

# vgi

# Vermessung & Geoinformation

 TOPCON



IS Imaging Station



[www.am-laser.at](http://www.am-laser.at)

## ***The Austrian Geoid 2007***

*R. Pail, N. Kühtreiber, B. Wiesenhofer, B. Hofmann-Wellenhof, G. Of, O. Steinbach, N. Höggerl, E. Imrek, D. Ruess, C. Ullrich*

## ***Range Imaging: 3D-Punktwolken in Echtzeit***

*W. Karel*

## ***Genauigkeit der von Laien durchgeführten horizontalen Seitenmessung***

*G. Navratil, M. Hackl*





Österreichische Zeitschrift für  
**Vermessung &  
Geoinformation**

**Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation  
und der Österreichischen Geodätischen Kommission**

96. Jahrgang 2008

Heft: 1/2008

ISSN 0029-9650

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Stefan Klotz  
Stellvertreter: Dipl.-Ing. Ernst Zahn  
Dipl.-Ing. Andreas Pammer

A-1025 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

Internet: <http://www.ovg.at>

*R. Pail, N. Kühnreiter, B. Wiesenhofer, B. Hofmann-Wellenhof, G. Of, O. Steinbach,  
N. Höggerl, E. Imrek, D. Ruess, C. Ullrich:*

**The Austrian Geoid 2007** **3**

*W. Karel:*

**Range Imaging: 3D-Punktwolken in Echtzeit** **15**

*G. Navratil, M. Hackl:*

**Genauigkeit der von Laien durchgeführten horizontalen  
Seitenmessung** **27**

**Recht und Gesetz** **37**

**Veranstaltungskalender** **45**

**Mitteilungen und Tagungsberichte** **46**

# Impressum



**Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und der Österreichischen Geodätischen Kommission**

96. Jahrgang 2008 / ISSN: 0029-9650  
<http://www.ovg.at>

**Herausgeber und Medieninhaber:** Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien zur Gänze. Bankverbindung: Österreichische Postsparkasse BLZ 60000, Kontonummer PSK 1190933. ZVR-Zahl 403011926.

**Präsident der Gesellschaft:** Dipl.-Ing Gert Steinkellner, Tel. (01) 21110-2714, Fax (01) 21110-4624, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien.

**Sekretariat der Gesellschaft:** Dipl.-Ing. Karl Haussteiner, Tel. (01) 21110-2311, Fax (01) 2167551, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien.

**Schriftleitung:** Dipl.-Ing. Stefan Klotz, Tel. (01) 21110-3609, Dipl.-Ing. Ernst Zahn, Tel. (01) 21110-3209, Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. (01) 21110-5336, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien. Fax (01) 2167551, Email: [vgi@ovg.at](mailto:vgi@ovg.at).

**Manuskripte:** Bitte direkt an die Schriftleitung senden. Es wird dringend ersucht, alle Beiträge in digitaler Form auf Diskette zu übersenden. Genaue Angaben über die Form der Abfassung des Textteiles sowie der Abbildungen (Autoren-Richtlinien) können bei der Schriftleitung angefordert werden. Beiträge können in Deutsch oder Englisch abgefaßt sein; Hauptartikel bitte mit einer deutschsprachigen Zusammenfassung und einem englischen Abstract einsenden. Namentlich gezeichnete Beiträge geben die Meinung des Autors wieder, die sich nicht mit der des Herausgebers decken muß. Die Verantwortung für den Inhalt des einzelnen Artikels liegt daher beim Autor. Mit der Annahme des Manuskriptes sowie der Veröffentlichung geht das alleinige Recht der Vervielfältigung und Wiedergabe auf den Herausgeber über.

**Copyright:** Jede Vervielfältigung, Übersetzung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie

Mikroverfilmung der Zeitschrift oder von in ihr enthaltenen Beiträge ohne Zustimmung des Herausgebers ist unzulässig und strafbar. Einzelne Photokopien für den persönlichen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen davon angefertigt werden.

**Anzeigenbearbeitung und -beratung:** Dipl.-Ing. Stefan Klotz, Tel. (01) 21110-3609, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien. Unterlagen über Preise und technische Details werden auf Anfrage gerne zugesendet.

