

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2009, Heft 2

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer

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

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



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2009



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

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



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



Herausgeber:

© 2009 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e. V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06120 Halle, Tel.: +49(0)345 55-26020
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Oststraße 2–18, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

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

⊗ Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch®) Journal Citation Reports/Science Edition
Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Institut für Angewandte Informatik, Universität der Bundeswehr München, D-85577 Neubiberg, e-mail: Helmut.Mayer@unibw.de

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

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 185,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

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

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

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

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

PFG – Jahrgang 2009, Heft 2

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

SCHWARZBACH, F.: Suitability of Different LIDAR Data Sets for 3D Mapping of the Road Environment	117
ARNOLD, S.: Integration von Fernerkundungsdaten in nationale und europäische Geodateninfrastrukturen – Ableitung von CORINE Land Cover-Daten aus dem DLM-DE	129
NEUHÄUSER, B. & TERHORST, B.: Beurteilung der Rutschungsgefährdung am Albtrauf der Schwäbischen Alb durch GIS-basierte, statistisch-probabilistische Bewertung	143

Berichte und Mitteilungen

Berichte von Veranstaltungen	
45. Sitzung der AG „Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS“ vom 22.–23. September 2008 in Frankfurt am Main	161
Mitteilungen der DGPF	
Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme – Projektstatus Dezember 2008.	163
Presseinformation zur AGIT 2009	166
Persönliches	
Prof. Dr. REINER SCHWEBEL †	167
Prof. Dr. RUDOLF KARL BRUNO BURKHARDT †	168
Prof. Dr. GÜNTHER KUPFER †	170
Neue Mitglieder der DGPF	172
Veranstaltungskalender	173
Zum Titelbild	174
Neuerscheinungen	175
Korporative Mitglieder	176
Jahresinhaltsverzeichnis	177
Zusammenfassungen der „Originalbeiträge“ und der Beiträge „Aus Wissenschaft und Technik“ (deutsch und englisch) sind auch verfügbar unter www.dgpf.de/neu/pfg/ausgaben.htm	

PFG – Jahrgang 2009, Heft 2

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

SCHWARZBACH, F.: Suitability of Different LIDAR Data Sets for 3D Mapping of the Road Environment	117
ARNOLD, S.: Integration von Fernerkundungsdaten in nationale und europäische Geodateninfrastrukturen – Ableitung von CORINE Land Cover-Daten aus dem DLM-DE	129
NEUHÄUSER, B. & TERHORST, B.: Beurteilung der Rutschungsgefährdung am Albtrauf der Schwäbischen Alb durch GIS-basierte, statistisch-probabilistische Bewertung	143

Berichte und Mitteilungen

Berichte von Veranstaltungen	
45. Sitzung der AG „Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS“ vom 22.–23. September 2008 in Frankfurt am Main	161
Mitteilungen der DGPF	
Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme – Projektstatus Dezember 2008.	163
Presseinformation zur AGIT 2009	166
Persönliches	
Prof. Dr. REINER SCHWEBEL †	167
Prof. Dr. RUDOLF KARL BRUNO BURKHARDT †	168
Prof. Dr. GÜNTHER KUPFER †	170
Neue Mitglieder der DGPF	172
Veranstaltungskalender	173
Zum Titelbild	174
Neuerscheinungen	175
Korporative Mitglieder	176
Jahresinhaltsverzeichnis	177
Zusammenfassungen der „Originalbeiträge“ und der Beiträge „Aus Wissenschaft und Technik“ (deutsch und englisch) sind auch verfügbar unter www.dgpf.de/neu/pfg/ausgaben.htm	

Suitability of Different LIDAR Data Sets for 3D Mapping of the Road Environment

FRIEDERIKE SCHWARZBACH, MASALA, Finland

Keywords: Airborne laser scanning, mobile laser scanning, 3D road mapping, 3D digitization

Summary: This paper presents a comparative study of LIDAR data sets and their suitability for 3D road environment mapping. For this purpose three data sets from different acquisition platforms are studied with consideration being given to not only the vectorization of elements on the road surface but also the detection of road furniture objects. While test digitizations are carried out manually, the potential of the data for automatic approaches is discussed using the methods found in recent literature as a basis. The focus of the study is to point out the strengths and weaknesses of the data sets for road mapping tasks. The results show that the decision for various data acquisition platforms is highly dependent on the final purpose for which the data is collected.

Zusammenfassung: *Eignung unterschiedlicher LIDAR Datensätze für die 3D Digitalisierung des Straßenraumes.* Dieser Beitrag beschreibt eine vergleichende Studie von LIDAR Datensätzen hinsichtlich ihrer Eignung für die 3D Erfassung des Straßenraumes. Dazu werden drei Datensätze aus unterschiedlichen Aufnahmeplattformen untersucht. Die Untersuchung umfasst neben Elementen auf der Straßenoberfläche auch die Erfassbarkeit von Objekten des Straßenmobiliars. Während im Rahmen dieser Arbeit manuelle Testdigitalisierungen durchgeführt wurden, wird das Potenzial der Daten für automatische Methoden anhand von Veröffentlichungen der vergangenen Jahre diskutiert. Die Studie zeigt Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Datensätze für die Straßenraumerfassung auf. Die Untersuchung macht deutlich, dass die Entscheidung für die eine oder andere Aufnahmeplattform hauptsächlich davon abhängt, für welchen Zweck die Daten letztendlich verwendet werden sollen.

1 Introduction

The present paper compares three LIDAR (Light detection and ranging) data sets and their suitability for road environment mapping. The data sets are the results from different data acquisition platforms. Two are captured by airborne laser scanning systems while the third is from a mobile ground-based laser scanning system. They are characterized by significantly differing point densities. The two main questions discussed in this paper are: first, what objects can be detected from LIDAR point clouds resulting from different acquisition platforms; and second, how properties of LIDAR points like elevation values,

point densities, or intensity information make such data sets suitable for 3D road mapping tasks. For this study, the test digitizations are supported by semi-automatic alignment methods based on the LIDAR data, but the vectorization process itself is done manually. Assumptions about the potential of the data for automatic detection methods are discussed using a review of different approaches in recent years as a basis. The test digitizations are only based on the data (data driven approach), which leads to some limitations if there are gaps in the LIDAR point cloud. Advantages of model driven approaches are mentioned at the relevant points in the text.

Objects of the road environment considered in this study are elements that are parts of the road surface (road outlines, centerlines, lane-lines, markings), linear objects along the road-sides (curbstones, crash barriers, noise protection walls) as well as road furniture objects such as traffic signs, traffic lights, pylons, and street lamps. In order to map those objects based on LIDAR data, it is assumed that a high-density point cloud is required to identify small objects, e. g., traffic signs, in detail, while a low-density point cloud is sufficient to extract the road surface or centerlines. Thus, consideration of the final purpose of the data regarding scale, level of detail, or required object types for a specific application are important in order to choose the appropriate data acquisition platform. Furthermore, in practice factors like the accuracy of the final product, costs, processing time and data processing efforts are essential for a decision about the method of data collection. Although these points are not included in this study, some are added in the concluding Section of the paper. There might also be existing geodata for roads from other sources, e. g., topographic data bases. Such data can be included as additional information in the road detection process. Furthermore, LIDAR data are used for adding the third dimension to 2D data or updating existing data bases. Examples of such approaches are mentioned in the literature review of this paper, but they are not given further consideration for the purpose of the study.

The following text points out the strengths and weaknesses of the data sets for road feature detection. On the one hand, it is directed at users in practice to support decisions about data capturing for road mapping tasks. On the other hand, because of the above-mentioned differences between the data sets related to capturing system parameters, missing reference data for accuracy evaluation, and the fact, that they do not cover the same area, this paper can only compare the data sets in a rather descriptive, general way. Therefore, this paper is also intended to give some ideas for future research work and further studies. Section 2 contains a review of LIDAR data acquisition methods and different approaches for road feature extraction from laser data as well as from images. Section 3 describes the mate-

rials used for this study. Next, Section 4 illustrates the scope for detecting and digitizing road features based on the different data sets. Finally, the results of the study are discussed and summarized in Section 5.

2 Literature Review

Two main laser data acquisition platforms are used for the purpose of road detection, airborne laser scanning and mobile ground-based laser scanning. The principles of airborne laser scanning as well as different application fields are described in several publications, e. g., (BRENNER 2006, HOFMANN et al. 2002, YU 2007). Examples for mobile ground-based laser scanning can be found in (KUKKO et al. 2007, BARBER et al. 2007). There are on-going research efforts at the Finnish Geodetic Institute (FGI) for modeling the road environment with data from the mobile scanning system "FGI Roamer" (JAAKKOLA 2008). Furthermore, on the software side special tools for handling large data sets from mobile laser scanners and for road environment mapping tasks are being developed (SOININEN, 2008).

There are different approaches to road extraction from airborne laser scanning data that have been published in recent years. One example is described in (CLODE et al. 2004, 2007). It utilizes the height and intensity information as well as the density of the laser points for the extraction of roads from the point cloud. From these extracted road points a binary image is created. The study is continued with an automatic road vectorization method based on the binary image. The result is a closed centerline network as well as parallel edges for each road. HATGER & BRENNER (2003) developed a method for road extraction from a point cloud by using a general planar region growing technique. The process shows its best results in urban areas with clear road margins. Another method in the study utilizes road centerlines from other data sources to extract the road extension. The study is continued by HATGER (2005). Further research is being carried out by OUDE ELBERINK & VOSSELMAN (2006a, 2006b, 2007) using the topographic database of The Netherlands as an additional data source. Their method utilizes

the height information of the laser points in order to add the third dimension to the 2D road polygons from the topographic database. The extraction of pavement markings from laser data is described in (TOTH et al. 2007). They use the intensity information of the laser points to separate markings from their surroundings. Based on these points, a curve-fitting algorithm creates lines which are used for quality assessment purposes in their study.

An extensive collection of automatic road extraction approaches based on aerial and high-resolution satellite images is given in (MENA 2003). A more recent overview is published by MAYER et al. (2006), who summarizes and compares the results of a EuroSDR project on methods for automatic road extraction from aerial and satellite images. Another study on this topic is being carried out by HINZ & BAUMGARTNER (2003). Their road model considers geometric, radiometric and topologic characteristics of urban roads. Furthermore, information about global and local context is included in the extraction method. As a result, a network of polygons is shown representing the lanes of roads in an urban area. TAO (2006) gives an overview of several data-acquisition and object-reconstruction methods. The paper points out, that data acquisition from stereo images is a widely used process for 3D feature production. Its main disadvantage is the high manual digitization effort and the need for special equipment as well as high-level user skills. Single image-based data acquisition does not require those special components, but it also precludes the possibility of direct 3D feature extraction. According to the paper, the main research issue for all methods is the automation of digitization tasks. It also concludes that the use of multiple data sources seems to be more promising for automated feature extraction than any single method.

The detection of road furniture objects is discussed in publications that are related to the development of driving assistance systems. They focus on traffic sign detection from images or video sequences. Those approaches utilize the shape and color of traffic sign for detecting objects in real-time. An example is given in (BAHLMANN et al. 2005). Another study is being carried out by DOUBEK et al. (2008). Their work introduces a method for

the detection of street lamps from video sequences.

The above-mentioned approaches show the concentration of research on the automatic extraction of roads either from images or LIDAR data. They also point out the need for further development in this field. For practical use in particular, there is still a demand for reliable tools for automatic digitization tasks. At the moment, such tasks are done manually or semi-automatically. Another remaining issue is the detection and vectorization of 3D objects not only for the road surface but also for road furniture. For that purpose, LIDAR-based approaches seem to be an adequate option or addition to image-based methods.

3 Materials

In the present paper, three LIDAR data sets from different capturing platforms and with varied point densities are studied. Additionally, aerial images are available for two of the data sets. The data examples are described in Sections 3.1 to 3.3.

3.1 Aircraft Laser Scan (ALS)

The *ALS* data set is characterized by a comparatively low point density with approximately 4.4 points/m². The flights for the data acquisition were in spring 2006 and summer 2007. They were flown at an altitude of 1000 m. Furthermore, there are digital orthophotos for the area with a resolution of 20 cm. The flight campaign for the images was also in summer 2007. The data collection was carried out by the FGI in the Nuuksio test environment. The area covers the Nuuksio National Park in South-Finland, from which a highway and a major road were chosen for the present study.

3.2 Helicopter Laser Scan (HLS)

The *HLS* data set was produced from a corridor flight at an altitude of 120 m resulting in a point cloud with a density of approximately 35 points/m². The flight was done in fall 2006 by

Hansa Luftbild GIS GmbH. There are also orthophotos with a resolution of 5 cm available. The aerial images for the orthophoto production were recorded simultaneously with the LIDAR data. The corridor covers a segment of a motorway in the north-western part of Germany.

3.3 Mobile Laser Scan (MLS)

In contrast to the *ALS* and *HLS* data sets, the *MLS* example is captured by a ground-based mobile laser scanning system. Due to the scanning system mounted on the top of a car, the viewing field of the laser scanner is completely different compared with airborne-mounted systems. This leads to a very dense point cloud along the road (approximately 500–1000 points/m² in this data example) but prevents the detection of objects in the wider surroundings. On average, the point density is about 320 points/m² for this example. The big differences in point density on the road surface occur because of the changing speed of the car transporting the scanner system. The data was captured by Optech in winter 2008 along a suburban road in Coventry, England.

The following Sections refer to the data sets by using the abbreviations *ALS* for the aircraft laser scan, *HLS* for the helicopter laser scan, and *MLS* for the mobile laser scan.

4 Digitization of Road Features

This Section investigates the possibilities offered by each of the example data sets for the detection of road features and objects of the road environment. Those objects can be divided into three categories according to their visibility in LIDAR data: first, road features that can be detected in a digital elevation model (DEM) derived from LIDAR ground points, e. g., road outlines, provided that they are emphasized from the surrounding ground level (cf. Section 4.1); second, objects that can be detected in the intensity image of the laser points such as markings on the road (cf. Section 4.2); and third, objects that are visible because of their height from ground, e. g., traffic signs or crash barriers (cf. Section 4.3). The

visibility of objects from the second and third category depends mainly on the point density. The third category also requires the existence of high-contrast intensity information.

All the available data sources are used for the manual test digitization carried out in this study. This includes the LIDAR data, a DEM derived from the ground points, and the orthophotos for the *ALS* and *HLS* data sets. The 3D digitization is further assisted by automatic alignment tools which adjust the elevation of the digitized elements according to the laser points. The potential of the data sets for the detection by automatic methods is discussed at the end of each Section.

4.1 Road Outlines

The manual detection of road outlines is first tested with the *ALS* data. In open areas the location of the outlines can be usually better identified in the images than in the laser data. If it is not possible to see the road boundaries in the orthophotos due to the smooth transitions between the road and the surrounding ground or shadows caused by trees or buildings, the DEM is helpful for placing the outlines correctly. Fig. 1 illustrates an example. However, it requires that the road surface differs in height from its surrounding or that the road outline is locally equal with terrain breaklines. There are different options for elevation model display to support the visual interpretation. A shaded surface with several light settings offers the most useful result for outline detection, possibly in connection with contour drawings. The optimal values for the light settings depend on the direction of the road and the slopes next to it. An angle approximately perpendicular to the slope direction and from the opposite side of the boundary that has to be digitized may offer the best choice. In addition to the settings for the display of the shaded surface, its contrast and structure can be tightened by a vertical exaggeration. The visualization methods for the DEM described above are also used for the *HLS* data examples to support the detection of road outlines or breaklines. In the *MLS* data set the road is bounded by curbstones which stand out clearly in the DEM. The dense point

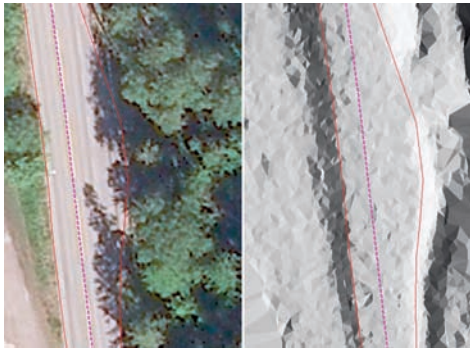


Fig. 1: A bus stop causes a change in road width that is hardly visible in the image, but can be seen in the DEM derived from the LIDAR data. Example from ALS data set.

cloud makes it possible to not only detect their correct location but also to determine the height of the curbstones as well.

For automatic road outline detection, methods mentioned in the literature review seem to be applicable to the three test data sets. Approaches like region growing algorithms as proposed in (HATGER & BRENNER 2003) might produce better results for the *MLS* data set than for the other examples because roads are clearly bounded by curbstones. On the other hand, extraction techniques that utilize the point density among other factors as described in (CLODE et al. 2004) are better suited to the *ALS* and *HLS* data sets because of their consistent point density than to the *MLS* data set with its differing point density on the road surface. For road outlines equal to terrain breaklines, methods for automatic breakline extraction can also be applied. One example is published by BRIESE (2004), who presents a 3D

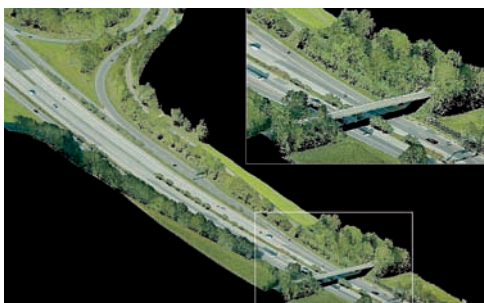


Fig. 2: Laser points from HLS data set, colored by RGB value. © Hansa Luftbild.

breakline detection method based on surface estimations along the breakline. For the *ALS* and *HLS* data sets in particular, these methods seem to be promising due to roads bounded by breaklines. For the *MLS* data set, where the road is bounded by curbstones, the breakline detection method of BRIESE (2004) is not an option. The availability of image data for the *ALS* and *HLS* data sets makes it possible to attach the RGB values to the LIDAR points as is shown in Fig. 2. This could offer opportunities to combine automatic approaches for road detection from images which use this color information with those for laser data.

4.2 Road Markings

Markings on the road surface can be detected from LIDAR data, if the intensity information for the laser points is rich in contrast to distinguish between the markings and the surrounding surface. It requires clear and sharp markings in a bright color on a dark background in reality as well as a comparatively high point density in the laser point cloud. In order to study the intensity values of the three test data sets, a small sample from each of them is analyzed by counting the points within intensity ranges. For this purpose only points from the ground including road surface and markings are chosen. The *MLS* data set consists of a significantly larger intensity range than the other two data sets. Therefore, the *MLS* intensity range has been fitted to make the ranges comparable. It turned out that there are two or three local maxima for the number of points within the intensity values, one or two for points on the ground and one for markings. Due to the small number of points for markings compared with the number of other ground points, the maximum for markings can only be found in its local context while it is insignificant regarding the overall number of points. The results from the intensity study are summarized in Tab. 1.

The values in Tab. 1 show a clear difference between the *ALS* data set and the other two data sets. While for *HLS* and *MLS* data 81% and 88% of the points fall inside the decisive intensity ranges for ground points, the respective percentage for the *ALS* data is only 42%.

Tab. 1: Comparison of intensity values and the number of points for ground and markings for the three test data samples.

Comparison	ALS	HLS	MLS
Intensity range of all points	1–60	0–353	0–138
Intensity range with maximum number of points on the ground (> 1000 points)	15, 24–31	7–13, 19–39	5–18
Percentage of all points	42%	81%	88%
Intensity range with maximum number of points on markings (> than 20 points)	50	50–60	55–97
Percentage of all points	0.09%	7%	4%

A similar distribution exists for the percentage of points for markings with 7% (*HLS*), 4% (*MLS*) and an insignificant value of 0.09% for *ALS*. It can be concluded that the intensity values together with the point density for the *HLS* and *MLS* data sets provide a basis for identifying markings on the road surface. For both, the intensity ranges for ground and for markings, a significant number of points exists which leads to an intensity image that is clear and rich in contrast. This is not the case for the *ALS* data set. These conclusions are also supported visually by intensity images, which are illustrated in Fig. 3.

For an automatic extraction and vectorization of road markings it is essential to separate marking points from the laser data as a basis for line construction methods. As mentioned in the literature review of this paper, *TOTH et al. (2007)* developed a method to create curves from laser points which represent linear pavement markings on roads. It can be supposed that such an approach is applicable to the *HLS* and *MLS* data sets. Additionally, the intensity images of the *HLS* and *MLS* data indicate the possibility of applying image based methods

which distinguish between dark and bright pixel values for marking detection.

4.3 Road Furniture

For road furniture objects, the point density is again the most important factor for detection, determining the level of detail for vectorization. The visibility of objects is studied by separating the points in the LIDAR data sets into intervals according to the height above ground. Based on the height of road furniture objects within the example data sets, the boundaries are set as follows:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| [1] 0.10–0.20 m | [2] 0.20–2.00 m |
| [3] 2.00–4.50 m | [4] 4.50–8.00 m |
| [5] 8.00–14.0 m | [6] > 14.0 m |

This differentiation does not only achieve an improvement in the visual interpretation of the point cloud but may also support automatic detection, because it makes it possible to specify the range of interest for the detection of certain objects.

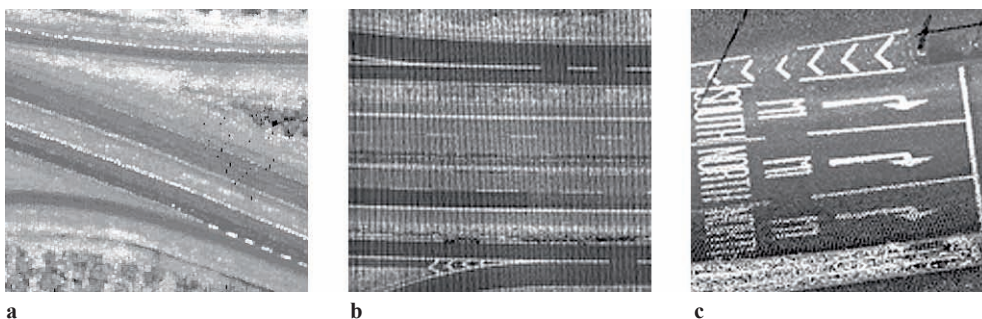


Fig. 3: Comparison of intensity images, a) *ALS* data set, b) *HLS* data set, c) *MLS* data set.

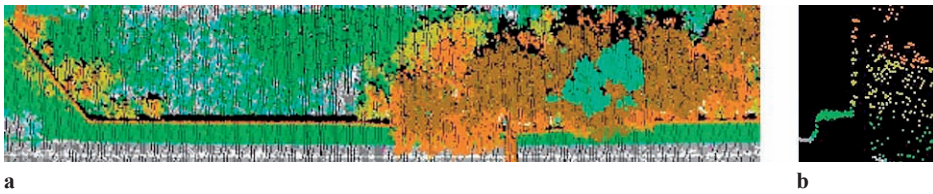


Fig. 4: Noise protection wall, top view (a) and side view (b) in the *HLS* data set. Colors: ground = gray, markings = white, height intervals [1] = light blue, [2] = green, [3] = yellow-green, [4] = orange, [5] = brown, [6] = mint.

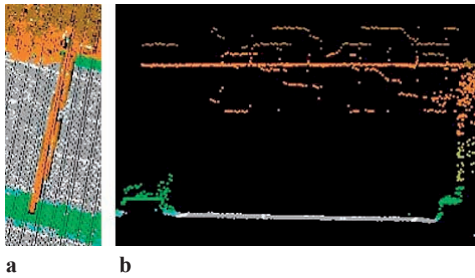


Fig. 5: Overhead gantry sign, top view (a) and front view (b) in the *HLS* data set. Colors as described in Fig. 4.

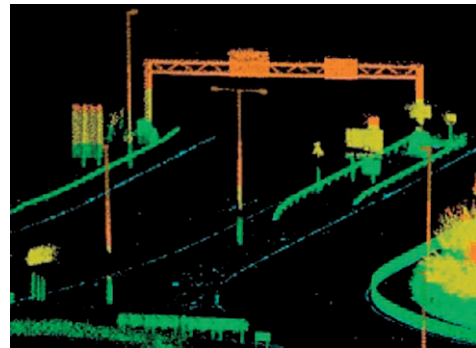


Fig. 6: Perspective view of the *MLS* data set. Colors as described in Fig. 4.

High objects such as street lamps and overhead gantry signs are located in intervals [4] to [6] in all three data sets. Large traffic signs in the *MLS* data set result in points in intervals [3] to [5]. Smaller signs and traffic lights are visible in intervals [3] and [4]. The *HLS* and *MLS* data sets include crash barriers along the roadsides, which are located in interval [2]. An easily detectable object in the *HLS* data set is a noise protection wall along the motorway (cf. Fig. 4). Due to its changing height the top of the wall is located in intervals [4] or [5]. Although the wall is overgrown with vegetation, its structure and location are visible in views from the top as well as in perspective views. The *MLS* data set also consists of curbstones, which are located in interval [1]. Examples for the *HLS* and *MLS* data sets are given in Fig. 4 to 6.

In the *ALS* example with its low point density the location of street lamps and other constructions is indicated only by a few points. The conclusion that points represent street lamps can be drawn from the regular distances between the point groups and their location along the road. Due to the small number of hits it is uncertain whether the points show the

real height of the object. It is also possible that lamps are not represented in the point cloud at all. For the test digitization, 34 out of 41 street lamps could be identified visually, seven are not detectable. Two locations are uncertain because there are also no street lamps visible in the orthophotos used as reference data. Similar problems occur for other constructions. Only some points on the top of the object indicate the existence, but there is no shape or structure identifiable. This makes it impossible to identify the type of the object from the laser data. Therefore, the *ALS* data set is not suited to a data-driven modeling approach or detailed object vectorization. However, the integration of additional information about road furniture objects and their relations can support the placement of symbolic representations in a model-driven approach. But regarding the uncertainty of object detection within the *ALS* data set, those methods are also limited.

In contrast, the *HLS* and *MLS* data sets offer more scope for the detection of road furniture objects. Large constructions for traffic signs and linear objects are visible in detail in both data sets. While in the *HLS* data set smaller

traffic signs and objects are not identifiable, the *MLS* data set gives a nearly complete representation of the road environment. Due to the possibility of viewing the point clouds from different perspectives, the data sets provide a basis for manual 3D digitization. However, both data sets show gaps in the point cloud. In the *HLS* data set, parts of large objects are missing (see example in Fig. 5). In the *MLS* data set gaps are caused by shadows behind other objects or cars. There are also objects that are not completely detected because of their position relative to the drive path (see Fig. 6 for an example). The problems of non-detected objects or object parts might be solved by capturing data from more than one flight or drive line in opposite directions along the road. This not only increases the point density, which would enable the detection of smaller objects in the *HLS* data set, but also captures objects from different directions. The lack of data can also be resolved in model-driven approaches as long as the type of the object can be identified. Regarding automatic methods, it can be supposed that model-driven approaches that utilize the object heights from the LIDAR data as well as object shape recognition methods are applicable to the *MLS* data set in particular and with limitations also to the *HLS* data set.

4.4 Further Use of the Digitization Results

The results of the digitization process are 3D vector elements for the road itself and several objects on and along the road. First, there are line or polygon features representing the road surface. According to the required level of detail, these elements include the whole road or, on a more detailed level, separate lanes for different driving directions (cf. Fig. 7). Those elements can be used for further processing of the LIDAR data, the DEM, or for GIS and cartographic mapping tasks. For example, the classification of LIDAR points on the road surface into a separate point class with the help of line or polygon elements may be useful for specific applications where a classification of the laser points into topographic classes is required. It is also essential for the creation of particular DEMs, as it is for the production of cartographic contours. There, polygons or line strings are applied as breaklines (cf. Fig. 8). Second, linear and point-like objects are represented by simple symbols or by detailed 3D models (cf. Fig. 7a), dependent on the aim and the desired level of detail of the final application. Once the objects are integrated in a GIS, they can be utilized for processing, visualizations, and analysis tasks.

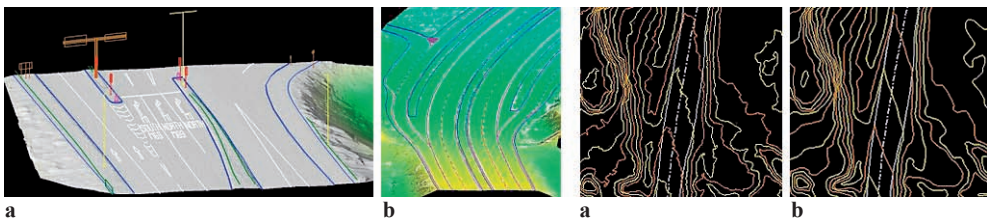


Fig. 7: Vectorization of road features based on LIDAR data. a) *MLS* data set, element colors: red = traffic lights, brown = traffic signs, yellow = street lamps, magenta = pylons, green = crash barriers, blue = outlines or curb stones, white = markings. b) *HLS* data set, line colors: blue = outlines, violet = markings, dashed red line = centerlines. DEM as shaded surface in the background.

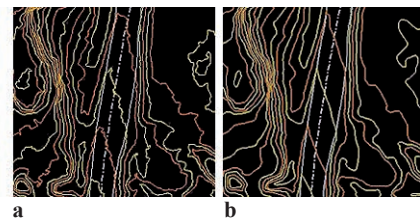


Fig. 8: Contour production based on LIDAR data. a) contours without breaklines, b) road outlines are included as breaklines to the contour creation. Note, that another method was used in addition to the breakline inclusion to create the contours as smooth, cartographic contour lines. Data from *ALS* data set.

