMD) basieren, werden mittlerweile kostengünstig in Serie produziert. PMD-Kameras weisen maximale Aufnahmedistanzen von etwa zehn Metern auf, weshalb sich diese potentiell für terrestrische Detailaufnahmen zur Erstellung von Stadtmodellen eignen.

In der Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, mithilfe dessen es möglich ist, aus den mit einer Distanzkamera gewonnenen Daten ein Objekt in der Größenordnung von mehreren Metern aufzuzeichnen und daraus ein Modell abzuleiten. Nach den vorliegenden Informationen erfolgte eine Aufnahme für solch ein großes Objekt und dessen Modellierung zum ersten Mal. Dabei treten für Distanzkameras extrem große Distanzen auf, wodurch insbesondere die Distanzbilder ein starkes Rauschen aufweisen. Aufgrund dessen wird die Kamera während der Aufnahmen auf ein Stativ montiert, und eine Sequenz von Bildern mit gleicher Orientierung gemittelt (statische Bilder). Die Orientierung der Aufnahmen erfolgt in zwei Stufen. Zur näherungsweisen

Orientierung werden die Amplitudenbilder und die Distanzbilder, die während der Bewegung der Kamera zwischen den statischen Bildern aufgezeichnet wurden (bewegte Bilder), verwendet. In den Amplitudenbildern, die eine höhere Präzision als die Distanzbilder aufweisen, werden mittels des Speeded-Up Robust Features (SURF) – Algorithmus Verknüpfungspunkte im Bildraum ermittelt. Die Distanzbilder werden verwendet, um diese Verknüpfungspunkte in den Objektraum zu übertragen und die Orientierung eines Bildes mittels eines räumlichen Rückwärtsschnittes aus jener des vorangehenden Bildes zu berechnen. Die Fein-Orientierung erfolgt über 3D-Punktwolken, die aus den statischen Distanzbildern durch eine Variante des Iterative Closest Point (ICP) – Algorithmus berechnet werden. Als Modell und Ergebnis dient eine Triangulation der fein-orientierten, vereinigten Punktwolken.

Zur beispielhaften Anwendung dieses Verfahrens wurde ein Teil einer Einkaufspassage aufgezeichnet und ausgewertet. Das Ergebnis nach der Modellierung ist optisch ansprechend, weist jedoch einen erheblichen Unterschied in der Skalierung zwischen Objekt und Modell auf. Zudem sind lokale Deformationen im Modell vorhanden.

STEFAN NIEDERMAYR, Wien, Österreich
e-mail: s.niedermayr@atn.nu

Gletscherbewegungsmessungen mit TerraSAR-X-Daten

Der in der eingereichten Masterarbeit vorgestellte komplexe hierarchische wavelet-basierende Matching-Algorithmus wird hier erstmals im Kontext von Gletscherbewegungsmessungen verwendet. Grundlage des Matchings bildet ein Aufnahmepaar mit einem gewissen zeitlichen Abstand, auf dessen Basis Strukturen auf der Gletscheroberfläche verfolgt und deren Verschiebung gemessen werden kann. Der Matching-Algorithmus ist dem Gebiet der

optischen Stereoskopie entlehnt und zeichnet sich als Folge des phasenbasierten Ansatzes durch eine hohe direktionale Sensitivität und Robustheit gegenüber radiometrischen Bildvariationen aus. Das hierarchische Verfahren erlaubt eine Dekomposition des Bildinhaltes auf verschiedenen Auflösungsstufen und damit eine sukzessive Verfeinerung der generierten Verschiebungsfelder. Als Gradmesser für die Beurteilung des entstandenen Fliessfeldes fungiert ein spezielles Qualitätsmaß (match confidence). Die zur Verfügung stehenden Daten vom Grossen Aletschgletscher in der Schweiz stammen vom deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X. TerraSAR-X operiert in verschiedenen Betriebsmodi und erzeugt Aufnahmen mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Aus zwei Aufnahmephase in den Jahren 2008 und 2009 liegen insgesamt dreizehn Stripmap (SM)- und drei High Resolution Spotlight (HS)-Daten mit verschiedenen Einfallswinkeln und einer räumlichen Auflösung (nach der Georeferenzierung) von 2,5 bzw. 1 m vor. Für die Matching-Experimente werden schwerpunktmäßig die SM-Aufnahmen von 2008 sowie die HS-Aufnahmen von 2009 verwendet.

Mit ausgewählten SM-Szenenpaaren aus der ersten Aufnahmephase werden umfangreiche Matching-Experimente durchgeführt. Zu Beginn soll anhand verschiedener Eingabewertekombinationen des Matchings der Einfluss einzelner Parameter auf Betrag und Richtung der entstandenen Fliessfelder eruiert werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Kohärenz – in adaptierter Form – als geeignetes Maß heraus, um die vektorielle Richtungsvariabilität bei verschiedenen Wertekombinationen zu erfassen. Betrags- und richtungsmässig sinnvolle Resultate werden insbesondere für Regionen mit vielen distinkten Strukturen (Spaltengebiete) erzielt. Versuche, die entstehenden Fliessfelder im Bereich der homogenen Gletscheroberfläche mit einer Maskierung der relevanten Gletscherfläche sowie verschiedenen Filter- und Resampling-Verfahren zu verbessern, misslingen. Problematisch ist der hohe Schneebedeckungsgrad zum Zeitpunkt der SM-Aufnahmen im Frühling 2008, womit potentielle Strukturen und Objekte nicht detektierbar sind. Mit den in der zweiten Aufnahmephase zusätzlich aufgenommenen hö-

her aufgelösten HS-Szenen stellt sich nachträglich die räumliche Auflösung der SM-Szenen als nicht ausreichend und damit entscheidender Faktor heraus. Daher bringen die SM-Aufnahmen aus den Sommermonaten 2009 keine Verbesserung der Matching-Ergebnisse. Auf Basis der HS-Aufnahmen gelingt es hingegen, betrags- und richtungsmässig realistische Fliessbewegungen zu bestimmen, deren Güte schließlich mit Hilfe punktueller DGPS-Referenzmessungen bestätigt werden kann. Nachteilig wirken sich hier jedoch die aus dem steilen Aufnahmewinkel resultierenden geometrischen Verzerrungen in den SAR-Szenen aus, wodurch der Anteil auswertbarer Gesamtgletscheroberfläche reduziert wird.

ANNINA FAES, Forch, Schweiz
e-mail: afaes@geo.uzh.ch

Data-Mining in 3D-Stadtmodellen mit SVM

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein Verfahren entwickelt, welches die Art eines Gebäudes (z.B. freistehendes Einfamilienhaus, Bonner Südstadt-Haus (Gründerzeit), Verwaltungsgebäude, Reihenhause, Villa, Plattenbau) anhand eines vorhandenen 3D-Stadtmodells des geringsten Detaillierungsgrades (Level-of-Detail 1; LoD1) mit Support-Vector-Machines (SVM) klassifiziert. Solche Stadtmodelle liegen flächendeckend vor. Es sollte untersucht werden, ob mit Hilfe der SVM eine hinreichend genaue Klassifikation der Art des Gebäudes möglich ist und sie sich damit für das Data-Mining in 3D-Stadtmodellen eignen. Die Ergebnisse der Klassifikation können etwa für eine automatische, für die Gebäudeart typische Texturierung verwendet werden, welche dem Nutzer die Interpretation des Modells deutlich erleichtert.

In den letzten Jahren wurden die SVM erfolgreich in zahlreichen Problemstellungen des Data-Mining zur Klassifikation eingesetzt. Das SVM-Verfahren beruht auf der strukturellen Risikominimierung, so dass eine hohe Generalisierungsfähigkeit des gelernten Modells zu erwarten ist. Die Trennung der verschiedenen Klassen wird mit Hilfe von tren-

nenden Hyperebenen (Maximum Margin Hyperplanes) erreicht. Die Lösung eines konvexen, dualen Optimierungsproblems mit Nebenbedingung (Maximierung des Margins bei Vermeidung von Fehlzuordnungen) liefert diejenigen Trainingsvektoren (Support Vektoren), die die trennende Hyperebene repräsentieren. Zur Lösung dieses Optimierungsproblems existieren mehrere Ansätze der quadratischen Programmierung.

Aus den „rohen“ LoDI-Daten sind für jedes Gebäude vorab Merkmale (numerische Eigenschaften) festzulegen, zu bestimmen und anschließend in Merkmalsvektoren zusammenzufassen. Die erstellten Merkmale lassen sich in geometrische, nachbarschaftliche und infrastrukturelle Merkmale unterteilen. Bei den nachbarschaftlichen Merkmalen handelt es sich um Abstände zu benachbarten Gebäuden und um die Anzahl nicht disjunkter Gebäude. Die infrastrukturellen Merkmale bestehen aus den Abständen zu zentralen infrastrukturellen Einrichtungen (nächstgelegener Bahnhof, Krankenhaus, etc.). Nach mehreren Preprocessing-Schritten, welche u.a. die Normierung mittels Z-Transformation, der Eliminierung von Garagengebäuden und eine Hauptkomponentenanalyse zur Reduzierung des Merkmalsraums (Rekonstruktionsfehler von 5%) beinhalten, wird mit dem Training des Klassifikationsmodells begonnen. Die gegebene Problemstellung wurde durch eine überwachte Klassifikation mit SVM gelöst. In diesem Fall werden das Training und die Validierung des SVM-Modells mit Hilfe eines zuvor manuell abgeleiteten und mit der Klassenzugehörigkeit versehenen Trainingsdatensatzes durchgeführt. Die Validierung erfolgt über eine Kreuzvalidierung. Anschließend kann das gelernte Modell auf den ungesehenen Gesamtdatensatz angewendet werden und man erhält die prädizierte Art des Gebäudes.

Nach Abschluss der Kreuzvalidierung wird eine Gesamtklassifikationsgenauigkeit von 87,96 % erreicht. Diese resultiert aus der guten Erkennbarkeit der Klassen Bonner Südstadt-Haus, freistehendes Einfamilienhaus, Doppel- und Reihenhäuser mit Wiedererkennungsraten von mindestens 89,11 % bei Doppelhäusern bis hin zu 97,65 % bei Bonner Südstadt-Gebäuden. Bewohnte Gebäude lassen sich folglich gut klassifizieren. Jedoch sind Villen schwierig zu erkennen, was sich in einer hohen Fehlklassifikation mit freistehenden Einfamilienhäusern ausdrückt. Weiterhin zeigt sich, dass eine Klassifikation von Büro-/Verwaltungsgebäuden gegenüber Plattenbauten, wie zu erwarten war, ebenfalls nur schwer aus den LoDI-Daten realisierbar ist. Zur Überprüfung der Klassifikation des Gesamtdatensatzes wurden Stadtgebiete betrachtet, in denen größere Ansammlungen von bestimmten Gebäudearten anzutreffen sind. Hier wurden die prädizierten mit den überwiegend dominierenden Gebäudearten verglichen. Besonders bei Stadtteilen mit überwiegender Wohnbebauung (z.B. Bonn-Ippendorf, Bonn-Südstadt) ist eine große Übereinstimmung zu finden.

Festzuhalten bleibt, dass die Methodik der SVM vorzüglich für das Data-Mining in niedrig aufgelösten 3D-Stadtmodellen geeignet ist. Der Informationsgehalt dieser Daten ist höher, als man zunächst vermuten mag. Neben der oben genannten automatischen, für die Gebäudeart typischen Texturierung ist als Anwendung der Klassifikationsergebnisse auch die automatische Dacherkennung denkbar. Das Wissen über die Art des Gebäudes könnte die Rekonstruktion bzw. Klassifikation der Dachform (Flachdach, Satteldach, usw.) unterstützen.

ANDRÉ HENN, Roßbach/Wied
e-mail: ahennr@googlegmail.com

Berichte der Arbeitskreise der DGPF

3D-Stadtmodelle

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Methoden zur Erfassung, Speicherung und Präsentation von 3D-Stadtmodellen
- Methoden zur Nutzung von 3D geographischen Objekten
- Anwendungen von 3D-Stadtmodellen

Bericht von der Jahrestagung

Erstmals seit der Gründung im Frühjahr 2009 war der Arbeitskreis bei einer Jahrestagung auch mit Vorträgen vertreten. Zusammen mit den Kolleginnen und Kollegen aus Österreich und der Schweiz konnten Vorträge für zwar nur eine, dafür aber umso interessantere Session zusammengestellt werden.

In vielen Vorträgen wurde das hohe Potential aufgezeigt, das Punktwolken aus Laserscanner-Aufnahmen nach wie vor für den Aufbau und die Fortführung von 3D-Stadtmodellen bieten. PETER DORNINGER, TU Wien, stellte einen Ansatz vor, mit Hilfe von Airborne Laser-scanning erfasste Daten für die Erkennung von Dacheinflächen zu nutzen. Er zeigte sehr anschaulich, wie die verschiedenen Ebenen dieser Flächen erkannt werden und welchen hohen Erkennungsgrad der Algorithmus auch bei stark strukturierten Dächern liefert. Er geht dabei ebenso von einer hohen Punktdichte aus wie RICO RICHTER, Universität Potsdam, der diese Daten für die Aufdeckung von Veränderungen im 3D-Stadtmodell nutzt. Dabei ermöglichen die Algorithmen die Bearbeitung von großen Datenbeständen, wie sie z.B. bei der Befliegung einer Großstadt anfallen. Sie sind inzwischen so verfeinert, dass nicht nur neue Gebäude und -abrisse aufgedeckt werden können, sondern auch Veränderungen an Gebäuden.

Den Nutzen eines 3D-Stadtmodells in der Verwaltung präsentierte LIONEL DORFFNER, Stadt Wien, anhand von Planungsszenarien. Mit Hilfe des Modells und der Laser-Punktwolke veranschaulicht er Sichtbeziehungen zu geplanten Gebäuden und kann so den Pla-

nungsprozess und die Planungsverantwortlichen unterstützen.