**Erscheinungsweise:** Vierteljährlich in zwangloser Reihenfolge (1 Jahrgang = 4 Hefte). Auflage: 1200 Stück.

**Abonnement:** Nur jahrgangswise möglich. Ein Abonnement gilt automatisch um ein Jahr verlängert, sofern nicht bis zum 1.12. des laufenden Jahres eine Kündigung erfolgt. Die Bearbeitung von Abonnementangelegenheiten erfolgt durch das Sekretariat. Adressänderungen sind an das Sekretariat zu richten.

**Verkaufspreise:** Einzelheft: Inland 15 €, Ausland 18 €; Abonnement: Inland 50 €, Ausland 60 €; alle Preise exclusive Mehrwertsteuer. OVG-Mitglieder erhalten die Zeitschrift kostenlos.

**Satz und Druck:** Buchdruckerei Ernst Becvar Ges.m.b.H., A-1150 Wien, Lichtgasse 10.

**Offenlegung gem. § 25 Mediengesetz**

**Medieninhaber:** Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien zur Gänze.

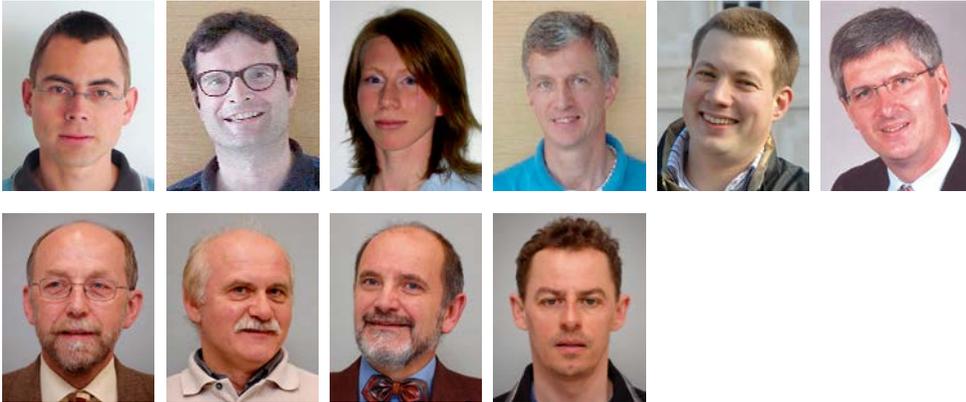
**Aufgabe der Gesellschaft:** gem. § 1 Abs. 1 der Statuten (gen. mit Bescheid der Sicherheitsdirektion Wien vom 08.04.2003): a) die Vertretung der fachlichen Belange der Vermessung und Geoinformation auf allen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Anwendung, b) die Vertretung aller Angehörigen des Berufsstandes, c) die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Kollegen der Wissenschaft, des öffentlichen Dienstes, der freien Berufe und der Wirtschaft, d) die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, e) die Herausgabe einer Zeitschrift mit dem Namen „Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation“ (VGI).

**Erklärung über die grundlegende Richtung der Zeitschrift:** Wahrnehmung und Vertretung der fachlichen Belange aller Bereiche der Vermessung und Geoinformation, der Photogrammetrie und Fernerkundung, sowie Information und Weiterbildung der Mitglieder der Gesellschaft hinsichtlich dieser Fachgebiete.



ÖSTERREICHISCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION  
ÖGK

## The Austrian Geoid 2007



*Roland Pail, Norbert Kühtreiber, Bernadette Wiesenhofer, Bernhard Hofmann-Wellenhof, Günther Of, Olaf Steinbach, Graz; Norbert Höggerl, Erich Imrek, Diethard Ruess, Christian Ullrich, Vienna*

**Dieser Beitrag wurde als „reviewed paper“ angenommen.**

### Abstract

In the framework of the project “The Austrian Geoid 2007” (GEOAUT), funded by the Austrian Research Promotion Agency (Forschungsförderungsgesellschaft – FFG), a new Austrian geoid solution has been computed. Compared to the official Austrian geoid model, the accuracy could be significantly improved mainly due to the substantially enhanced quality of the input data. A new digital terrain model (DTM) has been assembled as a combination of highly accurate regional DTMs of Austria and Switzerland, complemented by data of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) in the neighbouring countries. In addition to a thoroughly validated data base of gravity anomalies and deflections of the vertical, new measurements of deflections of the vertical in the South-East of Austria as well as GPS/levelling information have been incorporated. Finally, these terrestrial data have been combined with global gravity field information represented by a recent GRACE gravity field model, leading to a significantly improved representation of the long to medium wavelengths of the solution. Several strategies for the optimum combination of different (global and local) data types, including optimum weighting issues, have been investigated. For the final geoid solution, the Least Squares Collocation (LSC) technique, representing the most frequently used approach, has been selected. The new geoid solution, including covariance information, has been thoroughly validated both internally and externally.