5 Conclusions

This Section summarizes the results of the study. It leads back to considerations mentioned in the introduction about application-dependent data acquisition. While the two main questions (what objects can be detected in laser point clouds resulting from different acquisition platforms, and what properties determine the suitability of the data sets for 3D road digitization) have been discussed in detail in Section 4, the next paragraphs also compare the example data sets regarding factors such as the time and the effort for data processing.

The study of the LIDAR data sets and the manual digitization tests show that a comparatively low point density as in the *ALS* data set is sufficient to detect road outlines from a LIDAR based DEM. This is also approved by publications on automatic road extraction approaches, which use a lower or similar point density as in the *ALS* data set with 4.4 points/m² (e. g., 1 point/1.3 m² – CLODE et al. 2004, 4 points/m² – HATGER & BRENNER, 2003). With airborne laser scanning, large areas can be captured in a comparatively short time compared with other acquisition platforms. Due to the low point density it is also possible to process larger areas at the same time in processing demanding tasks than for data sets with a higher point density. This makes the *ALS* data set easier to handle for automatic approaches. It can be concluded that the *ALS* data set is suited to tasks such as simple road detection from LIDAR data and digitization of road outlines and centerlines for small-scale applications in manual or automatic approaches. The data set is not useful for marking extraction and the detection of road furniture as shown in Sections 4.2 and 4.3.

The intensity investigation in Section 4.2 reveals that the *HLS* and *MLS* data sets enable the complete detection of pavement markings. For both data sets, more than 80% of points on the ground and 7% (*HLS*) or 4% (*MLS*) of marking points fall into a decisive intensity range which makes it possible to separate markings from the surrounding road surface. The number of points for markings is also high enough to represent them as clear, sharp elements. The digitization of marking lines and

figures can be done manually but it is assumed that automatic methods are applicable as well. The *HLS* example shows advantages for the digitization of elements on the road surface compared with the *MLS* data set. It provides a dense and uniform point distribution and is therefore convenient for automatic approaches that utilize these characteristics. Furthermore, a helicopter corridor flight is concentrated on the area of interest, in this case the road, but it also captures data from the surroundings. With its point density of 35 points/m² the data can still be handled more easily than data sets from ground-based collections. The *HLS* data example is well suited to road detection and digitization of road outlines, markings and, with restrictions, to road furniture as well. It is not possible to detect small point-like objects such as traffic signs from the point cloud. As discussed earlier, this lack of point density might be overcome by data collection from more than one flight line along the road in opposite directions with an appropriate overlapping area in flight direction.

The strength of the *MLS* data lies in the detailed representation of objects along the road that are captured from a near-ground position. For complicated areas like motorway cross-overs or on extensive crossings, where airborne-based laser scanning would produce poor results, ground-based scanning can be used to capture the data for detailed 3D road feature digitization. However, the position of the scanning system on the top of a car leads to the shadow effects that have been mentioned in Section 4.3. These effects can only be partly reduced by a sophisticated drive pattern because the accessibility is limited to areas which the scanner can detect from its position on a car driving along the road. In addition, for the detection of long road segments, it seems to be more efficient to use airborne-based methods rather than ground-based scanning because over a long distance data collection by car is much slower than, for example, by helicopter. Furthermore, the resulting amount of data is much larger, which can lead to problems with data handling, processing and storing. Therefore, it can be assumed that automatic methods for feature detection are not applicable to such large data sets at the moment.

In future studies, data sets from different systems and covering the same area have to be studied for further conclusions towards the suitability of laser data for road environment mapping. Using data from the same area increases the comparability between the data sets and enables accuracy studies. A study of the applicability of automatic methods for roads as well as road furniture mapping directed at specific data sets is another topic for future work. This also includes a more detailed study of dependencies between detection results and the characteristics of laser data such as intensity values and point densities. Furthermore, the utilization of color information, either from true-color images or from color-infrared images, attached to the laser points should be considered in further research.

Acknowledgements

I gratefully acknowledge the versatile support of the Finnish Geodetic Institute (FGI) for the work on this paper. I also thank Terrasolid, my supervisors at the Technical University Dresden and the University of Applied Sciences Dresden, as well as the anonymous reviewers for their helpful advice. The LIDAR data sets were provided by the FGI (*ALS*), Hansa Luftbild GIS GmbH (*HLS*), and Optech Inc (*MLS*). The work is part of PhD studies supported by the German Academic Exchange Service (DAAD) with a stipend for PhD students.

References

- BAHLMANN, C., ZHU, Y., RAMESH, V., PELLKOFER, M. & KOEHLER, T., 2005: A System for Traffic Sign Detection, Tracking, and Recognition Using Color, Shape, and Motion Information. – *Intelligent Vehicles Symposium*: 255–260.
- BARBER, D., MILLS, J. & SMITH-VOYSEY, S., 2007: Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system. – *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* **63** (1): 128–141.
- BRENNER, C., 2006: Aerial Laser Scanning. – *Systems, Processing, Applications*. International Summer School Digital Recording and 3D Modelling, Aghios Nikolaos, Crete, Greece.
- BRIESE, C., 2004: Three-dimensional modelling of breaklines from airborne laser scanner data. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **35** (B3): 1097–1102.
- CLODE, S., KOOTSOKOS, P. & ROTTENSTEINER, F., 2004: The automatic extraction of roads from lidar data. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **35** (B3): 231–236.
- CLODE, S., KOOTSOKOS, P., ROTTENSTEINER, F. & ZELNIKER, E., 2007: Detection and vectorization of roads from lidar data. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **73** (5): 517–536.
- DOUBEK, P., PERDOCH, M., MATAS, J. & ŠOCHMAN, J., 2008: Mobile Mapping of Vertical Traffic Infrastructure. – *Computer Vision Winter Workshop (CVWW)* cmp.felk.cvut.cz/~perdom1/papers/cvww08.pdf (accessed: 15.12.2008).
- HATGER, C. & BRENNER, C., 2003: Extraction of road geometry parameters from laser scanning and existing databases. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **34** (3/W13).
- HATGER, C., 2005: On the use of airborne laser scanning data to verify and enrich road network features. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3/W19): 138–143.
- HINZ, S. & BAUMGARTNER, A., 2003: Automatic extraction of urban road networks from multi-view aerial imagery. – *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* **58** (1): 83–98.
- HOFMANN, A. D., MAAS, H.-G. & STREILEIN, A., 2002: Knowledge-based building detection based on laser scanner data and topographic map information. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **34** (3A): 169–174.
- JAAKKOLA, A., 2008: Modeling of Road Environment with a Mobile Laser Scanner. – *Finnish Geodetic Institute*, internal presentation.
- KUKKO, A., ANDREI, C.-O., SALMINEN, V.-M., KAARTINEN, H., CHEN, Y., RÖNNHOLM, P., HYYPPÄ, H., HYYPPÄ, J., CHEN, R., HAGGRÉN, H., KOSONEN, I. & ČAPEK, K., 2007: Road environment mapping system of the Finnish Geodetic Institute – FGI Roamer. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3/W52): 241–247.
- MAYER, H., HINZ, S., BACHER, U. & BALTSAVIAS, E., 2006: A test of automatic road detection approaches. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3), 209–214.
- MENA, J. B., 2003: State of the art on automatic road extraction for GIS update: a novel classification.

- Pattern Recognition Letters **24** (16): 3037–3058.
- OUDE ELBERINK, S. & VOSSELMAN, G., 2006A: 3D modeling of topographic objects fusing 2D maps and lidar data. – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **36** (4), on CD.
- OUDE ELBERINK, S. & VOSSELMAN, G., 2006B: Adding the third dimension to a topographic database using Airborne Laser Scanner Data. – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **36** (3): 92–97.
- OUDE ELBERINK, S. & VOSSELMAN, G., 2007: Quality analysis of 3D road reconstruction. – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **36** (3/W52): 305–310.
- SOININEN, A., 2008: Presentations on software development and vehicle based laser scanning. – Terrasolid European User's Event 2008, www.terrasolid.fi/en/presentations (accessed: 20.03.2008).
- TAO, C.V., 2006: 3D Data Acquisition and Object Reconstruction for AED/CAD. – Large-scale 3D Data Integration: Challenges and Opportunities, 2006, CRC Press Taylor & Francis Group: 39–56.
- TOTH, C., PASKA, E. & BRZEZINSKA, D., 2007: Using pavement markings to support the QA/QC of LiDAR data. – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences **36** (3/W49B), on CD.
- YU, X., 2007: Methods and techniques for forest change detection and growth estimation using airborne laser scanning data. – Academic dissertation in remote sensing, Publication of the Finnish Geodetic Institute **137**.
- Copyright of Data sets used in this study:**
- Aircraft Laser Scan (*ALS*): © Finnish Geodetic Institute, Masala, Finland
- Helicopter Laser Scan (*HLS*): © Hansa Luftbild Geoinformationssysteme GmbH, Münster, Germany
- Mobile Laser Scan (*MLS*): © Optech Incorporated, Toronto, Canada
- Address of the Author:
- FRIEDERIKE SCHWARZBACH, Dresden University of Technology, Institute of Cartography, presently at: Finnish Geodetic Institute, Department of Geoinformatics & Cartography, P.O.Box 15, FI-02431 Masala, Finland, Tel.: +358-9-47-890-440, Fax: +358-9-29-555-211, e-mail: friederike.schwarzbach@fgi.fi
- Manuskript eingereicht: September 2008
Angenommen: Januar 2009

Integration von Fernerkundungsdaten in nationale und europäische Geodateninfrastrukturen – Ableitung von CORINE Land Cover-Daten aus dem DLM-DE

STEPHAN ARNOLD, Frankfurt/Main

Keywords: Digital landscape model, DLM-DE, ATKIS Basis-DLM, CORINE Land Cover, In-Situ Data, GMES

Summary: *Integration of remote sensing data in national and European spatial data infrastructures – derivation of CORINE Land Cover data from the DLM-DE.* This paper describes the concept of the digital landscape model for Germany DLM-DE and its implementation plan. It aims at pointing out the potential benefits and constraints of the derivation of CORINE Land Cover Data from the DLM-DE as an alternative to the conventional EEA method. The model of the DLM-DE embodies the integration of topographic reference data with thematic remote sensing data. Thereby the ATKIS Basis-DLM shall function as the original data set. Before deriving the CLC data the ATKIS object type catalogue is compared with the CLC nomenclature in the form of a transformation table and – if necessary – modified due to missing CLC classes. Through updating and verification by interpreting satellite imagery the CLC pre-coded DLM-DE objects result in a high resolution dataset on land cover. The reference year 2006 mentioned in this paper has been shifted to 2009 and is to be read as an example scenario. The here described method however shall be retained basically.

Zusammenfassung: Dieser Beitrag erläutert das Konzept des Digitalen Landschaftsmodells für Deutschland DLM-DE und seine geplante Umsetzung. Es werden die Möglichkeiten und Grenzen der Ableitung von CORINE Land Cover Daten (CLC) aus dem DLM-DE als Alternative zur konventionellen EEA-Methode beleuchtet. Das Datenmodell des DLM-DE sieht eine Integration von Geobasisdaten mit Geofachdaten aus der Fernerkundung vor. Als Ausgangsdatensatz wird das ATKIS Basis-DLM verwendet. Zur Vorbereitung der CLC-Ableitung wird der Objektartenkatalog des Basis-DLM mit der CLC-Nomenklatur abgeglichen und entsprechend angepasst, um eine objektorientierte, semi-automatische Transformation vom ATKIS-Flächen-Code zum CLC-Flächen-Code durchzuführen. Das Ergebnis ist ein räumlich hochauflösender Datensatz zur Landbedeckung für Deutschland, der anhand von Satellitenbilddaten verifiziert wird. Das hier verwendete Bezugsjahr für die Aktualisierung des DLM-DE ist im Zuge des Projektverlaufes von 2006 auf 2009 angehoben worden und ist daher im Text als beispielhaftes Szenario zu verstehen. An der Verfahrensweise soll im Wesentlichen festgehalten werden.

1 Hintergrund des Projektes

Vor dem Hintergrund der von der Europäischen Weltraumagentur (ESA) und der Europäischen Kommission (EC) 1998 gemeinsam ins Leben gerufenen europäischen Initiative Global Monitoring for Environment and Security (GMES) spielen Geobasisdaten als Komponente der im Land Monitoring Core Service (LMCS) verankerten „In-Situ-Daten“ eine wichtige Rolle als topographische Referenz-

daten (GRÜNREICH 2007). Eine der Hauptaufgaben des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) ist es, die kartographische Grundversorgung der Bundeseinrichtungen zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang hat das BKG in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt (UBA) das Konzept eines Digitalen Landschaftsmodells für die Zwecke des Bundes (DLM-DE) entwickelt. Die Ableitung von CORINE Land Cover-Daten (CLC) aus dem DLM-DE stellt einen nationalen Bei-

trag zur Umsetzung der im Rahmen von GMES und INSPIRE (EU 2007) verankerten Philosophie dar.

1.1 Konzept des DLM-DE

Das digitale Landschaftsmodell „DLM-DE“ wurde für die Zwecke und Aufgaben des Bundes konzipiert. Das Konzept des DLM-DE beinhaltet die Integration von Geobasisdaten mit thematischen Geofachdaten zur Landbedeckung und Landnutzung (LB/LN) aus der Fernerkundung. Dabei soll das ATKIS Basis-DLM als Ausgangsdatensatz in zwei Teilschritten durch einen Abgleich mit dem Satellitenbilddatensatz IMAGE2006 (SPOT4/5, IRS LISS III; 20 m Bodenpixelgröße) verifiziert und mit notwendigen CLC-relevanten Ergänzungen versehen werden. Das DLM-DE beruht auf der Struktur und den Daten des ATKIS Basis-DLM (erhoben durch die Landesvermessung) und wird um die LB/LN-Informationen erweitert. Es stellt somit einen Geodatensatz dar, der eine Querschnittsanforderung aus verschiedenen Sektoren (Umwelt, Land- und Forstwirtschaft, Gewässerschutz, Verkehr, Sicherheit, Raumplanung etc.) bedienen kann. Als Anwendungsbeispiel für den Umweltbereich wird hier die Ableitung von hochauflösenden im Vergleich zu konventionellen CLC-Daten beleuchtet.

1.2 CORINE Land Cover

Die Mitgliedstaaten der EU und deren Nachbarstaaten (37) bewerkstelligen die Aktualisierung von CORINE Land Cover 2006 unter der Führung der Europäischen Umweltagentur (EEA) im Auftrag der Europäischen Kommission (EC) mit Beteiligung der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA). In Deutschland obliegt dem Umweltbundesamt (UBA) als nationale Ansprechstelle (NRC – National Reference Center) die Hauptverantwortung gegenüber der EEA und die Koordination des CLC-Projektes. Basierend auf Satellitenbilddaten wurde CLC europaweit erstmalig für das Stichjahr 1990 erfasst, gefolgt von einer Aktualisierung mit Stichjahr 2000 (DFD 2008a, KEIL et al. 2005). Augenblicklich steht

die zweite Aktualisierung für das Stichjahr 2006 an.

Aufgrund ihrer überregionalen und länderübergreifenden Vergleichbarkeit fanden CLC-Daten im Laufe der Zeit immer mehr Anwendung auch auf lokaler/kommunaler Ebene. Damit einher gingen gesteigerte Anforderungen der breiten Nutzergemeinschaft an Landbedeckungs- und Landnutzungsinformationen hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung, die sich schließlich auch auf europäischer Ebene im Project Implementation Plan GMES FTS 2006-2008 der EEA (EEA 2006) wiederfinden. Mit dem DLM-DE ist man sowohl für die Ableitung konventioneller CLC-Daten als auch für die Entwicklung hin zu höher auflösenden LB/LN-Datensätzen aufgestellt.

Da diese Anforderungen durch die Nutzung bereits vorhandener topographischer Basisdaten kostengünstiger erfüllt werden können, arbeiten BKG und UBA in einem entsprechenden Projekt zusammen. In diesem Rahmen wollen BKG und UBA die Aktualisierung und Fortführung von Landbedeckungsdaten zukünftig effizienter bei gleichzeitig höherer räumlicher Auflösung und Genauigkeit im Gegensatz zur herkömmlichen EEA-Methodik des CLC-Updates durchführen. Eine verbesserte thematische Genauigkeit wird ebenfalls angestrebt.

An dieser Stelle sei – ohne tiefer in Details zu gehen – exemplarisch auf zwei in anderen EU-Mitgliedstaaten angewandte, flächendeckende nationale Landbedeckungskartierungen verwiesen, die ebenfalls als Grundlage der CLC-Aktualisierung alternativ zur herkömmlichen EEA-Methode eingesetzt werden: SIOSE in Spanien (AROZARENA 2006, AROZARENA et al. 2006) und LCM2007 in Grossbritannien (SMITH 2007, CEH 2007).

2 Ausgangssituation

2.1 Zu verwendende Daten

Für die Aktualisierung und Verifizierung des DLM-DE2006 wird neben dem ATKIS Basis-DLM als Ausgangsdatensatz der Satellitenbilddatensatz IMAGE2006 als Hauptinformationsquelle verwendet und durch SPOT5 PAN

Aufnahmen (2,5 bzw. 5 m Bodenpixelgröße) ergänzt. IMAGE2006 wird auch bei der herkömmlichen CLC-Aktualisierung eingesetzt. Weitere Zusatzdaten sollen – soweit verfügbar – mit in den Prozess einbezogen werden. Dazu zählen topographische Karten sowie Fernerkundungsdaten aus dem Programm GMES, namentlich der Fast Track Service *Built-up Area and Soil Sealing* (kurz: FTS *Sealing*) und GMES Service Element *Forest Monitoring* (kurz: GSE *Forest*) (GMES SERVICE ELEMENT FOREST MONITORING 2008) zur detaillierteren Differenzierung in bebauten Gebieten und innerhalb von Waldflächen. Der FTS *Sealing-Layer* (EEA 2006) wird basierend auf IMAGE2006 mit überwachten Klassifizierungsverfahren erzeugt und im Rasterformat auf 20 m Bodenpixelgröße gesampelt ausgegeben und soll im Sommer 2008 flächendeckend für Deutschland zu Verfügung stehen. Er gibt die Bodenversiegelung in Prozent an. Der GSE *Forest-Layer* (GSE FM 2008) wurde auf der Basis von LANDSAT7 und IRS LISS III ebenfalls mit überwachten Klassifizierungsverfahren erzeugt und im Rasterformat mit 30 m Bodenpixelgröße ausgegeben. Er enthält eine CLC-konforme Differenzierung innerhalb der Waldflächen zwischen Laub-, Nadel-, Mischwald und Wald-Strauch-Übergangsstadien. Die GSE *Forest*-Daten liegen für Deutschland nur in Teilen vor, eine zeitnahe Vervollständigung ist ungewiss.

2.2 Vergleich ATKIS versus CLC-Daten

Die Struktur des ATKIS Basis-DLM gemäß dem Objektartenkatalog (OK) (AdV 2003a, 2003b, Online-OK: AdV 2008b) besteht aus mehreren Ebenen (z. B. SIE01_F, VEG02_f, GEW01_F), in denen wiederum mehrere, thematisch sinnverwandte Objektarten zusammengefasst sind (BKG 2005). Es wurde angestrebt, gegenseitige Überlagerungen innerhalb einer Ebene zu vermeiden. Dabei können sich Objektarten verschiedener Ebenenzugehörigkeit gegenseitig überlagern (Beispiel: 3303 *Rollbahn* aus Ebene VER01_F auf 3301 *Flughafen* aus Ebene VER03_F). Teilweise ist nach dem OK auch eine Überlagerung zwingend gefordert (Beispiel: 2221 *Stadion* aus Ebene SIE06_F über 2201 *Sportanlage* aus Ebene SIE03_F).

Da in Deutschland die Aufgabe der Landesvermessung gemäß dem föderalen Prinzip den einzelnen Bundesländern obliegt, ergeben sich daraus leichte Abweichungen der einzelnen Objektartenkataloge der Länder untereinander. Dies äußert sich entweder in unterschiedlich ausführlicher Attributierung oder der Existenz einzelner Objektarten. Zur Unterscheidung von den bundesweit einheitlichen Regelungen – den so genannten „AdV-Standards“ – werden diese Variationen als „Länderlösungen“ im OK des Basis-DLM gekennzeichnet.

Tab. 1: Metadatenvergleich zwischen ATKIS und CLC.

	ATKIS Basis DLM	CLC
Maßstab	1 : 5.000–1 : 25.000	1 : 100.000
MKF (Mindestkartierfläche)	0,1–1 ha	25 ha bzw. 5 ha (change)
Anzahl Objektarten	190, teilweise überlagernd	44 (EU), 37 (Deutschland)
Anwendungen	nat./reg./lokale Belange	europ./nat./reg. Belange
Zuständigkeit	Bundesländer, BKG	UBA
Hauptdatenquelle	Luftbilder ($\leq 0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$)	Satellitenbilder ($\sim 20 \times 20 \text{ m}^2$)
Struktur des Datenmodells	Objektarten mit Differenzierung durch Attribute, mehrfache Objektzuordnung und Überlagerungen möglich	hierarchische Klassen ohne weitere Differenzierung durch Attribute, überlappungsfrei

Das CLC-Datenmodell (DFD 2008b) ist ursprünglich auf Anwendungen in kontinental-europäischer, kleinmaßstäblicher Dimension ausgerichtet und sieht eine Mindestkartierfläche (MKF) von 25 ha bzw. bei Änderungen bereits kartierter Flächen eine MKF von 5 ha vor. ATKIS-Daten hingegen finden hauptsächlich auf lokaler und regionaler, großmaßstäblicher Ebene Anwendung mit einer MKF von 0,1 bis 1 ha je nach Objektart. Dabei steht das ATKIS-Datenmodell mit seiner höheren räumlichen Auflösung und einer größeren Anzahl von Objektarten mit überwiegend breiter gefassten Definitionen der CLC-Nomenklatur mit einer geringeren räumlichen Auflösung und weniger Landbedeckungsklassen mit hauptsächlich enger gefassten Definitionen gegenüber (vgl. Tab. 1).

Die Vorteile des aus dem Basis-DLM hervorgehenden DLM-DE als Bezugsdatenquelle für die CLC-Ableitung verglichen mit herkömmlichen (finanzierbaren) Satellitenbilddaten lassen sich wie folgt aufzählen:

- Erfassungsgrundlage des Basis-DLM sind räumlich höchstauflösende Luftbilder,
- Hohe geometrische Lagegenauigkeit (bis zu 3 m),
- Daten liegen im objektstrukturierten Vektorformat vor,
- Höhere thematische Genauigkeit durch Verringerung visueller Fehlinterpretatio-

nen der IMAGE2006-Bilddaten, da CLC-relevante LB/LN-Informationen weitgehend in Objektattributen enthalten sind.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer detailreicheren, räumlich und thematisch genaueren Differenzierung von Objektarten bzw. von Landbedeckungsklassen.

3 Vorarbeiten zur Generierung des DLM-DE

3.1 Semantische Transformation von ATKIS-Objektarten nach CLC-Klassen

Um die vollständige Ableitung von CLC-Daten aus dem DLM-DE zu ermöglichen, wurden seitens des BKG der Objektartenkatalog des Basis-DLM auf seine semantische Kompatibilität mit der CLC-Nomenklatur hin überprüft (AdV 2003b, BÜTTNER et al. 2006, BOSSARD et al. 2000). Bei eindeutiger Zuweisung wurde die entsprechende CLC-Klasse vermerkt, bei mehrfach möglicher Zuweisung aller in Frage kommenden CLC-Klassen. Um die semantische Transformation bundesweit vergleichbar zu halten, sind als Input nur Objektarten und Attributierungen nach bundesweit gültigem AdV-Standard herangezogen worden, sogenannte Länderlösungen bei der

Tab. 2: Semantische Ableitung von CLC-Klassen aus ATKIS-Objektarten, Auszug Transformations-tabelle.

ATKIS DLM-DE					Zusatzdaten	CLC2000		
Code	Objektart	Attribut	Attributwert	Beschreibung	z. B. FTS / GSE	Code	Klassenname	
2111	Wohnbaufläche	offene Bebauung (BEB)	1000	offen	<i>Versiegelung < 80%</i>	>	112	Nicht durchg. städt. Prägung
			9997	Attribut nicht anwendbar	<i>Versiegelung > 80%</i>		>	111
2112	Industrie- und Gewerbefläche					>	121	Industrie- und Gewerbe
4107	Wald, Forst	Vegetationsmerkmal (VEG)	1000	Laubholz	<i>GSE Forest</i>	>	311	Laubwald
			2000	Nadelholz	<i>GSE Forest</i>	>	312	Nadelwald
			3000	Laub- und Nadelholz	<i>GSE Forest</i>	>	313	Mischwald

Objektattributierung wurden vorerst nicht mit einbezogen, da diese Informationstiefe je nach Bundesland unterschiedlich ausfällt. Im späteren Projektverlauf sollen jedoch auch nur gebietsweise vorliegende Attributierungen in den Zuordnungsschlüssel mit einbezogen werden, sofern sie die eindeutige Zuordnung zu CLC-Klassen erleichtern.

In Tab. 2 ist auszugsweise die Zuordnung von ATKIS-Objektarten zu CLC-Klassen abgebildet. Ebenfalls Erwähnung finden die gegebenenfalls verwendete Zusatzdaten (FTS *Sealing* und GSE *Forest*). Wenn eine eindeutige Zuordnung nicht möglich war, wurden alle in Frage kommenden CLC-Klassen vermerkt. Das vor der Umsetzung stehende AAA-Modell (AbV 2008a, 2008b, 2008c) wird in der derzeitigen Phase der Aktualisierung des DLM-DE nicht berücksichtigt, da die Ausgangsdaten für das Bezugsjahr 2006 noch im alten ATKIS-Datenmodell vorliegen.

3.2 Test-Ableitung von CLC-Daten mit Hilfe DLM50.1-Datensatz in ArcGIS

Um eine erste Einschätzung bezüglich des bevorstehenden Arbeitsaufwandes machen zu können, wurde ein Testlauf zur Ableitung von CLC-Daten aus ATKIS-Objekten für ganz Deutschland durchgeführt. Es wurden die Daten des „modellgeneralisierten“ DLM50.1 verwendet, dessen Modell dem des Basis-DLMs sehr ähnlich ist, jedoch eine einfachere Datenstruktur und geringere Datenmenge aufweist. Außer der zuvor angestellten semantischen Übersetzung der ATKIS-Objektarten in die CLC-Nomenklatur, welche die alleinige Grundlage des Tests war, wurde keine weitere Bearbeitung der Daten vorgenommen. Die Testableitung und Berechnung der Statistik wurde mit ArcGIS durchgeführt und visualisiert. Abb. 1 zeigt den prozentualen Anteil der ATKIS-Objekte, die nach der vorläufigen semantischen Transformation eindeutig einer CLC-Klasse zugeordnet werden konnten, aufgelistet nach Bundesländern¹.

¹ Die ATKIS-Daten des DLM50.1 von Bremen sind in Niedersachsen (NI), die Daten von Berlin in Brandenburg (BB) enthalten.

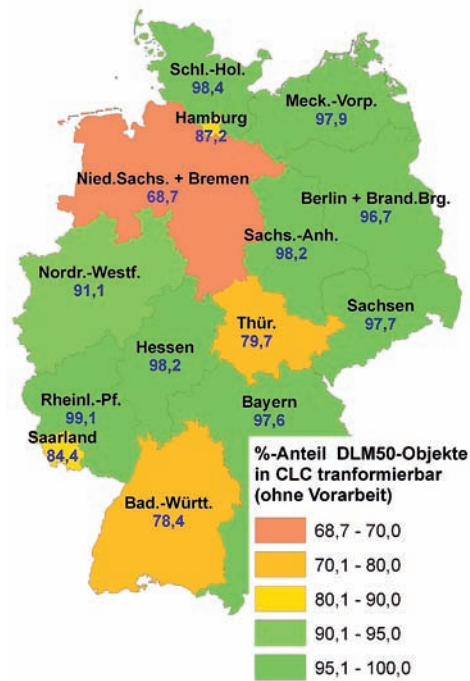


Abb. 1: Anteil der eindeutig nach CLC ableitbaren Anzahl der DLM50-Flächenobjekte in % nach Bundesländern.

Die statistische Analyse des Tests ergab, dass der Anteil von eindeutig nach CLC-Klassen zuordenbaren ATKIS-Objekten in acht von 14 Bundesländern über 90 Prozent liegt. Die z. T. deutlichen Abweichungen der Werte in den einzelnen Bundesländern sind u. a. mit unterschiedlichen Ländervarianten des Objektartenkatalogs und dem unterschiedlichen Erfassungsstand der Attributierung in den Länder-Datensätzen zu erklären.