Eine noch höhere Punktdichte nutzt STEPHAN NEBIKER, FH Nordwestschweiz, für eine anschauliche Visualisierung von 3D-Szenen. Er kombiniert Gebäudemodelle mit texturierten Punktwolken aus terrestrischem Laserscanning und erzielt dadurch eine hohe Anschaulichkeit der Szenen. Um die Anschaulichkeit sorgt sich auch JÜRGEN DÖLLNER, Universität Potsdam. Er generalisiert in den peripheren Bereichen gelegene Objekte, um zu einer realitätsnahen und vor allen Dingen schnellen Präsentation in interaktiven Anwendungen zu gelangen. Zwei Überlegungen, wie die Übergänge von generalisierten zu detaillierten Gebäuden realisiert werden können, konnten die Anwesenden mit Hilfe von kleinen Filmausschnitten vergleichen. Zu allen Vorträgen gab es Nachfragen und Diskussionen, die aufgrund der knappen Zeit leider recht kurz gehalten, meist aber in den Pausen fortgesetzt wurden.

Weitere und geplante Aktivitäten

Eine Fragebogenaktion in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Städtetag und der TU Berlin ist in Arbeit. Der Arbeitskreis beabsichtigt, Kommunen nach ihren Erfahrungen bzw. Plänen zum Thema 3D-Stadtmodelle, zum Aufbau und zu Anwendungen zu befragen. Der umfangreiche Fragebogen wird derzeit erstellt, die Ergebnisse sollen gemeinsam veröffentlicht werden.

Die Leiter des Arbeitskreises werden weiterhin 3D-Vortragsblöcke auf verschiedenen Veranstaltungen moderieren und bei diesen Gelegenheiten auf den Arbeitskreis und seine Aktivitäten hinweisen. In der 3D-Ausgabe (Heft 4) der Zeitschrift Business Geomatics ist bereits ein Interview mit beiden Leitern erschienen. So hat der Arbeitskreis bereits einige neue Mitglieder gewinnen können, die ebenfalls den Arbeitskreis mit Vorträgen repräsentieren.

Am 8. und 9. November 2010 wird der Arbeitskreis, bestärkt durch den Erfolg der letzt-

jährigen Veranstaltung, wieder einen Workshop 3D-Stadtmodelle in Bonn veranstalten. Einige kompetente Redner mit interessanten Vortragsthemen, auch aus dem benachbarten Ausland, konnten bereits gewonnen werden. Anmeldung und Programm sind in Kürze auf der Homepage des Arbeitskreises zu finden (www.3d-stadtmodelle.org).

BETTINA PETZOLD, Wuppertal
EKKEHARD MATTHIAS, Hamburg

Aus- und Weiterbildung

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Beobachtung von Aus- und Weiterbildungsangeboten
- Beobachtung und Bewertung neuer Lehr- und Lernmethoden
- Nationale und internationale Kooperationen
- Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Bericht von der Jahrestagung

Anlässlich der Dreiländertagung wurde im Rahmen der Arbeitskreissitzung der Stand der Umstellung der Hochschulausbildung auf Bachelor- und Master-Struktur (der sogenannte „Bologna-Prozess“) auf verschiedenen Ebenen und „Auflösungen“ intensiv diskutiert.

STEPHAN WINTER (The University of Melbourne) berichtete von der fundamentalen Umstellung der Geomatik-Ausbildung in Melbourne, die zwar aus anderen Motiven erfolgt, sich dabei aber trotzdem auf einige europäischen Bologna-Empfehlungen beruft. Er zeigte den konsequenten Weg auf, im Bachelor-Bereich nur wenige, breit ausgelegte Studiengänge anzubieten und erst später eine Vertiefung (z.B. in Geomatik) zu ermöglichen. Es wurde aber auch deutlich, dass eine solche Umsetzung in Deutschland wohl an vielen organisatorischen und gedanklichen Hürden scheitern würde.

In nationalen Kontext hat die Gesellschaft für Geoinformatik (GfGI) ein Kerncurriculum für Bachelor-Studiengänge in der Geoinformatik entwickelt. MATTHIAS MÖLLER (Univer-

sität Bamberg) präsentierte seinen Ansatz, Teile der dort aufgeführten Kompetenzen auch in die Geographie-Ausbildung zu integrieren. Hierbei zeigte sich, dass eine nachhaltige Etablierung noch an einer übergeordneten Koordination und Anerkennung in der Geographie scheitert.

Schließlich berichtete ALEXANDRA LORENZ (TU Berlin) von ersten Erfahrungen des internationalen Masterstudiengangs „Geodesy and Geoinformation Science“, der seit 2006/2007 an der TU Berlin angeboten wird. Sie informierte über die Komplexität des Auswahlverfahrens und die auftretenden organisatorischen Herausforderungen bei Bewerbungen aus dem Ausland. Der Studiengang weist zwar eine recht hohe Abbrecherquote auf, andererseits aber auch einen reibungslosen Übergang der erfolgreichen Absolventen in die Berufswelt – mit einem deutlichen Schwerpunkt im akademischen Bereich.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der Arbeitskreis „Aus- und Weiterbildung“ ist weiterhin mitverantwortlich für die Auswahl der Gewinner des **Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises** (siehe hierzu den separaten Bericht und die Ausschreibung) sowie die Organisation der GIS-Ausbildungstagung. Diese fand 2010 bereits zum sechsten Mal am GeoForschungszentrum in Potsdam statt und bündelte in gewohnter Weise Informationen zu Fragen der Aus- und Weiterbildung über Fächer- und Fachgesellschaftsgrenzen hinaus. Zukünftig strebt der Arbeitskreis eine noch stärkere Kooperation mit Kommissionen benachbarter Fachgesellschaften an. So besteht gerade mit der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) eine noch engere Schnittstelle über den Ausbildungsberuf des Geomatikers.

JOCHEN SCHIEWE, Hamburg

Auswertung von Fernerkundungsdaten

Innerhalb des fachlichen Spektrums der DGPF ist der Arbeitskreis auf die Bearbeitung, Auswertung, Analyse und Interpretation von Fer-

nerkundungsdaten fokussiert. Methoden- und Algorithmenentwicklung unter unterschiedlichsten Anwendungsaspekten, thematische Analysen und Interpretationen multi-sensora-ler und multi-temporalen Daten, Genauigkeitsuntersuchungen und Qualitätsanalysen von Interpretationsergebnissen sowie die Integration von Ground-Truth Daten sind Schwerpunkte des Arbeitskreises.

Der Arbeitskreis versteht sich als Diskussionsplattform zum Gedankenaustausch zwischen Forschung, Entwicklung und Anwendung. Zur Mitarbeit im Arbeitskreis sind alle Interessenten, Fachwissenschaftler und Anwender auch aus den angrenzenden geowissenschaftlichen Disziplinen und potenziellen Anwendungsbereichen aufgerufen.

Auch im vergangenen Jahr wurde die Tradition der jährlichen Arbeitskreisveranstaltungen zwischen den Jahrestagungen mit einem Workshop fortgesetzt. Der fachliche Schwerpunkt lag diesmal auf aktuellen Entwicklungen der Fernerkundungsapplikation für forstliche Aufgabenstellungen. Mit mehr als 50 Teilnehmern war der Workshop aus Sicht der Veranstalter sehr gut besucht und bestätigte das starke Interesse an der gewählten Thematik. In drei Sitzungen wurden aktuelle anwendungsbezogene Forschungsthemen behandelt, die sich mit methodischen Aspekten und Ideen für die Praxis forstlicher Fernerkundungsanwendungen, mit Beiträgen zur Waldinventur und Baumartenerfassung basierend auf Fernerkundungsmethoden, sowie mit Möglichkeiten zum Monitoring von Waldflächen, auch unter Nutzung von Multi-Sensordaten, befassten. Einige der auf dem Workshop gehaltenen Vorträge sind in einem speziellen Themenheft der PFG (Heft 4) erschienen, darüber hinaus können die Vorträge als PDF-Datei über die Internetseite des Arbeitskreises heruntergeladen werden.

Bericht von der Jahrestagung

Auf der diesjährigen Jahrestagung richtete der Arbeitskreis zwei Sitzungen aus. Entsprechend der inhaltlichen Schwerpunkte der eingegangenen Beiträge war die erste Sitzung dem Thema „Vegetation“ gewidmet, während in der zweiten Sitzung Fernerkundungsanwendungen für unterschiedliche Aufgabenberei-

che vorgestellt wurden. Insgesamt spiegelten die zehn Beiträge beider Sitzungen zusammen gut die thematische Breite des Arbeitskreises wieder.

Die erste Sitzung zum Thema „Vegetation“ begann mit der Vorstellung eines für Kleinflugzeuge entwickelten Fernerkundungssystems speziell für landwirtschaftliche Aufgabenstellungen. ANDREAS BARMETTLER von der FH Nordwestschweiz stellte das von einem interdisziplinären Team entwickelte System vor und demonstrierte an ersten Beispielen dessen Einsatzvorteile, in erster Linie die hohe Flexibilität und vergleichsweise geringe Kosten. Anwendungsbereiche werden in der Detektion von Pflanzenkrankheiten, der Gewinnung von Bestandsdichteinformationen und der Erfassung des Versorgungszustands des Bestandes mit Wasser und Nährstoffen gesehen. Erste detailliertere Auswertungen der Bilder und eine darauf basierende Bewertung der Anwendungspotenziale werden für den Herbst erwartet. LARS WASER berichtete über die Ableitung forstlicher Parameter aus digitalen Luftbildern des ADS40/SH52 Sensorsystems. Mit den entwickelten halbautomatischen Methoden konnten Klassifikationsgenauigkeiten für 8 Hauptbaumarten von 0,6 bis 0,8 erreicht werden, was nach Aussage der Autoren für die schweizerische Forstinventur als ausreichend angesehen wird. KATJA OEHMICHEN zeigte, wie Fernerkundungsmethoden in Kombination mit terrestrischen Stichproben für die nationale Klimaberichterstattung, insbesondere die Emissionskontrolle von Treibhausgasen durch Erfassung des Kohlenstoffvorrates genutzt werden können. CHRISTIAN SCHUSTER analysierte das Informationspotenzial des neuen Red-Edge Kanals des RapidEye Fernerkundungssystems und konnte zeigen, dass für Vegetationsklassen eine Verbesserung der Klassifizierungsgenauigkeit erreicht wird. GÖRRES GRENZDÖRFER stellte schließlich ein Projekt zur Erfassung der Unterwasservegetation in der Ostsee vor, die sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich für die Fischfangindustrie von großer Bedeutung ist.

Die zweite Sitzung wurde durch fünf aktuelle und interessante Vorträge aus verschiedenen Gebieten der Fernerkundung geprägt. Zu dem aktuellen Thema Bilanzierung von Kohlenstoffspeichern in Waldökosystemen präsen-

tierte WOLFGANG STÜMER vom Johann Heinrich von Thünen-Institut den Ansatz der Self-Organised Maps aus dem Forschungsgebiet der Neuronalen Netze zur Ableitung der Kohlenstoffvorräte aus Landsat-7 Daten. Die Methode wurde mit den Ergebnissen, die mit der k-Nearest Neighbor (kNN) Methode berechnet wurden, verglichen. Der Herausforderung des Change Detection widmete sich der methodisch geprägte Vortrag von SASCHA KLONUS (Universität Osnabrück). Fünf verschiedene Algorithmen zur Detektion von Veränderungen durch Filterungen im Frequenzraum wurden vorgestellt und bewertet. Die Methoden wurden anhand von Daten aus dem Krisengebiet Dafour exemplarisch verdeutlicht. Inhaltlich schloss sich der Vortrag zum Verbundprojekt DeSecure – Satellitengestützte Kriseninformation für Deutschland – daran an. FELIX STRACKE vom DLR-DFD stellte den gesamten Produktionszyklus und die erreichten Verbesserungen exemplarisch vor. Ein Beitrag vom Österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, vorgetragen von CHRISTINE RESSL, berichtete über neue Ansätze, das Digitale Landschaftsmodell effektiv zu aktualisieren. Aus digitalen Orthobildern wurden objektbasiert Indikatoren generiert, die auf Veränderungen im Altbestand hinweisen. Sehr angeregt wurden im Anschluss an den Vortrag weitere Verbesserungsmöglichkeiten, wie der Umgang mit Schattenflächen, diskutiert. Als Abschluss der zweiten Session führte MANFRED BUCHROITHNER das Auditorium auf eine fast 20jährige Zeit- und Weltreise zu den zehn Symposien „High Mountain Remote Sensing Cartography“. Reflektiert wurde über Methoden, Anwendungen und Publikationen, die aus dem Arbeitskreis entstanden sind.

Weitere und geplante Aktivitäten

Auch in diesem Jahr ist für den Herbst wieder ein thematischer Workshop geplant, der diesmal auf Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung für die Landwirtschaft ausgerichtet sein wird. Der Workshop wird voraussichtlich am 18. November in Hannover stattfinden, ein entsprechender Rundbrief mit der Einladung wurde an die Arbeitskreismitglieder versandt. Natürlich sind wie immer alle interessierten Kollegen und Einrichtungen herzlich

eingeladen, sich an der Vorbereitung und Ausgestaltung dieser Veranstaltung zu beteiligen.

HORST WEICHEL, Potsdam
BIRGIT KLEINSCHMIT, Berlin

Bildanalyse und Bildverstehen

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Geometrische Bildverarbeitung
- Merkmalsextraktion und -nutzung
- Semantische Modellierung

Bericht von der Jahrestagung

Dem Arbeitskreis lagen sieben Beitragsanmeldungen vor, die allesamt für die Publikation im Tagungsband angenommen wurden. In der Sitzung des Arbeitskreises wurden dann vier Beiträge per Vortrag dem Publikum vorgestellt. Inhaltlich spannte sich der Bogen von konzeptionellen Betrachtungen über konkrete algorithmische Fragestellungen bis hin zu Anwenderaspekten und bot damit eine bunte Mischung verschiedener Inhalte.