**Keywords:** Geoid, Least Squares Collocation, Global gravity model, Digital terrain model, Gravity anomaly, GPS, Levelling

### Kurzfassung

Im Rahmen des Austrian Space Applications Programme (ASAP), Phase 3, gefördert durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft m.b.H. (FFG), wurde eine Neuberechnung des österreichischen Geoids (Projekt GEOAUT) realisiert. Dieses Projekt wurde gemeinsam von den Instituten für Navigation und Satellitengeodäsie (Projektleitung) und für Numerische Mathematik der TU Graz durchgeführt. Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) wirkte als beratender Partner mit und stellte Daten zur Verfügung.

Hauptziel von GEOAUT war die Berechnung einer Geoidlösung für Österreich als Kombination einerseits aus terrestrischen lokalen Schwerefeldbeobachtungen (Schwereanomalien, Lotabweichungen, „direkten“ Geoidbeobachtungen als Differenz zwischen mittels GPS gemessenen geometrischen Höhen und aus dem Präzisionsnivelement erhaltenen orthometrischen Höhen in identischen Punkten) und andererseits aus einem globalen Schwerefeldmodell basierend auf der Satellitenschwerefeldmission GRACE. Das globale Schwerefeldmodell trägt primär die langwellige Schwerefeldinformation und ermöglicht die Lagerung der lokalen Lösung in einem globalen Bezugsrahmen.

Im Rahmen des Projektes wurde die Datenbank der lokalen Schwerefelddaten erweitert, validiert, homogenisiert und durch Neumessung von ca. 15 Lotabweichungspunkten ergänzt. Letztlich wurden ca. 14000 Schwereanomalien, 672 Lotabweichungspaare und 161 GPS/Nivellementpunkte verwendet. Hinsichtlich der globalen Komponente wurde das GRACE-Schwerefeldmodell EIGEN-GL04S verwendet. Weiters wurde ein digitales Geländemodell für Zentraleuropa



als Kombination der hochauflösenden Geländemodelle von Österreich und der Schweiz (DHM25), sowie einem Geländeoberflächenmodell, abgeleitet aus Daten der Space-Shuttle-Topografiemission SRTM, in den Nachbarländern erstellt.

Methodologisch wurden alternative Berechnungsansätze zur optimalen Kombination dieser unterschiedlichen Datentypen, wie z.B. Reihenentwicklungen basierend auf harmonischen Basisfunktionen, Multi-Resolution Analysis unter Verwendung sphärischer Wavelets und schnelle Randelementmethoden (Multipolmethode, ACA, H-Matrizen) untersucht, sowie das funktionale Konzept der Standardmethode der Kollokation (Least Squares Collocation, LSC) erweitert.

Zur Berechnung der finalen Geoidlösung wurde letztlich die LSC-Methode verwendet. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die optimale relative Gewichtung der einzelnen Datentypen gelegt. Die Geoidlösung sowie die zugehörige geschätzte Genauigkeitsinformation wurden durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen evaluiert. Die (externe) Genauigkeit dieser Lösung beträgt 2–3 cm. Verglichen mit dem bisherigen offiziellen österreichischen Geoid, stellt dies eine signifikante Verbesserung dar. Dies ist hauptsächlich auf die wesentlich bessere Qualität der Eingangsdaten, sowohl hinsichtlich der Schweredatenbank und des digitalen Höhenmodells, aber auch auf die genauere Repräsentation der langwelligen Komponente aufgrund des globalen GRACE-Modells zurückzuführen. Zukünftiges Verbesserungspotential besteht vor allem in den Grenzregionen, da die verfügbare Datenquantität und -qualität in manchen Nachbarländern unzureichend ist. Aus wissenschaftlicher Sicht stellen die theoretischen Weiterentwicklungen von Methoden zur optimalen Kombination von lokaler und globaler Schwerefeldinformation sowie deren praktische Umsetzung ein interessantes Feld für zukünftige Forschungsaufgaben dar.