4 Methodik

4.1 Erweiterung des DLM-DE-Objektartenkatalogs

Das Hauptanliegen des Projektes ist es, CLC-Daten weitestgehend automatisch aus dem DLM-DE abzuleiten. Je nach Bundesland ist in manchen Fällen jedoch eine direkte Ableitung aus bereits genannten Gründen (Unterschiede in Erfassungsregeln, Definitionen der Objektarten/Klassen, MKF) nicht ohne zu-

sätzliche Informationen oder Regeln möglich. Daher muss der OK des DLM-DE entsprechend modifiziert bzw. durch neue Objektarten erweitert werden. Nach den vorangegangenen Überlegungen zur semantischen Transformation sind fehlende oder abweichende CLC-Definitionen, für die es im Modell des Basis-DLM bisher keine Entsprechungen gab, in den OK des DLM-DE zu integrieren durch

- Erstellung neuer Objektarten,
- Einführung zusätzlicher Attribute in bereits existierende ATKIS-Objektarten (z. B. für *CLC 324 Wald-Strauch-Übergangsstadien*),
- Verwendung bereits bestehender Attribute als Schlüssel für CLC-Klasse und
- Aggregierungsregeln von ATKIS-Objekten bei komplexen CLC-Klassen.

Die folgenden vier Unterpunkte erläutern, welche CLC-Klassendefinition bzw. Anpassungen daran in den OK des DLM-DE eingeführt werden müssen.

- *133 Baustellen:*

Bei einigen Objektarten des DLM-DE wie z. B. Bahnhöfe, Flughäfen, Dämme etc. wird über das Attribut „ZUS“ der Zustand des betreffenden Objektes abgefragt. Mit dem Eintrag „im Bau“ lässt sich die CLC-Klasse 133 ableiten, worin alle im Bau befindlichen Objekte unabhängig von ihrer Funktion als Bahnhof, Flughafen etc. erfasst werden. Eine neue Klasse ist hier nicht notwendig.

- *242 Komplexe Parzellenstruktur, 243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung:*

Für die Ableitung komplexer CLC-Klassen ist es notwendig, Regeln zur Aggregation von benachbarten, unterschiedlich landwirtschaftlich geprägten Objekten des DLM-DE (Ackerland, Grünland, Weide, Obstanbau) zu schaffen, falls die betreffenden Objekte jedes für sich die CLC-MKF (25 ha) nicht erreichen.

- *311 Laubwald, 312 Nadelwald, 313 Mischwald, 324 Wald-Strauch-Übergangsstadien:* Bezüglich der Waldflächen muss die pauschaler gehaltene ATKIS-Definition gegenüber einer detaillierteren CLC-Klassendefinition modifiziert werden, um die gefor-

derte Unterscheidung zwischen gesundem Wald mit hohen Bäumen von Aufforstungsflächen, Waldschadensflächen (Windbruch) und Übergangsflächen zu ermöglichen.

- *321 Natürliches Grasland, 333 spärliche Vegetation, 421 Salzwiesen, 521 Lagunen und 522 Mündungsgebiete:*

Für die übrigen CLC-Klassen sind beim BKG in Abstimmung mit UBA Lösungen in Arbeit, den OK des DLM-DE entsprechend der unterschiedlichen Spezifikationen von DLM-DE und CLC zu erweitern.

4.2 Aktualisierung des DLM-DE und Erfassung zusätzlicher CLC-relevanter (neuer) Objektarten

Für das Bezugsjahr 2006 sollen im laufenden Vorhaben nach vollendeter Erweiterung des OK die Geometrien des DLM-DE überprüft und bei Bedarf angepasst werden, um daraus in der Folge den CLC Update 2006 abzuleiten. Daher sollen für flächenhafte, die Landnutzung und Landbedeckung betreffende Objektarten für gesamt Deutschland die Veränderungen der bestehenden Geometrien sowie die Geometrien neuer CLC-relevanter Objektarten erfasst und somit als Land Cover-Information in das DLM-DE integriert werden.

Zum Vergleich werden im Zweifelsfall die Bilder des Mosaiks Image2000 (LANDSAT7 ETM+) herangezogen, sofern dadurch die Entwicklung der Landschaft und Darstellung im CLC2000-Datensatz nachvollziehbarer wird. Weiterhin sollen Informationen aus den GMES-Diensten *FTS Sealing* und *GSE Forest* in die Verifizierung/Aktualisierung des DLM-DE mit einfließen.

4.3 Generalisierung des DLM-DE und Ableitung des CLC-Datensatzes

Ziel der CLC-Ableitung aus dem DLM-DE ist es, einen überlagerungsfreien Vektor-Datensatz zur Landbedeckung zu erzeugen.

Abb. 2 veranschaulicht den Input und (von oben nach unten) die einzelnen aufeinander folgenden Teilschritte des Workflows der

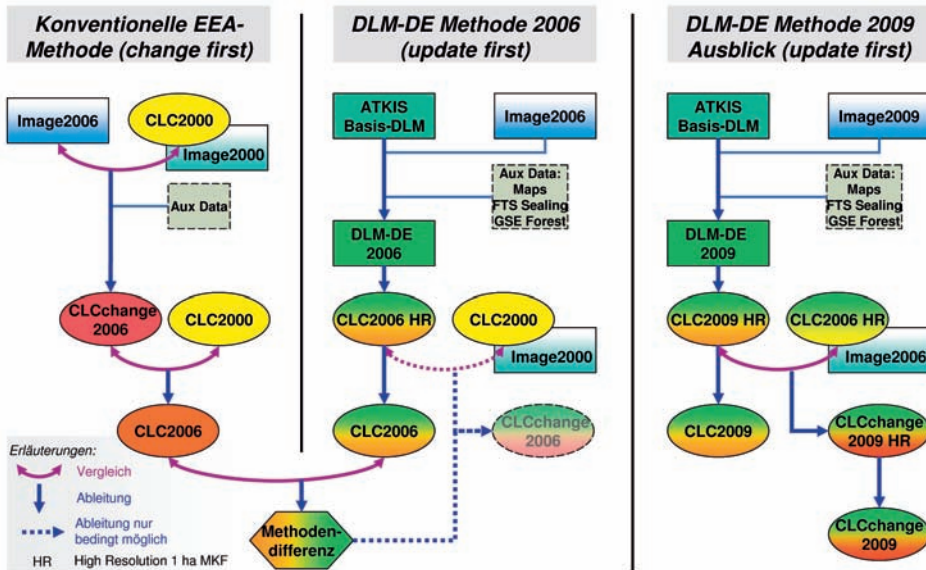


Abb. 2: Graphische Darstellung der CLC-Ableitung. Links: konventionelle EEA-Methode mit visueller Bildinterpretation; Mitte: DLM-DE-Methode 2006 mit semi-automatischer CLC-Ableitung; Rechts: Ausblick auf zukünftige DLM-DE-Methode bei CLC-Aktualisierungen.

CLC-Aktualisierung, untergliedert in die konventionelle EEA-Methode (linke Spalte), die DLM-DE-Methode 2006 (Mitte) und einen Ausblick auf einen möglichen Ablauf der DLM-DE-Methode 2009 bei der nächsten CLC-Aktualisierung (rechte Spalte), die voraussichtlich für das Stichjahr 2009 erfolgen soll.

Zur hinreichend bekannten EEA-Methode (EEA 2007): Durch den Abgleich der Daten $CLC2000_{EEA}$ mit den aktuellen Satellitenbildern $IMAGE2006$ wird der $CLC2006_{EEA}$ -change Layer erzeugt (MKF 5 ha). Durch Verrechnung mit $CLC2000$ wird dann der $CLC2006_{EEA}$ Layer abgeleitet (MKF 25 ha).

Die alternative DLM-DE-Methode sieht vor – wie eingangs schon beschrieben – Geobasisdaten und Geofachdaten durch den Abgleich des Basis-DLM mit aus Fernerkundungsdaten gewonnenen Informationen zur Landbedeckung und Landnutzung unter Berücksichtigung der CLC-Nomenklatur im DLM-DE zu integrieren (MKF 1 ha). Anhand der dabei vergebenen CLC-Kodierung lässt sich daraufhin aus dem DLM-DE ein hochauflösender Layer $CLC2006_{DLM-DE}^{HR}$ („high resolution“) extrahieren mit einer MKF von 1 ha. Nach der

Zusammenfassung („Dissolve“ in ArcGIS) von Flächen gleicher Objektart und Attributierung bzw. nun gleicher CLC-Klasse gelangt man durch die darauffolgende Generalisierung auf eine MKF von 25 ha zum Layer $CLC2006_{DLM-DE}$. Der für das UBA zur EU-Berichterstattung wichtige $CLC2006_{change}$ -Layer kann zwar durch Generalisierung von 1 ha auf 5 ha erzeugt werden, hat aber, bedingt durch den Methodenwechsel, eine andere Gestalt und kann nicht direkt mit den $CLC2000_{EEA}$ -Daten verglichen werden. Es muss dabei die methodisch bedingte Differenz der Datensätze $CLC2006_{EEA}$ und $CLC2006_{DLM-DE}$ berücksichtigt werden.

Für 2009 besteht die DLM-DE-Methode durch die Möglichkeit, zumindest semi-automatisch sowohl einen hoch aufgelösten $CLC2009_{DLM-DE}^{change} HR$ (MKF 1 ha) als auch den „normalen“ $CLC2009_{DLM-DE}^{change}$ Layer (MKF 5 ha) aus dem Vergleich $CLC2009_{DLM-DE}^{HR}$ mit $CLC2006_{DLM-DE}^{HR}$ abzuleiten.

Die Generalisierung an sich soll nach einem automatischen, gestuft-kombinierten Verfahren erfolgen, bestehend aus zunächst semanti-

schen, dann geometrischen Regeln. Über eine Ähnlichkeitsabfrage nach festgelegter semantischer Hierarchie mit Nachbarflächen werden die Flächen $< MKF$ erst dem ähnlichsten Nachbarpolygon zugeschrieben. Wenn diese Abfrage nicht greift oder zu keinem semantisch sinnvollen Ergebnis führt, soll die Zuschreibung zum Nachbarn mit der größten Fläche bzw. der längsten gemeinsamen Grenze erfolgen.

4.4 Weitere technische Herausforderungen

In der Prozesskette des DLM-DE und der CLC-Ableitung sind vier Hauptaufgaben zu bewältigen. Zum einen gilt es, die Überlagerungsflächen aufzulösen, indem nach bestimmten Regeln eine Objektart als die dominante, weil CLC-relevante angesehen wird. Zum anderen müssen all die Objektarten überprüft werden, für die vorab eine mehrfache Zuordnungsmöglichkeit zu CLC-Klassen besteht. Als dritte zu lösende Hauptaufgabe ist die Generierung komplexer CLC-Klassen, namentlich *242 Komplexe Parzellen Struktur* und *243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung*, zu lösen. Hierbei müssen Flächen $< MKF$ zu den genannten beiden CLC-Klassen aggregiert werden. Die vierte Herausforderung besteht in der Unterscheidung zwischen tatsächlichen Veränderungen der LB/LN („real change“) und den methodisch bedingten Veränderungen („pseudo change“).



Abb. 3: Überlagerungsfläche im Basis-DLM, Beispiel I Industriegebiet: 2112 Industrie- und Gewerbefläche (rot umrandet) über 2126 Kraftwerk (gelb schraffiert) und 2301 Tagebau (orange schraffiert).

Überlagerungsflächen

Eine der drei Hauptaufgaben bei der Aktualisierung des DLM-DE ist es, die durch die Ebenen-Struktur des ATKIS Basis-DLM bedingte Überlagerung von Einzelobjekten auf dem Weg zur CLC-Ableitung aufzulösen. Hierfür sind entsprechende Regeln aufzustellen, die nach einer semantisch orientierten Hierarchie im Falle einer zwei- bis fünffachen Objektüberlagerung die jeweils als CLC-relevant angesehene DLM-DE-Objektart an oberste Stelle setzt und die darunter liegenden Flächen dominiert, d.h. sie teilweise oder vollständig verdeckt. Die Auflösung der Ebenenstruktur in eine flache Datenstruktur ohne Überlagerungsflächen muss entweder vor der Aktualisierung des DLM-DE oder vor der sich

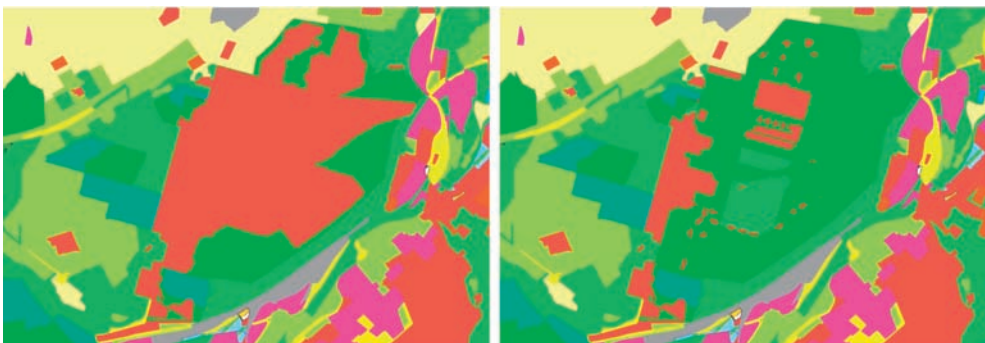


Abb. 4: Überlagerungsfläche im Basis-DLM, Beispiel II Truppenübungsgelände: Landschaft wird unterschiedlich abgebildet in Abhängigkeit der Ebenenreihenfolge im Basis-DLM. Links: 2114 Flächen besonderer funktionaler Prägung / Landesverteidigung (rot) oben auf; Rechts: 4107 Wald/Forst (dunkelgrün) oben auf.

daran anschließenden CLC-Ableitung erfolgen. Erstere Variante erleichtert bei geringem Informationsverlust die Bearbeitung und Datenhaltung, letztere erhält während der laufenden Prozessierung länger die Vergleichbarkeit und Rückführung auf die originären Daten des ATKIS Basis-DLM aufrecht.

Zwei Fragen gilt es bei Überlagerungsflächen zu beantworten: I. Welches ist die ausschlaggebende Objektart für CLC? II. Falls mehrere überlagernde Objektarten CLC-relevant sind, welche Objektart bildet unter dem Aspekt der Landbedeckung die Landschaft möglichst realitätsnah ab? Abb. 3 und Abb. 4 veranschaulichen anhand von Beispielen die beschriebene Problematik. Im Zuge der Überlagerungsauflösung und Umwandlung in die flache Struktur ist ein Überlagerungsinfo-Layer vorgesehen, der die Information enthält, wo genau sich welche ATKIS-Objekte aus welchen Ebenen überlagerten.

Mehrfachzuordnungen von ATKIS-Objektarten nach CLC-Klassen

Für manche ATKIS-Objektarten lässt sich nach dem Abgleich der Definitionen des Basis-DLM und von CLC keine eindeutige CLC-Klasse zuordnen. Dabei hängt die eindeutige Zuweisung oft von der Lage des betreffenden Objektes im Raum ab. Mit Hilfe von GIS-basierten Nachbarschaftsabfragen kann zu einem gewissen Anteil die Zahl der Flächen, die durch visuelle Bildinterpretation einer eindeutigen CLC-Klasse zugeordnet werden, redu-

ziert werden. Entsprechende Regelwerke sind in Arbeit. Am Beispiel der ATKIS-Objektart *2213 Friedhof* ist in Tab. 3 veranschaulicht, in wie weit die Lage im Raum entscheidend für die CLC-Zugehörigkeit sein kann.

Aggregation der Flächen komplexer Klassen CLC 242 und 243 aus DLM-DE

Um im CLC-Datenmodell bei relativ großer MKF (25 ha) ein feingliedriges Gebiet landwirtschaftlicher Nutzflächen bestehend aus einer Vielzahl von Parzellen und Flurstücken < 25 ha realitätsnah darstellen zu können, ist seitens der EEA in der CLC-Nomenklatur die Klassen *242 Komplexe Parzellenstruktur* vorgesehen. Sie fasst Flächen < 25 ha unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung (z. B. Ackerland, Grünland, Streuobst, Weinbau) zusammen.

Wie bereits unter 2.4 erwähnt besteht die dritte der hier aufgeführten technischen Herausforderungen darin, aus einzelnen Objekten des DLM-DE, welche jedes für sich genommen nicht die CLC-MKF von 25 ha erfüllen, zur CLC-Klasse *242 Komplexe Parzellenstruktur* zusammenzufassen (vgl. Abb. 5). Gleiches gilt für die CLC-Klasse *243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung*. Zur Generierung dieser Polygone stehen zwei Verfahren im Raum, wobei Variante 2 derzeit favorisiert wird.

Variante 1: Durch das Setzen eines „Aggregationskerns“ wird ein Polygon < MKF (25 ha) gewählt, welches einer für CLC 242 in

Tab. 3: Mehrfache Zuordnungsmöglichkeit einer Objektart zu CLC-Klassen am Beispiel *2213 Friedhof* in Abhängigkeit der Lage des Objektes im Raum.

ATKIS Basis-DLM		Corine 2006		
Objektart Code	Objektart Name	Klasse Code	Klasse Name	CLC-Definition
2213	Friedhof	111	durchgängig städt. Prägung	unbegrünte/begrünte Friedhöfe < 25 ha innerhalb durchgängig städt. Prägung
		112	nicht durchgängig städt. Prägung	unbegrünte/begrünte Friedhöfe < 25 ha innerhalb nicht durchgängig städt. Prägung
		141	städtische Grünflächen	Friedhöfe mit Vegetation innerhalb Siedlungen (>= 25 ha)
		142	Sport- und Freizeitanlagen	Friedhöfe mit Vegetation außerhalb Siedlungen (>= 25 ha)



Abb. 5: CLC2000-Klasse 242 Komplexe Parzellenstruktur (schwarz umrandet) über einzelnen ATKIS-Flächen der Objektarten 4101 Ackerland, 4102 Grünland/Weide, 4107 Wald/Forst und 2111 Wohnbaufläche.

Frage kommen der Objektart angehört. Davon ausgehend werden Nachbarschaftsabfragen hinsichtlich passender Objektart und zu kleiner Fläche durchgeführt, welche dann mit dem Aggregationskern vereinigt werden.

Variante 2: Benachbarte Flächen mit unterschrittener MKF (25 ha), die unter CLC 242 zusammenzufassen sind, sollen durch Abfolge von Positiv- und Negativpufferung zu Polygonen von CLC 242 aggregiert werden.

„Pseudo-changes“ – geometrische und thematische Abweichung zwischen DLM-DE und CLC

Beim Vergleich der DLM-DE Testdaten mit dem schon bestehenden Datensatz CLC2000 hinsichtlich ihrer geometrischen Übereinstimmung zwischen den Objekten der beiden Datensätze traten – bedingt durch die beiden unterschiedlichen methodischen Ansätze der Datenerfassung – erwartungsgemäß z.T. deutliche Abweichungen auf. ATKIS-Flächen werden als scharfe Flurstücke nach Luftbildern kombiniert mit Vermessung am Boden aufgenommen (in situ), CLC-Flächen werden bis dato nach EEA-Methodik durch Satellitenbildinterpretation erfasst. Die CLC-Flächengrenzen haben dadurch eine eher abgerundete Form entgegen der kantigen ATKIS-Flächen. Im Einzelnen liegen die Gründe hierfür in den teils abweichenden Objekterfassungsregeln, den semantischen Definitionen der Objektarten bzw. CLC-Klassen und vor allem in den unterschiedlichen Mindestkartierflächen, wie in Abb. 6, ausschnittsweise dargestellt am Beispiel Mannheim-Ludwigshafen am Rhein, zu erkennen ist. Ein quantitativer Vergleich zwischen DLM-DE und CLC2000 oder gar eine daraus abgeleitete Statistik zum Landbe-

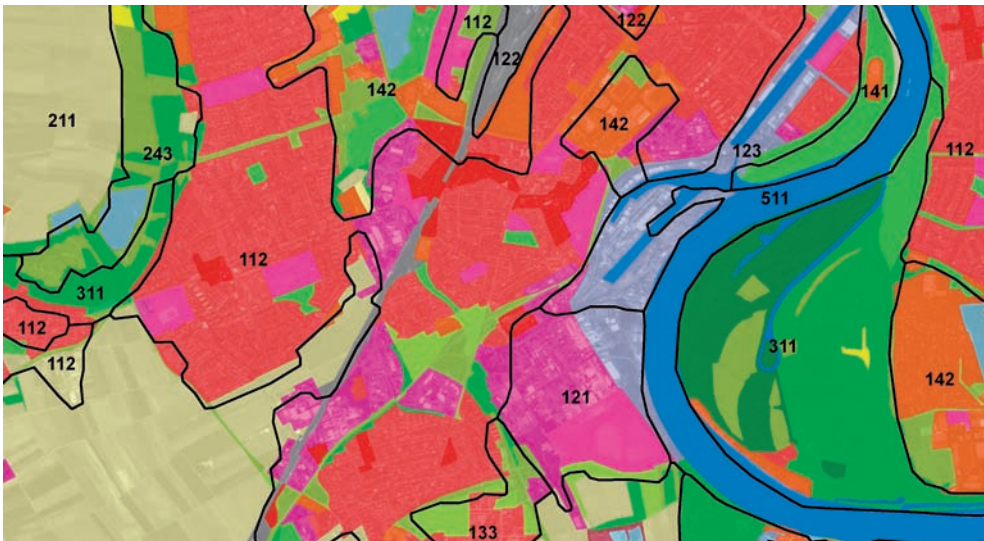


Abb. 6: CLC2000 (schwarze Linien mit CLC-Codes) über Testergebnis DLM-DE2006 (CLC-Farblegende) mit SPOT 5 PAN als Hintergrund, Mannheim-Ludwigshafen am Rhein.

deckungswandel (land cover change) ist zwar durchführbar, gibt aber aus oben genannten Gründen neben dem tatsächlichen Wandel auch eine Vielzahl an geometrischen „Pseudo-changes“ wieder, welche zunächst nicht von „Real changes“ zu unterscheiden sind. Um eine entsprechende Einschätzung vornehmen zu können, müsste, orientiert an der Pixelgröße von IMAGE2000 eine etwaige Toleranz (z. B. 20–30 m) angenommen werden, innerhalb derer eine Flächenabweichung noch als „keine Änderung“ gilt.

Thematische Pseudo-changes (gegenüber geometrischen Pseudo-changes oder in Kombination) zwischen CLC2000 und DLM-DE2006 bedingt durch in DLM-DE enthaltene, aufgrund der ATKIS-Attributierung differenziertere Flächeninformation kann zu einer anderen CLC-Klassenzuweisung führen als zuvor in 2000 interpretiert, ohne einen tatsächlichen Wandel abzubilden.

4.5 Machbarkeitsstudie DLR

Im Rahmen des DLM-DE-Projektes wurde vom BKG beim DLR eine Machbarkeitsstudie zur DLM-DE-Aktualisierung und CLC-Ableitung in Auftrag gegeben. Anhand der vier ausgewählten Testgebiete Rendsburg (Schleswig-Holstein), Dresden (Sachsen), Mannheim (Baden-Württemberg/Rheinland-Pfalz) und Friedrichshafen (Baden-Württemberg) wurde die technische Durchführbarkeit des Projektes untersucht, um methodische Ansätze sowie deren Möglichkeiten und Grenzen zu beleuchten. Für diese Gebiete wurden gemäß der skizzierten Arbeitsschritte durch automatische Zuweisung, visuelle Bildinterpretation und Einbeziehung der GMES-Zusatzdaten die Daten des Basis-DLM im DLM-DE integriert. Da im Zeitraum der Studie der FTS *Sealing* Layer noch nicht flächendeckend für Deutschland vorlag, wurde für die Studie des DLR der vergleichbare Datensatz des REFINA-Projektes (DIFU 2008, REFINA 2008) als Alternative verwendet. Zur Interpretation und Objekterkennung wurden hauptsächlich SPOT5 PAN-Daten ($2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$) eingesetzt, deren räumliche Auflösung für die Zwecke des DLM-DE als ausreichend betrachtet wird. Für das Testgebiet Dresden wurden zusätzlich Er-

gebnisse aus dem DeCOVER-Projekt² hinzugezogen. Die Ergebnisse der Studie fließen in die weitere Projektarbeit ein und sind teilweise auch Grundlage dieses Artikel.

5 Zusammenfassende Bewertung der Vorgehensweise

Der vorgestellte Ansatz beinhaltet eine koordinierte Erfassung der Landbedeckungsinformation und CLC-Ableitung für Deutschland. Vorteile und Synergien sind

- die Ausrichtung auf künftige, höher aufgelöste Datensätze,
- erhebliche Kostenersparnis unter Ausnutzung vorhandener Dienste und Daten (DLM-DE, GMES-Dienste),
- die Interoperabilität von topographischen und Landbedeckungsdatensätzen (Geobasis- und Geofachdaten),
- die Integration nationaler und europäischer Geodateninfrastrukturen (GDI-DE) gemäß der INSPIRE-Richtlinie und
- die damit verbundene erhöhte Kosteneffizienz durch mehrfache Nutzbarkeit in der Bundesverwaltung und auf EU-Ebene.

Zur Berücksichtigung von methodisch bedingten Datensatzdifferenzen hinsichtlich einer veränderten Darstellung der Landbedeckungsmodellierung (Pseudo-changes) durch Vergleich der konventionellen EEA- und der modifizierten DLM-DE-Methode ist anzumerken, dass geometrische Abweichungen bei einmal festgelegter Toleranz greifbarer zu kalkulieren sind. Thematische Pseudo-Changes bedingt durch abweichende vorherige Interpretation gegenüber der ATKIS-Attributierung sind schwieriger und nur mit händischem Mehraufwand zu fassen.

Literatur

AdV, 2003A: ATKIS – Objektartenkatalog, Teil D0, Erläuterungen zu allen Teilkatalogen, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.

² www.de-cover.de

- AdV, 2003B: ATKIS – Objektartenkatalog, Teil D1, Teilkatalog ATKIS-Basis-DLM einschließlich der Kennzeichnung des Basis-DLM/1, Basis-DLM/2, Basis-DLM/3 und Basis-DLM/L, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.
- AdV, 2008A: AAA-Dokumentation zu Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Version 6.0, Stand: 11.04.2008. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.
- AdV, 2008B: Online-Objektartenkatalog ATKIS Basis-DLM, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_or=1000&inf_sprache=deu&cl=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=ADV (letzter Zugriff: 20.06.08).
- AROZARENA, A., VILLA, G., VALCÁRCEL, N., PECES, J.-J., DOMENECH, E. & PORCUNA, A., 2006: New concept on land cover / land use information system in Spain – Design and production. – Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, 28.–30. Sept. 2006. www.zfl.uni-bonn.de/earsel/papers/215-225_arozena.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- AROZARENA, A., 2006: SIOSE – Sistema de Información de Ocupación de Suelos de España. Spanisches Informationssystem zu Landnutzung und Landbedeckung. – www.de-cover.de/public/SIOSE_AROZARENA_DEUTSCH_24_01_2006.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- BKG, 2005: Vektordaten Bundesrepublik Deutschland, Digitales Basis-Landschaftsmodell Basis-DLM (Stand: 18.01.2005). – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. www.geodatenzentrum.de/docpdf/basis-dlm.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- BKG, 2008: Produktübersicht und Erfassungsstand des Basis-DLM. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. – Geodatenzentrum, Zweigstelle Leipzig. www.geodatenzentrum.de/isoinfo/Iso_Prod_Ueber.iso_ueber_produkt?prodid=1&iso_spr_id=1 (letzter Zugriff 20.06.08).
- BOSSARD, M., FERANEC, J. & OTAHEL, J., 2000: EEA CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000. – Technical Report No. 40, Kopenhagen, May 2000.
- BÜTTNER, G., FERANEC, G. & JAFFRAIN, G., 2006: EEA CORINE Land Cover Nomenclature Illustrated Guide – Addendum 2006. – European Environment Agency.
- CEH, 2007: Land Cover Map 2007 GB. Centre for Ecology and Hydrology. – www.countrysidesurvey.org.uk/land_cover_map.html (letzter Zugriff: 18.06.08).
- DFD, 2008A: CORINE Landcover 2000 – Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum. – www.corine.dfd.dlr.de/intro_de.html (letzter Zugriff: 20.06.08).
- DFD, 2008B: Klassifizierungsschlüssel und Farblegende der CLC-Nomenklatur. – www.corine.dfd.dlr.de/media/image/page/legende_weiss_de.gif (letzter Zugriff: 18.06.08).
- DIFU (HRSG.), 2008: Wege zum nachhaltigen Flächenmanagement – Themen und Projekte des Förderschwerpunkts REFINA, Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement. – Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin. edoc.difu.de/edoc.php?id=C16P45WH (letzter Zugriff: 18.06.08).
- EEA, 2006: GMES Fast Track Service on Land Monitoring, – EEA Project Implementation Plan GMES Land FTS 2006–2008, Stand: 16.11.2006. European Environment Agency.
- EEA, 2007: CLC2006 Technical Guidelines. – EEA Technical Report No. 17/2007. European Environment Agency & European Topic Centre / Land Use and Spatial Information. ISSN 1725–2237.
- EU, 2007: Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). – Amtsblatt der Europäischen Union. Rechtsvorschriften. L 108, 50. Jahrgang, 25.04.2007, ISSN 1725-2539.
- GMES SERVICE ELEMENT FOREST MONITORING (GSE FM), 2008: www.gmes.info/98+M55157560ef1.0.html?&filter=6&idproj=57&page=0&what=1 (letzter Zugriff: 18.06.08).
- GRÜNREICH, D. (CHAIRMAN), 2007: GMES Fast Track Land Monitoring Core Service, Strategic Implementation Plan, Final Version, Stand: 24.04.2007. – Land Monitoring Core Service Group. www.gmes.info/library/files/5.%20Implementation%20Groups%20Documents/Land%20Monitoring%20Core%20Service%20LMCS/LMCS_Strategic_Implementation_Plan_Final.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- GSE FM, 2008: GMES Service Element Forest Monitoring. – www.gmes-forest.info/index.htm (letzter Zugriff: 18.06.08)
- KEIL, M., KIEFL, R. & STRUNZ, G., 2005: CORINE Land Cover 2000 – Europaweit harmonisierte Aktualisierung der Landnutzungsdaten für Deutschland. – Abschlussbericht. Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).
- REFINA, 2008: www.refina-info.de (letzter Zugriff: 18.06.08)

SMITH, G. 2007: Land Cover Map 2007. – GMES Land User Meeting, Madrid 23.10.2007. www.gmes-geoland.info/events/download/LCM_2007_Smith.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geograph STEPHAN ARNOLD, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Referat Photogrammetrisch-fernerkundliche Informationsgewinnung, Richard-Strauss-Allee 11, D-60598 Frankfurt/Main, Tel.: +49-69-6333-443, Fax: -441, e-mail: Stephan.Arnold@bkg.bund.de.