Den Einstieg in die Präsentationen übernahm ANDREAS MARBS, Mainz. Er stellte die Grundzüge eines am Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik der FH Mainz vor kurzem gestarteten BMBF-Projektes vor, das sich mit der Entwicklung von Technologien zur wissenschaftlichen Auswertung von Punktwolken auseinandersetzt. Kern des Projektes ist die Einbeziehung von Semantik in den Prozess der automatisierten Detektion von Objekten, die sich in 3D-Punktwolken oder digitalen Bildern befinden. Dazu wird alles nutzbare Vorwissen in entsprechende Regeln überführt und mittels zu entwickelnder, auf der Technologie des „semantic web“ aufbauender Werkzeuge in den Auswerteprozess integriert.

Einer konkreten algorithmischen Fragestellung widmete sich MARTIN DRAUSCHKE, der die an der Universität Bonn entworfenen und getesteten Verfahrensschritte zur Erkennung von Bombentrichtern in Luftbildern des 2. Weltkriegs vorstellte. Das Verfahren soll den Anspruch erfüllen, Trichter unterschiedlicher Größe, Auswurfcharakteristik und Beleuchtungsverhältnisse in Luftbildern erkennen zu

können. Die damit verbundene Komplexität erfordert eine Kombination von mehreren Schritten, zu denen die Durchführung von Bildoptimierungen, Anwendung von Punktoperatoren und Klassifikationsprozessen zählen. Als Punktoperator zeigte sich das Template Matching als leistungsstärkste Variante, die unter Verwendung einer Palette von Mustern dazu beitrug, eine hohe Trefferquote zu erhalten.

MOHAMMAD ALFRAHEED zeigte in seiner Präsentation ein statistisches Verfahren zur Verbesserung der Qualität von historischen Luftbildern. Sein Ansatz beruht auf der Analyse der Grauwertverteilung in homogenen Regionen und der Nutzung der Mahalanobisdistanz zur weiteren Isolierung homogener Bildbereiche, die dann einer Bildverbesserung unterzogen werden. Durch die Identifikation statistisch homogener Bildregionen kann die Verbesserung gezielter angewandt werden, als im Falle pauschal arbeitender Filter, wie sie auch gerne zur Kontrastverstärkung eingesetzt werden.

Im letzten Vortrag beschäftigte sich PHILIPP MEIXNER von der TU Graz mit dem Potential weitwinkliger Luftbilder moderner Digitalkameras für die Extraktion und Nutzung von Fassadentexturen. Neueste digitale Luftbildkameras weisen mittlerweile z.T. auch einen großen Öffnungswinkel auf und bilden damit in den Randbereichen der Bilder Fassaden in einer Weise ab, wie man es von Schrägluftbildern gewohnt ist. Bei entsprechender Auflösung können daher auch Senkrechtluftbilder in den Randzonen für die Extraktion von Fassaden verwendet werden.

In der Postersession war der Arbeitskreis mit den Beiträgen „Verbunduntersuchung von Glasfaserbewehrung“ (RWTH Aachen), „Objektorientierte Kartierung von Landbedeckungsinformationen mit hoch auflösenden Fernerkundungsdaten“ (Niederösterreichische Landesregierung) und „Mythos True Orthophotos – Vom Sinn und Unsinn eines Produkts“ (BSF Swissphoto) vertreten.

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

FRANK BOOCHS, Mainz

Geoinformatik

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

In dem Arbeitskreis Geoinformatik geht es um alle Aspekte der Geoinformationsmodellierung und -verarbeitung inkl. der Geoalgorithmen. Wichtige Themen sind:

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

Bericht von der Jahrestagung

Auf der Dreiländertagung wurden in zwei Sitzungen des AK Geoinformatik insgesamt acht aktuelle Beiträge präsentiert.

ANDREAS KRÜGER (TU Berlin) stellte ein Rahmenwerk vor, welches ein datengetriebenes Transformationssystem auf komplexen Objektstrukturen – repräsentiert als attributierte getypte Graphen – zur Verfügung stellt. Die Verarbeitung dieser Graphstrukturen wird mithilfe von Graphersetzungen realisiert. Es wurde eine Transformationssprache vorgeschlagen, die auf der Notation von Geoobjekten und deren räumlichen Bestandteilen (nach ISO 191xx) und mit beliebigen GML-Anwendungsschemata arbeitet.

MARTIN CHRISTEN von der FH Nordwestschweiz berichtete über neue Entwicklungen im Bereich Virtueller Globen. Die 3D-Visualisierungs-Engine i3D ist auf die webbasierte Echtzeitvisualisierung größter Geodatenmengen spezialisiert. Basis für diese Visualisierung bildet ein virtueller Globus, der auf einem exakten geodätischen Bezugsrahmen aufbaut und Anwendungen auf globaler Basis ermöglicht.

DOROTA IWASZCZUK (TU München) referierte über ein Verfahren zum Matching von 3D-Gebäudemodellen und Wärmebildern einer flugzeuggetragenen Thermal-Infrarot-Kamera. Das Matching basiert auf Kantenextraktion in den Wärmebildern. Anschließend wer-

den die 3D-Gebäudemodelle anhand der GPS/INS-Informationen in das Wärmebild projiziert und den Kantenschnittpunkten zugeordnet.

In einem Kurzvortrag stellte ANDRÉ HENN (Universität Bonn) seine Diplomarbeit zum Thema „Prototypische Verfeinerung von 3D-Stadtmodellen mit Methoden des Maschinellen Lernens“ vor, für die er zuvor mit dem 3. Platz des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010 ausgezeichnet worden ist. Es ging dabei speziell um den Aspekt des Data Minings in 3D-Stadtmodellen mittels Support Vector Machines (SVM). Es konnte gezeigt werden, dass geometrisch wenig detaillierte Modelle dennoch durch die Auswertung von Nachbarschaftsbeziehungen, Höhenangaben und weiteren thematischen Attributen nach ihrem Baustil klassifiziert werden können.

GOTTFRIED MANDLBURGER (TU Wien) gab eine Einführung in das Verwaltungskonzept für Full Waveform ALS Daten innerhalb des Programmsystems TopDM. Spezielles Augenmerk wurde auf die Erweiterung des Tabellenschemas zur Speicherung von punktbezogenen Attributen, den Zusammenhängen zwischen Flugpfad, Orientierung des Laserscanners und eigentlichen 3D-Objektpunkten, sowie der Zeit als verbindender Größe zwischen den unterschiedlichen Sensoren gelegt.

JURI ENGEL (Universität Potsdam) stellte ein Verfahren zur effizienten Berechnung von Verschattungsdaten vor, das die Einstrahlungsintensität berücksichtigt und so einen zentralen Bestandteil von Solarpotenzialanalysen bildet. Das Verfahren analysiert virtuelle 3D-Umgebungen unter Verwendung von 3D-Grafikhardware, um die Berechnung stark zu beschleunigen.

In einem zweiten Vortrag präsentierte GOTTFRIED MANDLBURGER das Konzept und Anwendungsbeispiele einer wissenschaftlichen Laserscanning Software namens OPALS (Orientation and Processing of Airborne Laser Scanning data). OPALS ist ein modulares Programmsystem zur automatischen Prozessierung großer Datenmengen, welches als ausführbares Kommandozeilenprogramm, als Python Modul und als C++ Klasse über DLL-Zugriff zur Verfügung steht.

ALEXANDRA LORENZ von der TU Berlin berichtete über einen Nutzertest, welcher den Mehr-

wert von 3D-Karten gegenüber herkömmlichen 2D-Karten für die Navigation in Innenräumen untersucht hat. Durch einen Methoden-Mix aus quantitativen (Befragung) und qualitativen Methoden (Beobachtung) konnten Stärken und Schwächen der Darstellung in drei Dimensionen, Nutzerverhalten während der Navigation sowie das Verhältnis zwischen Effizienz und Akzeptanz unterschiedlicher Kartendarstellungen beleuchtet werden. Die Datengrundlage lieferte ein Test mit ca. 550 Teilnehmern beider Geschlechter und aller Altersgruppen.

Weitere und geplante Aktivitäten

Vom 3.–4.11.2010 wird an der TU Berlin die internationale Konferenz „3D GeoInfo 2010“ unter Beteiligung der DGPF stattfinden. Nähere Informationen zu der Konferenz können von der Internetseite (www.3dgeoinfo.org) abgerufen werden.

Auch an der nächsten Jahrestagung sollen wieder ein bis zwei Tutorien aus dem Bereich der Geoinformatik angeboten werden.

THOMAS H. KOLBE, Berlin

Hyperspektrale Fernerkundung

Arbeitsgebiete

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

Bericht von der Jahrestagung

In der diesjährigen Session des Arbeitskreises wurden verschiedene Forschungsfelder angesprochen. Mit insgesamt fünf Vorträgen und drei Postern war der AK auch zahlenmäßig gut vertreten. Neben den vielfältigen Beiträgen über die Anwendungen der Technologie wurde auch über die Organisation von Beflie-

gungskampagnen beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie die Neu- und Weiterentwicklung eines abbildenden Spektrometers berichtet.

Ein Schwerpunkt am DLR ist die Hyperspektraltechnologie. Durch das Institut werden viele Flugzeug-Messkampagnen für interne und externe Nutzer durchgeführt. Daneben werden die Sensoren auch im eigenen Labor kalibriert. Diese Abläufe werden durch das „Optical Airborne Remote Sensing and Calibration Facility“ (OpAIRS)-Programm zertifiziert. Den Vortrag hat SEBASTIAN WEIDE gehalten.

Im Beitrag von TOBIAS HANK von der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde das weiterentwickelte abbildende Spektrometer AVIS-3 vorgestellt. Durch die Erweiterung des Spektrometers vom sichtbaren Licht bis zum mittleren Infrarot können viele pflanzenphysiologische Parameter wie Lignin, Cellulose und Wasser bestimmt werden.

Im Bereich der Anwendung von hyperspektralen Daten wurden die Vorteile der hohen spektralen Auflösung für vielfältige Probleme genutzt. CHRISTIAN GÖTZE (Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg) hat eine Methode zur Parametrisierung und Trennung von Schwermetallstress bei Auenpflanzen auf HyMap-Daten übertragen. Dabei dienen ein standardisierter Gefäßversuch und spektrometrische Messungen als Basis für die Entwicklung der Methode.

Zur Risikominimierung von Waldbränden stellte FELIX MORSORF (Universität Zürich) eine Möglichkeit zur Brandgutdifferenzierung vor. Mit Hilfe eines kombinierten LiDAR- und AISA-Datensatzes konnten mit einer Support Vector Machine sechs Brandguttypen eingeteilt werden.

Ebenso wurden bei der Klassifikation von Dachflächen Laserscanning- und Hyperspektraldaten kombiniert. Hierbei wurde der Ansatz der segmentbasierten Auswertung verfolgt. Die Ergebnisse hat ANDREAS SCHMIDT (Hochschule Anhalt) präsentiert.

In der Poster Session wurde die Detektion von Gips-Mineralen in einem HyMap-Datensatz aufgrund von spektrometrischen Felddaten durchgeführt. Dabei erwies sich das Spectral Feature Fitting als geeignet (MICHAEL DENK, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg).

Ein weiterer Bodenparameter wurde durch MICHAEL VOHLAND (Universität Trier) mit abbildenden Spektrometerdaten untersucht. Die statistische Modellbildung zwischen Reflexionswerten und dem organischen Kohlenstoffgehalt erfolgte mittels PLS Regression und einem Genetischen Algorithmus. ANDRÁS JUNG (Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg) konnte in einem Ringversuch mit mehr als 20 Spektrometern aus verschiedenen Universitäten und Forschungseinrichtungen die Messbedingungen sowie -abläufe vergleichen. Die Variationen zeigen, dass eine einheitliche Qualitätsnorm bzw. exakte Angaben über die Messungen von hoher Wichtigkeit sind.

Weitere und geplante Aktivitäten

Das Projekt „White Reference Tour 2009“ wird weiter geführt. Alle Interessierten, die sich beteiligen möchten oder ihre Meinung dazu äußern möchten, sind recht herzlich eingeladen. Ausführliche Informationen können per e-mail über andras.jung@geo.uni-halle.de oder christian.goetze@geo.uni-halle.de erhalten werden.

ANDRÁS JUNG, Halle

Nahbereichsphotogrammetrie

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

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

Bericht von der Jahrestagung

Die präsentierten Beiträge auf den Sitzungen des Arbeitskreises hatten ihre Schwerpunkte im Bereich photogrammetrischer Anwendungen und solcher aus dem Bereich des Terrestrischen Laserscannings, sowie in der Vorstellung von Geräten und Systementwicklungen. Es nahmen jeweils ca. 50 Teilnehmer an den Sitzungen teil.

Die Generierung von Punktwolken durch terrestrisches Laserscanning verbreitert zune-

mend ihre Basis in diversen Anwendungsfeldern. Mit ihrem Beitrag „Dokumentation und Rekonstruktion des unvollendeten Kaiserdenkmals im Dom zu Speyer“ demonstrierten MICHAEL MOSER, ALBERT GRIMM-PITZINGER und KLAUS HANKE deutlich die Möglichkeiten des TLS, sowie durch Nutzung intelligenter Softwareprodukte, Verfahrensansätze zur Erstellung virtueller Rekonstruktionen.

Dass die Geometrie von Punktwolken nicht nur ein Ergebnis des jeweils eingesetzten Scanners ist, sondern vielmehr Abhängigkeiten von den Objekteigenschaften (Oberfläche, Farbgebung etc.) bestehen, untersuchten und bestätigten PETER DORNINGER und CLEMENS NOTHEGGER in ihrem Vortrag „Das Messverhalten Terrestrischer Laser Scanner an Steinoberflächen“.