**Schlüsselwörter:** Geoid, Least Squares Collocation, Globales Schwerefeldmodell, Digitales Geländemodell, Schwereanomalie, GPS, Präzisionsnivellement

## 1. Introduction

The first determination of the Austrian geoid was realized as a pure astrogeodetic solution in 1987 using about 650 observations of deflections of the vertical ([4], [26]). In 1998, with the availability of a sufficient amount of gravity anomaly data for the Austrian territory and neighbouring countries, a first gravimetric geoid was computed ([15]). Consequently, in the frame of the project “Austrian Geoid 2000“, a combined high-precision geoid solution, based on about 5800 gravity anomaly data, 650 deflections of the vertical, and complemented by about 100 GPS/levelling observations, was processed ([16], [5]). Although the overall quality of this solution was very good, local distortions of a separate astrogeodetic solution in the Eastern part of Austria as well as long-wavelength error structures showed up.

This fact led to the project “The Austrian Geoid 2007“ (GEOAUT), initiated by the Institute of Navigation and Satellite Geodesy (INAS), Graz University of Technology, which was performed in the frame of the Austrian Space Applications Programme (ASAP), Phase 3, funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG). This project has been performed in the years 2006 and 2007 as a joint effort of the INAS, the Institute of Computational Mathematics, Graz University of Technology, as well as the Federal Office of Metrology and Surveying (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen – BEV) as data provider, consultant, and external evaluator of the output products. The main objective of GEOAUT was

the recomputation of a combined geoid model for the Austrian territory, incorporating on the one hand terrestrial gravity data (gravity anomalies, deflections of the vertical, GPS/levelling observations) and on the other hand satellite data from the dedicated gravity field mission GRACE ([11]) to stabilize the solution particularly concerning its medium and long wavelength content. For the local refinement, the gravity field and height data bases have been extended, reprocessed, and (re-)evaluated by a joint effort of INAS and BEV.

The first steps were the pre-processing of the terrestrial gravity data, the assembling of an enhanced digital terrain model, and the computation of a global satellite gravity model mainly from GRACE data by numerical integration applied to the observational equations of both GRACE K-band range and range-rate data ([11]). In the near future, also the incorporation of data from the satellite gravity gradiometry mission GOCE ([7]) is envisaged, yielding a substantially higher spatial resolution than GRACE. In parallel, several methods for the optimum combination of these different data types have been investigated, analyzed, assessed, and compared:

- tailored series expansions (based on spherical harmonic (SH) base functions; [27]);
- multiresolution analysis and spherical wavelet techniques (e.g., [25]);
- Least Squares Collocation (LSC; [20]);
- fast multipoles approach and algebraic approximation methods (e.g., [21], [24]).

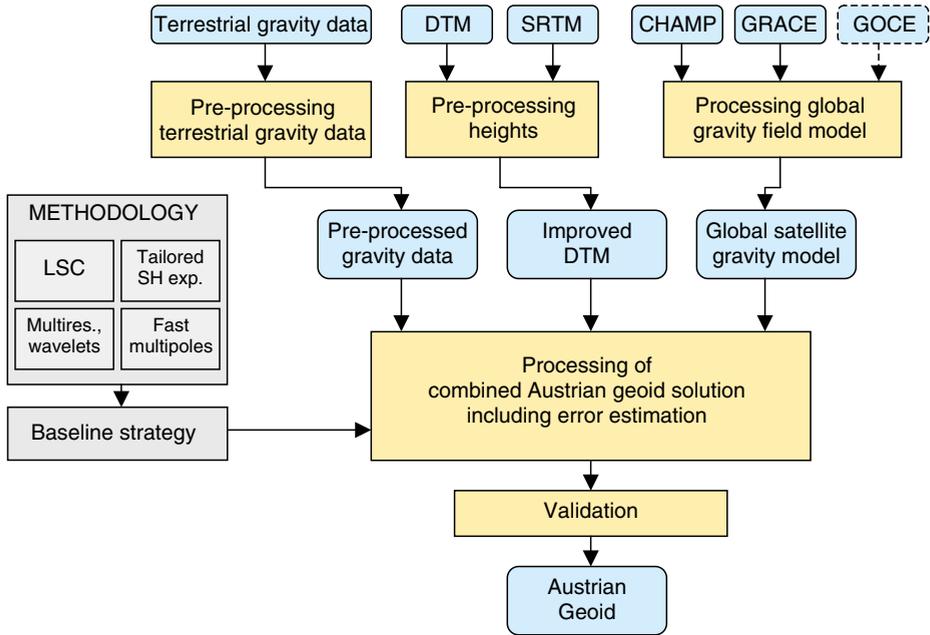


Fig. 1: GElOnAUT architecture, processing and data flow.