Manuskript eingereicht: Juni 2008

Angenommen: Dezember 2008

Beurteilung der Rutschungsgefährdung am Albtrauf der Schwäbischen Alb durch GIS-basierte, statistisch-probabilistische Bewertung

BETTINA NEUHÄUSER & BIRGIT TERHORST, Wien, Österreich

Keywords: Natural Hazards; Weights-of-Evidence; Geographical Information Systems (GIS); Landslide Hazard; Susceptibility

Summary: *Assessment of the Landslide Susceptibility at the Jurassic Escarpment of the Swabian Alb by Means of GIS-based Statistical-probabilistic Evaluation.* GIS-based model for the assessment of the landslide susceptibility in a selected area of the Jurassic escarpment in the Swabian Alb (SW-Germany) is described. The statistical-probabilistic method called “Weights-of-Evidence” – originally developed for the explorative mineralogy – is used for the assessment of the landslide hazard. A quantitative model is applied to the known landslides and their causative factors and is finally visualised in susceptibility maps. While previous research work in this area concentrated on large-scale investigations, the present study was carried out at a regional level with a target scale of 1:150,000. Potential susceptible areas can be delineated and landslide indicators can be identified from the available data set. The produced maps cover a distance of up to 12 km of the Jurassic escarpment, showing five classes of landslide susceptibility.

Zusammenfassung: Ein GIS-gestütztes Modell zur Beurteilung der Rutschungsgefährdung in einem ausgewählten Gebiet an der Juraschichtstufe der Schwäbischen Alb (SW-Deutschland) wird beschrieben. Dabei kommt die statistisch-probabilistische Methode der Evidenzgewichtung, welche ursprünglich für die Exploration von Goldvorkommen entwickelt wurde, für die Gefährdungseinschätzung zur Anwendung. Das quantitative Modell wurde auf die Rutschungen und ihre Steuerungsfaktoren angewendet und Rutschungsgefährdungskarten visualisiert. Während sich bisherige Forschungsarbeiten in diesem Gebiet auf großmaßstäbige Untersuchungen konzentrierten, arbeitet die vorliegende Studie auf regionaler Ebene mit einem Zielmaßstab von 1:150.000. Potenziell gefährdete Gebiete konnten mit dieser Methode eingegrenzt und jene Steuerungsfaktoren aus dem Datenpool bestimmt werden, welche maßgeblich zu Rutschungen beitragen. Die erstellten Karten decken ein Gebiet von bis zu 12 km Länge ab und zeigen eine Klassifikation in fünf unterschiedliche Gefährdungsklassen.

1 Einleitung

Gegenstand dieser Arbeit sind sogenannte Hangrutschungen, kurz *Rutschungen* bezeichnet, welche zur Prozessgruppe der Massenbewegungen gehören. Nach CRUDEN & VARNES (1996) sind Massenbewegungen als hangabwärts gerichtete Verlagerungen von Fels, Erdmassen oder Schutt definiert, welche Material unter Einfluss der Gravitation formt. Entsprechend den anerkannten Klassifikationen (DIKAU et al. 1996, BRUNDSSEN & PRIOR 1984, VARNES 1984) werden Massenbewegungen nach Bewegungstyp und Art des involvierten Ma-

terials in verschiedene Typen unterteilt. Rutschungen sind somit ein bestimmter Typus von Massenbewegungen. Nach DIKAU et al. (1996) werden Rutschungen generell als die Bewegung von Material entlang einer klar erkennbaren Scherfläche bezeichnet. Nach Form und Anzahl der Gleitflächen werden zudem Rotationsrutschungen, Translationsrutschungen und kombinierte Rutschungen unterschieden.

In SW-Deutschland, besonders an den steilen Stufenhängen der Schwäbischen Alb, sind zahlreiche Rutschungen in den letzten Jahrzehnten aufgetreten, die beträchtliche Haus-

schäden verursachten. Im Allgemeinen bewirken in Mitteleuropa intensive Bautätigkeiten, die mit der Erschließung von Baugebieten in gefährdeten Hanglagen einhergehen, oftmals Instabilitäten und erhöhen das Potenzial für Rutschungen (TERLIEN et al. 1995). Die *Rutschungs-Gefährdungs-Beurteilung* ist in den letzten Dekaden daher ein Thema für jene Behörden geworden, denen die Raumordnung und die Landschaftsplanung, aber auch der Umweltschutz obliegt. Folglich bemüht sich auch eine zunehmende Anzahl von Forschungsvorhaben um die Erstellung von Karten, welche Auskunft über die aktuelle oder potenzielle Bedrohung durch Rutschungen geben. *Geografische Informationssysteme (GIS)* und die *Fernerkundungsdaten* sind dabei wesentliche Werkzeuge.

Bisher basierten die meisten GIS-Modelle an der Schwäbischen Alb auf den hydrologischen Bedingungen im Gebiet und dem Vorkommen früherer (historischer) Rutschungen. Dieser Beurteilungszugang erforderte detaillierte hydrologische Daten und hochauflösende, digitale Geländemodelle (minimale Auflösung = 10 m), welche manuell aus topografischen Karten und Feldmessungen erstellt wurden (THEIN 2000, KREJA & TERHORST 2005). Zudem mussten durch Feldbegehungen Oberflächenformen, hydrologische Parameter sowie frühere pleistozäne Rutschungen identifiziert und kartiert werden. Aufgrund dieses sehr aufwendigen Prozesses der Datenerhebung wurden diese GIS-Modelle nur in sehr kleinen Arealen angewendet. Für die Zwecke der Raumordnung und Landschaftsplanung sind allerdings Gefährdungskarten auf regionaler Ebene notwendig. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt daher im Gegensatz zu den bisherigen lokalen Modellen, auf einer *regionalen Beurteilung* mit einem Zielmaßstab von 1:150.000. Die unterschiedlichen Prämissen an Maßstab und Detaillierungsgrad erfordern einen neuen methodischen Ansatz zur Beurteilung der Rutschanfälligkeit, da für ein größeres Untersuchungsgebiet Felduntersuchungen und die Erstellung eines hochauflösenden Geländemodell zu aufwendig sind. Daher wird ein statistisch-probabilistischer Ansatz verwendet, der ein weites Spektrum an Faktoren berücksichtigt, die für Rutschungen relevant sind. Die Methode der *Evidenz-*

gewichtung (weights-of-evidence), welche auf Bayes Wahrscheinlichkeitstheorie (BAYES 1958, LEONARD & HSU 1999) basiert, wurde für die vorliegende Arbeit ausgewählt (BONHAM-CARTER 2002). Die Methode wurde 1989 (BONHAM-CARTER et al. 1989) für die Identifizierung von Goldvorkommen entwickelt. Im Bereich der Exploration von Mineralvorkommen ist die Evidenzgewichtung eine weit verbreitete Analyseverfahren.

Ziel dieser Arbeit ist die flächendeckende, GIS-basierte Beurteilung der *Rutschanfälligkeit*, um die Gefährdung durch Rutschungen im Untersuchungsgebiet regional zu bewerten. Insbesondere sollen jene Hänge beurteilt werden, die bisher noch nicht von Hangbewegungen betroffen waren, bzw. Gebiete, in denen keine entsprechenden Informationen verfügbar sind. Die *Quantifizierung der Rutschanfälligkeit* steht dabei im Mittelpunkt. Die Rutschanfälligkeit ist definiert als die Möglichkeit, dass ein Ereignis in einem bestimmten Gebiet auftritt. Bestimmt wird diese auf der Basis des Zusammenhangs zwischen den *Steuerungsfaktoren* für Rutschungen und der *räumlichen Verteilung von in der Vergangenheit aufgetretenen Rutschungen* (BRABB 1984). Die Rutschanfälligkeit darf nicht mit der Gefährdung verwechselt werden, welche zusätzlich zur räumlichen Aussage auch eine zeitliche Vorhersage inkludiert (VARNES 1984). Mit Hilfe der Evidenzgewichtung soll nicht nur die Rutschanfälligkeit quantifiziert, sondern auch jene Steuerungsfaktoren identifiziert werden, die maßgeblich am Zustandekommen von Rutschungen beteiligt sind. Auch hier ist eine Begriffsabgrenzung notwendig. Unter den Steuerungsfaktoren, in der Literatur oft auch als vorbereitende Faktoren oder Ursachefaktoren angesprochen, versteht man nach DIKAU et al. (1996) jene kumulativen Ereignisse, welche den Hang auf eine Bewegung vorbereiten, diese aber nicht notwendigerweise auslösen. Im Gegensatz zu den Steuerungsfaktoren sind Auslöser jene Prozesse, die Hanginstabilität „akut“ werden lassen, diese also tatsächlich in Gang setzten. Diese Auslöser sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Steilhänge der Juraschichtstufe der Schwäbischen Alb, die markanteste Erhebung in der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft. Eine besonders auffällige geomorphologische Struktur ist dabei die Stufenstirn der Schwäbischen Alb, der *Albtrauf*, an dem zahlreiche Rutschungen auftreten. Das Untersuchungsgebiet ist rund 500 km² groß, liegt im Bereich der Mittleren und Reutlinger Alb und schließt den Albtrauf zwischen Mössingen und Reutlingen ein (vgl. Abb. 1).

Rutschungen verschiedener Art sind dort weit verbreitet, es kommt immer wieder zu Schäden oder Zerstörung von forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen, Straßen,

Forstwegen und Siedlungen (THEIN 2000). Der Haupttyp der Rutschungen kann als *Rotationsgleitung*, kombiniert mit Sturz-, Kriech- und Fließbewegungen, bezeichnet werden (TERHORST 2001). Detaillierte geomorphologische Studien haben gezeigt, dass die Rutschmassen hauptsächlich großen Gleitschollen entsprechen, welche während des Pleistozäns entstanden sind. Im Holozän werden einige dieser alten pleistozänen Rutschmassen aufgearbeitet und in Form von kleineren Rutschungen verlagert und sukzessiv aufgearbeitet (TERHORST 1997, TERHORST 2001). Diese jüngeren Rutschungen sind der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. In einigen Fällen verursachten diese sekundären Bewegungen in pleistozänen Rutschmassen katastrophale Ereignisse. Das bekannteste Beispiel

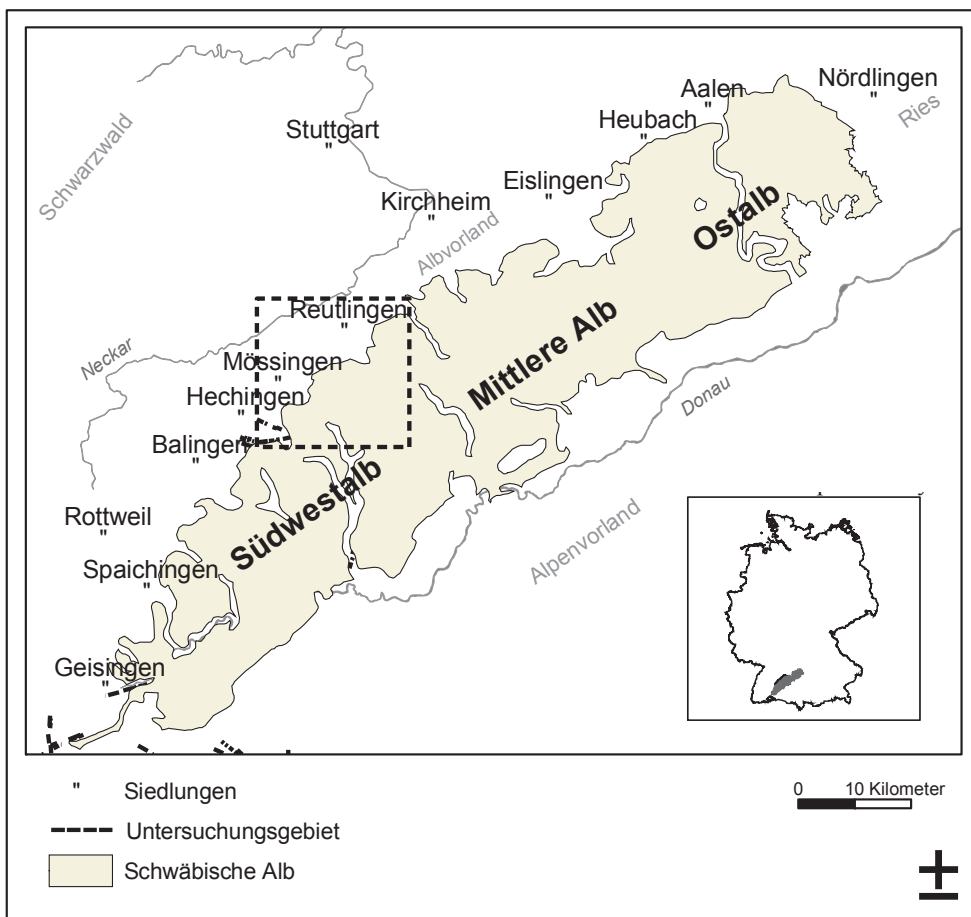


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes.

ist die Mössinger Rutschung von 1983 mit einer Fläche von 0,6 km² (BIBUS, 1986, SCHÄDEL & STÖBER 1988). Im Zuge dieser Rutschung wurde eine vorzeitliche Rotationsscholle reaktiviert. Vergleichbare bekannte und dokumentierte Ereignisse traten in den letzten 200 Jahren mit einem Wiederkehrintervall von 20 Jahren auf (BIBUS & TERHORST 2001).

3 Methode

Generell entstehen Hanginstabilitäten in bestimmten Reliefpositionen und unter spezifischen Faktorenkonstellationen. Das Zusammenwirken von unterschiedlichen geographischen und geologischen Bedingungen schafft die Voraussetzungen für die rutschungsauslösenden Faktoren in Hanglagen. Durch diese Steuerungsfaktoren ist eine indirekte Bewertung der Rutschanfälligkeit in einem GIS möglich. Diese Tatsache kann in der Methode der Evidenzgewichtung umgesetzt werden. Wie bei allen statistischen/probabilistischen Methoden impliziert die Anwendung der Evidenzgewichtung bestimmte Annahmen, welche im Folgenden genannten werden sollen:

Es wird angenommen, dass künftige Rutschungen von gleichen oder ähnlichen Bedingungen, bzw. Steuerungsfaktoren bewirkt werden, wie jene aus der Vergangenheit. Die Anwendung der Evidenzgewichtung setzt daher die Daten über historische Ereignisse voraus. Diese Rutschungen aus der Vergangenheit werden verwendet, um die Steuerungsfaktoren zu gewichten (z. B. Relief, Geologie).

Zusätzlich wird angenommen, dass die Steuerungsfaktoren für die bekannten Ereignisse, über die Zeit konstant bleiben. Dies trifft ebenfalls nur auf die gleiche Art von Rutschung zu, da die Steuerungsfaktoren in Abhängigkeit vom Rutschungstyp variieren. Die Methode kann daher nur jeweils einen Rutschungstyp analysieren. Liegen mehrere Rutschungstypen vor, so müssen diese getrennt voneinander untersucht werden.

Eine weitere allgemeine Annahme ist, dass die GIS-Daten, welche die Steuerungsfaktoren repräsentieren, vollständig und geeignet sind, die zukünftigen Rutschungen zu beschreiben, d.h. dass eine umfassende Kenntnis über diese besteht.

Die wichtigste und zugleich limitierende Annahme in der Evidenzgewichtung resultiert allerdings aus der Anwendung der BAYES Wahrscheinlichkeitstheorie im Modell: Es wird angenommen, dass die Faktoren unabhängig voneinander hinsichtlich des Auftretens der Rutschungen (D) sind (LEONARD & HSU 1999). Im Prinzip ist diese Annahme eine Vereinfachung der in der Natur auftretenden Wechselwirkungen und Beziehungen. Allerdings wird dadurch die getrennte Beurteilung der einzelnen Faktoren ermöglicht. Man nennt dies die bedingte Unabhängigkeit zwischen den Faktoren B_1 and B_2 und kann wie folgt beschrieben werden (DAWID 1979).

$$P(B_1 \cap B_2 | D) = P(B_1 | D) \cdot P(B_2 | D) \quad (1)$$

Diese Annahme über die bedingte Unabhängigkeit der Daten erfordert vor der Modellierung einen Unabhängigkeits-Check der Steuerungsfaktoren. Abhängige Faktoren dürfen nicht in die Analyse mit einbezogen werden. Eine Möglichkeit, um die bedingte Unabhängigkeit zwischen einem Paar von Faktoren zu testen, ist die χ^2 Statistik, welche die Schwankung zwischen dem erwarteten und beobachteten Auftreten von Rutschungen innerhalb der Faktoren berechnet. Dieser paarweise Test zwischen zwei Faktoren beinhaltet eine Kontingenztafel-Berechnung, welche auf die einzelnen Ereignisse angewendet wird (BONHAM-CARTER 2002).

Das Grundprinzip der Evidenzgewichtung ist jenes der A-Priori-Wahrscheinlichkeit und der bedingten oder A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit (BAYES 1958): Die Wahrscheinlichkeit P wird mit Hilfe der Erfahrung über das Auftreten eines Ereignisses D in der Vergangenheit unter gleichen Bedingungen berechnet, man bezeichnet diese auch als A-Priori-Wahrscheinlichkeit $P(D)$. Diese kann mit Daten B aus Beobachtungen, Experimenten oder Analysen, welche die Wahrscheinlichkeit beeinflussen, modifiziert werden (MALCZEWSKI 1999, LEONARD & HSU 1999). In der hier beschriebenen Arbeit entsprechen diese Daten den Steuerungsfaktoren, welche auch als „Evidenzen“ bezeichnet werden. Bezieht man jene neuen Informationen in die Berechnung der Wahrscheinlichkeit ein, so resultiert daraus die bedingte oder A-Posteriori-Wahrschein-

lichkeit $P(D|B)$. Diese Wahrscheinlichkeiten werden in Form von logarithmischen Wahrscheinlichkeitsverhältnissen berechnet. Im Folgenden wird die mathematische Basis erläutert.

Zu Beginn erfolgt die Schätzung der A-Priori-Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Rutschungen lediglich auf Basis der bekannten Rutschungen, ohne Einbezug weiterer Informationen (Evidenzen). Die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes t muss in einzelne Basiseinheiten (unit areas) mit definierter Fläche u eingeteilt werden. Die Gesamtanzahl der Einheiten im Untersuchungsgebiet ist demnach $T = t/u$. Nur in einem bestimmten Anteil D dieser Einheiten sind bekannte Rutschungen aufgetreten. Die A-Priori-Wahrscheinlichkeit, dass in einer zufällig gewählten Einheit ein Rutschungsereignis auftritt, ist demnach

$$P(D) = D/T \tag{2}$$

Diese Wahrscheinlichkeit kann auch durch Wahrscheinlichkeitsverhältnisse, den so genannten *Odds* berechnet werden. Odds können am besten als Chancen bezeichnet werden und berechnen sich als Quotienten aus der Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis (Rutschung) eintritt und der Wahrscheinlichkeit, dass es nicht eintritt (Gegenwahrscheinlichkeit). In Odds ausgedrückt kann die A-Priori-Wahrscheinlichkeit als A-Priori-Odds folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$O(D) = \frac{P(D)}{1-P(D)} = \frac{D}{T-D} \tag{3}$$

Nun liegen Evidenzen (wie Hangneigung, Geologie oder Bodenform) vor, welche die A-Priori-Wahrscheinlichkeit $P(D)$ erhöhen oder verringern. Mittels paarweiser Überschneidung der Rutschungen mit jeweils einem Steuerungsfaktor (Evidenz) wird der statistische Zusammenhang zwischen den beiden gemessen und somit beurteilt ob und wie signifikant eine Evidenz für die aufgetretenen Rutschungen ausschlaggebend war oder nicht. Ein Paar von Gewichten, W^+ und W^- , die sogenannten *Evidenzgewichte*, wird für jede Evidenz berechnet, welches abhängig von der räumlichen Beziehung zwischen den Rutschungen und einem Steuerungsfaktor (Evidenz) ist. Die entscheidenden Parameter sind das Vorhandensein (Beobachtung) einer Evidenz B oder die Abwesenheit (keine Beobachtung) dieser Evidenz \bar{B} , also eine binäre Information. Das Vorhandensein einer Evidenz kann in Form von Schnittmengen ausgedrückt werden. So ist die Schnittmenge jener Bereich, wo eine Evidenz B und Rutschungen D vorhanden sind (BONHAM-CARTER 2002 sowie Abb. 2 und 3).

Das Vorhandensein oder die Abwesenheit (in der Statistik spricht man von Beobachtung und keiner Beobachtung) der Evidenz wird nun zur Berechnung der A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit herangezogen. Anders ausgedrückt, werden folgende vier mögliche Wahrscheinlichkeiten berechnet, welche nach einer Verschneidung der Rutschungen und Eviden-

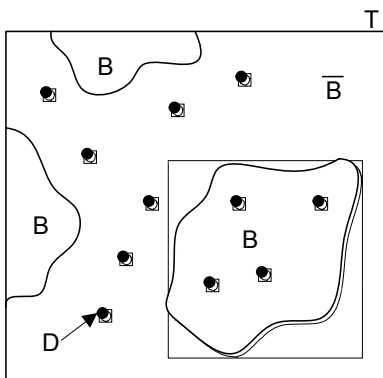


Abb. 2: Das Konzept der Überlagerung von Rutschungen D und einer Evidenz B (BONHAM-CARTER 2002).

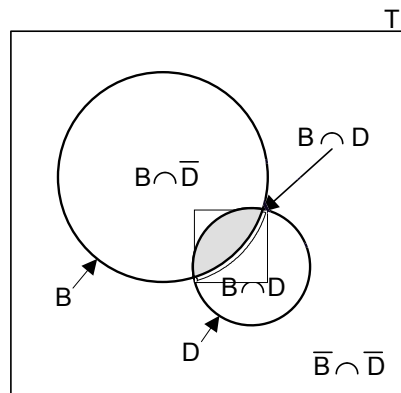


Abb. 3: Der räumlichen Zusammenhang zwischen einer Evidenz B und den Rutschungen D , nach (BONHAM-CARTER 2002).

Tab. 1: Die vier möglichen Kombinationen nach der Verschneidung der Evidenzen und der Rutschungen. N steht für die Fläche beziehungsweise Anzahl der Pixel.

	Evidenz (B) Vorhanden/beobachtet	Evidenz (\bar{B}) nicht vorhanden/beobachtet
Rutschung D vorhanden	$N_1(B \cap D)$	$N_2(\bar{B} \cap D)$
Rutschung \bar{D} nicht vorhanden	$N_3(B \cap \bar{D})$	$N_4(\bar{B} \cap \bar{D})$

Tab. 2: Bedingte Wahrscheinlichkeiten.

	Evidenz (B) Vorhanden/beobachtet	Evidenz (\bar{B}) nicht vorhanden/beobachtet
Rutschung D vorhanden	$P(B \setminus D) = \frac{P(B \cap D)}{P(D)}$	$P(\bar{B} \setminus D) = \frac{P(\bar{B} \cap D)}{P(D)}$
Rutschung \bar{D} nicht vorhanden	$P(B \setminus \bar{D}) = \frac{P(B \cap \bar{D})}{P(\bar{D})}$	$P(\bar{B} \setminus \bar{D}) = \frac{P(\bar{B} \cap \bar{D})}{P(\bar{D})}$

zen möglich sind (BONHAM-CARTER 2002, siehe Tab. 1):

Für jede dieser Möglichkeiten wird nun die A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit bestimmt. Die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass bei beobachteter Rutschung D eine Evidenz B beobachtet ist, lautet

$$P(B \setminus D) = \frac{P(B \cap D)}{P(D)} \tag{4}$$

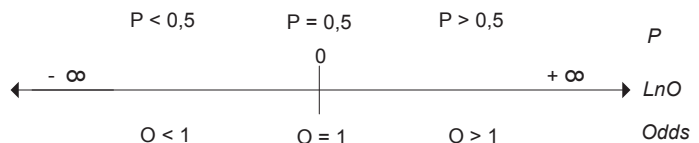
Analog ergeben sich die anderen Wahrscheinlichkeiten, wie in Tab. 2 dargestellt.

Mit diesen bedingten Wahrscheinlichkeiten werden die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse *sufficiency ratio* (L_S), *necessity ratio* (L_N) berechnet, welche ein Maß für das Vorhandensein (Beobachtung) oder Abwesenheit (nicht Beobachtung) einer Evidenz sind.

$$L_S = \frac{P(B \setminus D)}{P(B \setminus \bar{D})} \quad \text{und} \quad L_N = \frac{P(\bar{B} \setminus D)}{P(\bar{B} \setminus \bar{D})} \tag{5) + (6)}$$

L_S drückt das Wahrscheinlichkeitsverhältnis aus, dass bei vorhandener Evidenz eine Rutschung beobachtet bzw. nichtbeobachtet ist. L_N beschreibt das gleiche Verhältnis bei nicht beobachteter Evidenz. L_S und L_N werden für die Berechnung der Evidenzgewichte (W^+ und W^-) verwendet – mit der Besonderheit, dass der natürliche Logarithmus der Wahrscheinlichkeitsverhältnisse angewendet wird. Der Vorteil der logarithmischen Skala liegt darin, dass sie um eine Chance (Odds) von $O = 1$ (dies entspricht einem ausgewogenen Wahrscheinlichkeitsverhältnis von 50:50) und einer Wahrscheinlichkeit von $P = 0,5$ zentriert werden kann (vgl. Abb. 4). Dies ergibt sich aus dem Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit P , Chance O und dem natürlichen Logarithmus der Chance $\ln O$ (vgl. Tab. 3). Die logarithmische Form der Chancen wird auch als *Logits* bezeichnet.

P	O	$\ln O$
0	0	$-\infty$
0,1	1/9	-2,20
0,2	1/4	-1,39
0,4	2/3	-0,41
0,5	1/1	0
0,6	3/2	0,41
0,8	4/1	1,39
0,9	9/1	2,20
1	∞	∞



Tab. 3 und **Abb. 4:** Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit (P), Chance (O) und Logits ($\ln O$).

Das logarithmische Wahrscheinlichkeitsverhältnis L_S wird zur Berechnung des Evidenzgewichtes verwendet, welches einen positiven Zusammenhang zwischen Rutschungen und der Evidenz (aus einer Menge i an Evidenzen) ausdrückt (d. h. Evidenz vorhanden); es wird daher auch als positives Gewicht W^+ bezeichnet. Das logarithmische Wahrscheinlichkeitsverhältnis L_N wird zur Berechnung des Evidenzgewichtes verwendet, welches einen negativen Zusammenhang zwischen Rutschungen und der Evidenz (aus einer Menge i an Evidenzen) ausdrückt (d. h. Evidenz nicht vorhanden), daher wird es auch als negatives Gewicht W^- bezeichnet. Aus der Sicht der Statistik muss bei den Gewichten (logarithmischen Chancen) im Grunde von einem *Grad der Überzeugung* gesprochen werden, für eine Rutschung D unter Beobachtung einer Evidenz B . In der Interpretation der Ergebnisse wird dies in der Evidenzgewichtung als *Zusammenhang* zwischen einem Steuerungs-faktor und den Rutschungen angesprochen (BONHAM-CARTER 2002).

$$W_j^+ = \frac{P(B_i \setminus D)}{P(B_i \setminus \bar{D})} \quad \text{und} \quad W_j^- = \frac{P(\bar{B}_i \setminus D)}{P(\bar{B}_i \setminus \bar{D})} \quad (7) + (8)$$

Für jede Evidenzklasse wird sowohl das positive, als auch das negative Gewicht berechnet, beide können größer oder kleiner als Null sein (BONHAM-CARTER et al. 1989). Ist das positive Gewicht $W^+ > 0$, also positiv, und das korrespondierende negative Gewicht $W^- < 0$, also negativ, so bedeutet das, dass ein positiver Zusammenhang zwischen den Rutschungen und der Evidenz besteht. Die Evidenz tritt nicht zufällig bei einer Rutschung auf, sondern es besteht ein positiver Zusammenhang.

Ist das positive Gewicht $W^+ < 0$ negativ und das korrespondierende negative Gewicht $W^- > 0$ positiv, so bedeutet das, dass ein negativer Zusammenhang zwischen den Rutschungen und der Evidenz besteht. Dieser negativer Zusammenhang ($W^+ < 0$ und $W^- > 0$) ist nicht zu verwechseln mit keinem Zusammenhang. Stehen die Evidenzen mit den Rutschungen nicht in Zusammenhang – es besteht also keine Abhängigkeit zwischen den beiden – dann ist $W^+ = W^- = 0$.