Die Punktwolke als ein Ergebnis bildbasierter, photogrammetrischer Objekterfassung ist grundsätzlich nicht neu. Mit dem Produkt „PhotoModeler Scanner“ steht jedoch ein neues und preiswertes Werkzeug zur Verfügung, das in der Nahbereichsanwendung eingesetzt werden kann. „Genauigkeitsaspekte bei der Oberflächenerfassung mit dem System PhotoModeler Scanner“ untersuchten HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA und JÜRGEN PEIPE. In Anlehnung an die VDI/VDE Richtlinie 2634, Blatt 2 und 3, erfolgten Untersuchungen im direkten Vergleich zu einem Streifenprojektionssystem.

In einem abschließenden Kurzvortrag präsentierte der diesjährige Gewinner des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises, STEFAN NIEDERMAYR, seine Arbeit zur „Vervollständigung von Stadtmodellen mittels Distanzkameras“, und demonstrierte dabei eindrucksvoll das Potential dieser jungen Technologie.

Die Session Geräte & Systeme gab einen guten Querschnitt durch das Spektrum des Arbeitskreises. Dass Mobiles Laserscanning eine schon jetzt leistungsfähige, jedoch auch bezüglich der Investition, potente Technologie darstellt, demonstrierten NIKOLAUS STUDNICKA, PETER RIEGER, MARTIN PFENNIGBAUER, GERALD ZACH und ANDREAS ULLRICH im Vortrag „Mobiles Laser Scanning: Technologische Fortschritte bei der Datenakquisition“.

Der nachfolgende Beitrag von THOMAS LUHMANN und ANDREAS VOIGT „Automatische projektive Bildverzerrung am Beispiel der bildgestützten Planung von Solardachanlagen“ zeigt

deutlich, dass mit einfachen numerischen Ansätzen leistungsfähige, für eine spezielle Anwendung konzipierte, und auch durch Nicht-Fachleute bedienbare Photogrammetriesysteme gewinnbringend eingesetzt werden können.

Mit der Einbindung bildhafter Informationen in geodätische Messsysteme und den daraus resultierenden Synergien beschäftigten sich STEFAN HAUTH und MARTIN SCHLÜTER in ihrem Beitrag „Digitalkameratachymeter – Einsatzmöglichkeiten für modulare und integrierte Systeme“.

Der abschließende Vortrag von JÜRGEN PEIPE und HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA hatte die Fragestellung „Neue Digitalkameras mit erhöhter Stabilität?“ zum Inhalt und zeigte am Beispiel von zwei Kameraneuentwicklungen die Qualitäten der Systeme für Nahbereichsanwendungen.

Weitere und geplante Aktivitäten

- Zum Jahresbeginn 2011 finden die 10. Oldenburger 3D-Tage statt, bei denen der Arbeitskreis Nahbereichsphotogrammetrie als Mitveranstalter mitwirkt (www.fh-ooe.de/3dtage/).
- Im Juni 2011 ist als weitere Veranstaltung des Arbeitskreises das 4. Hamburger Forum für Terrestrisches Laserscanning an der HafenCity Universität geplant.
- Nach neunjähriger Leitung des Arbeitskreises hat der Berichterstatter das Amt an THOMAS KERSTEN von der HCU Hamburg übergeben. Für den Zeitraum 2001–2010 gilt der Dank allen Aktiven des Arbeitskreises, verbunden mit dem Wunsch an THOMAS KERSTEN für eine weiterhin erfolgreiche Leitung mit neuen Impulsen!

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Hattingen

Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

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

Bericht von der Jahrestagung

Auch in diesem Jahr fand je eine Sitzung zu den Themenbereichen Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning statt, die vom Fachpublikum gut angenommen wurden. Besonders erfreulich war die oftmals rege Diskussion nach den Vorträgen.

Zum Thema SAR wurden drei Arbeiten vorgestellt, die luftgestützte sowie Satellitensensoren behandelten. CHRISTOPHE MAGNARD von der Universität Zürich stellte ein Verfahren vor, mit dem Bilder des Kleinsensors MiSAR mosaikiert und geokodiert werden können. Hierzu werden anspruchsvolle Methoden der Signalverarbeitung verwendet, etwa Spektralanalysen. Die Firma Intermap hat innerhalb weniger Jahre die Gesamtfläche der USA sowie Westeuropas mit SAR-Interferometrie im Einmalüberflugmodus erfasst. In einem anschaulichen Vortrag ging THOMAS DEMOISEAUX auf Fragestellungen der Prozessierung und Qualitätssicherung des daraus erzeugten DGM-Produktes (Rasterweite 5 m, RMSZ etwa 1 m im offenen Gelände) ein. Schließlich berichtete ANNINA FEAS über die Messung von Gletscherbewegung mit Zeitreihen von TerraSAR-X-Daten. Für ihre im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Zürich erfolgten Untersuchungen erhielt sie den 2. Preis des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2010, der in der Eröffnungsveranstaltung der Jahrestagung verliehen wurde.

Vier Beiträge befassten sich mit Fragestellungen des Flugzeuglaserscannings. MARTIN PFENNIGBAUER stellte eine Neuentwicklung der Firma Riegl vor, die darauf schließen lässt, dass auch dieses Unternehmen in Kürze Full Waveform-Lasersensoren für bathymetrische Anwendungen anbieten wird. In Kooperation mit der Universität Innsbruck wurde ein Versuchsaufbau realisiert, in dem verschiedene für Binnengewässer typische Geländeverläufe und Wassertrübungen simuliert werden können. Es zeigte sich, dass das verwendete grüne Laserlicht eine Erfassung des Geländeverlaufs unter Wasser bis zur sogenannten Secchi-Tiefe erlaubt, die von der Wassertrübung abhängt. Ebenfalls einen Bezug zu Binnengewässern hatte der Vortrag von HERBERT BROCKMANN, Bundesanstalt für Gewässerkunde, der ein Projekt in Kooperation mit der TU Wien vor-

stellte. Ziel war es, Laserscannerdaten entlang eines Testgebietes am Main im Hinblick auf hydrodynamisch-numerische Modelluntersuchungen aufzubereiten. Es zeigt sich, dass hierzu eine Extraktion von Bruchkanten nach Standardverfahren nicht hinreichend ist, sondern eine Ergänzung durch weitere an den Modellierungszweck angepasste Gelände-merkmale erforderlich ist. WERNER MÜCKE von der TU Wien stellte ein Verfahren zur automatischen Extraktion von Waldlücken vor. Hierzu wurden in einem normalisierten DOM Hinweise auf Bäume extrahiert, in deren Dreiecksvermaschung mithilfe sogenannter α -Shapes Waldlücken erkannt werden. Das Verfahren wurde anhand eines Testgebietes in den Alpen anschaulich dargestellt. Abgerundet wurde die Sitzung von CHRISTIAN BRIESE, der eine Untersuchung zur maßstabsabhängigen Modellierung von Strukturlinien vorstellte. Als Testflächen dienten so unterschiedliche Gebiete wie Flusstäler, städtische Gebiete und die Hochalpen. Durch die Wahl des Maßstabs können entweder die Hauptstrukturen oder Details extrahiert werden.

Weitere und geplante Aktivitäten

Der wissenschaftliche Schwerpunkt der Radarfernerkundung wird in den nächsten Jahren vermutlich auf der SAR-Interferometrie liegen, wobei Fragen der Gewinnung von Höhenmodellen sowie der Erkennung von Deformationen der Erdoberfläche gleichermaßen von Interesse sind.

Der Arbeitskreisleiter ist auch Vorsitzender der Working Group VII/2 „SAR Interferometry“ der ISPRS. In deren Rahmen führen 13 internationale Forschergruppen gegenwärtig ein wissenschaftliches Projekt durch, dessen Ziel es ist, Höhenmodelle aus Bildern hoch auflösender SAR-Satellitensensoren zu validieren. Das DLR stellt hierzu TerraSAR-X-60 Bilder verschiedener Testgebiete bereit. Da die Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen, können allerdings Änderungen der Atmosphärenbedingungen oder des Geländes (Vegetation) Störungen verursachen, die die Höhengenaugigkeit beeinträchtigen.

Durch den Start des TanDEM-X genannten Schwestersatelliten von TerraSAR-X am 21.6.2010 eröffnen sich jedoch gänzlich neue

Perspektiven, was die Qualität solcher Höhenmodelle anbelangt: Ähnlich wie bei SRTM werden beide Systeme gleichzeitig SAR-Bilder erfassen (Einmalüberflugmodus), so dass die genannten Störeinflüsse entfallen. Zudem soll während der geplanten Dauer von drei Jahren praktisch die gesamte Erdoberfläche mehrfach erfasst werden, wodurch sich Fehler ausgleichen lassen.

Beim Flugzeuglaserscanning ist zu erwarten, dass die Auswertung der Signalform der Echos breiteren Raum in der Forschung einnehmen wird, wobei neben der Erkennung und Klassifikation von Bäumen in Wäldern auch die Erfassung städtischer Vegetation und Bathymetrie-Anwendungen an Bedeutung gewinnen werden.

UWE SÖRGEL, Hannover

Sensoren und Plattformen

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Sensorkonzepte für Anwendungen in der Photogrammetrie und Fernerkundung auf unterschiedlichen Plattformen vom Satelliten bis hin zum Nahbereich
- Kooperation mit den Anwendern/Datenutzern zur anwendungsbezogenen Optimierung der Sensorsysteme und Sensor-komponenten sowie zur Ableitung/Definition neuer Aufgabenstellungen für Sensorsysteme
- Modellierung/Simulation der Sensoren und Aufnahmesysteme auch unter Berücksichtigung der Auswertelgorithmen zur Objekt- und Dateninterpretation
- Kalibrierung und Validierung von Sensorsystemen und erfassten Daten einschließlich der Dokumentation der jeweiligen Charakteristiken im Hinblick auf die vorgesehenen Anwendungen

Bericht von der Dreiländertagung Wien 2010

Die Sitzung zum DGPF-Projekt „Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme“ eröffnete das wissenschaftliche Programm der Jahrestagung. Erste Ergebnisse des im Jahr 2008 initiierten DGPF-Projekts

wurden bereits bei der letzten Jahrestagung in Jena vorgestellt, eine umfangreiche Dokumentation findet sich auch im Heft 02/2010 der PFG, so dass im Rahmen der diesjährigen Sitzung die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen zusammenfassend vorgestellt werden konnten. Nach einem einführenden Überblick durch den Projektleiter MICHAEL CRAMER bildete KARSTEN JACOBSEN mit den Untersuchungen zum geometrischen Potential der genutzten digitalen Luftbildkameras den Auftakt dieser Präsentationen. Die Arbeiten zur Genauigkeit der Höhenmodellgenerierung mittels automatischer Bildzuordnung wurden von NORBERT HAALA vorgestellt, ergänzt durch die von VOLKER SPRECKELS präsentierten stereophotogrammetrischen Auswertungen. Den Abschluss bildete der Vortrag von ANDRÁS JUNG zur Vergleichbarkeit von zeitlich, radiometrisch und spektral unterschiedlich abbildenden Kamerasystemen.

Obwohl das DGPF-Kameraprojekt mit der Dreiländertagung offiziell abgeschlossen wurde, lieferten die dabei erfassten Daten die Grundlage für eine Reihe weiterer Beiträge des Arbeitskreises Sensoren und Plattformen. So stellte in der Sitzung zu den digitalen photogrammetrischen Kamerasystemen MICHAEL BREUER eine geometrische Untersuchung der Daten der UltraCam-X mit verschiedenen Bündelblockausgleichungen vor, während OTTO KÖLBL die Daten der Testflüge in Vaihingen/Enz für Untersuchungen und Überlegungen bezüglich des Dynamikbereichs digitaler Kamerasysteme im Vergleich zu Filmkameras nutzte. In derselben Sitzung präsentierte RICHARD LADSTÄDTER die neue Medium-Format Luftbildkamera UltraCamL, wobei neben einer Beschreibung des neuen Monolithic-Stitching-Konzepts auch die Genauigkeitsanalyse einiger Testflüge präsentiert wurde. Die aufgrund des modularen Aufbaus der Quattro DigiCAM mögliche Konfiguration der Kamera für die Erfassung von Senkrechtluftbildern und Schrägluftbildern demonstrierte der Beitrag von JENS KREMER.

Die Sitzung zur photogrammetrischen Oberflächenrekonstruktion wurde durch einen Beitrag von HEIKO HIRSCHMUELLER eröffnet, der ebenfalls Daten des DGPF-Projekts nutzte. Hier konnte die Leistungsfähigkeit des Semi-Global-Matching zur DOM-Erzeugung de-

monstriert werden. Aktuelle Missionen und Aktivitäten zur photogrammetrischen 3D-Erfassung von Planetenoberflächen präsentierte FRANK SCHOLTEN. Abgeschlossen wurde die Sitzung durch einen Beitrag zum Vergleich von ASTER GDEM- mit SRTM-Höhenmodellen von KARSTEN JACOBSEN.

Die Nutzung und Entwicklung unbemannter Luftfahrzeuge bildet derzeit einen wichtigen Schwerpunkt im Bereich der Sensoren und Plattformen. Die zugehörige Sitzung der Dreiländertagung zu UAV-Anwendungen eröffnete HANNES EUGSTER, der das Potential der drohnenbasierten Überwachung und Kartierung durch kombinierte Nutzung mit 3D-Geoinformationsdiensten für Echt- oder Nahechtzeitanwendungen vorstellte. Die in nahezu Echtzeit durchzuführende Erfassung geokodierter Lagebilder stand auch bei der Präsentation von MATHIAS SCHARDT im Mittelpunkt, der die Entwicklung einer fluggestützten unbemannten Low-Cost Aufnahmeplattform für Anwendungen im Katastrophenschutz präsentierte. URSULA KIRCHGÄSSNER diskutierte am Beispiel des Systems Stuttgarter Adler die Anforderungen an die Auswertung UAV-gestützter Fernerkundungsdaten, während der Beitrag von GERHARD KEMPER zu unterschiedlichen Plattformen und Anwendungsspektren den Themenbereich UAV abrundete.