After a thorough assessment of these methods, finally the LSC approach turned out to be the currently most mature technique to be applied for the final Austrian geoid solution. This final solution was validated internally by applying several strategies as described in this paper, and externally by the BEV. The final output product, a new Austrian geoid solution, is complemented by corresponding error estimates.

Fig.1 shows the overall architecture of the GElOnAUT project including the main components and the data flow.

**2. Data**

**2.1 Gravity data base**

The original gravity data set is composed of about 122000 points in Austria and its neighbourhood with a quite inhomogeneous data distribution. However, LSC results become more stable if the input data is rather homogeneous, and for the geoid computation a smaller number of gravity data is by far sufficient. Based on numerical case studies concerning the prediction error of different input data distributions, finally an average distance among the gravity anomaly observations of 4 km has been chosen and the number of gravity data has been reduced accordingly, using as the primary selection criterion the accuracy information assigned to the data sets. This procedure resulted in 14001 stations (5036

stations in Austria, 8965 stations in the neighbouring countries) and the data distribution shown in Fig. 2 a. While the distribution in the Austrian territory is very homogeneous, there are still regions in the neighbourhood of Austria with potential for further improvement. The data distribution in the Czech Republic as well as in Slovakia is too sparse. Concerning Germany, the data distribution should be denser in the region near the border between Upper Austria and Bavaria. Another problematic region is the northern part of Slovenia where accurate gravity data is heavily missing.

The internal consistency of this gravity anomaly data set has been validated by separating this data set into two sub-sets, using one of them as the input of a LSC procedure, predicting gravity anomalies at the stations of the complementary data set, and, finally, comparing the residuals between predicted and measured values.

**2.2 Deflections of the vertical data base**

During the evaluation of the former Austrian geoid solution ([16]), the comparison of the astrogeodetic with the gravimetric geoid revealed quite large discrepancies especially in the South-East of Austria. According to [16], the sparse distribution of deflections of the vertical in this region is mainly responsible for these differences.

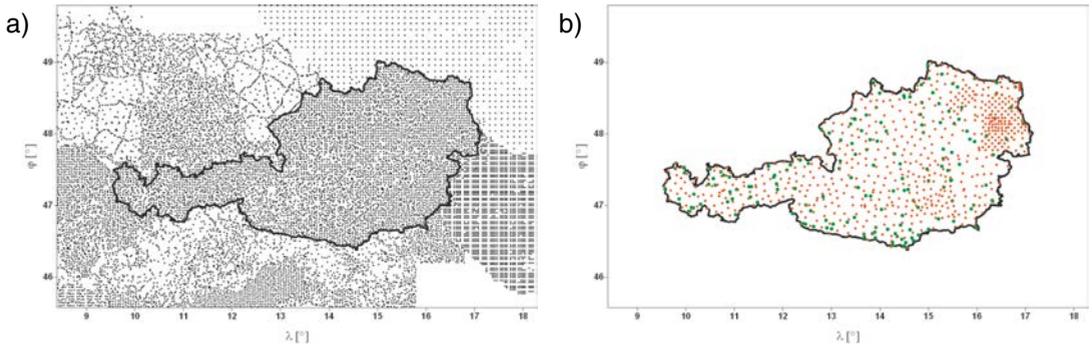


Fig. 2: a) Data set of gravity anomalies reduced to approximately  $4 \times 4$  km average distance (14001 stations); b) deflections of the vertical (red; 672 stations), and GPS/levelling observations (green; 161 stations).

Several numerical case studies based on LSC have been conducted for this region. Indeed, the results indicate that an insufficient distribution of measured deflections of the vertical, but also erroneous measurements, are responsible for these inconsistencies ([28], [29]). Therefore, additional stations of deflections of the vertical were selected to be measured in order to densify the distribution and also to evaluate the values of already existing suspicious observations ([30]). The new measurements have been performed using the system ICARUS ([1]), which represents an online observation system for rapid and easy determination of the direction of the plumbline in terms of astronomical latitude and longitude as needed for the computation of deflections of the vertical. This software package, which was developed at the Geodesy and Geodynamics Lab (GGL) at ETH Zurich and was kindly provided for a period of 2 months in September and October 2006, is complemented by a theodolite, which is driven by servo motors, a GPS receiver which is used for time synchronization and event marking, and a notebook with the driver software installed. At 12 stations new deflections of the vertical were measured, and additionally, at 3 already existing stations (where the data base values have been identified to be suspicious) the results could be significantly improved. A detailed documentation of the ICARUS measurement campaign and the results can be found in [28]. In total, now the data base consists of 672 deflections of the vertical (cf. Fig. 2 b) with an assumed accuracy of 0.8 to 1 arcsec.