Die Interpretation der Gewichte für die Zwecke der Quantifizierung der Rutschanfäll-

igkeit muss vor dem Hintergrund der Grundannahmen, die für die Evidenzgewichtung gelten, gesehen werden. Laut BONHAM-CARTER, 2002, können die Gewichte als *Indikatoren oder Vorhersager* für Rutschungen interpretiert werden. Je größer der positive Zusammenhang ($W^+ > 0$ und $W^- < 0$), desto besser kann die Evidenzklasse als Vorhersager für Rutschungen interpretiert werden. Je stärker der negative Zusammenhang ist ($W^+ < 0$ und $W^- > 0$) desto eher kann die Evidenzklasse als ein Indikator, dass keine Rutschungen auftreten, interpretiert werden.

In der Evidenzgewichtung wird ein weiteres Maß eingesetzt, um den Zusammenhang zu quantifizieren – der Kontrast C_w , welcher sich aus der Differenz des positiven und negativen Evidenzgewichtes ergibt. Demnach ist der Kontrast wie folgt definiert:

$$C_w = W^+ - W^- \quad (9)$$

Um den Grad der Unsicherheit des Kontrastes zu beurteilen, wird nach BONHAM-CARTER (2002) der sogenannte normalisierte Kontrast (studentized contrast) berechnet. Dazu werden die Standardabweichung $\sigma(W)$ und die Varianzen $\sigma^2(W)$ für das positive und negative Gewicht nach BISHOP et al. (in BONHAM-CARTER 2002) ermittelt. Die Varianz für den Kontrast C_w ergibt sich aus der Summe der Varianzen der Gewichte, die sich wie folgt berechnen:

$$\sigma^2(W^+) = \frac{1}{N(B \cap D)} + \frac{1}{N(B \cap \bar{D})} \quad (10)$$

und

$$\sigma^2(W^-) = \frac{1}{N(\bar{B} \cap D)} + \frac{1}{N(\bar{B} \cap \bar{D})} \quad (11)$$

Nach BONHAM-CARTER, 2002, berechnet sich der normalisierte Kontrast (studentized contrast) $S(C)$ aus dem Verhältnis zwischen Kontrast C_w und seiner Standardabweichung $\sigma(C)$, also

$$S(C) = \frac{C_w}{\sigma(C)} \quad (12)$$

Die Varianzen der Gewichte sind weiters nützlich um die Unsicherheit bei der Berechnung der A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit zu ermitteln.

Sind die Evidenzgewichte für jede Evidenzklasse berechnet, so werden diese nun ver-

wendet, um eine flächendeckende Berechnung der A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit unter Integration aller Evidenzen zu berechnen. Dabei wird die A-Posteriori-Wahrscheinlichkeit wiederum unter Einsatz von Wahrscheinlichkeitsverhältnissen, den Odds, berechnet. A-Posteriori-Odds werden mit Hilfe der zuvor berechneten A-Priori-Odds (vgl. Gleichung 3) und L_S und L_N berechnet (AGTEBERG & BONHAM-CARTER 1990). Die A-Posteriori-Odds für das Auftreten einer Rutschung D bei vorhandener Evidenz B werden wie folgt berechnet. Gleichermaßen werden die A-Posteriori-Odds für das Auftreten einer Rutschung D bei nicht vorhandener Evidenz \bar{B} folgendermaßen berechnet:

$$O(D \setminus B) = O(D) \cdot \frac{P(B \setminus D)}{P(B \setminus \bar{D})} \quad (13)$$

und

$$O(D \setminus \bar{B}) = O(D) \cdot \frac{P(\bar{B} \setminus D)}{P(\bar{B} \setminus \bar{D})} \quad (14)$$

Wie bereits erwähnt, kommt in der Evidenzgewichtung der natürliche Logarithmus für die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse zum Einsatz, woraus sich aus den oben berechneten A-Posteriori-Odds die sogenannten A-Posteriori-Logits ergeben. Der natürliche Logarithmus wird auf beiden Seiten der Gleichungen 13 und 14 angewendet (BONHAM-CARTER 2002). Daraus ergibt sich in vereinfachter Schreibweise (Ersetzen mit W^+ und W^-) die folgenden beiden Ausdrücke:

$$\ln O(D \setminus B) = \ln O(D) + W^+ \quad (15)$$

und

$$\ln O(D \setminus \bar{B}) = \ln O(D) + W^- \quad (16)$$

Die A-Posteriori-Logits einer Rutschung D unter vorhandener Evidenz B und die A-Posteriori-Logits einer Rutschung D bei nicht vorhandener Evidenz \bar{B} .

Liegen mehrere Evidenzen B_n für die Modellierung vor, so werden diese in folgender Form nach den Regeln von Bayes zum Endergebnis integriert:

$$\ln O(D \setminus B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_n) = \ln O(D) + \sum_{i=1}^n W^+ \quad (15)$$

und

$$\ln O(D \setminus \bar{B}_1 \cap \bar{B}_2 \cap \bar{B}_3 \cap \dots \cap \bar{B}_n) = \ln O(D) + \sum_{i=1}^n W^- \quad (16)$$

Diese A-Posteriori-Logits entspricht dem Grad der Überzeugung, dass eine Rutschung unter beobachteten Evidenzen auftritt. Diese Funktionen können der Methodengruppe der Favorisierungsfunktionen zugeordnet werden, die CHUNG & FABBRI (2003, 2005) als Überbegriff für jene mathematischen Grundlagen eingeführt haben, die für die räumliche Vorhersagemodellierung angewendet werden. Diese Favorisierungsfunktionen berechnen einen Index, welcher den Grad der Überzeugung, Plausibilität, Zuverlässigkeit oder Wahrscheinlichkeit angeben, dass eine entsprechende räumliche Einheit in der Zukunft ein Ereignis (Rutschung) fällt. Diese Erstreckung auf die Zukunft kann aufgrund der Annahme geschehen, dass zukünftige Ereignisse unter den gleichen Bedingungen stattfinden, wie jene in der Vergangenheit. Daher wird dieser Grad der Überzeugung in der Evidenzgewichtung unter Geltung dieser Grundannahme als Eintrittsmöglichkeit für ein Ereignis interpretiert (BONHAM-CARTER 2002). Die Eintrittsmöglichkeit für eine Rutschung wird in der Geomorphologie als Rutschanfälligkeit bezeichnet. Das Endergebnis der Berechnung ist daher ein Maß für die Rutschanfälligkeit unter Berücksichtigung der Steuerungsfaktoren.

Diese Werte, die als Grad der Rutschanfälligkeit interpretiert werden, werden so reskaliert, dass das Gesamtmaß der bedingten Unabhängigkeit erfüllt wird. Die Methode der Evidenzgewichtung bietet für die Überprüfung der gesamten bedingten Unabhängigkeit zwischen den Evidenzen einen einfachen Test. Das Produkt aus Fläche $N(A)$ und A-Posteriori-Logits $\logit(P)$, beide aufsummiert über alle Klassen, entspricht der Anzahl an Ereignissen, welche durch das Modell berechnet bzw. vorhergesagt werden:

$$N(D)_{\text{berechnet}} = \sum_{k=1}^m \logit(P_k) \cdot N(A)_k \quad (19)$$

Wobei $k = 1, 2 \dots m$ die Pixel der Karte sind. Dieser Gleichung liegt die Annahme zu Grun-

de, dass die A-Posteriori-Logits der durchschnittlichen, bekannten Rutschungsdichte entspricht. Wenn die berechnete Anzahl von Rutschungen viel größer ist, als die tatsächlich bekannte Anzahl, dann ist das ein Indiz dafür dass die χ^2 Statistik verletzt wurde (vgl. Abschnitt 3, Absatz 5). Ein Verhältnis wird dann berechnet zwischen der tatsächlich bekannten Anzahl von Rutschungen und der berechneten Anzahl an Ereignissen. Liegt der Wert dieses Verhältnisses unter 0,5 (50%) so ist bedingte Abhängigkeit gegeben.

4 Durchführung und Ergebnisse der Evidenzgewichtung

Historische Rutschungsereignisse, sowie deren Steuerungsfaktoren müssen bei der Durchführung in Form von GIS-Karten als Input für die BAYES Wahrscheinlichkeitsberechnung zur Verfügung stehen. Bei dieser Arbeit standen lediglich sehr generelle geologische Daten, welche von dem regionalen, digitalen „Geowissenschaftlichen Atlas Baden-Württemberg“ (LGRB 1998) stammen, zur Verfügung. Potenzielle Klüfte, Falten und Störungszonen in der Tektonik lagen durch eine ver-

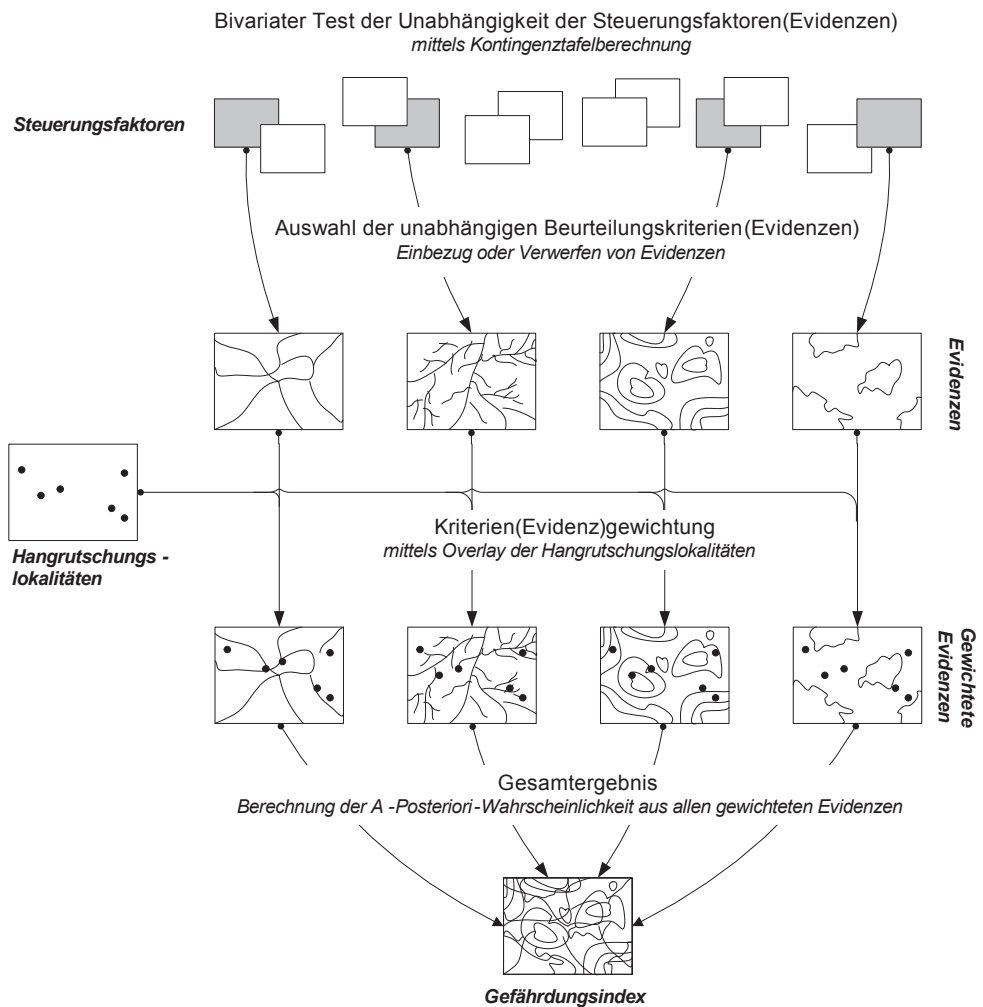


Abb. 5: Schematisch dargestellter Ablauf der Evidenzgewichtung (NEUHÄUSER 2005).

Tab. 4: Eingangsdaten für die Steuerungsfaktoren im Untersuchungsgebiet.

THEMA/ Steuerungsfaktor	Maßstab/ Auflösung	Quelle	Beschreibung
BODENFORM/ Leitbodenform	1 : 150.000	KREJA & TERHORST 2005	Vorherrschende Bodengesellschaft beschrieben auf der Basis der Typen, Subtypen und Varietäten.
GEOLOGIE/ Geologische Einheiten	1 : 150.000	KREJA & TERHORST 2005	Große geologische Baueinheiten der Schichtstufenlandschaft (Trias und Jura) der Albhochfläche und des Albvorlandes.
GEOLOGIE/ Entfernung zur Traufkante	1 : 150.000	KREJA & TERHORST 2005	Eine Distanzoberfläche zur Traufkante, welche die wesentliche morphologische Grenzlinie in der Schichtstufenlandschaft ist. Hier wird eine höhere Anzahl von Rutschungen beobachtet.
HYDROGEOLOGIE/ Hydrogeologische Einheiten	1 : 150.000	KREJA & TERHORST 2005	Hydrologische Baueinheiten der Schichtstufenlandschaft (Trias und Jura) der Albhochfläche und des Albvorlandes.
TEKTONIK/ Lineament-Dichte	30 m	THEILEN-WILLIGE 2005	Dichteoberfläche berechnet aus der Lineament-Dichte. Lineamente deuten auf potenzielle Falten und Störungszonen hin.
TEKTONIK/ Lineament-Distanz	30 m	THEILEN-WILLIGE 2005	Distanzoberfläche zu den kartierten Lineamenten.
GEOMORPHOLOGIE/ Geomorphologische Einheiten	1 : 200.000	DURWEN et al. 1996	Große geomorphologische Einheiten. Zu den Standortkomplexen liegen Angaben zu Bodengründigkeit, Wärmestufe, Feuchtestufe und Kaltluftgefährdung vor.
TOPOGRAPHIE/ Hangneigung	90 m	SRTM 2004	Maximale Hangneigung berechnet aus dem SRTM Höhenmodell.
TOPPGRAPHIE/ Hangwölbung	90 m	SRTM 2004	Gesamt-Hangwölbung berechnet aus der vertikalen und horizontalen Wölbung auf Basis des SRTM Höhenmodells.
RUTSCHUNGEN/ Rutschereignisse	1 : 50.000	THEIN 2000	Rezente Rutschungen

gleichende Satellitenbild-Analyse (einschließlich Lineament-Analyse) der geologischen Struktur vor (THEILEN-WILLIGE 2005). Hangneigung und Hangwölbung wurden aus dem frei erhältlichen SRTM Geländemodell mit einer Auflösung von 90 m berechnet (SRTM 2004). Die vorhandenen Daten sind in Tab. 4 zusammengefasst. Die historischen Rutschungsereignisse standen durch die geomorphologischen Studien (THEIN 2000, KALLINICH 1999) über jüngere Rutschungen, die innerhalb der letzten 200 Jahre aufgetreten sind, zur Verfügung. Diese haben eine durchschnitt-

liche Größe von 0,4 km², jedoch sind viele mit 0,1 km² auch von kleinerem Ausmaß.

Die wesentlichen Schritte bei der Durchführung der Evidenzgewichtung sind in Abb. 5 schematisch dargestellt. Die Daten in Tab. 1 wurden auf ihre Unabhängigkeit geprüft und in die Analyse miteinbezogen.

Nach dem Check der Unabhängigkeit der Daten erfolgt die paarweise Überlagerung der Rutschungen mit jeweils einem Steuerungsfaktor (Evidenz) und die Berechnung der Evidenzgewichte und anderer statistischen Parameter:

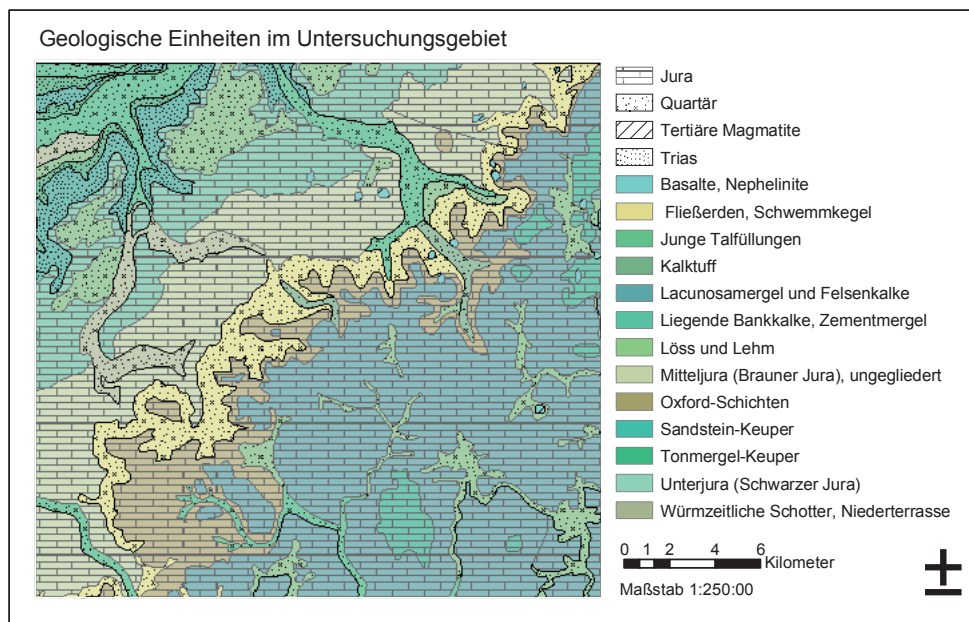


Abb. 6: Geologische Einheiten im Untersuchungsgebiet. Für jede dieser geologischen Klasse werden die statistischen Parameter berechnet (NEUHÄUSER 2005).

- das Paar von Evidenzgewichten, W^+ und W^-
- die Standardabweichungen $\sigma(W^+)$ und $\sigma(W^-)$: die Streuungsmaße für die Gewichte.
- der Kontrast C_w [$C = W^+ - W^-$]: ein allgemeines Maß für den Zusammenhang der Daten.
- die Standardabweichung des Kontrastes $\sigma(C)$: das Streuungsmaß für den Kontrast.
- der normalisierte Kontrast $S(C)$ [$S(C) = C/\sigma(C)$]: der durch die Standardabweichung normalisierter Kontrast ist ein Maß für die Stabilität bzw. Signifikanz der Gewichte.

Durch die Berechnung der Evidenzgewichte konnte festgestellt werden, welche Klassen der Evidenzen mit den Rutschungen in positiven Zusammenhang ($W^+ > 0$ und $W^- < 0$), in negativen Zusammenhang ($W^+ < 0$ und $W^- > 0$) oder nicht in Zusammenhang ($W^+ = W^- = 0$) stehen. Für jene Klassen, in denen keine Rutschungen vorliegen, können keine statistischen Parameter berechnet werden. Es wird angenommen, dass diese keinen Einfluss auf die Rutschungen, die in der Vergangenheit aufgetreten sind, haben. Die Berechnung der

Gewichte und ihrer statistischen Parameter wird in Abb. 7 am Beispiel der Geologie gezeigt. Die korrespondierende Karte über die räumliche Verteilung der geologischen Einheiten ist in Abb. 6 dargestellt. Für jede Evidenzklasse (geologische Einheit) wird das korrespondierende Paar an Evidenzgewichten und deren Streuungsmaße berechnet.

Laut BONHAM-CARTER, 2002, werden die Gewichte als Indikatoren für Rutschungen interpretiert. Dies gilt nur unter der Voraussetzung, dass alle Grundannahmen der Evidenzgewichtung gelten (siehe Abschnitt 3). Je größer der positive Zusammenhang ($W^+ > 0$ und $W^- < 0$), desto besser kann die Evidenzklasse als Indikator für Rutschungen interpretiert werden. Je stärker der negative Zusammenhang ist ($W^+ < 0$ und $W^- > 0$) desto eher kann die Evidenzklasse als ein Indikator, dass keine Rutschung auftreten, interpretiert werden. Gewichte von 0,1 bis 0,5 sind schlechte Indikatoren, Gewichte von 0,5 bis 1,0 sind moderate Indikatoren. Starke Indikatoren sind bei Gewichten von 1,0 bis 2,0 gegeben und bei Gewichten über 2,0 liegen sehr starke Indikatoren vor (BONHAM-CARTER 2002).

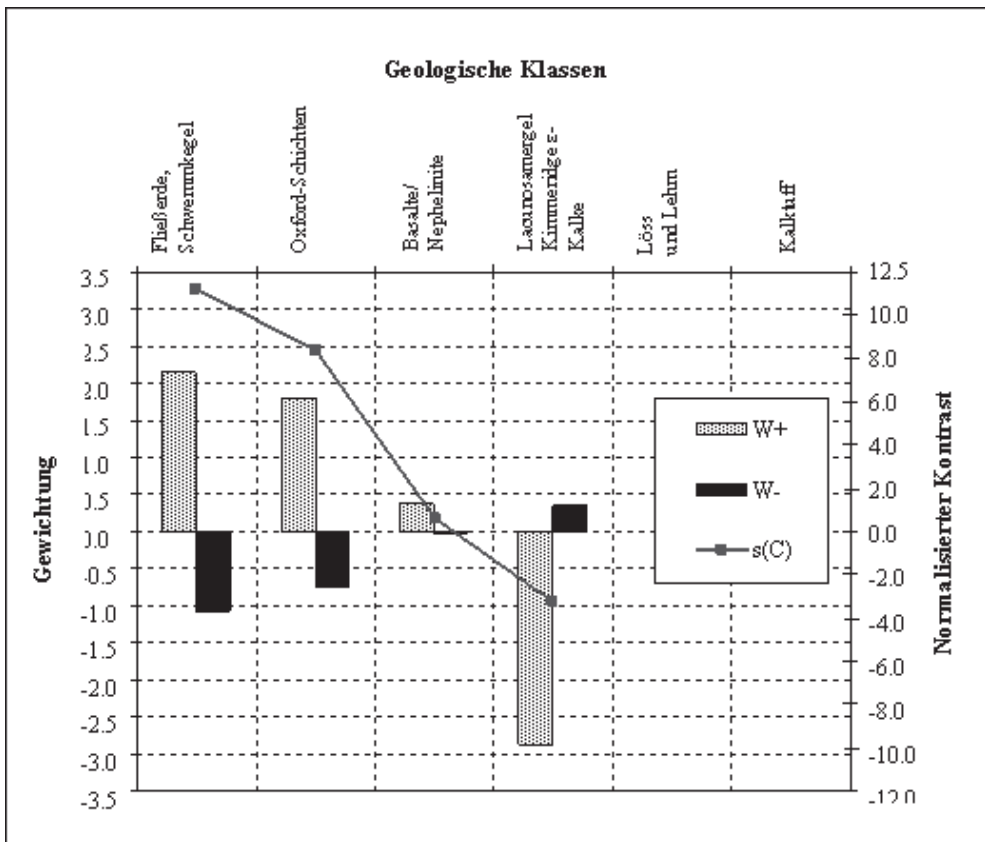


Abb. 7: Die Berechnung der Gewichte und ihrer statistischen Parameter am Beispiel der Geologie. Diese Gewichtung wird zur Interpretation der Geologie als Rutschungsindikator verwendet. Hangschutt, Fließerden, Rutschmassen und Schwemmkegel (4) sowie die Oxford-Schichten (63) sind demnach signifikante Indikatoren für Rutschungen. Lacunosamergel und Felsenkalke (40) sind mit ihrem negativen Kontrast eindeutige Indikatoren für Hangstabilität. Alle anderen geologischen Einheiten (1 und 3) haben keinen Zusammenhang mit den Rutschungen, da keine Rutschungen in diesen Klassen vorliegen.

In Tab. 5 sind jene Faktoren zusammengefasst, die einen hohen positiven Zusammenhang mit den bekannten Rutschereignissen aufweisen. Diese Faktoren können als die wesentlichen Indikatoren für Rutschungen im Untersuchungsraum interpretiert werden. Besonders die steilen Lagen, welche aus Umlagerungssedimenten wie Kalktuffen, Hangschutt, Fließerden und Schwemmkegel bestehen, sind Indikatoren für Rutschungen. Diese Lagen sind daher besonders rutschanfällig. Die starke Prägung durch Feinsedimentanteile in diesen Lagen ergibt eine Konsistenz, die für Hanginstabilitäten prädestiniert ist. Die Oxford-Kalke des Weißjura, welche als Stu-

fenbilder den Albtrauf formen, wurden als Rutschungsindikator bestätigt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Analysen von KALLINICH (1999) und THEIN (2000). Die Hauptbodenform des Albanstieges und der steilen Hänge der Albtäler (Pararendzina aus steinig-tonigen Fließerden über Mergelsteinersatz) wurde als wesentlicher Rutschungsindikator identifiziert. Dieser Bodentyp wird im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes von Pararendzinen aus steinig-tonigen Fließerden als Rutschungsindikator verdrängt. Auch die Bodenformen weisen, wie die Geologie, auf die Bedeutung des Tongehaltes der Deckschichten und Böden hin. Die Einschätzung des

Tab. 5: Zusammenfassung der Evidenzklassen, welche eine Indikatorfunktion für Rutschungen besitzen (NEUHÄUSER 2005).

Steuerungsfaktor/Evidenz	Evidenzklasse	W^+	$S(C)$
Geologische Einheit	Hangschutt, Fließerden, Rutschmassen, Schwemmkegel des Quartär	2,15	11,27
	Oxford-Schichten (Jura)	1,79	8,43
Leitbodenform	Pararendzina aus lehmig-tonigen Rutschmassen über Mergelsteinersatz und Rendzina aus Hangschutt	3,19	12,12
	Pararendzina aus steinig-tonigen Fließerden über Mergelsteinersatz	2,27	10,30
Hangneigung	25° bis 26°	1,47	2,08
	24° bis 25°	1,90	3,77
	23° bis 24°	1,62	3,24
	22° bis 23°	1,93	5,05
	21° bis 22°	1,68	4,42
	20° bis 21	1,70	5,07
	19° bis 20°	1,69	5,54
	18° bis 19°	1,87	7,30
	17° bis 18°	1,81	7,49
	16° bis 17°	1,70	7,26
	15° bis 16°	1,74	8,06
	14° bis 15°	1,79	8,98
	13° bis 14°	1,75	9,15
Hangwölbung	> 0,2 bis 0,3 (konvex)	0,94	2,52
	> 0,3 bis 0,5 (konvex)	1,47	3,29
Dichte von Lineamenten und Störungszonen	26 bis 27	1,56	4,13
	25 bis 26	1,83	5,98
	24 bis 25	1,85	6,55
	23 bis 24	2,09	8,72
	22 bis 23	2,02	8,65
Entfernung zur Traufkante	200m bis 300m	2,04	8,71
	300m bis 400m	2,05	9,91

Hangneigungsbereichs von 11° bis 26° als rutschungsbegünstigend deckt sich mit der Analyse von THEIN (2000), der ein gehäuftes Auftreten von Rutschungen in einem Bereich von 10° bis 30° festgestellt hat.

Die zuvor auf Klassenbasis berechneten statistischen Parameter werden dazu verwen-

det, eine optimale Reklassifizierung (bzw. Generalisierung der Daten) der Steuerungsfaktoren zu erreichen. Diese Reklassifizierung dient dazu, die räumliche Beziehung zwischen den Steuerungsfaktoren und den Rutschungen bestmöglich auszudrücken. Dieser Schritt reduziert die Anzahl der Klassen, die gut inter-

pretierbar ist und die Aussagekraft der Analyse erhöht. Genau gesagt, werden die Steuerungsfaktoren in drei aussagekräftige Klassen aggregiert:

- ($N = 0$), Klasse in der keine Rutschungen vorliegen und daher keine statistische Auswertung erfolgt
- ($C_w < 0$), Klasse mit keinem oder negativem Zusammenhang mit den Rutschungen
- ($C_w > 0$), Klasse mit positivem Zusammenhang zu den Rutschungen, zur Reklassifizierung werden der Kontrast C_w und die Anzahl der Rutschungen N herangezogen.

Als letzter Schritt erfolgt die Verschneidung aller Evidenzen und die Berechnung des Grades der Überzeugung (A-Posteriori-Logits, vgl. Gleichungen (17) und (18)), dass eine Rutschung unter beobachteten Evidenzen auftritt. Das Endergebnis der Berechnung kann als Maß für die Rutschanfälligkeit unter Berücksichtigung der Steuerungsfaktoren angesehen werden. Die Kombination der Faktoren erfolgt durch die lagebezogene Verschneidung, wobei alle Evidenzklassen miteinander kombiniert werden. Die berechneten Werte für die Rutschanfälligkeit liegen zwischen null und 91%.

Der Test der bedingten Unabhängigkeit (vgl. Gleichung (19)) ergab einen Wert von 0,025, welcher auf bedingte Abhängigkeit der Steuerungsfaktoren im Modell und folglich auf eine Überschätzung der A-Posteriori-Logits (der Rutschanfälligkeit) hinweist. Die durch diesen Wert normalisierte Rutschanfälligkeiten (A-Posteriori-Logits) liegen zwischen 0 und 2,3%. Abb. 8 zeigt die berechnete Rutschanfälligkeit (ohne Berücksichtigung der Unsicherheiten) für die rezenten Rutschungen. *Aufgrund der bedingten Abhängigkeit im Modell müssen diese als relative Werte betrachtet werden.*

Die Überprüfung des Modells erfolgte mit Hilfe der Berechnung der *Vorhersagerate* (CHUNG & FABBRI 2003). Dabei wird untersucht, inwieweit bekannte Rutschungen, die allerdings nicht in die Modellierung mit einbezogen wurden und daher unabhängig sind, mit der berechneten Gefährdungszonierung koinzidiert. Diese unabhängigen Rutschungen können folglich als zukünftige Ereignisse betrachtet werden.