NORBERT HAALA, Stuttgart

Standardisierung und Qualitätssicherung

Bericht von der Jahrestagung

Eine Sitzung der Jahrestagung 2010 war dem Arbeitskreis gewidmet. Wegen der Organisation als gemeinsame Veranstaltung dreier Länder kamen die Sitzungsbeiträge aus Österreich und Deutschland. Die Referenten berichteten über Nationale Geoportale: Metadaten-

Standards als Grundlage der Qualitätssicherung – am Beispiel von AGEOPortal, über den Stand der Internationalen Normung für Photogrammetrie und Fernerkundung, sowie über die Anwendung von Normen bei Projektarbeiten in Niederösterreich und Tirol.

ISO-Normen

Zurzeit sind die beiden für Photogrammetrie und Fernerkundung wichtigsten Normungsprojekte des ISO/TC 211 die ISO/TS 19159 „Calibration and validation of remote sensing imagery sensors and data“ und die ISO/TS 19130-2 „Imagery sensor models for geopositioning – Part 2: SAR, InSAR, LIDAR, and SONAR“.

Die ISO/TS 19159 behandelt die Kalibrierung der digitalen großformatigen Luftbildkameras (UltraCam, DMC, und ADS), der digitalen Mittelformatkameras und der fluggestützten LIDAR-Systeme (ALS).

Abhängig von Zuarbeiten wird die neue Norm auch die Kalibrierung weiterer Sensoren wie hoch auflösende Satellitenbildkameras, Thermalkameras, Hyperspektralkameras/Spektrometer, SAR/InSAR und SONAR (Hydrographie) umfassen.

Die ISO/TS 19130-2 ergänzt die ISO/TS 19130 „Imagery sensor models for geopositioning“ bezüglich der im Titel genannten Sensoren. Als weiteres Kapitel tritt eine Normung der Aerotriangulation (Metadaten) hinzu.

Photogrammetrisches Wörterbuch

Das Photogrammetrische Wörterbuch wurde in langjähriger Arbeit von Gerhard Lindig, einem früheren Mitarbeiter des BKG, zusammengetragen und vor einigen Monaten fertig gestellt. Die Veröffentlichung der endgültigen Version auf der Homepage der DGPF steht kurz bevor.

WOLFGANG KRESSE, Neubrandenburg

Mitteilungen der DGPF

31. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V. im April 2011 in Mainz

Vorankündigung und Call for Papers

Die *31. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF* wird vom **13.–15. April 2011** in Mainz stattfinden.

Um allen Interessierten genügend Planungszeit zu geben, laden wir Sie hiermit zu Vorträgen in den Sitzungen der Arbeitskreise, zu Poster-Präsentationen und zur Firmenausstellung ein. Sollten Sie weitere Anregungen zur Tagung 2011 geben wollen, bitten wir um entsprechende Vorschläge an die Präsidentin.

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

- **15. Dezember 2010:** Abgabefrist für Themen mit Abstracts im Umfang von 300 Wörtern direkt an die Adresse der Arbeitskreisleiter der DGPF (www.dgpf.de).
- **15. Januar 2011:** Mitteilungen an die Autoren zur Akzeptanz des vorgeschlagenen Beitrages.
- **28. Februar 2011:** Ende des Frühbucher-Rabatts.
- **1. März 2011:** Redaktionsschluss für die Einreichung der Manuskripte entsprechend der Autorenhinweise. Die eingereichten Beiträge von zur Tagung angemeldeten Autoren werden in den Tagungsband und in die Tagungs-CD aufgenommen.

Ausschreibung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2011

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

Zielsetzungen

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

Vergabe des Preises

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

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

Die Preisgelder betragen pro Nachwuchsförderpreis

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

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

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

Teilnahmebedingungen

Teilnahmeberechtigt am Wettbewerb sind Studierende der Fachrichtungen Vermessungswesen (Geodäsie), Geoinformatik, Geographie, Geologie, Informatik, Messtechnik

und anderer technisch-naturwissenschaftlicher Studiengänge an einer Hochschule in Deutschland, in Österreich oder der Schweiz, in denen Diplom-, Bachelor-, oder Masterarbeiten zu den oben beschriebenen Themengebieten erarbeitet werden können. Studierende von Universitäten und Fachhochschulen nehmen gleichberechtigt am Wettbewerb teil.

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

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

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

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

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

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

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

Die Arbeiten müssen unter Angabe von

- Titel, Vor- und Zuname,
- Geburtsdatum,
- Anschrift,
- Telefon und
- e-mail-Adresse

bis zum **15. Dezember 2010** bei der Geschäftsstelle der DGPF abgegeben werden:

DGPF e.V.
 c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
 Oststraße 2-18
 D-48145 Münster
 e-mail: geschaeftsstelle@dgpf.de

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

Weitere Auskünfte

- Deutschland (DGPF): Prof. Dr. JOCHEN SCHIEWE, HafenCity Universität Hamburg, Labor für Geoinformatik und Geovisualisierung, e-mail: jochen.schiewe@hcu-hamburg.de
- Österreich (OVG): Ass.-Prof. Dr. VIKTOR KAUFMANN, Technische Universität Graz, Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, e-mail: viktor.kaufmann@tugraz.at
- Schweiz (SGPF): Dr. KIRSTEN WOLFF, swisstopo, e-mail: kirsten.wolff@swisstopo.ch

Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßt die DGPF:

Dipl.-Geogr. STEPHAN ARNOLD, Frankfurt a.M.

Dipl.-Geogr. BENJAMIN BECHTEL, Hamburg

MICHAEL DENK, Halle

MSc. ELISABETH DRESEN, Berlin

FELIX JAGERT, Bochum

Dr.-Ing. FRANZ KURZ, Wessling

Dipl.-Geoökologin JUDITH LIPPOLD, Dresden

Dr. sc. nat. FELIX MORS DORF, Zürich

Dipl.-Ing. JOACHIM NIEMEYER, Hannover

GILLES ROCK, Wasserliesch

Dipl.-Geogr. CHRISTOPHER SANDOW, München
Mag. rer.nat. HARALD SCHERNTHANNER, Göttingen

TOBIAS SCHWARZ, Berlin

BASTIAN SIEGMANN, Teutschenthal

Dipl.-Geogr. REINHARD THOMS, Ottobrunn

TORBEN VORWALTER, München

Prof. Dr. BJÖRN WASKE, Bonn

Neue Korporative Mitglieder – Firmen:

Alpha Luftbild GmbH, Berlin

Infoterra GmbH, Immenstaad

Berichte von Veranstaltungen

6. GIS-Ausbildungstagung vom 10.–11. Juni 2010 am GFZ in Potsdam

Am 10. und 11. Juni 2010 fand in Potsdam die sechste Veranstaltung zur GIS-Aus- und Weiterbildung mit über 50 Teilnehmern statt. Die Veranstaltung etabliert sich damit im deutschsprachigen Bereich als die Plattform für den Erfahrungsaustausch zu aktuellen Themen wie z.B. „GIS an Schulen“ oder neuen Methoden in der GIS-Hochschulausbildung. Durch die Verschränkung mit dem ebenfalls in dieser Woche in Berlin durchgeführten Kartographentag gab es für den einen oder anderen Kartographen auch die Möglichkeit, die GIS-Ausbildungstagung zu besuchen. Auch in diesem Jahr fand zuvor eine ESRI-Lehrerfortbildung für Berlin und Brandenburg mit 15 Lehrern statt, so dass zum Thema „GIS an Schulen“ auch direkt Lehrer als Betroffene, aber auch als Multiplikatoren mit diskutierten.

Wie schon in den Vorjahren dominierte die Hochschullehrergruppe mit über 60%, so dass sich in diesem Bereich über die Vorträge auch in den Pausen viele Diskussionen zu der Situation und den unterschiedlichen Ansätzen an den Hochschulen entwickeln konnten. Dafür sorgten das angenehme Ambiente auf dem Te-

legrafenberg, das hervorragende Wetter und das abendliche italienische Buffet.

Im ersten Vortrag stellte Dr. KOMP (DGPF) die neuen Ausbildungsberufe in der Berufsgruppe „Geoinformationstechnologien“ vor. Dieses Thema wurde schon mehrfach in der GIS-Ausbildungstagung diskutiert und hat nun seinen Abschluss gefunden. Zum Sommer werden erstmals Vermessungstechniker und Geomatiker zur Ausbildung eingestellt. Nach einem gemeinsamen Jahr und einer Zwischenprüfung erfolgt eine weitere zweijährige Ausbildung in der Geomatik oder Vermessungstechnik, die beim Vermessungstechniker im dritten Jahr auch noch zum Bergvermessungstechniker führen kann.

In dieser Veranstaltung wurden Aus- und Weiterbildungsthemen im Umfeld der Geoinformatik fächerübergreifend diskutiert und Erfahrungen ausgetauscht, wobei sich die 15 Vorträge um die Schwerpunkte „Schulen“ und „Hochschulen“ gruppieren.

GIS an Schulen: Vorgestellt wurden im ersten Block Projektideen, die sich nun stärker des Internets als Vermittlungs-, Interaktions- und GIS-Plattform bedienen. Der zweite Block richtete sich direkt an die Lehrer und beleuchtete das Medium resp. Werkzeug GIS und die sich im Schulunterricht entwickelnden Kom-

petenzen, was zu einer durchaus intensiven Diskussion mit den Lehrern führte, z.B. über den richtigen Zeitpunkt, der aus Sicht der meisten Teilnehmer durchaus sehr früh liegen sollte. Schon ab der 5. Klasse lassen sich GIS-Themen in verschiedenen Unterrichtsfächern einbinden.

GIS in der Hochschulausbildung: Neben einzelnen Entwicklungen von Lernplattformen standen verstärkt Lernformen und Kompetenzen im Vordergrund des zweiten Tags. Dabei reichte die Spanne bei den Lernformen von Kleingruppen, die kooperativ bei internationalen archäologischen Projekten in Spanien Geowissen und -kompetenzen erlernen, bis zu großen Veranstaltungen in der Geographie, die durch problemorientiertes Lernen in hoher

Eigeninitiative Fertigkeiten und Kompetenzen besser entwickeln können als im Frontalunterricht und mit Klickübungen.

Inzwischen gibt es auch die ersten Reakkreditierungen von Studiengängen, worüber stellvertretend Prof. SCHRÖDER für den internationalen Masterstudiengang Photogrammetrie and Geoinformatics an der Hochschule für Technik berichtete.

Die Beiträge standen, wie auch schon in den Vorjahren auf einer CD gesammelt, zur Konferenz bereit. Weitere Informationen sind unter gis.gfz-potsdam.de zu finden.

Die Veranstalter setzen diese Veranstaltung mit alten und neuen Schwerpunkten im nächsten Jahr fort.

RALF BILL, Rostock



Die Organisatoren der 6. GIS-Ausbildungstagung (v.l.n.r): R. BILL (Uni Rostock), J. SCHIEWE (HCU Hamburg), G. KÖNIG (TU Berlin), B. HARZER (Harzer Verlag Karlsruhe), M. MÖLLER (Uni Bamberg) und J. WÄCHTER (GFZ Potsdam).

Canadian Geomatics Conference 2010 und ISPRS Commission I Symposium vom 15.–18. Juni 2010 in Calgary, Kanada

Das Symposium der ISPRS Kommission I fand dieses Jahr zusammen mit der Canadian Geomatics Conference 2010 (CGC) vom 15. bis 18. Juni 2010 in Calgary, Kanada statt. Die Konferenz stand unter dem Thema „*Convergence in Geomatics: Shaping Canada's Competitive Landscape*“.

Nach einigen Workshops, die bereits am 14. Juni stattfanden, gehörte der erste Tag schwerpunktmäßig der CGC. Nach deren Eröffnung durch Dr. NASER EL SHEIMY folgten die Gastvorträge zum Konferenzthema „Convergence in Geomatics: Shaping Canada's Competitive Landscape“. Der Senior Vice President and Chief Economist des Conference Board of Canada, GLEN HODGSON, schlug als Ökonom die Brücke von der Geomatik zu den erwarteten neuen wirtschaftlichen Erfolgen durch bessere Nutzung der Möglichkeiten. Als Beispiel führte er das Maß der „Multifactor Productivity“ (MFP) an, das anzeigt, wie die Generierung innovativer Ideen durch eine weitgefächerte und innovative Nutzung neuer Geodateninfrastrukturen zu neuen Businesskonzepten führen kann. Gerade in einem Land wie Kanada – oder speziell dem Bundesstaat Alberta (in dem Calgary liegt), das einen Großteil seines Wohlstands der Erdölförderung verdankt – sollte die Geomatik einen besonderen Stellenwert besitzen. Der Vergleich mit den USA zeigt in diesem Bereich jedoch noch große Defizite.

Der zweite Gastvortrag des ehemaligen Gouverneurs JIM GERINGER (1995–2003) aus dem angrenzenden US-Bundesstaates Wyoming war dagegen ein erfrischender Blick aus der Sicht eines „engineer by education – farmer by choice – politician by accident“, wie er vorgestellt wurde. Er zeigte unzählige Chancen und Möglichkeiten der Geomatik auf: „Geomatics is more than a map – it's connecting people with information integration“. Auch sein Ruf nach „open data“ und „open government“ sowie der Frage nach dem Nutzen und dem Informationsgehalt statt der Technologie selbst wird manchem Teilnehmer zu Denken gegeben haben. JIM GERINGER ist momentan

Director of Public Policy and Strategy bei ESRI.

In weiteren Vorträgen stellte TIM CRAGO, Vizepräsident der North West Group, mit seiner Firma den Hauptsponsor der CGC vor, während der „Minister of Advanced Education and Technology and Deputy Premier of Alberta“ Honourable DOUG HORNER die Wichtigkeit der Geomatik in der Öl- und Gasindustrie Kanadas mit über 600 geo-bezogenen Unternehmen hervorhob.