Die Berechnung der Vorhersagerate erfordert zu Beginn die Trennung der bekannten Rutschungen in eine Modellierungsgruppe und eine Validierungsgruppe, die durch das Zu-

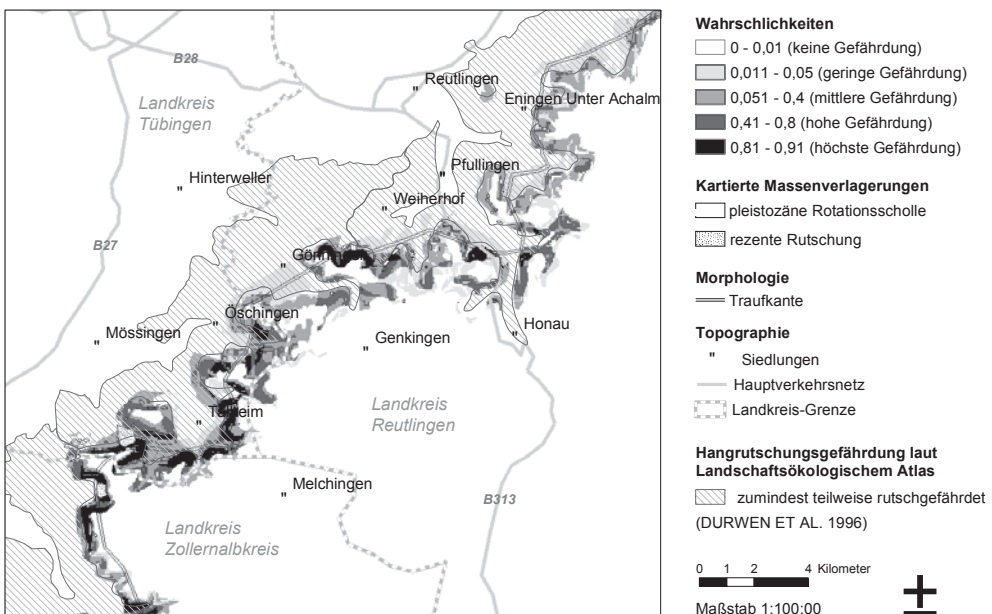


Abb. 8: Rutschanfälligkeit für rezente Rutschungen am Albrauf.

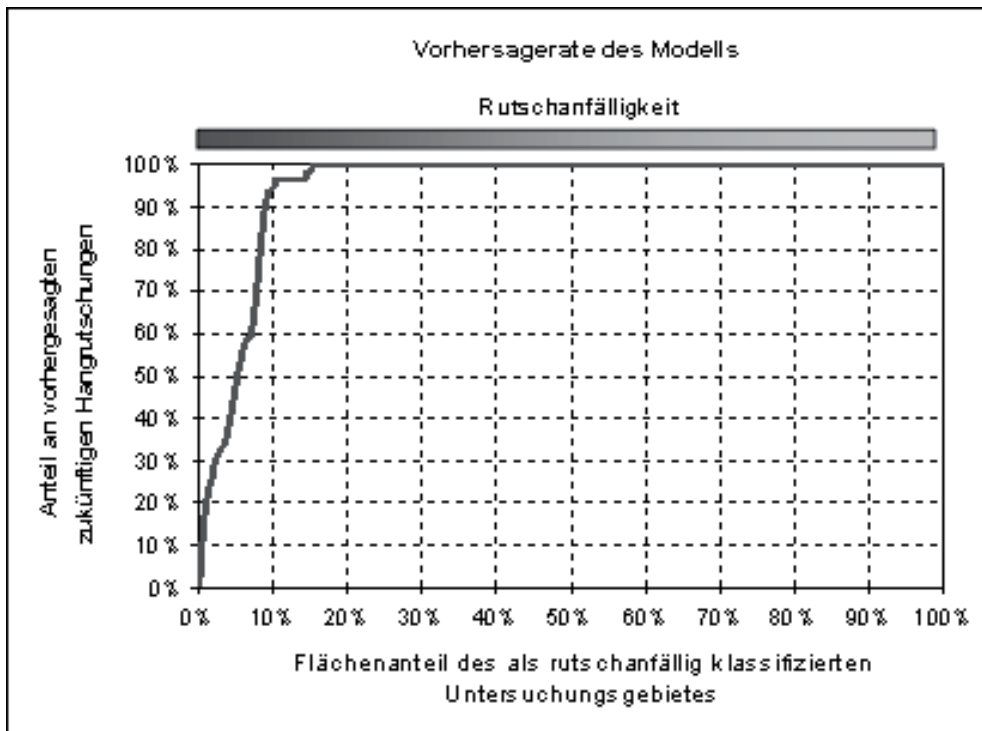


Abb. 9: Die berechnete Vorhersagerate des angewandten Modells.

fallsprinzip ausgewählt wurden. Die Modellierungsgruppe entspricht jenen Rutschungen, die zur Berechnung der Rutschanfälligkeit verwendet werden. Die Validierungsgruppe ist eine kleine Teilgruppe, die zur Überprüfung des Modells verwendet wird. Das Verfahren der Evidenzgewichtung wird erneut mit der Modellierungsgruppe durchgeführt. Das Ergebnis wird anschließend dem eigentlichen Ergebnis aus der Berechnung mit der Modellierungsgruppe gegenübergestellt. Das heißt, die beiden Karten werden miteinander überlagert und mittels zonaler Statistik die Anzahl der erfassten Rutschungen pro räumliche Einheit ermittelt. Anschließend werden die Rutschungen sowie der Flächenanteil pro räumliche Einheit, beginnend bei der höchsten Rutschanfälligkeit, kumuliert. Somit stellt die Vorhersagerate die kumulierten Rutschungen dem kumulierten Flächenanteil des Untersuchungsgebietes gegenüber, beginnend mit jenen Bereichen, welche die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen. Diese Berechnung zeigte, dass bereits mit 10% der

Karte (mit höchster Rutschanfälligkeit) 95% der unabhängigen Rutschungen erfasst, also durch das Modell „vorhergesagt“ werden konnten (vgl. Abb. 9).

5 Diskussion

Mit Hilfe der Evidenzgewichtung konnten in der vorliegenden Arbeit jene Hänge beurteilt werden, für die keine Informationen über Rutschungen vorlagen. Die Zielsetzung der räumlichen Vorhersage wurde erreicht. Die Methode der Evidenzgewichtung berechnet mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsverhältnissen und Chancen einen Grad der Überzeugung, dass Rutschungen bei den untersuchten Steuerungsfaktoren auftreten. Es können Zonen ausgewiesen werden, mit unterschiedlichen Grad an Überzeugung, dass Rutschungen unter gegebenen Faktorenkonstellationen auftreten. Es trifft also Aussagen über die Möglichkeit, des Auftretens von Rutschungen. Die Rutschanfälligkeit ist definiert als die Mög-

lichkeit, dass ein Ereignis in einem bestimmten Gebiet auftritt und bestimmt diese auf der Basis des Zusammenhangs zwischen den Steuerungsfaktoren für Rutschungen und der räumlichen Verteilung von in der Vergangenheit aufgetretenen Rutschungen (BRABB 1984). Damit eignet sich diese Methode zur Untersuchung der Rutschanfälligkeit. Diese konnte durch die berechneten Wahrscheinlichkeitsverhältnisse (A-Posteriori-Logits) auf regionalem Niveau quantifiziert werden, obwohl sie im Modell systematisch überschätzt wurden. Betrachtet man die berechneten Werte jedoch nicht als absolute Größen, sondern als *relative Werte* für die Rutschanfälligkeit, so haben sie dennoch Gültigkeit und Aussagekraft.

Die angewandte Methodik stuft den gesamten Albrauf als mehr oder weniger rutschanfällig ein. Dies ist auf die wenig detaillierten Eingangsdaten zurück zu führen, welche nur einen allgemeinen Überblick über das Gebiet geben können. Sowohl der Erfassungsmaßstab der Geologie und Böden, als auch die Auflösung des Höhenmodells geben auf lokaler Ebene generalisierend Auskunft über die vorliegenden Bedingungen. Um das Kleinrelief und alle Rutschungen detailgenau zu erfassen, müsste die Auflösung des Geländemodells mindestens 10 m betragen. Auf regionalem Niveau (1:150.000) ist die resultierende Karte allerdings eine geeignete Basis, da sie eine Abschätzung der Hangstabilität in diesem Maßstab ermöglicht. Sie dient in erster Linie dazu, Gebiete einzugrenzen, die einer Geländeuntersuchung vor Ort oder sogar einer detaillierten geotechnischen Analyse unterzogen werden sollen. Deshalb kann sie für raum- und landschaftsplanerische Zwecke zum Einsatz kommen und eine Entscheidungsgrundlage für Siedlungsentwicklung, Landnutzung und Infrastrukturplanung darstellen (PAPATHOMA-KOEHLE et al. 2007).

Generell konnte herausgestellt werden, welche der vorhandenen Faktoren den größten Zusammenhang zu den Rutschungen aufweisen und daher als Indikatoren betrachtet werden können. Das generierte Modell trifft somit für seinen räumlichen Geltungsbereich Aussagen über Zusammenhänge in dem natürlichen System über Hangstabilität und -instabilität.

Die Grundannahme der Evidenzgewichtung über die Unabhängigkeit der Steuerungsfaktoren hinsichtlich des Auftretens von Rutschungen, stellte sich bei der Anwendung des Modells als Nachteil heraus. Totale bedingte Unabhängigkeit ist in der Praxis sehr unwahrscheinlich. Diese Annahme steht prinzipiell den komplexen Zusammenhängen in einem geomorphologischen System entgegen und ist daher nicht immer auf die verfügbaren Daten zureffend. Daher wird eine teilweise Abhängigkeit (bis 50%) toleriert. Erst bei Überschreitung dieses Grenzwertes wird von bedingter Abhängigkeit gesprochen. Eine Verletzung dieser Annahme resultiert in unrealistischen Wahrscheinlichkeitswerten. Dieses Problem kann aber umgangen werden, indem die Daten hinsichtlich ihrer Unabhängigkeit getestet werden und nur die unabhängigen Faktoren im Modell miteinander kombiniert werden. Dies erfordert das Verwerfen der abhängigen Faktoren, wodurch die Datenverfügbarkeit und somit die Beurteilungskriterien für die Rutschanfälligkeit reduziert werden. Diese Grundannahme ist allerdings die Voraussetzung dafür, dass die Steuerungsfaktoren getrennt von einander beurteilt werden können und so ihre Bedeutung für den Rutschungsprozess überhaupt bewertet werden kann.

Wie oben erwähnt, ist die angewandte Methodik durch die Annahme der bedingten Unabhängigkeit eingeschränkt. Sie ist aber im Gegensatz zu anderen parametrischen Methoden nicht durch die Bedingungen der klassischen Statistik eingeschränkt, wie zum Beispiel die Hypothese über die Verteilung der Daten. Daten mit Raumbezug können beispielsweise nur selten die Annahme der Normalverteilung erfüllen. Häufig angewendete Methoden für die Rutschanfälligkeitsbewertung sind die multiple logistische Regressionsanalyse, die Diskriminanzanalyse, Faktorenanalyse und Clusteranalyse. Bei diesen Methoden werden derartige Bedingungen allerdings oft vorausgesetzt.

Referenzen

- BAYES, T., 1958: Studies in the History of Probability and Statistics: IX. – THOMAS BAYES' Essay

- Towards Solving a Problem in the Doctrin of Chances. *Biometrika* **45**: 296–315. (Das Essay von BAYES von 1763 in moderner Notation).
- BIBUS, E., 1986: Die Rutschung am Hirschkopf bei Mössingen (Schwäbische Alb) – Geowissenschaftliche Rahmenbedingungen – Geoökologische Folgen. – *Geoökodynamik* **7**: 333–360.
- BIBUS, E. & TERHORST, B., 2001: Mass Movements in South-West Germany. Analyses and Results from the Tübingen Work Group of the MABIS Project. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., Suppl.-Bd. **125**: 53–63.
- BONHAM-CARTER, G.F., 2002: Geographic Information Systems for Geoscientist: Modelling with GIS. – In: *Computer Methods in the Geosciences* **13**: 302–334, Pergamon/Elsevier, New York.
- BONHAM-CARTER, G.F., AGTERBERG, F.P. & WRIGHT, D.F., 1989: Weights of Evidence Modelling: A New Approach to Mapping Mineral Potential. – *Statistical Applications in Earth Sciences* **89-9**: 171–183.
- BRABB, E., 1984: Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping. – *Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides*, Toronto, 307–323.
- BRUNSDEN, D. & PRIOR, D.B. (HRSG.), 1984: *Slope Instability*. – Wiley & Sons Inc., New York, USA, 257–355.
- CHUNG, C.-J.F. & FABBRI, A., 2003: Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. – *Natural Hazards*, Kluwer Academic Publishers **30**: 451–458.
- CHUNG, C.-J.F. & FABBRI, A. 2005: Systematic Procedures of Landslide Hazard Mapping for Risk Assessment using Spatial Prediction Models. – In: *Landslide Hazard and Risk Part I, Conceptual Models in Approaching Landslide Risk Nr. 4*. – John Wiley & Sons, Inc., 5–41.
- DAWID, A.P., 1979: Conditional Independence in Statistical Theory, *Journal of the Royal Statistical Society Series B* **41**: 1–31.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHRÖTT, L. & IBSEN, M., 1996: *Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes*. – John Wiley & Sons, Inc., 251.
- DURWEN, K.-J., WELLER, F., TILK, C., BECK, H., BEUTTLER, H. & KLEIN, S., 1996: *Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Württemberg*. – Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Fachhochschule Nürtingen, CD.
- KALLINICH, J., 1999: Verbreitung, Alter und Geomorphologische Ursachen der Massenverlagerungen an der Schwäbischen Alb auf der Grundlage von Detail- und Übersichtskartierungen. – In: *Angewandte Studien zu Massenverlagerungen*, Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe D: Geoökologie und Quartärforschung **5**: 32–43.
- KREJA, R. & TERHORST, B., 2005: Naturgefahren in einem Baugebiet bei Öschingen an der Schwäbischen Alb: GIS-gestützte Ermittlung Rutschungsgefährdeter Gebiete am Schönberger Kapf bei Öschingen. – *Die Erde* **136** (4): 397–414.
- LEONARD, T. & HSU, J.S.J., 1999: *Bayesian Methods: An Analysis for Statisticians and Interdisciplinary Researchers*. – Cambridge University Press, Cambridge, UK, 42–53.
- LGRB – LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG, 1998. – *GEOWISSENSCHAFTLICHE ÜBERSICHTSKARTEN VON BADEN-WÜRTTEMBERG 1*: 350.000, CD.
- MALCZEWSKI J., 1999: *GIS and Multi-Criteria Decision Analysis*. – John Wiley & Sons, Inc., 127–130.
- NEUHÄUSER, B., 2005: GIS-gestützte, Probabilistische Beurteilung der Gefährdung durch Massenbewegungen: Einsatz von Geoinformationssystemen (GIS) zur Multikriterien Beurteilung der Rutschanfälligkeit dargestellt am Beispiel der Schwäbischen Alb. – Master Thesis, Zentrum für Geoinformatik, Universität Salzburg. Unveröffentlicht.
- NEUHÄUSER, B. & TERHORST, B., 2006: *Landslide Susceptibility Assessment Using Weights-of-Evidence Applied to a Study Area on the Jurassic Escarpment of the Swabian Alb (SW-Germany)*. – *Geomorphology* **86** (1–2): 23–34, Elsevier, Oxford.
- PAPATHOMA-KOEHLE, M., NEUHÄUSER, B., RATZINGER, K., WENZEL, H. & DOMINEY-HOWES, D., 2007: *Towards the Development of a Tool for Assessing the Vulnerability of Communities to Landslides*. – *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)* **7**: 765–779.
- SCHÄDEL, K. & STÖBER, I., 1988: *Rezente Großrutschungen an der Schwäbischen Alb*. – *Jahreshefte des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg* **30**: 413–439.
- SRTM – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION, 2004: *SRTM Digital Topographic Data*. – US Geological Survey's EROS Data Center. <ftp://e0mss21u.ecs.nasa.gov/srtm/> (2007-11-12).
- TERHORST, B., 1997: *Formenschatz, Alter und Ursachenkomplexe von Massenverlagerungen an der Schwäbischen Juraschichtstufe unter besonderer Berücksichtigung von Boden- und Deckschichtenentwicklung*. – *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten* **D2**: 212–213.
- TERHORST, B., 1999: *Distribution of Soils and Solifluction Layers in Landslide Areas of South-West Germany*. – In: *Climatic Change: Paleopedological and Soil Rock Magnetic Approaches*, *Chinese Science Bulletin* **44**: 173–180.

- TERHORST, B., 2001: Mass Movements of Various Ages on the Swabian Jurassic Escarpment: Geomorphologic Processes and their Causes. – Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.-Bd. **125**: 65–87.
- TERLIEN, M.T.J., VAN WESTEN, C.J. & VAN ASCH, T.W.J., 1995: Deterministic Modelling in GIS-Based Landslide Hazard Assessment. – In: Geographical Information System in Assessing Natural Hazards, Kluwer, Dordrecht, 57–77.
- THEILEN-WILLIGE, B., 2005: Lineament Analysis Based LANDSAT ETM Data for Geological Investigations. – Technical University of Berlin, Germany.
- THEIN, S., 2000: Massenverlagerungen an der Schwäbischen Alb: Statistische Vorhersagemodelle und Regionale Gefährdungskarten unter Anwendung eines Geographischen Informationssystems. – Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe D, Geoökologie und Quartärforschung **6**: 187–192.
- VARNES D.J., 1984: Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice United Nations Educational. – Scientific and Cultural Organization, UNESCO Press, Paris, 63–66.

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Ing., MSc (GIS) BETTINA NEUHÄUSER, Tegelerweg 15/2, 1220 Wien, bettina.neuhaeuser@chello.at

Prof. Dr. BIRGIT TERHORST, Institut für Geographie der Universität Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg, birgit.terhorst@univie.ac.at

Manuskript eingereicht: März 2008

Angenommen: Dezember 2008

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2008

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer

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

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



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2008



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

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



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



Herausgeber:

© 2009 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e. V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06120 Halle, Tel.: +49(0)345 55-26020
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Oststraße 2–18, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

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

⊗ Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch®) Journal Citation Reports/Science Edition
Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Institut für Angewandte Informatik, Universität der Bundeswehr München, D-85577 Neubiberg, e-mail: Helmut.Mayer@unibw.de

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

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 185,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

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

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

Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstraße 59/59a, 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 2008, Heft 1–6

Inhaltsverzeichnis Jahrgang 2008

MAYER, H.: Anmerkungen der Schriftleitung – Aufruf zur Einreichung von Beiträgen	5
HEIPKE, C.: Editorial: 10 Jahre IPI unter neuer Leitung	313
KOMP, K.-U.: Editorial: Zwei Jahrzehnte Entwicklung der angewandten Fernerkundung ..	319
SESTER, M., HEIPKE, C., KLEIN, R. & BÄHR, H.-P.: Editorial: Abstraktion von Geoinformation bei der multiskaligen Erfassung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung	153

Originalbeiträge, alphabetisch nach Autoren

BECKER, S. & HAALA, N.: Integrated LIDAR and Image Processing for the Modelling of Building Facades	65
DÖRSCHLAG, D., GRÖGER, G. R. & PLÜMER, L.: Über die schrittweise Erstellung und Verfeinerung von Modellhypothesen für Gebäude	157
FUJIMURA, H., ZIEMS, M. & HEIPKE, C.: De-generalization of Japanese Road Data Using Satellite Imagery	363
HAUNERT, J.-H. & SESTER, M.: Assuring Logical Consistency and Semantic Accuracy in Map Generalization	165
HENNING, P.: Multi-Format Semantically Rich XML Based Visualization of Urban Structures	121
HERDT, G. & WILSON JONES, M.: Scanning Ancient Building Components	245
HEURICH, M. & KENNEL, E.: Überprüfung der Baumhöhenbestimmung aus Daten flugzeuggetragener Laserscanner in strukturreichen Naturwäldern des Nationalparks Bayerischer Wald	253
HEURICH, M., FISCHER, F., KNÖRZER, O. & KRZYSZEK, P.: Assessment of Digital Terrain Models (DTM) from Data Gathered with Airborne Laser Scanning in Temperate European Beech (<i>Fagus Sylvatica</i>) and Norway Spruce (<i>Picea Abies</i>) Forests	473
HEUWOLD, J., PAKZAD, K. & HEIPKE, C.: Automatic Adaptation of Image Analysis Models for 2D Landscape Objects to a Coarser Image Resolution	197
HÖHLE, J.: Photogrammetric Measurements in Oblique Aerial Images	7
Berichtigung	227
ITZEROTT, S. & KADEN, K.: Die schlagbezogene Schätzung des Düngereinsatzes – ein Beispiel für das Flächennutzungsmonitoring mit Fernerkundungsdaten	93
JACOBSEN, K.: Geometrisches Potential und Informationsgehalt von roßformatigen digitalen Luftbildkameras	325
LUCAS, C., MUELLER, M. & BÄHR, H.-P.: Integration of Language in GIS: Models in Ownership Cadastre and Disaster Management	217
LÜBKER, T., SCHAAB, G.: Prozessierung von großflächigen QuickBird-Satelliten bilddaten für das Gebiet Kakamega Forest (Westkenia)	15
MALLET, C., BRETAR, F. & SOERGEL, U.: Analysis of Full-Waveform Lidar Data for Classification of Urban Areas	337
MEINEL, G., KNOP M. & HECHT, R.: Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V)	29
MEWES, T., ERASMI, S., KAPPAS, M., BIEWER, S., FRICKE, T. & WACHENDORF, M.: Spektrale Entmischung von Reflexionssignaturen zur Ermittlung von Leguminosenanteilen in Futterbaubeständen	265

OEHMICHEN, K. & KÖHL, M.: Verfahrensvorschlag zur satellitengestützten Waldflächenkartierung für die Bundeswaldinventur	499
RAVANBAKSHI, M., PAKZAD, K. & HEIPKE, C.: Automatic Extraction of Traffic Islands from Aerial Images	375
REZNIK, S. & MAYER, H.: Implicit Shape Models, Self Diagnosis, and Model Selection for 3D Façade Interpretation	187
RIPPERDA, N.: Grammar Based Facade Reconstruction using rjMCMC	83
ROŽIĆ, N.: Strategy and Organization of the Official National Geodata Production – Croatian Experience	489
SCHRAMM, M., LANDMANN, T., LOHMANN, P. & HEIPKE, C.: Ein neues Modell für eine spektrale Entmischung ohne genaue Endmemberspektren	351
THEILEN-WILLIGE, B.: Ringstrukturen in Norddeutschland	109
THOMSEN, A., BREUNIG, M. & BUTWIŁOWSKI, E.: Towards a G-Map Based Tool for the Modelling and Management of Topology in Multiple Representation Databases	175
WAHL, R., SCHNABEL, R. & KLEIN, R.: From Detailed Digital Surface Models to City Models Using Constrained Simplification	207

Aus Wissenschaft und Technik

WIGGENHAGEN, M.: Anwendungsbeispiele der Nahbereichsphotogrammetrie in der Automobilindustrie	385
BÜSCHER, O., BUCK, O., LOHMANN, P., HOFMANN, P., MÜLLER, S., SCHENKEL, R., & WEISE, C.: Einsatz von Change Detection Methoden zur Fortführung von DeCOVER Objektarten	395
HAUB, C., IJAIMI, A.A., SAAD, N.A.M., EL SHEIKH EL BASHIR, H., KHAMALA, E., BYDEKERKE, L., HOLECZ, F., TYCHON, B., RAGNI, P., VIGNAROLI, P., HENDRICKX, G., & HEYLEN, C.: Crop Mapping Services for the Sudanese Government in Frame of the ESA Global Service Element “ <i>Global Monitoring for Food Security</i> ”	409
BÜKER, C. & DITZ, P.: Fernerkundungskontrolle von europäischen Agrarbeihilfen für Acker- und Futteranbauflächen	421
VAUPEL, W. & RÖSSMANN, H.: Siedlungswasserwirtschaftliche Management- und Planungsunterlagen erhalten mehr Sicherheit durch photogrammetrische Methoden	433
KLINK, A., LÜCKE, C., VÖLKER, A., HÖKE, S. & ROLF, M.: Semiautomatische Luftbildauswertung zur Erfassung von Siedlungs- und Verkehrsflächen als Unterstützung des nachhaltigen Flächenmanagements	441

Berichte und Mitteilungen

Berichte

44. Sitzung der AG „Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS“ vom 10.–11. September 2007 in Karlsruhe	41
ISPRS Joint Workshop „PIA07 – Photogrammetric Image Analysis“ vom 19.–21. September 2007 in München	42
INTERGEO® 2007 und 55. Deutscher Kartographentag vom 25.–27. September 2007 in Leipzig	45
CIPA 2007 – XXI International Symposium „AntiCIPAting the Future of the Cultural Past“ vom 01.–06. Oktober 2007 in Athen, Griechenland	47
Oldenburger 3D-Tage am 30. und 31. Januar 2008	227
EARSeL SIG Workshop vom 5.-7. März 2008 in Bochum	229

3D-Forum Lindau – Ansichten, Einsichten, Aussichten am 11. und 12. März 2008 in Lindau	230
EuroSDR & ISPRS Workshop „Geosensor Netzwerke“ vom 20.–22.02.2008 in Hannover	298
Symposium „Geoinformatics paves the Highway to Digital Earth“ am 13.06.2008 an der Universität Osnabrück	453
5. Hamburger Forum für Geomatik 2008 vom 24.–25. Juni 2008	529

**Berichte von der 28. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF
23.–26. April 2008 in Oldenburg**

Bericht über die Jahrestagung	277
Verleihung des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008	280

**Kurzfassungen der ausgezeichneten Arbeiten
des Karl Kraus-Nachwuchsförderpreises 2008**

MATTHIAS ROLAND (Leibniz Universität Hannover)	282
DANIELA FASLER (ETH Zürich)	283
CHRISTIAN GREIFENEDER (Paris Lodron-Universität Salzburg)	284

Berichte der Arbeitskreise der DGPF

Auswertung von Fernerkundungsdaten	285
Bildanalyse und Bildverstehen	287
Standardisierung und Qualitätssicherung	288
Aus- und Weiterbildung	289
Nahbereichsphotogrammetrie	290
Sensoren und Plattformen	291
Hyperspektrale Fernerkundung	292
Radarfernerkundung und Flugzeuglaserscanning	293

Berichte vom ISPRS-Kongress 2008 in Peking

Informationen von der General Assembly der ISPRS	509
Kommission I: Image Data Acquisition – Sensors and Platforms	512
Kommission II: Theory and Concepts of Spatio-temporal Data Handling and Information	513
Kommission III: Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis	514
Kommission IV: Geodatabases and Digital Mapping	516
Kommission V: Close-Range Sensing: Analysis and Applications	517
Kommission VI: Education and Outreach	518
Kommission VII: Thematic Processing, Modeling and Analysis of Remotely Sensed Data	520
Kommission VIII: Remote Sensing Applications and Policies	522

Mitteilungen der DGPF

Call for Papers – Terrestrisches Laserscanning	56
Korporatives Mitglied GEOSYSTEMS GmbH	142
DeSecure – satellitengestützte Kriseninformation für Deutschland	233
29. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Jena 2009	294
Karl Kraus-Nachwuchsförderpreis 2009	294
Runder Tisch Fernerkundung	295
Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme	296
ESRI Absolventenprogramm feiert den 1000. Teilnehmer.	453

Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme – Projektstatus September 2008	523
Hochschulnachrichten 50, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 235, 236, 301, 302, 455, 456, 457, 458, 459, 461, 533, 534, 535, 536, 537, 538	
Buchbesprechungen	51, 52, 140, 141, 303, 462, 539, 540, 541, 542, 543
Neuerscheinungen	145, 462
Vorankündigungen/Veranstaltungskalender	53, 143, 236, 304, 463, 545
Zum Titelbild	
Heft 1: Die Moai der Osterinsel – Laserscanning am Ende der Welt	55
Heft 2: Die "Ringstruktur" von Lübeck	144
Heft 3: Abstraktion von Geoinformation	238
Heft 4: Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme	305
Heft 5: Strukturwandel durch Nordwanderung des Steinkohlebergbaus in der Region Herne	464
Heft 6: Rohöl Kontaminationskartierung in West Sibirien	550
Korporative Mitglieder	58, 146, 238, 306, 465, 551
Vorstand der DGPF	546
Ehrenpräsident/Ehrenmitglieder der DGPF	547
Arbeitskreise der DGPF	547
Berichterstatter für ISPRS und CIPA	548
Gutachter für die PFG im Jahr 2008	549



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825



Die Universität Karlsruhe (TH) und das Forschungszentrum Karlsruhe haben sich im Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zusammengeschlossen und werden ihre Forschung gemeinsam strukturieren und strategisch planen. An der **Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften** der Universität Karlsruhe (TH) ist am **Geodätischen Institut** zum **1. Oktober 2010** die

W3-Proessur für Geoinformatik

zu besetzen (Nachfolge Professor Dr. Günter Schmitt).

Der/Die zukünftige Stelleninhaber/in vertritt die Geoinformatik in Forschung und Lehre. Gesucht wird eine international ausgewiesene Persönlichkeit, die neben didaktischen Fähigkeiten einschlägige Forschungs- und Projekterfahrung in den Bereichen der räumlichen Informationstechnologien und der räumlichen Datenmodellierung besitzt und dem Fach durch intensive Drittmittelforschung ein klares Profil gibt.

Erwünscht sind Erfahrungen in der Entwicklung von Konzepten und Methoden zur Verarbeitung und Analyse raumbezogener Informationen, in Gebieten wie beispielsweise 3D/4D Informationssysteme, Geosensornetzwerke, kontextgesteuerte mobile GIS-Anwendungen oder geostatistische Modellbildung. In mindestens einem der genannten Arbeitsgebiete sollte sich der/die Kandidat/in bereits wissenschaftlich qualifiziert haben.

Die Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit in Forschung und Lehre innerhalb der Fakultät und des KIT sowie im nationalen und internationalen Umfeld wird erwartet. Der/Die zukünftige Stelleninhaber/in vertritt die Geoinformatik nicht nur im Studiengang „Geodäsie und Geoinformatik“ sondern auch hinsichtlich des Lehrexports in andere Studiengänge innerhalb der Fakultät und der Universität sowie an benachbarten Universitäten.

Die Mitarbeit im Rahmen der akademischen Selbstverwaltung sowie im KIT- Kompetenzportfolio rundet das Anforderungsprofil ab. Zu den weiteren Dienstaufgaben gehört auch die Übernahme von Aufgaben im Rahmen der kollegialen Institutsleitung.

Kandidatinnen und Kandidaten verfügen über eine universitäre Ausbildung und eine überdurchschnittliche Promotion in Geodäsie, Geoinformatik, Informatik oder einer verwandten Disziplin. Eine Habilitation oder gleichwertige wissenschaftliche Leistung, die auch während einer Tätigkeit außerhalb des Hochschulbereiches erbracht worden sein kann, wird vorausgesetzt.

Die Universität Karlsruhe ist bestrebt, den Anteil von Professorinnen zu erhöhen und begrüßt deshalb die Bewerbung von Frauen. Schwerbehinderte Bewerber/innen werden bei gleicher Eignung bevorzugt berücksichtigt.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen (Lebenslauf, Zeugnisse, Schriftenverzeichnis, Sonderdrucke der drei bis fünf wichtigsten Veröffentlichungen, Darstellung der eingeworbenen Fördermittel sowie eine Konzeptskizze des zukünftigen Forschungs- und Lehrprofils) sind bis zum **15. Mai 2009** an den **Dekan der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe (TH), Postfach 6980, 76128 Karlsruhe**, zu richten.

Universität für Bodenkultur Wien
Ausschreibung der Stelle einer Universitätsprofessorin / eines
Universitätsprofessors für

Landinformation und Vermessung

Am Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation des Departments für Raum, Landschaft und Infrastruktur ist die Stelle einer Universitätsprofessorin / eines Universitätsprofessors für Landinformation und Vermessung ab 1.10.2010 zu besetzen. Die Stelle wird in Form eines zeitlich unbefristeten vertraglichen Dienstverhältnisses zur Universität für Bodenkultur Wien besetzt. Einvernehmlich ist auch der Abschluss eines auf längstens sechs Jahre befristeten Arbeitsverhältnisses möglich.

In der Lehre umfasst der Aufgabenbereich der Stelleninhaberin / des Stelleninhabers die Abhaltung von Grundlagenvorlesungen und weiterführenden Lehrveranstaltungen zu den genannten Fachbereichen für die an der Universität für Bodenkultur Wien vertretenen Studienrichtungen einschließlich der Doktoratsstudien, aber auch der Bereich der Weiterbildung ist zu betreuen.

Der Forschungsschwerpunkt der Stelleninhaberin / des Stelleninhabers soll in zumindest einem der Fachbereiche Vermessung, Fernerkundung und Geoinformation unter besonderer Berücksichtigung der praktischen Erfordernisse der an der BOKU vertretenen Disziplinen liegen.

Ihr Bewerbungsschreiben richten Sie bitte in 6-facher Ausfertigung bis spätestens 15. April 2009 (Datum des Poststempels) an den Rektor der Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien.

Weitere Informationen zu dieser Ausschreibung und über die BOKU bzw. das Department können dem Web entnommen werden unter:

<http://www.boku.ac.at/professuren-ausschreibungen.html>

<http://www.rali.boku.ac.at/130.html>

Der geschäftsführende Rektor
Univ.-Prof. DI Dr. Martin GERZABEK

Berichte von Veranstaltungen

45. Sitzung der Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS (AgA) vom 22.–23. September 2008 in Frankfurt am Main

Die jährlich stattfindenden Tagungen der *Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS (AgA)* sind für viele der Teilnehmer schon zu einem festen Programmpunkt im Terminkalender geworden.

Die Sitzung 2008 wurde vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) in den Räumlichkeiten am Hauptsitz in Frankfurt am Main ausgerichtet, wobei die örtliche Organisation bei Herrn Dr. BOBRICH und seinem Team lag. Nach der Begrüßung der Teilnehmer durch die Leiterin der AgA, Prof. Dr. MONIKA SESTER und den gastgebenden Hausherrn, den Präsidenten des BKG, Prof. Dr. DIETMAR GRÜNREICH, wurde sogleich mit den Fachvorträgen begonnen. Diese Änderung zu den vorhergehenden Jahren, wo zunächst Tätigkeitsberichte der AgA-Mitglieder diskutiert und Firmenkurzpräsentationen gezeigt wurden, wurde von den Teilnehmern sehr positiv aufgenommen. Die Themen deckten wieder einmal das weite Spektrum der Geographischen Informationssysteme ab. Themenschwerpunkte der Vorträge ließen sich in die Bereiche „Internet / Dienste“, „Prozessierung von Daten“ (Stichwort „Web Processing Services“ – WPS), „Aktualisierung, Fortführung, Integration und Anreicherung von Daten“ und „Visualisierung“ gliedern. Im Gegensatz zu den Vorjahren wurde die Diskussion der Tätigkeitsberichte an die drei Vortragsblöcke des ersten Sitzungstages angehängt. Die Möglichkeit zur anschließenden Firmenkurzpräsentation nutzten AED SICAD und ESRI. Auf die zwei Vortragsblöcke des zweiten Sitzungstages schlossen sich – wie bei der AgA üblich – Führungen an, diesmal zu aktuellen Arbeiten in den Abteilungen des Gastgebers BKG.

Kartographische Prozesse und Visualisierung

Dieser Themenblock wurde mit dem Vortrag von HORST KREMERS, CODATA Germany, eröffnet, der zum Thema „Prozessmodellierung in der Kartographie“ sprach. Ihm folgte ANJA MATATKO von der Universität Trier, die vorstellte, wie sie die Verteilung der Haushaltsgelder der Stadt Trier mit Hilfe eines Geoinformationssystems in Abhängigkeit von verschiedenen Bevölkerungsgruppen und Stadtteilen darstellen möchte; ein Vorhaben, das dem Bürger sicherlich zu mehr Einsicht und der Stadt Trier zu mehr Transparenz im Bereich der Finanzen verhilft. Anschließend informierte PETER KUNZ vom BKG darüber, wie man mit relativ kostengünstiger Software die DTK250 automatisiert aus dem DLM250 ableiten und damit manche Visualisierungsprobleme eines GIS-Systems umgehen kann. Im letzten Vortrag des Themenblocks referierte ANNETTE HEY von der Universität Rostock darüber, wie sie mit dem von ihr entwickelten Verfahren die Erstellung von Punktstreuungskarten automatisieren möchte.

Web Services

Zu Beginn des zweiten Themenblocks legte TATJANA KUTZNER von der TU München dar, wie man semantische Inhalte verschiedener DLM (am Beispiel der ATKIS Basis-DLM aus Baden-Württemberg und Bayern, sowie des DLM „Vector 25“ aus der Schweiz) so transformieren kann, dass der Nutzer eines Webservices Daten über Ländergrenzen hinweg passend zum Modell des Zielsystems abfragen kann. Im nächsten Vortrag berichtete ANGELA CZERWINSKI, Universität Bonn, wie man mit CityGML im Rahmen einer komplexen 3D-GDI einen performanten Webservice aufbauen kann, mit dem 3D-Geodaten aus großer Fläche und mit hohem Datenvolumen abgefragt werden können. STEFAN WERDER, Leibniz Universität Hannover, stellte vor, wie mit Hilfe von Web Processing Services in einem leis-

tungsfähigen Rechnernetzwerk (GDI-GRID) komplexe Prozesse, z. B. Umgebungslärmkartierung, effizient modelliert und die notwendigen Daten integriert werden können. Sodann wurde von TINA FERDINAND (TU Darmstadt) berichtet, wie man mit Hilfe eines Geoportals, das in Echtzeit Geodaten und -dienste fusionieren kann, zukünftig für mobile Endgeräte jederzeit und überall Geoinformationen verfügbar haben könnte. Einen Ansatz, bei dem man durch so genanntes „Wrapping“ über Web Processing Services GIS-Funktionalitäten in einer GDI zur Verfügung stellen kann, stellte anschließend JOHANNES BRAUNER (TU Dresden) vor. Den Themenblock „Web-Services“ schloss KERSTIN REINHOLD vom BKG mit ihrem Bericht über die Arbeiten zum Aufbau eines deutschlandweiten Webdienstes für Luftbilder ab.

DGM-DLM-Fortführung

TOBIAS DAHINDEN (Leibniz Universität Hannover) leitete den dritten Themenblock ein, indem er verschiedene Ansätze und die damit verbundenen Probleme zur Anpassung eines Geländemodells an generalisierte Vektordaten aufzeigte. Es folgte der Vortrag von Dr. MICHAEL HOVENBITZER (BKG), der über Verfahren und auftretende Probleme bei der Erstellung eines Höhenmodells europaweiter Abdeckung (EuroDEM) berichtete. Nachdem Dr. JOACHIM BOBRICH (BKG) das CORINE Land Cover (CLC) und das DLM-DE vorgestellt und verglichen hatte, erläuterte er den Verfahrensablauf zur Erstellung eines vollständigen, flächendeckenden CLC-Datensatzes aus dem DLM-DE mit überlappungsfreier Darstellung. Im anschließenden Referat zog BETTINA PETZOLD (Stadt Wuppertal) eine Zwischenbilanz der Aktivitäten im Bereich Fortführung von 3D-Stadtmodellen. Sie informierte über verschiedene Fortführungsmaßnahmen und kam zu dem Fazit, dass eine vollständige automatisierte Fortführung noch nicht möglich ist, Stadtmodelle in LoD 2 und 3 jedoch mitunter Spitzenaktualität erfordern. Abgeschlossen wurde der Themenblock durch GÜNTER KAST, der über die Spitzenaktualisierung des Basis-DLMs beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg mit Hilfe des Internet und anderer hochaktueller Quellen berichtete.

GIS-Analyse

Im letzten Themenblock stand zunächst das Referat von SARAH TAUSCHER (TU Braunschweig) auf der Tagesordnung. Nach einer kurzen Schau auf bestehende Systeme stellte sie ein Konzept vor, wie ein „Campusnavigator“, also ein Navigations- und Informationssystem für den Campus einer Hochschule, auf Basis vieler heterogener Datenquellen und der Visualisierungskomponente „Google Maps“ realisiert werden kann. Daran schloss sich der Vortrag von CHRISTIAN STERN (Hochschule Karlsruhe) an, der seine Idee vortrug, mit Hilfe von so genannten „Softwareagenten“ im Rahmen eines Multi-Agenten-Systems in großen Maßstäben erfasste Umweltschutzdaten, z. B. Wasserschutzgebiete, zu generalisieren und in DLM mittlerer und kleiner Auflösung zu integrieren. Darauf folgend zeigte Prof. Dr. MONIKA SESTER (Leibniz Universität Hannover) ein Verfahren auf, mit dem Gebäudegrundrisse automatisiert aus Laserscandaten extrahiert werden können. Mit skriptbasierter Geoprozessierung auf einem relationalen Datenbankmanagementsystem beschäftigte sich HARALD SCHWENK (agentur geoinfo) und präsentierte eine praktische Verwendungsmöglichkeit am Beispiel einer Flächenermittlung von Grundwasserverunreinigungen aus Punktquellen. Simulationssysteme werden bisher hauptsächlich von Experten eingesetzt, finden jedoch kaum Verwendung im Katastrophenschutz und -management. Das Referat von EVA ORTLIEB (Universität der Bundeswehr München) behandelte daher die Koppelung von Geoinformations- und Simulationssystemen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung u. a. auch in diesem Bereich. Den letzten Vortrag der 45. AgA-Sitzung hielt DOROTA IWASZCZUK (TU München) über die Erfassung von Objekten der Gebäudehülle in CityGML. Die Ergebnisse hiervon können z. B. verschiedenen räumlichen Analysen oder der Schadenserfassung und -dokumentation dienen.

Die Organisatoren haben wieder einmal eine sehr informative Sitzung mit einem breiten Themenspektrum ermöglicht, wobei die Teilnehmer vom eher informellen Charakter der Veranstaltung profitieren konnten: Es blieb ausreichend Raum für Fragen zu aktuel-

len Themen, zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion.

Die nächste AgA-Tagung findet am 5. und 6. Oktober 2009 – auf Einladung des Präsidenten Prof. Dr. DIETMAR GRÜNREICH – wieder in den Räumlichkeiten des BKG in Frankfurt am Main statt. Die Folienpräsentationen kön-

nen wie immer im Internet auf den Seiten der AgA (www.ikg.uni-hannover.de/aga) eingesehen werden. Die ausgearbeiteten schriftlichen Beiträge werden in den Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie erscheinen.

CHRISTIAN STERN, Karlsruhe

Mitteilungen der DGPF

Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme

Projektstatus Dezember 2008

Über das im Rahmen der Jahrestagung in Oldenburg unter großer Beteiligung vorgestellte DGPF-Projekt zur Evaluierung digitaler Kamerasysteme wurde in der PFG 4/2008 und der PFG 6/2008 bereits ausführlich berichtet. Der nachfolgende Bericht dokumentiert den Stand der Arbeiten am Ende des Jahres 2008. Aktuelle Informationen können der Projekt-homepage entnommen werden. Der Zugriff erfolgt über die DGPF-Internetseite oder direkt über www.dgpf.de/neu/projekt/DKEP-Allg.html.

Mittlerweile haben 23 Institutionen die Projektvereinbarung unterschrieben und damit Zugriff auf die erfassten Projektdaten. An zwölf dieser Institutionen wurden bereits Datensätze ausgeliefert. Alle beteiligten Institutionen sind am Ende dieses Berichts namentlich aufgeführt. Weitere Interessenten sind gerne willkommen.

Bilddatenerfassung und Datenauslieferung

Die Flugdatenerfassung ist mit dem letzten Flug am 19.9.2008 abgeschlossen worden. Das Testfeld stand seit dem 26. Mai für Befliegungen zur Verfügung. Der erste (erfolgreiche) Flug wurde am 2. Juli durchgeführt. Demnach erstreckte sich der Zeitraum der Datenerfassung auf über zehn Wochen und ist damit deutlich länger als die ursprünglich vorgesehene Zeitspanne von zwei Wochen. Dies wurde im Wesentlichen durch die ungünstigen Witterungsbedingungen verursacht. Die bis-

her für Auswertungen im Projekt vorgesehenen Bilddaten wurden an sechs verschiedenen Flugtagen erfasst. An zwei weiteren Flugtagen erfolgte die Erfassung der AISA+ Hyperspektral- bzw. ALS50 LiDAR-Daten.

Die Übergabe der Befliegungsdaten seitens der Hersteller an die Projektleitung ist noch nicht für alle Datensätze erfolgt. Die AIC-x1, bzw. AIC-x4 Datensätze liegen noch nicht vor (Stand 31.12.08). Die Daten der Ultracam-X Befliegung wurden am 15.12.08 übergeben. Demnach konnten noch nicht alle Datensätze zur Auswertung an die interessierten Gruppen verteilt werden.

Projekttreffen Hannover

Zur Koordinierung der weiteren Arbeiten und Bildung der Auswerteteams fand am 13.11.08 ein ganztägiges Projekttreffen an der Leibniz Universität Hannover statt. An der Sitzung haben lt. Teilnehmerliste 37 Teilnehmer aus 25 verschiedenen Institutionen teilgenommen. Sämtliche Kamerasystemhersteller waren vertreten und haben die jeweils erfassten Datensätze kurz vorgestellt. Anschließend wurde in drei separaten Sitzungen über den Stand und die geplanten Arbeiten in den drei Schwerpunktthemen Geometrie, automatische Höhenmodellgenerierung & Stereoplotting bzw. Radiometrie diskutiert. Die Folien der insgesamt 16 Vortragsbeiträge stehen als PDF-Dateien unter www.dgpf.de/neu/projekt/Hannover08/HannoverTreffen.pdf zur Verfügung. Das vollständige Sitzungsprotokoll kann unter www.dgpf.de/neu/projekt/update2711/DGPF-Projektsitzung-Hannover-Protokoll.pdf eingesehen werden. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend angegeben:

Auswerteteam Geometrie

In einer ersten Liste werden diejenigen Institutionen benannt, die sich an der geometrischen Genauigkeitsanalyse der Daten beteiligen wollen.

Alle Datensätze werden von mindestens zwei Teilnehmern parallel untersucht. Da die JAS-150 Datenauswertung auf spezieller Software beruht, die z.T. nur nach Schulung anzuwenden ist, wird die Datenauswertung von einer unabhängigen Institution aber vor Ort in Jena durchgeführt werden. Die Fragen der praktischen Anwendung digitaler Kameras stehen bei dem DGPF-Kameratest im Vordergrund. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Auswertung mit den Standardprodukten der Kameras durchzuführen: Bei der DMC und der Ultracam-X sind das die virtuellen Bilder (zusammengefügte Bilder), die standardmäßig aufbereitet sind.

Auswerteteam Radiometrie

Wesentlicher Teil der vorbereitenden Arbeiten im Auswerteteam Radiometrie waren die notwendigen Referenzmessungen parallel zu den durchgeführten Bildflügen. Es wurden Spektrometermessungen der ausgelegten Farbplänen, der Grasflächen der Umgebung und teilweise der Asphaltwege durchgeführt. Die Sonnenphotometermessungen weisen deutlich Zeiten mit Bewölkung vor der Sonne aus. Fokus soll daher zunächst auf die Flüge bzw. Flugabschnitte mit wolkenfreien Messungen gelegt werden.

Verschiedene Gruppen haben Feldbegehungen durchgeführt, um eine Aussage darüber zu erhalten, welche Kamera für welche Klassifikationsanforderungen besonders geeignet ist. Die unterschiedlichen Klassifizierungsschemata der Gruppen werden homogenisiert und die Erhebungen werden zusammengeführt. Aufgrund des langen Befliegungsfensters mussten die Begehungen im Zeitraum von Juni – Oktober erfolgen. Die erste Begehung fand bereits im Frühjahr statt. Diese Zeitfolge kann ggf. auch von Interesse sein.

An der Auswertung der Klassifizierungsuntersuchungen sind die Betreiber und Hersteller der Kameras vorrangig interessiert.

Auswerteteam Höhenmodelle

Als Referenz für die Bewertung der Höhendaten aus automatischer Bildzuordnung sind die Daten des LiDAR-Fluges vom 21.8.2008 verfügbar, die mit dem ALS50 System erfasst wurden. Somit kann für den zentralen Bereich des Testgebiets eine 3D LiDAR-Punktwolke bereitgestellt werden, die mit insgesamt zehn Fluglinien bei 45° FOV und einer Punktdichte von 5 Punkten/m² erfasst wurde. Ebenfalls zur Verfügung steht ein aus der Punktwolke abgeleitetes DOM mit 30 cm Rasterweite sowie ein Datensatz, bei dem aus der ursprünglichen Punktwolke Bodenpunkte herausgefiltert wurden.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der aus den Bilddaten abgeleiteten Höhenmodelle zu ermöglichen, soll von den an der Auswertung beteiligten Gruppen eine gemeinsame „Soll-Orientierung“ je Bildblock genutzt werden. Auf der Projektsitzung wurden besonders die Rolle der Zusatzparameter und deren Übernahme für die DHM-Generierung diskutiert. Wegen der fehlenden standardisierten Schnittstellen z. B. für Korrekturgitter wird die „Soll-Orientierung“ nach folgendem Verfahren bestimmt: Zunächst wird eine Aerotriangulation (AT) mit Zusatzparametern (hier 44 Parametermodell nach Grün) unter Verwendung aller Passpunkte gerechnet. In dieser AT werden die signifikanten Zusatzparameter und die ausgeglichenen Objektpunkte berechnet. In einem zweiten Schritt wird dann eine AT gerechnet, die keine Zusatzparameter mehr ansetzt, aber um den Einfluss der Zusatzparameter korrigierte Bildkoordinaten verwendet. Als Passpunkte werden alle ausgeglichenen Objektpunkte aus dem ersten Lauf als feste Beobachtung verwendet. Die sich ergebenden Orientierungsparameter liefern die zu nutzende „Soll-Orientierung“ für die bildbasierte Generierung der Höhendaten.

Um die Qualitätsanalyse und den Vergleich der Höhendaten für unterschiedliche topographische Situationen und Landbedeckungen zu ermöglichen, werden vom Auswerteteam geeignete Regionen definiert. In Zusammenarbeit mit dem Auswerteteam Stereoplotting soll zudem ein Vergleich der Ergebnisse der manuellen Messung mit den Resultaten der automatischen Auswertung erfolgen.

Auswerteteam Stereoplotting

Die Interessenten der Gruppe Stereoplotting teilen sich auf in den Bereich der Landnutzungs-/Waldschadenserfassung und in den Bereich der stereoskopischen Auswertung zur Erstellung von Digitalen Geländemodellen, Lageplänen und Karten, sowie Segmentierungen in den Höhendatensätzen.

Die vordringlich zu leistenden Arbeiten liegen im Bereich der stereoskopischen Auswertung für die Kartenerstellung in den vorliegenden Sensorsystemen mit den beiden Bodenaufösungen von 8 cm und 20 cm.

Es wurde eine Fokussierung auf die Bearbeitung von kleineren Teilflächen, z. B. Bereiche mit offener (Einfamilienhaus-) und innerstädtischer Bebauung, vereinbart.

Weiteres Vorgehen und Projekttreffen

Die bevorstehende DGPF-Jahrestagung in Jena bietet die Plattform zur erstmaligen Präsentation von Auswertergebnissen. Zwei 90-minütige Sitzungen stehen dafür zur Verfügung. Eine allgemeine Diskussionsrunde soll die Möglichkeit der weiteren Abstimmung der Arbeiten geben.

Für den Herbst 2009 ist dann ein Treffen in Stuttgart angesetzt. Termin für die ganztägige Veranstaltung ist **Dienstag, 6. Oktober 2009**. Die Anreise sollte am Vortag erfolgen, weil für den Abend ein Vortreffen geplant ist. Da die Untersuchungen im Projekt zu diesem Treffen im Herbst in gewissem Umfang abgeschlossen sein sollten, hat dieser Termin den Charakter eines ersten Abschlusstreffens.

Parallel sind Publikationen im Rahmen von weiteren Konferenzen und Workshops geplant.

Beteiligte Institutionen

Die nachfolgend angegebenen Institutionen haben bisher die Projektvereinbarung vorgelegt und sind damit aktiv an den Analysen des Datenmaterials beteiligt. Die Hersteller be-

kommen die Referenzdaten erst nach endgültiger Übergabe ihrer Datensätze an die Projektleitung ausgehändigt, sofern die Projektvereinbarung vorliegt:

Geografisches Institut, Heinrich Heine Universität Düsseldorf; Institut für Geoinformatik und Fernerkundung, Universität Osnabrück; Institut für Photogrammetrie und Geoinformation, Leibniz Universität Hannover; Institut für Photogrammetrie und Institut für Raumfahrtsysteme, Universität Stuttgart; Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, Technische Universität Graz; Labor für Photogrammetrie, Technische Fachhochschule Berlin; Institut für Geowissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung, ETH Zürich; Institut für angewandte Photogrammetrie und Geoinformation, FH Oldenburg;

Bundesamt für Geodäsie und Kartographie, Frankfurt/M.; Amt für Geoinformation, Vermessung- und Katasterwesen Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin; Landesamt für Vermessung und Geoinformation, München; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf;

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen; EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster; aphos Leipzig; C+B Technik, Markgröningen; Geosystems GmbH, Germering/Berlin; RAG Aktiengesellschaft, Herne;

Intergraph Z/I Imaging Ltd, Aalen; Trimble Holdings GmbH, Metric Imaging Dpt., Braunschweig; Vexcel Imaging GmbH, Graz; IGI mbH, Kreuztal.

Kontakt

MICHAEL CRAMER

Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie (ifp), Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart

michael.cramer@ifp.uni-stuttgart.de

Aktuelle Projektinformation unter www.dgpf.de/neu/projekt/DKEP-Allg.html

Presseinformation zur AGIT 2009

wissen.schafft.trends AGIT 2009 – Symposium und Fachmesse für Angewandte Geoinformatik, Universität Salzburg, 8. bis 10. Juli 2009

Wissen schafft Trends? Dem kann man in Hinblick auf das bevorstehende Programm der heurigen AGIT nur zustimmen, denn das jährlich stattfindende Symposium mit über 150 Fachvorträgen und Workshops präsentiert jedes Jahr zu Sommerbeginn neue Trends der GIScience und Angewandten Geoinformatik. Parallel zeigt die AGIT EXPO mit 70 ausstellenden Firmen, Verbänden und Behörden einem interdisziplinären Publikum Innovationen und Neuheiten, um somit neue Anregungen für die individuelle Fachbranche anzubieten. Stets um Marktorientiertheit bemüht zeigt sie Trends und Innovationen namhafter Unternehmen und Institutionen in einzigartiger Atmosphäre auf. Nach dem Rekordjahr 2008 werden wieder mehr als 1100 Fachbesucher erwartet.

Themenschwerpunkt: Innovationen in der Fernerkundung

Ein Highlight der AGIT 2009 ist der Themenschwerpunkt *Innovationen in der Fernerkundung* (INNOFE), wo Interessierten ein guter Überblick aktueller, angewandter Fernerkundungsprojekte geboten wird. Insbesondere Bilddaten neuer, digital aufzeichnender und extrem hoch auflösender Flugzeugsensoren stellen ein qualitativ sehr hochwertiges Material dar, um detaillierte und großmaßstäbige Informationen über die Beschaffenheit der Erdoberfläche zu erlangen. Ein weiteres Thema ist anschließend die Analyse dieser Bilddaten. Inwieweit Satellitenbilder der neuesten Generation mit Bodenauflösungen von höher als 0,5 m die klassischen Luftbilder ergänzen und/oder vielleicht sogar ersetzen können wird in einer abschließenden Diskussion erläutert.



Themenschwerpunkt Health GIS

Gesundheitsrelevante Fragestellungen werden zunehmend mit Methoden der Geoinformatik analysiert. HealthGIS ist ein Sammelbegriff für GIS Anwendungen und Forschungen an der Schnittstelle zwischen Geographie und Medizin. Mit einem Schwerpunkttag soll Themen aus den Bereichen Epidemiologie, Umweltmedizin, Gesundheitswesen, etc. eine Bühne geboten werden, um technische sowie konzeptionelle Aspekte zu diskutieren. Die Themenblöcke werden organisiert vom Arbeitskreis Medizinische Geographie der Deutschen Gesellschaft für Geographie.

Fachtagung Computerorientierte Geologie im Rahmen der AGIT 2009

Wie in den beiden Vorjahren wird die COG, im Sinne bestmöglicher Synergien, auch 2009 im Kontext der AGIT stattfinden. Die Arbeitsgruppe Computerorientierte Geologie (COG) ist ein Forum zur Diskussion aktueller Geo-Software und von Entwicklungstendenzen.

Folgende Themen stehen dieses Jahr auf dem Programm der COG:

- Online Datenerfassung
- Berührungslose Messverfahren
- 3D-Modellierung
- Geotechnische Analyse

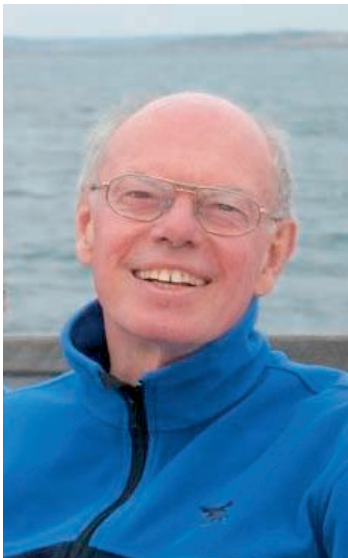
Information und Anmeldung:

www.agit.at

Persönliches

Dr. Reiner Schwebel ist verstorben

Diese Meldung der lokalen Tageszeitung „Schwäbische Post“ eine Woche vor Weihnachten machte seine ehemaligen Arbeitskollegen und Aalener Freunde fassungslos, war doch der 70-Jährige als einer der sportlichsten und fittesten in diesem Kreise bekannt. Am ersten schneereichen Wochenende dieses Winters auf der Schwäbischen Ostalb war er beim Skilanglauf in der Loipe zusammengebrochen, nachdem er noch kurz zuvor einen anderen Läufer überholt hatte. Der Notarzt konnte nur noch den Tod feststellen.