Die vier parallelen Sitzungen am ersten Tag behandelten vorwiegend Strategien und Erfolge der Geomatik in der Überwachung und Entscheidungsunterstützung. Hochinteressant war z.B. der Vortrag von DOUGLAS BANCROFT über „What's really happening to arctic sea ice“, den er als Chairman spontan für einen ausgefallenen Vortrag einschob. In seinem Vortrag ging er auf die immer häufigere Befahrbarkeit der Nordwestpassage aber auch über die Gefahren und Folgen für die Inuit ein. So war die Überwachung von Umweltparametern neben Geodateninfrastruktur und politischen Rahmenbedingungen immer wieder das wichtige Thema des ersten Tages.

Der Abend gehörte der offiziellen Eröffnung der begleitenden Industrieausstellung. Hier fand sich alles, was Rang und Namen hat, in einer kleinen Messehalle ein. Angefangen von der North West Group über ESRI, Intermap, GeoEye, PCI bis hin zu vielen kanadischen Geodaten-, Infrastruktur- und Hardwarefirmen waren insgesamt 30 Aussteller vertreten. Der zweite und dritte Tag gehörte dann dem Symposium der ISPRS Kommission I. Dies wurde schon deutlich bei der Eröffnung durch den Präsidenten der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) ORHAN ALTAN. In seinem Vortrag gab er einen kurzen Abriss über die 100jährige Geschichte der ISPRS und lud in diesem Zusammenhang auch gleich zur offiziellen 100-Jahr-Feier am 4. Juli 2010 nach Wien ein. Der Gastvortrag wurde gehalten von Dr. GEOFF ZEISS, dem Direktor von Autodesk Kanada, der in seinem Plädoyer die Fusion von Geodaten in CAD-Systemen zur Visualisierung in 3D- oder sogar 4D-Modellen, die auch zeitliche Änderungen darstellen, anregte. Darüber hinaus schlug er die von ihm so genannte „5D-Visualisierung“ vor, die neben der zeitlichen Änderung

auch die Integration des bereits verbauten Geldes z.B. in der Animation des Baus eines Staudamms mit einbezieht. Zum Abschluss der Eröffnung erfolgte noch die Einladung zum XXII Kongress der ISPRS vom 25.8. bis 1.9.2012 in Melbourne, Australien.

Die nachfolgenden sechs parallelen Sessions umfassten, wie auch die am Donnerstag und Freitag – dem Anspruch von Kommission I gerecht werdend – die „cross-cutting issues“ von Sensorsystemen über Kalibrierung und Modellierung bis hin zur Navigation. In vorwiegend interessanten Vorträgen wurden die neuesten Ergebnisse aus den sieben Arbeitsgruppen umfassend dargestellt.

Eine besonders interessante Aktivität war die Vorstellung und der Aufruf der Arbeitsgruppe 4 zu einem Benchmarking und einer Qualitätsanalyse von digitalen Geländemodellen aus hoch und sehr hoch aufgelösten optischen Stereosatellitendaten (siehe auch isprswgi4.altervista.org/tests_datasets.html). Hierzu sind alle Wissenschaftler und Einrichtungen eingeladen, ihre Verfahren auf die zur Verfügung gestellten Datensätze anzuwenden und zu evaluieren. Leider erlaubte die gedrängte Strukturierung in viele parallele Sessions auch ähnlicher Themen häufig nicht den Besuch mehrerer interessanter und interdisziplinärer Vorträge, die parallel gehalten wurden. Ebenso war die Poster-Session sowohl räumlich als auch zeitlich zu komprimiert.

Insgesamt war jedoch das Konzept mit der Kombination der Canadian Geomatics Conference und dem Symposium der ISPRS Kommission I eine durchaus gelungene Mischung interessanter Themen.

THOMAS KRAUSS, Oberpfaffenhofen

ISPRS Commission V Symposium “Close Range Image Measurement Techniques” vom 21.–24. Juni 2010 in Newcastle upon Tyne, Großbritannien

In diesem Jahr wurde das ISPRS Kommission V (Close-Range Sensing: Analysis and Applications) Mid-Term Symposium “Close Range Image Measurement Techniques” in Newcast-

le upon Tyne durchgeführt. Über 230 Teilnehmer aus 34 Nationen folgten der Einladung zur viertägigen Veranstaltung an die Newcastle University und dem St. James' Park (Fußballstadion) als Veranstaltungsort von PROFESSOR JON MILLS, Präsident der ISPRS Kommission V, und seinem Team. Und nicht nur der Veranstaltungsort stand im Zeichen des Fußballs, die Veranstalter ermöglichten auch den Fußballfans den WM-Mittwoch „live“ zu erleben.

Das Symposium startete am 21. Juni 2010 mit der Durchführung von zwei ganztägigen Workshops an der Newcastle University. Die etwa 40 Teilnehmer des Workshops „Close-Range Sensors and Technologies“ befassten sich mit Anwendungen, Sensor Technologien, Photogrammetrie, Mobile Mapping und Modellierung von 3D-Punktwolken für messtechnische Aufgabenstellungen. In einem weiteren Workshop „Heritage 3D“ wurden mit ca. 15 Teilnehmern Themenkomplexe wie Sensortechnologie, Photogrammetrie sowie Dokumentation und Management für Fragestellungen im Bereich Cultural Heritage behandelt. Beide Workshops wurden jeweils von unterschiedlichen Referenten durchgeführt, jeder Teilnehmer erhielt die Vortragsfolien als „Lecture Notes“ im Voraus.

In 18 Technischen Sitzungen mit 78 Präsentationen wurden die Themenbereiche der sechs Working Groups in der Kommission V sowie zweier interdisziplinärer Working Groups näher betrachtet. In zwei Spezialsitzungen konnten die aktuellen Trends der Bewegungsanalyse „Human body measurement and motion analysis“ und dem der 3D-Kameras „Range cameras“ Rechnung getragen werden. 40 Posterbeiträge sind in zwei Postersessions durch die Autoren präsentiert und mit dem Publikum rege diskutiert worden. Dabei wurden die Beiträge von FRANCESCO FASSI et al., Politecnico di Milano, Italien „Multiple data source for survey and modeling of very complex architecture“ sowie ANSSI KROOKS et al., Finnish Geodetic Institute, Finnland „Using stationary and mobile laser scanning to detect forest defoliation“ als beste Poster ausgezeichnet. Insgesamt wurden 116 begutachtete Publikationen digital zusammengetragen. Leica Geosystems, 3D Laser Mapping, Faro, Topcon, Trimble, Zoller + Fröhlich, Greenhatch,

Hometrica, Innovmetric, Pointools, RICS, Wiley-Blackwell, GTS, Optech und das European LiDAR Mapping Forum präsentierten Neuheiten und Bekanntes während einer begleitenden Firmenausstellung.

Das technisch-wissenschaftliche Programm wurde mit der „Opening keynote“ von Prof. Dr. CLIVE FRASER eröffnet. Das Publikum begab sich auf eine Zeitreise über „Automation in Close-range Photogrammetry: a 25-year journey“. Dem Auditorium wurde die rasante Entwicklung des Automatisierungsgrads der Datenerfassung und -verarbeitung der letzten 25 Jahre vor Augen geführt – Meilensteine dabei z.B. die Ablösung der analogen durch die digitale Photogrammetrie, multi-image Matching, automatisierte Objektrekonstruktion, etc. Dass die Reise noch nicht zu Ende ist, stellte der Autor ebenfalls klar: Immer noch ist viel manuelle Interaktion notwendig. Es mangle am Bild-Verstehen – einem Metier, in dem die Computer Vision-Community sicherlich mehr Erfolge aufweisen kann als die Photogrammetrie. Der Vortragende verwies auf die unterschiedlichen Fokusse beider Wissenschaften – die Photogrammetrie mit einer strukturierten Erfassung und Auswertung von geometrischen Objekteigenschaften und die Computer Vision mit der automatischen Bearbeitung unstrukturierter Bilder und Umgebungen. Beide bearbeiten parallel und dennoch auf unterschiedliche Weise ähnliche Fragestellungen. Dabei ließ CLIVE FRASER die Frage offen, ob die „eher strukturierte“ Photogrammetrie ein wirkliches Interesse an den „unstrukturierten“ Lösungsansätzen der Computer Vision hat.

STEVE NEVEY von Leica Geosystems eröffnete den zweiten Kongresstag mit einer Gold Sponsor Keynote zum Thema „Measuring up to the Formula 1 Challenge“. Dabei wurde selbst dem größten PS-Boliden-Muffel die Welt der Formel 1 über zahlreiche Videos und Animationen schmackhaft gemacht. Von der Logistik bis hin zum Einsatz präziser Messtechnik, z.B. in der Crashvermessung wurden viele relevante Aspekte im Umfeld des Hochgeschwindigkeitssports erläutert. Nicht weniger eindrücklich nutzten weitere Firmen eine darauffolgende technische Sitzung zur Präsentation ihrer neuesten Entwicklungen und Kompetenzen im Bereich der Messtechnik.

Das wissenschaftliche Programm wurde mit einer Präsentation durch JEAN-ANGELO BERALDIN vom kanadischen National Research Council Institute for Information Technology (NRC-IIT) geschlossen. Anhand von verschiedenen Projekten wurden Aspekte beim Einsatz von Sensoren und Algorithmen für die dreidimensionale Objekterfassung beleuchtet. Als eindrucksvolles Beispiel wurde die Entwicklung eines Laserscanners für den Einsatz im Space Shuttle angeführt und näher erläutert, wobei vor allem die verwendete Sensorik, ein am NRC-IIT entwickelter RGB-Laserscanner, von Interesse war. Weiterhin wurden diverse Projekte aus dem Denkmalschutzbereich vorgestellt. Abschließend appellierte JEAN-ANGELO BERALDIN zur verstärkten Zusammenarbeit und Austausch innerhalb der Arbeitsgruppen der Kommission.

Neben den aktuellen Trends in der Bewegungsanalyse (Personentracking für medizinische Anwendungen) und denen der Untersuchungen von 3D-Kameras (Modellierung der Systemparameter, Anwendungstests) lagen die thematischen Schwerpunkte in der Sensorik (Ein-Kamera-Systeme, Kalibrierung, Algorithmen, Verifizierung), in der industriellen Messtechnik/Bildverarbeitung (LSM, Automatisierung der 3D-Rekonstruktion, Mehrbildalgorithmen, Particle Tracking, Oberflächenmesstechnik), im Einsatz von UAVs (Systeme und Anwendungen), beim terrestrischen Laserscanning (Automatisierung, Algorithmen, Systeme und Anwendungen), in der Dokumentation der Denkmalpflege (Systeme und Anwendungen) sowie in der Beobachtung für die Geowissenschaften (Systeme, Gletschermorphologie, Sedimenttransport). Es ist zu erwähnen, dass sich die Arbeitsgruppe V/6 der ISPRS, die sich mit Anwendungen der Messtechnik für die Geowissenschaften beschäftigt und im Jahr 2008 neu gegründet wurde, mit ihrer ersten Fachsitzung in der Kommission platziert hat. In einem „Students Consortium“ wurden vier studentische Arbeiten präsentiert und unter ihnen ein Preis der besten Präsentation ausgelobt. Von Echtzeitanwendungen unter Verwendung von Web-Cams über photogrammetrische Auswertungen zur Deformationsanalyse sowie mobile Roboternavigation und 3D-Farbbilder als archäologische Werkzeuge wurden hier in-

teressante Arbeiten von allen Vortragenden präsentiert. MARC SCHULZE von der TU Dresden wurde mit dem Beitrag „3D-camera based navigation of a mobile robot in an agricultural environment“ für die beste Präsentation geehrt.

Die Vielfalt der vorgestellten Themenschwerpunkte spiegelt das breite Spektrum der Anwendungen und Entwicklungen im Bereich der Nahbereichsmesstechnik wider. Viele Beiträge des Symposiums befassten sich auf der einen Seite mit der Dokumentation in der Denkmalpflege und dem Einsatz des terrestrischen Laserscannings. Auch der Workshop zeigte nochmals das besondere Interesse an den aktuellen Technologien und Entwicklungen in diesem Bereich. Viele Beiträge konzentrierten sich dabei auf die Algorithmik und Verfahrensentwicklung zur komplexen 3D-Auswertung. Auf der anderen Seite wurden im Bereich der (industriellen) optischen Messtechnik neue Algorithmen zur automatisierten Bildverarbeitung präsentiert sowie Messsysteme und -komponenten untersucht und verifiziert. Auch in diesem Themenkomplex war der Fachtagung ein Workshop vorangegangen, der dem Fachpublikum verschiedene Aspekte näher brachte.

Insgesamt konnten aus den verschiedensten Bereichen interessante Neuerungen vorgestellt werden, die auch erkennen lassen, dass sich immer wieder Entwicklungspotential aus den aktuellen Technologien und Anforderungen für Messaufgaben ableiten lässt. Es bleibt weiterhin interessant, den Trends zu folgen aber auch verschiedene Messsysteme und verfahren für verschiedene Anwendungsge-

bierte einzusetzen und zu optimieren. Auch das ISPRS Kommission V Symposium in Newcastle bot dem interessierten Fachpublikum eine große Plattform, um über neue Ideen zu diskutieren und weitere Kontakte zu knüpfen, aus denen sicher mit der Zeit neue Konzepte hervorgehen.

Eine Auswahl der Beiträge wird im ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing veröffentlicht. Alle Beiträge sind digital und auch online unter www.isprs-newcastle2010.org/papers.html verfügbar.

In Erinnerung bleibt sicher das imposante St. James' Park Stadium als Veranstaltungsort, nicht nur aufgrund der stark klimatisierten Innenräume. Bei strahlendem Wetter präsentierte es sich eindrucksvoll. Der Veranstalter offerierte Stadionführungen. Zur Civic Reception am Vorabend der Fachtagung lud die Bürgermeisterin der Stadt Newcastle ins Rathaus. An einem Abend wurde ein BBQ von Studenten für Studenten organisiert. Eine hohe Resonanz wurde verzeichnet und neue Kontakte konnten geknüpft werden. Erinnern wird man sich auch an das Symposium Dinner im Great North Museum Hancock. Nach einem Aperitif konnte die naturkundliche Ausstellung im Museum exklusiv besucht werden. Das Rahmenprogramm umfasste Vorführungen klassischer Tänze, Musik und Rituale der Region. Ein Dank gilt Prof. JOHN MILLS und seinem Team für die Organisation und Durchführung der gelungenen Fachtagung.