REINER SCHWEBEL wurde am 15. März 1938 in Wolfach geboren und wuchs auch im Schwarzwald auf. Nach dem Abitur absolvierte er das Studium des Vermessungswesens in Bonn und Karlsruhe, wo er 1962 das Hauptdiplom erwarb, und ging danach als Assistent zu Prof. KARL RAMSAYER an das Geodätische Institut der Universität Stuttgart. Dort promovierte er 1967 über das Thema „Untersuchung instrumenteller Fehler von Universal- und Passageinstrumenten mit Hilfe von Autokollimation“ zum Dr.-Ing., bevor er die Referendarzeit absolvierte.

Seine Dissertation machte ihn auch für die Instrumente bauende Industrie interessant, und so begann er am 1. April 1968, gleichzeitig mit dem Verfasser dieser Zeilen, bei CARL ZEISS in Oberkochen. Da gerade ein personeller Engpass in der Photogrammetrie-Entwicklung entstanden war, wurden beide den beiden Bildmess-Labors zugeordnet. Bereits nach sehr kurzer Zeit wurde REINER SCHWEBEL Laborleiter als Nachfolger von Dr. HANS-KARSTEN MEIER, als dieser die Technische Leitung „Geo-Bms“ von Dr. MARTIN AHREND übernahm, der zunächst zum Beauftragten und 1969 zum Mitglied der Geschäftsleitung von CARL ZEISS berufen worden war.

Nach der Pensionierung von Dr. WALTER BRUCKLACHER im Jahre 1975 wurden die drei Entwicklungs-Labore neu geordnet und in die Entwicklungsleitung Photogrammetrie unter der Leitung von SCHWEBEL und in die Abteilung Luftbildspezialsysteme (für Fernerkundung und Aufklärungskameras) aufgeteilt. Neben der Aufgabe der Labor- bzw. Abteilungsleitung war REINER SCHWEBEL als Projektleiter für eine große Anzahl der erfolgreichen Oberkochener Instrumentenentwicklungen der 1970er Jahre federführend und verantwortlich. Das waren zunächst neben den Ballistischen Messkammern BMK 46 und später BMK 75 für die Satellitengeodäsie die seinerzeit für den Geschäftserfolg wichtigen analogen Stereoauswertegeräte, also die Weiterentwicklung des 1967 vorgestellten PLANIMAT sowie die Neuentwicklung von PLANICART und PLANITOP. Zu dem Gebiet der graphischen Auswertung mit diesen Instrumenten gehörten auch die neuen Digitalzeichentische DZ 5 und später DZ 7. Außerdem leitete er die Entwicklung der numerischen Auswertung mit Hilfe elektronischer Registriergeräte, wie u. a. ECOMAT 11 und dessen Nachfolgeneration 12, durch die Weiterentwicklung des Präzisionskomparators PSK zum PSK 2, sowie durch die Neuentwicklung des Monokomparators PK 1 und des Punktmarkiergerätes PM 1. Insbesondere die beiden letztgenannten Geräte sind durch REINER SCHWEBELS Ideen geprägt und einzigartig gelungen. Davon zeugt auch

das besondere Messprinzip des hoch genauen PK 1, für das er als Alleinerfinder ein Patent erteilt bekam. In mehr als zwei Dutzend Veröffentlichungen, auch in dieser Zeitschrift, hat er über die genannten Geräteentwicklungen berichtet.

Im Zuge der Digitalisierung der photogrammetrischen Instrumente entstand zunehmend auch der Bedarf an gerätenaher, speichernder und unterstützender Auswertesoftware, die teilweise im Auftrag von externen Partnern unter seiner Betreuung entwickelt wurde. Auch wurde mit den ab 1976 von CARL ZEISS vorgestellten Analytischen Auswertesystemen wie PLANICOMP und ORTHOCOMP mit elektronischer Prozesssteuerung, Auswerte-Computern und komplexer Software die Geräte-Integration, die Installation und die Benutzerschulung sowie der „After-Sales-Service“ immer anspruchsvoller und war mit der bisherigen Bereichsstruktur Entwicklung / Produktion / Vertrieb / Service nicht mehr zu bewältigen. Aus diesem Grund wurde 1982 die Abteilung Systemtechnik gegründet und von REINER SCHWEBEL aufgebaut und geleitet. Diese Aufgabe nahm er erfolgreich wahr bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand im Jahre 1996.

Im Rahmen seiner Tätigkeit für CARL ZEISS unternahm REINER SCHWEBEL unzählige Auslandsreisen zu Kunden und zu Fachveranstaltungen. So war er in den 1980er Jahren u. a. auch nationaler Berichterstatter für die Kommission II der IGPF. Als Pensionär übernahm er die Leitung des Arbeitsausschusses „Photogrammetrie und Fernerkundung“ des Deutschen Instituts für Normung (DIN), die er 2005 in jüngere Hände übergab. Auf Grund seiner umfangreichen beruflichen Erfahrung hielt er auch Lehrveranstaltungen u. a. an der Technischen Universität München, die ihn dafür zum Honorar-Professor ernannte.

REINER hat mit seiner sozialen Aufgeschlossenheit und humorvollen Art auch die zwischenmenschlichen Aspekte seiner Kollegen und Mitarbeiter sowie seiner Freunde im privaten Umfeld geprägt. So gründete er den informellen Verein der Bildmess-Pensionäre und leitete diese, jetzt zwölf Jahre bestehende Gruppe bis zuletzt. Von regionaler Bedeutung ist sein Einsatz für den Deutschen Alpenverein, deren Aalener Bezirksgruppe er seit 1989 leitete. Auf seine Initiative hin entstand 2007

in Aalen auch eine 12 m hohe Kletterhalle, die sich überregionaler Beliebtheit erfreut. Gemeinsam mit Bergsteigerkollegen bezwang er mehrere Sechstausender, darunter den Kilimandscharo, den Mera Peak in Nepal sowie in Peru den Alpamayo und den 6870 m hohen Huascaran. Seine Fitness und Ausdauer dafür trainierte er bis zuletzt durch Laufen, Fahrradfahren, Klettern und Skilanglauf. Bei Letzterem ereilte ihn am 15. Dezember 2008 viel zu früh und unerwartet der Tod.

Eine große Trauergemeinde von Angehörigen, Freunden und Kollegen von nah und fern nahm eine Woche darauf an einer sehr bewegenden Trauerfeier teil und folgte seinem Sarg, der von Bergsteigerkameraden getragen wurde. Wir trauern mit seinen drei Töchtern und deren Familien, darunter sieben Enkelkinder, die erst vor vier Jahren auch ihre Mutter bzw. Großmutter nach langer schwerer Krankheit verloren hatten, um einen immer fröhlichen und hilfsbereiten Freund und Kollegen, der sich um die Photogrammetrie in Deutschland und im Kollegen- und Freundeskreis um die Gemeinschaft verdient gemacht hat.

DIERK HOBBIE, Königsbronn

Abschied von Professor Rudolf Burkhardt

Am 7. Januar 2009 ist Dr.-Ing. RUDOLF BURKHARDT, emeritierter ordentlicher Professor für Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Berlin, verstorben. Er war mit nahezu 98 Jahren das älteste Mitglied der *Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation* (DGPF) und seit 1982 ihr Ehrenmitglied.

RUDOLF KARL BRUNO BURKHARDT wurde am 23.2.1911 in Seidenberg in der Oberlausitz geboren. Nach dem Abitur in Görlitz begann er 1930 mit dem Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule Berlin, wo gerade der erste Lehrstuhl für Photogrammetrie eingerichtet worden war. Nach sechs Semestern legte er die 1. Staatsprüfung für Vermessungsingenieure in Preußen ab und begann im Januar 1934 beim Katasteramt Görlitz mit der weiteren Ausbildung als »Kan-

didat des höheren Vermessungsfaches«. Aber schon nach wenigen Monaten stieg er aus dem vorgezeichneten Weg aus, um 1935 nach einem Vertiefungsstudium an der TH Berlin die Diplomprüfung für Vermessungsingenieure abzulegen, die damals noch nicht allgemein üblich war. Vorübergehend war er bei der Zeiss-Aerotopograph GmbH in Jena tätig, um schon 1936 endgültig nach Berlin zurückzukehren. Er trat als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Hansa Luftbild GmbH ein, damals die größte Luftbildfirma der Welt. Dort lagen die Schwerpunkte seines Wirkens in der Passpunktbestimmung sowie in Studien zur Radialschlitztriangulation. Sein wissenschaftliches Interesse galt ferner der Stereoskopie, was 1941 zur Promotion an der TH Berlin mit der Arbeit »*Untersuchungen zur Frage der Bildtrennung beim stereoskopischen Messen*« führte.

Seine akademische Laufbahn begann Professor BURKHARDT kurz nach dem Zweiten Weltkrieg, als seine frühere Hochschule nunmehr als »Technische Universität« wieder eröffnet wurde. Sein akademischer Lehrer und Doktorvater, Prof. Dr.-Ing. OTTO LACMANN, gewann ihn als Mitarbeiter für die schwierige Zeit des Neuaufbaus. Danach erklomm er die akademische Stufenleiter in einem beeindruckenden Zwei-Jahres-Rhythmus: 1946 Assistent, 1948 Oberingenieur, 1950 Habilitation, 1952 apl. Professor und 1954 als Nachfolger von LACMANN nach dessen Emeritierung ordentlicher Professor für Photogrammetrie und Kartenkunde (später Kartographie).



In seinen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten knüpfte BURKHARDT an die von LACMANN geprägte Tradition an und widmete sich schwerpunktmäßig den so genannten Sonderanwendungen der Photogrammetrie. Das brachte vielfältige interdisziplinäre Kontakte mit sich. Hervorzuheben sind vor allem die Arbeiten zur photogrammetrischen Auswertung elektronenmikroskopischer Bilder, die wegen der speziellen Abbildungsgeometrie eigene Gerätekonstruktionen erforderlich machten. Vielseitig und umfangreich waren auch die Arbeiten zur Architekturphotogrammetrie sowie zur Lösung von Messaufgaben im Bauingenieurwesen. Mit besonderer Hingabe widmete sich BURKHARDT der Verbesserung des Anaglyphendruckes und der zugehörigen Filterbrillen. Neben vielen anderen theoretischen, praktischen und auch organisatorischen Arbeiten ist vor allem sein literarisches Hauptwerk zu nennen, die grundlegende Neubearbeitung des Teiles »*Photogrammetrie*« des Handbuchs der Vermessungskunde von Jordan/Eggert/Kneissl. Rund ein Drittel des dreibändigen Werkes hat BURKHARDT selbst verfasst und gemeinsam mit KARL RINNER leistete er die Herausgeberarbeit. Es kennzeichnet die Bedeutung des Werks, dass es auch in chinesischer Sprache erschienen ist.

Als er nach seiner Emeritierung im Frühjahr 1979 von den Lasten und Pflichten des Hochschullehrers befreit war, widmete sich Professor BURKHARDT neuen fachwissenschaftlichen Aufgaben. Dazu gehörten u. a. photogrammetrische Arbeiten zur Augenmedizin und zur numerischen Auswertung von elektronenmikroskopischen Stereobildern. Daneben war er als Obmann des DIN-Ausschusses für »*Photogrammetrie und Fernerkundung*« tätig. Mit großem Eifer widmete er sich der Geschichte des Fachs und schrieb ein Buch über die Entwicklung der photogrammetrischen Instrumente, das in sieben Sprachen veröffentlicht wurde. Die hohe Anerkennung, die seine fachlichen Leistungen gefunden haben, kommt auch darin zum Ausdruck, dass ihm außer der *Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung* auch der *Deutsche Verein für Vermessungswesen* und die *Deutsche Gesellschaft für Stereoskopie* die Ehrenmitgliedschaft verliehen haben.

Neben seinem Engagement als Hochschullehrer und seinen wissenschaftlichen Leistungen schätzten seine Studenten, Mitarbeiter und Kollegen an Professor BURKHARDT immer auch sein bescheidenes, ausgeglichenes Wesen und seine stets positive Lebenshaltung. Charakteristisch für ihn war, dass er seinen Mitarbeitern immer großen Freiraum gab und sie zu eigenen Leistungen motivierte. Diese unverwechselbaren Eigenschaften sind ihm erhalten geblieben und wahrscheinlich haben sie viel dazu beigetragen, dass er bis ins hohe Alter (das Bild zeigt ihn nach seinem 95. Geburtstag) seine optimistische Lebendigkeit behalten hat. Die photogrammetrische Fachwelt hat mit ihm eine profilierte Persönlichkeit verloren, die allen, die ihn kannten, als fachliches und menschliches Vorbild in Erinnerung bleiben wird.

JÖRG ALBERTZ, Berlin

Nachruf auf Prof. Dr.-Ing. Günther Kupfer

Am 2. Oktober 2008 verstarb mit 84 Jahren Herr Prof. Dr.-Ing. GÜNTHER KUPFER, em. o. Prof. für Photogrammetrie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.



GÜNTHER KUPFER wurde am 15.3.1924 in Zedlitz, Pommern geboren. Kurz vor Kriegsende wurde er noch eingezogen und erhielt eine Offiziersausbildung, so dass er erst 1946 in Flensburg das Abitur ablegen konnte. 1951 schloss er sein Studium der Geodäsie an der TU München ab. Nach der Referendarzeit in Kiel zog es ihn 1955 zurück nach München zu Prof. RICHARD FINSTERWALDER, wo er zunächst Assistent wurde und danach, als Nachfolger von Walther Hofmann, die Stelle eines ‚Konservators‘ erhielt. Das Thema seiner Promotion 1960 ‚Aerotriangulation an Stereoauswertegeräten mit Einzelmodellen‘ griff vor auf spätere Entwicklungen. Praktische Erfahrungen mit der Photogrammetrie machte er bis 1964 am Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen in Bonn-Bad Godesberg als Dezerent für Topographische Photogrammetrie, wo er wesentlich an der Einführung photogrammetrischer Verfahren für die Kartierung der Deutschen Grundkarte DGK 5 beteiligt war. In seiner Zeit als Assistent, Oberassistent und Oberingenieur bei Prof. MÖHLE in Bonn realisierte er sein Interesse an der hoch genauen Messtechnik mit Luftbildern, das 1970 seinen Niederschlag in der Habilitationsschrift ‚Zur Genauigkeit des Luftbildes‘ fand. Ein Jahr später, 1971, wurde er als dritter ordentlicher Professor an das 1925 gegründete Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn berufen.

Seine grundlegenden Arbeiten zur Systemkalibrierung photogrammetrischer Kameras setzte er mit zwei seinerzeit sehr bekannten Testfeldern, Reidt bei Bonn und Brecherspitze in den Alpen, südlich von München, um. Sie erlaubten ihm die Erfassung aller wesentlichen Einflüsse auf das für eine photogrammetrische Präzisionsvermessung zentrale perspektive Strahlenbündel. Bekannt wurde das Institut von GÜNTHER KUPFER durch seine Arbeiten in der Nahbereichsphotogrammetrie, vor allem auch durch die Entwicklung von leistungsfähiger und flexibler Software und die Erweiterung auf Anwendungen in der Mehrmedien-Photogrammetrie. Höhepunkt war sicher die photogrammetrische Vermessung der Wuppertaler Schwebebahn, ein Projekt, in dem sich das hohe Verantwortungsbewusstsein und die Führungskapazität von GÜNTHER KUPFER zeigten. In den letzten Jah-

ren weitete sich sein Interesse auf die Bildverarbeitung und die Fernerkundung aus, was sich in einer Kooperation mit den Agrarwissenschaften niederschlug und auch hier künftigen Entwicklungen vorgriff.

GÜNTHER KUPFER war immer sehr breit interessiert, offen für neue Fragestellungen und dank seiner analytischen Fähigkeiten überaus geschätzt: So arbeitete er mit in der Kommission ‚Grundproblem der Photogrammetrie‘ der Europäischen Organisation für Photogrammetrische Studien (OEEPE, heute EuroSDR) und in den Kommissionen I ‚Gewinnung der Ausgangsinformation‘ und III ‚Mathematische Grundlagen der Photogrammet-

rie‘ in der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung. Nach seiner Emeritierung im Jahre 1989 nahm er noch einige Jahre rege und interessiert am universitären Leben teil, um sich dann zunehmend seiner Familie und ganz besonders seinen Enkeln zu widmen.

Sein hohes Verantwortungsbewusstsein, sein gradliniges und verbindliches Wesen, seine Zuverlässigkeit und seine Authentizität machten ihn zu einem geschätzten Kollegen und haben eine Generation Studierende und Doktoranden geprägt.

WOLFGANG FÖRSTNER, Bonn

Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßt die DGPF:

Dr.–Ing. STEFFEN ABRAHAM, Hildesheim

MOHAMMAD ALIBRAHIM, Berlin

Dr. PETER ASCHENBERNER, Hannover

Dipl.–Ing. SVEN BALTRUSCH, Grambow

Dipl.–Geogr. ELISABETH BANASZEK, Gelsenkirchen

B.Sc. RAPHAELE BISCHOFF, Bottrop

Dr.–Ing. WOLFGANG BRINDÖPKE, Hannover

CHRISTIAN BRINKER, Waltrop

Dipl.–Ing. (FH) MARTIN DENDLER, Ludwigsburg

Dipl.–Ing. MARIEKE DUTTER, Wien, Österreich

Dipl.–Forstw. FRANK FRANKEN, Freising

Dipl.–Ing. RAINER GAFFGA, Wunstorf/Steinhude

Dipl.–Ing. MARCUS HEBEL, Ettlingen

JUDITH MARIA HEERING, Essen

Dr. BIRGIT HEIM, Halle

Dipl.–Ing. PETRA HELMHOLZ, Hannover

Dipl.–Geogr. VERENA HENRICH, Halle

Dipl.–Ing. BERNHARD HORST, Hannover

Dipl.–Geogr. PIA ISLE, Worms

Dipl.–Geogr. SYLVIA JASCHINSKI, Bochum

Dipl.–Ing. GERALD KAPOUN, Dresden

M.Sc. MELANIE KIRCHHÖFER, Oftersheim

Dipl.–Umweltwiss. SASCHA KLONUS, Osna-brück

Dipl.–Ing. HORST KREMERS, Berlin

Ing. REIMAR KRETZ, Hörsching, Österreich

NILS LAMMERT-SIEPMANN, Bochum

Dipl.–Ing. DIRK LEMP, Karlsruhe

DENISE LOEBERT, Witten

Dipl.–Ing (FH) TILLMANN LÜBKER, Karlsruhe

Dipl.–Geogr. THORSTEN MEWES, Bonn

ILIAS MOKOS, Cholargos, Griechenland

Dipl.–Ing. DAVID NOVÁK, Wettingen, Schweiz

Dipl.–Ing. SVEN OLTMER, Bad Zwischenahn

Dipl.–Ing. ANDREAS ROITZSCH, Euskirchen

Dipl.–Ing. LUTZ ROSS, Berlin

Dr. FRANZ ROTTENSTEINER, Hannover

CHRISTOPH SALBACH, Naumburg

Dr. ADRIAN SCHISCHMANOW, Hohen Neuendorf

MICHAEL SCHMITT, München

Dr. phil. HORST SCHÖTTLER, Kaiserslautern

PhD Dipl.–Ing. RALF SEILER, Dresden

Dr.–Ing. MICHAEL SPIEGEL, München

M.A. LARS STEBNER, Hamburg

B.Sc. MAXIMILIAN TIMM, Hattingen

ROBERT WANJA, Berlin

Dipl.–Ing. JAN D. WEGNER, Hannover

Dipl.–Ing. ALEXANDER WIEDEN, Berlin

ALEXANDER WINKLER, Berlin

Dipl.–Ing. MARCEL ZIEMS, Hannover

Dipl.–Ing. NICO ZIMMER, Neu-Isenburg

Neue Korporative Mitglieder – **Firmen:**

Brockmann Consult, Geesthacht

Jena-Optronik GmbH, Jena

trimetric 3D Service GmbH, Garbsen

Neue Korporative Mitglieder – **Hochschulen:**

TU Freiberg, RSG – Remote Sensing Group

Uni Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften

Veranstaltungskalender

2009

31. März – 2. April: **GEOINFORMATIK 2009**: Nutzen der Geoinformatik für Umwelt und Gesellschaft an der Universität **Osnabrück**. www.geoinformatik2009.de

4.–8. Mai: **7th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation** in **Berlin**. www.dlr.de/iaa.symp

20.–22. Mai: **5th GRSS / WG III/5 Workshop on Data Fusion & Remote Sensing over Urban Areas (URBAN 2009)** in **Shanghai, China**. www.urban-remote-sensing-2009.org.cn

2.–5. Juni: **12th AGILE International Conference on Geographic Information Science – Advances in GIScience** und Hannover Workshop „**High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information**“ an der Leibniz Universität **Hannover**, www.agile2009.de und www.ipi.uni-hannover.de/ipi_ws_2009.html

15.–19. Juni: **GSDI 11 World Conference "Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to Address Global Challenges"** in **Rotterdam, Niederlande**. gsdi.org/gsd11/

16. Juni: **3. Hamburger Anwenderforum Terrestrisches Laserscanning** an der Hafen-City Universität **Hamburg**. www.hcu-hamburg.de/geomatik/tls2009/

17.–19. Juni: **ISPRS WG VI/1+2 Workshop on E-Learning Tools, Techniques and Applications** in **Potsdam**. www.igg.tu-berlin.de/ISPRS/workshop09

24.–26. Juni: **27th Urban Data Management Symposium** in **Ljubljana, Slowenien**. www.udms.net

1.–2. Juli: **9th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques** in **Wien**. info.tu-wien.ac.at/ingeo/optical3d/

7.–10. Juli: **Geoinformatics Forum Salzburg (GI_Forum2009)**. www.gi-forum.org/

21.–24. Juli: **6th International Symposium on Mobile Mapping Technology – MMT'09** in **Presidente Prudente, Brasil**. www.fct.unesp.br/eventos/simposio/mmt09/ingles/

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Zum Titelbild

3D-Modell der Kirche Raduhn aus terrestrischen Laserscanningdaten



Die auf der Titelseite abgebildete Kirche wurde mit der Software Highlight Pro V3 visualisiert, nachdem sie aus terrestrischen Laserscanningdaten (farbkodierte Punktwolke im kleinen Bild links oben) als dreidimensionales (3D) CAD-Modell (kleines Bild rechts) konstruiert wurde.

Die Kirche befindet sich in dem kleinen Dorf Raduhn im Landkreis Parchim, Mecklenburg-Vorpommern. Das Dorf wurde erstmals in einer Heiratsurkunde vom 23. November 1264 erwähnt, jedoch existieren keine weiteren Unterlagen über die Errichtung der Kirche. In den Jahren 1857 bis 1859 wurde die „alte Kirche“ unter Großherzog Friedrich Franz II komplett im neugotischen Stil umgebaut, der sich heute in den zahlreiche Spitzbögen der Fenster und Türen widerspiegelt. Die Mischung aus den zum Großteil noch vorhandenen Felswänden und den Ziegelsteinen ist Zeitzeuge dieser gravierenden Umbaumaßnahme. An der Fassade sind im Mauerwerk Bögen und zugemauerte Fenster als weitere Anzeichen einer erweiterten Kirche vorhanden. Das Gebäude umfasst einen Grundriss

von ca. 7×8 Meter und eine Firsthöhe von etwa 15 Meter. Der Turm an der Westseite erreicht eine Höhe von 24 Meter.

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde die Kirche zu Raduhn durch digitale Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning 3D erfasst und anschließend modelliert. Die Aufnahme erfolgte mit einer digitalen Spiegelreflexkamera und mit dem 3D-Laserscanner-System GS100 von Trimble. Von der Kirche wurde anschließend aus der photogrammetrischen Aufnahme (Mehrbildtriangulation) und aus der 3D-Punktwolke des Laserscanners jeweils ein 3D CAD-Modell erstellt. Beide Verfahren wurden von der Projektplanung über die Objektaufnahme bis zur Auswertung hinsichtlich Effizienz und Genauigkeit miteinander verglichen und beurteilt. Die Ergebnisse wurden außerdem mit Referenzdaten aus einer geodätischen Messung (Tachymeteraufnahme) verglichen. Diese Kirche wurde wie viele andere Kirchen im Land Mecklenburg-Vorpommern im Rahmen eines größeren Projektes zur Dokumentation bisher mit konventionellen geodätischen Methoden aufgenommen. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass sich die Verfahren der digitalen Architekturphotogrammetrie und des terrestrischen Laserscannings jeweils allein oder in Kombination hinsichtlich Genauigkeit, Detailreichtum und Effizienz als alternative Methoden zur klassischen geodätischen Baudokumentation anbieten. Die hohen Anschaffungs- und Ausbildungskosten für terrestrische Laserscanner stellen bei solch einem Vergleich einen kritischen Aspekt dar.

Nähere Informationen über dieses Pilotprojekt sind in den Publikationen der DGPF **15**, Seiten 247–256 zu finden.

THOMAS KERSTEN
HafenCity Universität Hamburg
Department Geomatik, Hebebrandstrasse 1
22297 Hamburg
thomas.kersten@hcu-hamburg.de

Neuerscheinungen

MANFRED EHLERS, KAI BEHNCKE, FRIEDRICH-WILHELM GERSTENGARBE, FLORIAN HILLEN, LOTHAR KOPPERS, LUDWIG STROINK & JOACHIM WÄCHTER (Hrsg.), 2008: Digital Earth Summit on Geoinformatics 2008: Tools for Global Change Research. XIV, 274 Seiten, Softcover, ISBN 978-3-87907-486-0, Wichmann, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm, Heidelberg.

CHRISTINE ANDRAE, JENS FITZKE & ALEXANDER ZIPF (Hrsg.), 2009: OpenGIS essentials Spatial Schema – ISO 19107 und ISO 19137 vorgestellt und erklärt. 232 Seiten, kartoniert, ISBN 978-3-87907-473-3, Wichmann, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm, Heidelberg.

MARKUS REINDEL & GÜNTHER A. WAGNER (Hrsg.), 2009: New Technologies for Archaeology: Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru (Natural Science in Archaeology). 512 Seiten, 220 farbige Abb., gebundene Ausgabe, ISBN 978-3540-87437-9, Springer, Berlin.

MARTIN DODGE, MARY McDERBY & MARTIN TURNER (Eds.), 2008: Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications. 348 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-51511-2, Wiley-Blackwell.

SPENCER CHAINEY & LISA TOMPSON (Eds.), 2008: Crime Mapping Case Studies: Practice and Research. 180 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-51511-2, Wiley-Blackwell.

ALASTAIR RUFFELL & JENNIFER MCKINLEY, 2008: Geoforensics. 340 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-05734-6, Wiley-Blackwell.

VICTOR MESEV, 2007: Integration of GIS and Remote Sensing. 312 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-86410-4, Wiley-Blackwell.

BRUCE DOUGLAS, 2008: Achieving Business Success with GIS. 166 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-72724-9, Wiley-Blackwell.

JAMES B. PICK, 2007: Geo-Business: GIS in the Digital Organization. 416 pages, Hardcover, ISBN 978-0-471-72998-3, Wiley-Blackwell.

PRAGYA AGARWAL & ANDRE SKUPIN (Eds.), 2008: Self-Organising Maps: Applications in Geographic Information Science. 214 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-02167-5, Wiley-Blackwell.

MICHAEL N. DEMERS, 2008: Fundamentals of Geographical Information Systems. 4th Edition, 443 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-12906-7, Wiley-Blackwell.

RICHARD L. CHURCH & ALAN T. MURRAY, 2008: Business Site Selection, Location Analysis and GIS. 320 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-19106-4, Wiley-Blackwell.

FAY HUANG, REINHARD KLETTE & KARSTEN SCHEIBE, 2008: Panoramic Imaging: Sensor-Line Cameras and Laser Range-Finders. 284 pages, Hardcover, ISBN 978-0-470-06065-0, Wiley-Blackwell.

GEORG GARTNER & KARL REHRL (Eds.), 2009: Location Based Services and TeleCartography II. XXIX, 456 pages, 203 illus., Hardcover, ISBN: 978-3-540-87392-1, Springer, Berlin.

Korporative Mitglieder

Firmen

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

Behörden

Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr
 Amt für ländliche Räume Husum
 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
 Bundesmin. für Ern., Landw. und Verbraucherschutz
 DB Netz AG
 Hess. LA für Bodenmanagement und Geoinformation
 Innenministerium NRW, Gruppe Vermessungswesen
 Inst. für Umwelt- und Zukunftsforschung
 LA für Vermessung und Geoinformation, Bayern
 Landesbetrieb Geoinformation und Verm., Hamburg
 Landesvermessung und Geobasisinformation
 Nieders.
 Landesvermessungsamt Baden-Württemberg
 Märkischer Kreis, Vermessungs- und Katasteramt
 Regierungsprä. Stuttgart, LA für Flurneueordnung
 Regierungsprä. Tübingen, Abt. 8 Forstdirektion
 Regionalverband Ruhr
 Staatsbetrieb Sachsenforst Pirna
 Stadt Bocholt, Fachbereich 31
 Stadt Düsseldorf, Vermessungs- und Katasteramt
 Stadt Köln, Amt für Liegensch., Verm. und Kataster
 Stadt Wuppertal, Verm., Katasteramt und Geodaten
 Thüringer LA für Vermessung und Geoinformation

Hochschulen

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