HEIDI HASTEDT, Oldenburg
CHRISTIAN MULSOW, Dresden

Hochschulnachrichten

Leibniz Universität Hannover

Herr Dipl.-Ing. MATTHIAS SCHRAMM promovierte am 8.2.2010 an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover mit der Arbeit „*Unüberwachte lineare spektrale Entmischung mit Anwendungen für Baumdichteabschätzungen in semiariden Regionen Afrikas*“ zum Dr.-Ing.

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE, Hannover, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. HANSJÖRG KUTTERER, Hannover, Prof. Dr.-Ing. GÜNTER STRUNZ, München

Kurzfassung

Die Dissertation ist entstanden im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF) finanzierten interdisziplinären Projektes BIOTA-West und behandelt die Möglichkeiten der Bildanalyse optischer Satellitendaten mittels spektraler Entmischung in semiariden Räumen. Besonders eingegangen wird auf Regionen im westlichen und südlichen Afrika, um in diesen Gebieten eine detaillierte Abschätzung des Baumbestandes und dessen zeitlicher Veränderung zu ermöglichen.

Es existieren bereits mehrere Ansätze der spektralen Entmischung. Alle haben gemein, dass sie genaue Spektren der einzelnen Bestandteile eines Pixels benötigen, um aus dessen Spektrum die verschiedenen Oberflächenanteile zu berechnen. Diese Spektren der Oberflächenbestandteile können auf mehreren Wegen bestimmt werden. Für eine Operationalisierung verspricht eine Bestimmung direkt aus dem zu untersuchenden Bilddatensatz den meisten Erfolg. Hierfür wurden bereits mehrere Verfahren entwickelt, die in semiariden Regionen allerdings nur bedingt eingesetzt werden können. Zudem basieren Aussagen über die genaue Anzahl verschiedener Oberflächenbestandteile, welche für eine Modellbildung benötigt werden, bisher auf manuellen Überprüfungen einzelner Datensätze.

Daher ist in dieser Arbeit ein neues Modell zur unüberwachten linearen spektralen Entmischung entwickelt worden, welches nicht den Restriktionen herkömmlicher Verfahren unterliegt. Weiterhin wurde ein Ansatz vorgestellt, automatisch die Anzahl der verschiedenen Oberflächenbestandteile innerhalb der Pixel zu bestimmen.

Die Genauigkeit dieser Modelle wurde anhand verschiedener synthetisch erstellter Datensätze und anhand unterschiedlicher Satellitenbilder analysiert. Verwendung fanden dabei Bilder der Aufnahmesysteme ASTER und ETM+ aus verschiedenen Zeitpunkten im Jahr, welche unterschiedliche Untersuchungsgebiete in den semiariden Regionen des westlichen und südlichen Afrikas abdecken. Damit konnten die Möglichkeiten der Übertragung auf alternative Sensoren, semiaride Untersuchungsgebiete und Aufnahmezeitpunkte untersucht werden.

Zuletzt wurde ein einfaches Transfermodell, mit dem aus einzelnen Oberflächenbestandteilen die Baumdichte errechnet werden kann, auf die Ergebnisse des hier entwickelten unüberwachten Entmischungsmodells angewendet. Dessen Genauigkeitsanalyse erfolgte mithilfe von Klassifikationen höchst auflösender Satellitendatensätze.

Es hat sich herausgestellt, dass das Modell zur direkten Bestimmung von Spektren einzelner Oberflächenbestandteile aus dem Datensatz im Vergleich zu alternativen Verfahren in den semiariden Untersuchungsgebieten eine höhere innere Genauigkeit aufweist. Das Transfermodell liefert dagegen bisher unzureichende Ergebnisse. Wegen der hochvariablen Anteile verschiedener Oberflächenbestandteile in Bäumen ergeben sich starke Schwankungen und Abweichungen zu höchst auflösenden Referenzdaten.

Die Dissertation erscheint in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 287. Gleichzeitig wird die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie

der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 651 online veröffentlicht (www.dgk.dadw.de).

Leibniz Universität Hannover

Herr MOHAMMED AL SAYEL, M.Eng. promovierte am 7.6.2010 an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover mit der Arbeit „*Towards Standardizing International Boundary Determination and Quality Control Consequences on Surveying and Mapping*“ zum Dr.-Ing.

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE, Hannover, Koreferenten: Prof. Dr.-Ing. WINRICH VOSS, Hannover, Prof. RUDI GOSSENES, Ghent, Hon. Prof. Dr.-Ing. RALF SCHROTH, Barcelona.

Kurzfassung

Die Festlegung von internationalen Staatsgrenzen beginnt mit dem Willen von zwei oder mehreren Staaten, ihre Grenzen zu bestimmen und/oder zu markieren. Sie wird geleitet von der jeweiligen Absicht wie Trennung, Entwicklung oder Zusammenführung der beteiligten Staaten. Dies beginnt üblicherweise mit einem Staatsvertrag oder einer zwischenstaatlichen Vereinbarung. Solch eine Bestimmung von internationalen Grenzen bezogen auf natürliche oder geometrisch künstliche Grenzen kann auf folgende drei Arten ausgeführt und dokumentiert werden:

- Die betreffenden Staaten führen die Grenzziehung selbst durch und beschreiben die Anforderungen und Spezifikationen in einem auszuhandelnden Staatsvertrag.
- Die betreffenden Staaten rufen den Generalsekretär der Vereinten Nationen an und bitten um Vorbereitung einer Grenzziehung.
- Die betreffenden Staaten besitzen die finanziellen Möglichkeiten, einen privaten Auftragnehmer mit der Dokumentation (Vermessung und Kartierung) ihrer Staatsgrenze zu beauftragen.

Vermessung und Kartierung spielen meist eine sehr wichtige Rolle bei der Festlegung internationaler Staatsgrenzen. Obwohl international vereinbarte Staatsgrenzen ein sehr

wichtiges Instrument und unentbehrlich für die Stabilisierung von zwischenstaatlichen Beziehungen sind, existiert heute weder ein international anerkanntes Modell für die Bestimmung von Staatsgrenzen noch der Versuch, die vier Phasen (Abgrenzung, Demarkation, Darstellung und zukünftige Verwendung (Instandhaltung)) eines solchen Prozesses umfassend zu beschreiben. Diese Arbeit versucht, diese Lücke zu schließen und untersucht als einen ersten Schritt dazu die drei oben beschriebenen Wege anhand der Durchführung sowie der Ergebnisse von Grenzziehungen zwischen Indonesien und Timor, zwischen Nigeria und Kamerun sowie zwischen dem Königreich Saudi-Arabien und der Republik Jemen.

Die Ergebnisse dieser Grenzziehungen erfolgen i.d.R. als statische Dokumentation (in Form von Kartierungen und Reports) im Anhang an die Verträge und für die Registrierung bei den Vereinten Nationen (UN), um die Informationen über die Grenzziehung sicher zu stellen. Darüber hinaus kann eine dynamische Dokumentation in Form eines GIS die zukünftige Nutzung sichern.

Diese Arbeit vergleicht die Dokumentationsanforderungen sowie die Ergebnisse und berücksichtigt dabei die wesentliche Funktion der jeweiligen Staatsgrenze sowie die technischen Möglichkeiten der beteiligten Parteien. Eine der wichtigsten Fragestellungen bei internationalen Grenzziehungen ist eine Harmonisierung des verfügbaren Daten- und Informationsmaterials aus unterschiedlichsten Quellen, um die Konsistenz dieser Daten sicher zu stellen und eine einheitliche Darstellung der jeweiligen Grenzziehung zu erzielen. Dies gilt insbesondere auch für eine abgestimmte Darstellung der Grenzziehungen in den kartografischen Dokumentationen der beteiligten Staaten.

Design und Dokumentation der Strategien zur Grenzziehung sollten so ausgelegt sein, dass Staaten die Vermessung und Kartierung einer Staatsgrenze auf Basis international vereinbarter Spezifikationen und Abkommen durchführen können. Eine Standardisierung von Grenzziehungen kann am besten auf Basis internationaler Standards – z.B. durch geeignete ISO-Normen – erzielt werden, da diese von der internationalen Gemeinschaft anerkannt

werden. Dies sollte unter Einbeziehung detaillierter Konzepte für die Beschreibung der geografischen Informationen einer Staatsgrenze sowie einer Technologie für die zukünftige Nutzung dieser Informationen erfolgen.

Wie in dieser Arbeit dargelegt führten das Konzept sowie die Qualitätssicherung zur Grenzziehung und Dokumentation der Staatsgrenze zwischen Saudi Arabien und Jemen zu qualitativ hochwertigen und verlässlichen Ergebnissen. Daher wird das vorliegende Beispiel in dieser Arbeit zum Ausgangspunkt für ein Modell zur Beschreibung einer Bestimmung von internationalen Staatsgrenzen heran gezogen. Die wichtigsten Prozessschritte eines solchen Modells sind die folgenden vier: Vertragliche Abstimmung, Vermessung und Vermarkung, Darstellung und Instandhaltung (zukünftige Nutzung). Alle vier Prozessschritte stehen im Zusammenhang mit anerkannten Qualitätsstandards und -prozessen.

Dieses Modell führt zu ausreichend technisch-methodischer Unterstützung für Verantwortliche der beteiligten Regierungsstellen hinsichtlich der notwendigen Vereinbarungen zur Grenzziehung. Daher können die Informationen aus diesem Modell als Richtlinie für diejenigen dienen, die nicht über entsprechende Vorkenntnisse und Fertigkeiten in Vermessung und Kartierung verfügen und so spätere Probleme im Grenzziehungsprozess wirksam verhindern.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 288 erschienen.

Universität Osnabrück

Dr.-Ing. PETER REINARTZ, Leiter der Abteilung „Photogrammetrie und Bildanalyse“ am Institut für Methodik der Fernerkundung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wurde im April 2010 zum Honorarprofessor an das Institut für Geoinformatik und Fernerkundung (IGF) der Universität Osnabrück bestellt und hielt vor einem großen Auditorium am 21. Mai seine Antrittsvorlesung

zum Thema „*Fernerkundung – quo vadis? – aktuelle Herausforderungen bei der Extraktion von Geoinformation aus Satellitenbilddaten*“ am Institut für Geoinformatik und Fernerkundung (IGF) der Universität Osnabrück. Dr. PETER REINARTZ studierte Physik und Mathematik an der Ludwig-Maximilian-Universität in München und promovierte mit einer Arbeit zum Thema „Klassifizierungsverfahren in der Fernerkundung“ an der Universität Hannover. Für seine Dissertation erhielt er 1989 den Heinz Maier-Leibnitz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Seit 1985 ist er am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen tätig. Der aktuelle Fokus seiner Arbeiten liegt in der automatisierten Auswertung von Fernerkundungsdaten zur Ableitung von Geoinformation. Dabei gilt sein besonderes Interesse der Georeferenzierung von Satellitendaten, der Stereo-Photogrammetrie zur Erstellung von digitalen Höhenmodellen und der Nutzung von räumlich sehr hoch aufgelösten optischen Weltraumsensoren. Echtzeitbildverarbeitung für das Lage- und Verkehrsmonitoring mit optischen Serienbilddaten vom Flugzeug ist ein weiteres Anwendungsgebiet, genauso wie die Fusion von optischen und Radardaten unterschiedlicher geometrischer und spektraler Auflösung. In seiner Abteilung wird federführend die Prozessentwicklung für den neuen deutschen Hyperspektralsatelliten Environmental Mapper (EnMap) betrieben.

Mit Prof. REINARTZ gewinnt das IGF einen exzellenten Wissenschaftler, dessen Forschung sowohl national als auch international anerkannt wird. Prof. REINARTZ wird die Forschungs- und Lehrkompetenz der Fernerkundungsarbeitsgruppe am IGF weiter verstärken. Er ist bereits seit mehreren Jahren als Lehrbeauftragter am IGF, sein Lehrinput wird von Kollegen, Mitarbeitern und Studenten hoch geschätzt. Die wissenschaftliche Qualität von Dr. REINARTZ wird durch die Tatsache unterstrichen, dass er über 150 Publikationen in referierten Zeitschriften und Tagungsbänden verfasst hat. Außerdem besitzt er als Leiter einer Vielzahl unterschiedlicher nationaler und internationaler Projekte große Erfahrung in Projektakquise, -durchführung und -management.

In seiner Antrittsvorlesung vertrat Dr. REINARTZ die Auffassung, dass die Fachdisziplin Geoinformatik zurzeit eine deutliche Bedeutungssteigerung erfährt. Dies ist zum einen durch Fortschritte in der Entwicklung Geographischer Informationssysteme (GIS), aber vor allem auch durch die zunehmende Verfügbarkeit und den Detailreichtum von räumlich hoch aufgelösten Satellitendaten bedingt. Diese Daten stellen jedoch eine enorme Herausforderung an Methodik und Algorithmenentwicklung der Geoinformatik dar, da Datenmengen, -komplexität, und -heterogenität sowie deren zeitliche Verfügbarkeit immer höheren Ansprüchen genügen müssen. Fernerkundungsanwendungen werden deutlich erweitert (Katastrophen, Climate Change, Monitoring von Megastädten) und gleichzeitig einer immer breiter werdenden Nutzerklientel zur Verfügung gestellt. Deren Ansprüche steigen dadurch sukzessive, was wiederum den Technologieentwicklungsdruck erhöht.

Das IGF koordiniert die Aktivitäten des Faches Geoinformatik an der Universität Osnabrück und ist eines der führenden Institute auf dem Gebiet der Geoinformatik in Deutschland. Die Mitglieder des Instituts unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. MANFRED EHLERS stellen ein interdisziplinäres Forschungsteam mit Hintergrundwissen in Geoinformatik, Fernerkundung, Geodäsie, Informatik, Mathematik, Umweltwissenschaften und Biologie dar. Forschungsschwerpunkte des IGF sind im Besonderen raumbezogene Analysen, die Weiterentwicklung der Funktionalität von Geographischen Informationssystemen (Mobile Mapping, Fachschalen), die Analyse von Satelliten- und Luftbildern, automatisierte Auswertungsverfahren für Fernerkundungsdaten, Kartographie, die Entwicklung von Datenfusionsmethoden, die Modellentwicklung für die medienübergreifende Interpretation von Umweltdaten, 3D/4D Geoinformationssysteme und Geodatenbanken. Zusätzlich



Preisverleihung der Karl Kraus-Medaille 2010 (v.l.n.r.): URSULA KRAUS, Prof. Dr. CORNELIA GLÄSSER (Präsidentin DGPF), Prof. Dr. ORHAN ALTAN (Präsident ISPRS), Prof. Dr. THOMAS LUHMANN (Preisträger), Prof. Dr. STEPHAN NEBIKER (Präsident SGPF). Foto: © TU Wien.

führt das IGF Schulungen durch und bietet eine breite Palette von Weiterbildungsangeboten an (GIS-Kurse, UNIGIS eXpress, Fernstudienmaterialien Geoinformatik – FerGI, Seminare & Workshops). Außerdem beheimatet das IGF die Geschäftsstelle der Gesellschaft für Geoinformatik (GfGI) und des Vereins zur Förderung der Geoinformatik in Norddeutschland (GiN e.V.). Weitere Informationen über das IGF sind im Internet unter www.igf.uos.de zu finden.

Jade Hochschule

Zum Gedenken an Prof. KARL KRAUS (1939–2006) und zur Würdigung seiner Arbeiten als Autor zahlreicher Lehrbücher vergibt die Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) die Karl Kraus-Medaille. Dieser Preis ist durch die drei Gesellschaften DGPF, SGPBF und OVG ge-

stiftet worden und wurde erstmalig am 4. Juli 2010, anlässlich der Feierlichkeiten zum hundertjährigen Bestehen der ISPRS, in Wien an Prof. Dr.-Ing. habil. THOMAS LUHMANN für das beste internationale Lehrbuch in den Fachgebieten Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformatik verliehen. THOMAS LUHMANN wurde als Hauptautor seines englisch-sprachigen Lehrbuches *Close-range Photogrammetry – Principles, Methods and Applications* (Whittles Publishing, ISBN-13: 978-1870325509, 528 Seiten) zusammen mit seinen Co-Autoren Prof. Dr. STUART ROBSON, Dr. STEPHEN KYLE und Prof. Dr. IAN HARLEY (alle University College London) geehrt, die bei der Übersetzung der deutschen Originalfassung „Nahbereichsphotogrammetrie“ mitgewirkt haben. Beide Bücher gelten weltweit als Standardwerke für die Photogrammetrie und beschreiben Grundlagen, Methoden und Anwendungen zur dreidimensionalen Rekonstruktion von Objekten aus Bildern.

Veranstaltungskalender

2010

11.-13. Oktober: ISPRS **WG I/4 Workshop on Modeling of Optical Airborne & Space Borne Sensors in Istanbul**, Türkei. www.ipi.uni-hannover.de/ipi-workshop.html

15.-18. Oktober: ISPRS **ICWG V/I, WG V/3, WG I/3 Joint International Workshop on Terrestrial Lidar: From Static to Mobile in Zhengzhou**, China. www.environment.uwaterloo.ca/research/isprs/lidar2010/

19.-20. Oktober: **International Conference on 3D Body Scanning Technologies in Lugano**, Schweiz. Infos: www.hometrica.ch/3dbody/

19.-21. Oktober: **9th Seminar on Remote Sensing & GIS Applications in Forest Engineering in Curitiba, Paraná**, Brasilien. www.9seminarioflorestal.com.br/home/

27.-29. Oktober: **12. Seminar “GIS & Internet”** - Integration von GIS- Funktionalitäten in Lösungen an der UniBw München in **Neubiberg**. www.agis.unibw.de/gis&internet/

3.-4. November: **5th International 3D GeoInfo Conference 2010** in Berlin. www.igg.tu-berlin.de/3dgeoinfo/

8.-9. November: **Workshop 3D-Stadtmodelle** in **Bonn** (Universitätsclub). 3d-stadtmodelle.org

8.-13. November: **Digital Heritage (EuroMed2010)** in **Lemesos**, Zypern. www.euro-med2010.eu/

16.-18. November: ISPRS **Commission IV Symposium “Geodatabases & Digital Mapping”** in **Orlando**, USA. www.crms.uga.edu/isprs/TC/events.html#midTerm

18.-19. November: **ISPRS WG VII/5 Workshop on Remote Sensing Methods for Change Detection & Process Modelling in Köln**. Infos: www.tr32db.uni-koeln.de/workshop2010

30. November – 1. Dezember: **European LiDAR Mapping Forum Conference & Exhibition "European event for airborne, bathymetric & terrestrial LiDAR, with a particular focus on mobile mapping systems"** in **The Hague**, Niederlande. www.lidarmap.org/ELMF/

2011

1.-3. Februar: **10. Oldenburger 3D-Tage**. Infos: www.fh-oow.de/institute/iapg/workshop/

13.-19. Februar: **16. Internationale Geodätische Woche in Obergurgl**, Tirol, Österreich. Infos: geodaetischewoche@uibk.ac.at oder geodaesie.uibk.ac.at/obergurgl.html

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

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

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

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

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

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

26.-29. Mai: **ISPRS ICWG V/I joint ICA/ISPRS/FIG International Symposium on Lidar & Radar Mapping: Technologies & Applications (LIDAR & RADAR 2011)** in **Nanjing**, China. www.lidar2011.org/

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

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

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

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

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

29.-31. August: **ISPRS WG V/3 Laser Scanning 2011** in **Calgary**, Kanada. e-mail: ddlchti@ucalgary.ca

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

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

Neuerscheinungen

ADRIJANA CAR, GERALD GRIESEBNER & JOSEF STROBL (Eds.), 2010. Geospatial Crossroads@GI_Forum '10. Proceedings of the Geoinformatics Forum Salzburg, 254 Seiten, ISBN 978-3-87907-496-9, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

THOMAS JEKEL, ALFONS KOLLER, KARL DONERT & ROBERT VOGLER (Eds.), 2010: Learning with Geoinformation V – Lernen mit Geoinformation V. 264 Seiten, ISBN 978-3-87907-501-0, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

THOMAS LUHMANN & CHRISTINA MÜLLER (Hrsg.), 2010. Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik. Beiträge

der Oldenburger 3D-Tage 2010. 428 Seiten, kartoniert, ISBN 978-3-87907-494-5, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

TAREK RASHED & CARSTEN JÜRGENS (Eds.) 2010. Remote Sensing of Urban and Suburban Areas. Remote Sensing and Digital Image Processing Series, Vol. 10, Springer Verlag, 352 Seiten, ISBN 978-1402043710.

JOSEF STROBL, THOMAS BLASCHKE & GERALD GRIESEBNER (Hrsg.), 2010. Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg, 1062 Seiten, kartoniert, ISBN 978-3-87907-495-2, Wichmann, VDE Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

Zum Titelbild

Stuttgarts Mercedes Benz Arena aus Sicht einer DMC II ¹⁴⁰

Großformatige digitale Luftbildkameras erleben zurzeit eine bahnbrechende Weiterentwicklung. Das Titelbild zeigt die Mercedes Benz Arena in Stuttgart, aufgenommen mit 5 cm Bodenpixelgröße aus 640 m Flughöhe. Die Aufnahme wurde von der Geoplana Ingenieurgesellschaft, Marbach mit einer neuen DMC II ¹⁴⁰ von Intergraph Z/I ausgeführt.

Stuttgarter Fußballfans treffen sich schon seit Generationen auf dem Cannstatter Wasen. Dort befindet sich die 1933 erbaute Heimspielstätte des VfB Stuttgart. Diese wurde mehrere Male umgebaut und auch umbenannt. Aus Neckarstadion wurde Gottlieb-Daimler-Stadion und seit 2008 die Mercedes Benz Arena. 1993 wurde das Stadion mit einer imposanten und weithin sichtbaren Konstruktion überdacht. Der letzte Umbau erfolgte vor der Fußball-Weltmeisterschaft 2006.



Die DMC II Kamerafamilie ist die Nachfolgeneration der erfolgreichen DMC. Es werden 3 verschiedene Varianten erhältlich sein, die DMC II ¹⁴⁰, DMC II ²³⁰ und DMC II ²⁵⁰. Die Besonderheit an der DMC II ist ein extrem großer CCD-Flächensensor, mit 140 bzw. 250 Megapixel. Der Sensor bildet zusammen mit

einer speziell entwickelten Hochleistungsoptik von Carl Zeiss einen monolithischen Kamerakopf. Dadurch wird das Zusammensetzen von kleinen CCDs überflüssig.

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

Technische Daten der DMC II₁₄₀:

Kameradesign: 5 Kameraköpfe, 1 x PAN und 4 x Multispektral

Farbkanäle: PAN, Rot, Grün, Blau & nahes IR, separate Farbfilter pro MS Kanal

Bildformat: 12096 x 11200 Pixel

Brennweite PAN 92 mm

Brennweite MS 45 mm

Öffnungswinkel 50,7° x 47,3°

CCD Pixelgröße PAN 7,2 µm

CCD Pixelgröße MS 7,2 µm

A/D Auflösung 14 Bit

Bildwiederholrate 2,0 sec

Elektronische Forward Motion Compensation für alle Kanäle

Bilddatenspeicher SSD basierend bis zu 1,5 TByte, im Flug austauschbar

Weitere Informationen

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

Korporative Mitglieder

Firmen

AEROWEST GmbH
 AICON 3D Systems GmbH
 Alpha Luftbild GmbH
 aphos Leipzig AG
 Becker GeoInfo GmbH
 Bernhard Harzer Verlag GmbH
 Blom Deutschland GmbH
 Brockmann Consult
 bsf swissphoto
 Büro Immekus
 CGI Systems GmbH
 con terra GmbH
 Creaso GmbH
 DEFINIENS AG
 DELPHI IMM GmbH
 Deutsches Bergbau-Museum
 EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
 ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH
 ESRI Geoinformatik GmbH
 EUROPEAN SPACE IMAGING
 Eurosense GmbH
 fokus GmbH
 fpi Fuchs Ingenieure GmbH
 g.on experience gmbh
 GAF GmbH
 GeoCad GmbH
 GeoCart Herten GmbH
 GeoContent GmbH
 Geoinform. & Photogr. Engin. Dr. Kruck & Co. GbR
 geoplana Ingenieurgesellschaft mbH
 GEOSYSTEMS GmbH
 GGS - Büro für Geotechnik, Geoinformatik, Service
 Hansa Luftbild AG
 IGI - Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH
 ILV Ing.-büro für Luftbildausw. und Vermessung
 Imetric 3D GmbH
 Infoterra GmbH
 INVERS - Industrievermessung & Systeme
 J. Linsinger ZT-GmbH
 Jena-Optronik GmbH
 KAZ Bildmess GmbH
 Leica Geosystems GmbH

Luftbild Brandenburg GmbH Planer + Ingenieure
 Luftbilddatenbank-Würzburg
 Messbildstelle GmbH
 Microsoft Photogrammetry
 MILAN Geoservice GmbH
 PHOENICS GmbH
 PMS - Photo Mess Systeme AG
 RWE Power AG, Geobasisdaten/Photogrammetrie
 technet GmbH
 TerraVista Umweltdaten GmbH
 TRIGIS Vermessung + Geoinformatik GmbH
 Trimble Germany GmbH
 trimetric 3D Service GmbH
 Wichmann, VDE Verlag GmbH
 Z/I Imaging Ltd.

Behörden

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

Staatsbetrieb Sachsenforst Pirna
 Stadt Bocholt, Fachbereich 31
 Stadt Düsseldorf, Vermessungs- und Katasteramt
 Stadt Köln, Amt für Liegensch., Verm. und Kataster
 Stadt Wuppertal, Verm., Katasteramt und Geodaten
 Thüringer LA für Vermessung und Geoinformation

Hochschulen

BTU Cottbus, Lehrstuhl für Vermessungskunde
 FH Frankfurt a.M., FB 1, Studiengang Geoinformation
 FH Mainz, Inst. f. Raumbez. Inform.- und Messtechn.
 FH Oldenburg, Inst. für Angew. Photogr. und Geoinf.
 HCU HafenCity Universität Hamburg, Geomatik
 HfT Stuttgart, Vermessung und Geoinformatik
 HS Bochum, FB Vermessung und Geoinformatik
 HS Karlsruhe, FB Geoinformationswesen
 HTW Dresden, FB Vermessungswesen/Kartographie
 Ruhr-Uni Bochum, Geographisches Institut
 RWTH Aachen, Geodätisches Institut
 TU Bergak. Freiberg, Inst. f. Markscheid. u. Geodäsie

TU Bergak. Freiberg, Inst. für Geologie, RSG
 TU Berlin, Computer Vision & Remote Sensing
 TU Braunschweig, Inst. für Geodäsie und Photogr.
 TU Clausthal, Inst. für Geotechnik und Markscheidew.
 TU Darmstadt, Inst. für Photogrammetrie und Kartogr.
 TU Dresden, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 TU München, FG Photogrammetrie und Fernerk.
 TU Wien, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 Uni Bonn, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Göttingen, Inst. für Waldinv. und Waldwachstum
 LUH Hannover, Inst. für Kartogr. und Geoinformatik
 LUH Hannover, Inst. für Photogrammetrie und GeoInf.
 Uni Heidelberg, IWR Interdis. Zentr. f. Wiss. Rechnen
 Uni Karlsruhe, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 Uni Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften
 Uni Kiel, Geographisches Institut
 Uni Stuttgart, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Würzburg, Geographisches Institut
 Uni zu Köln, Geographisches Institut