### 2.3 Digital Terrain Model (DTM)

The current Austrian digital height model, provided by the BEV, has a uniform resolution

of  $1.40625''$  (in latitude)  $\times$   $2.34375''$  (in longitude), or, equivalently, approximately  $44 \times 49$  m. It is originally based on a photogrammetrically determined digital terrain model ([12], [10]) and refers to the Austrian system MGI. For the purpose of this project, the DTM (and consistently also all other data sets, e.g., the gravity data base) was transformed to the WGS84 reference frame. For the border region of Switzerland, six blocks of the Swiss high-resolution DHM25 were kindly provided by the Swiss Federal Office of Topography (swisstopo). This DTM has a uniform resolution of  $1'' \times 1''$ , refers to ETRS89 (horizontal) and LN02 (vertical), and, thus, was transformed to WGS84 as well. After a resampling of the DHM25 to the Austrian grid spacing and a thorough analysis and comparison of the two regional DTMs in the overlapping regions, no significant offsets and systematic discrepancies could be detected. Finally, the two data sets have been merged, using DHM25 in the Swiss territory and the Austrian DTM in the Austrian territory. Since no high-resolution digital terrain information was available for the other neighbouring countries, data from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM; [8]) has been used. The output of this mission is a  $3'' \times 3''$  consistent digital surface model of the Earth from  $56^\circ$  S to  $60^\circ$  N. Due to the fact that SRTM does not provide the height of the terrain, but surface heights (the radar beam of SRTM is reflected by natural and artificial objects such as trees and buildings), a correction had to be applied using Corine Land Cover (CLC90; [6]) data. Further, data gaps, so called voids, which occur in regions where the radar reflection was too weak to be measured, e.g., mountainous areas, had to be filled by applying refined interpolation strategies. Details on the processing of SRTM data can be found in [19].

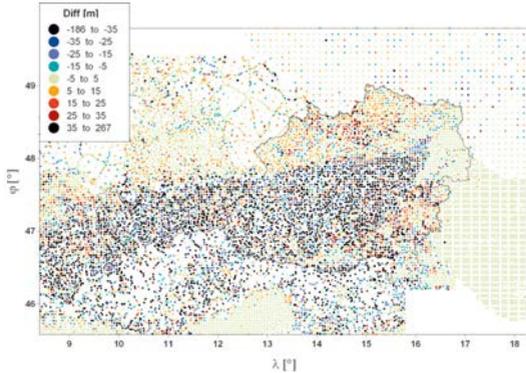


Fig. 3: Differences between the station heights of the gravity observation points and the height model used for the former geoid computation ([16], [12]).

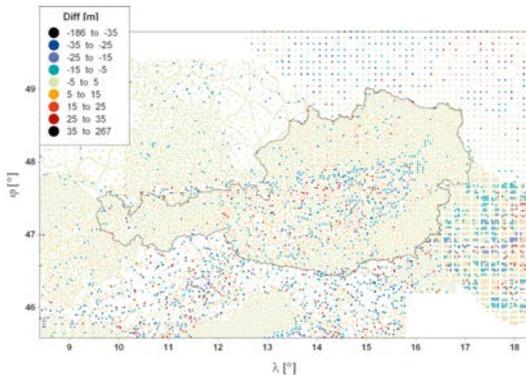


Fig. 4: Differences between the station heights of the gravity observation points and the newly established height model used for GEOAUT.

Fig. 3 and 4 demonstrate the substantial improvement of the newly generated height data base compared to the height model formerly used ([16], [17]). Figure 3 shows the deviations of the orthometric height information assigned to the gravity field data points (cf. section 2.1) from the heights used for the former geoid solution, while Fig. 4 shows the differences to the new height model. Concerning the former model, large discrepancies appear especially in the Alpine region. In contrast, for most of the Austrian gravity data points the height difference between the height of the gravity point and the newly established DTM is small. The degree of improvement of the new model is smaller in the neighbouring countries, which is mainly due to the lower quality of the station heights of the gravity data points (e.g., Slovenia, Northern Italy, Czech Republic and Slovakia), i.e., it can safely be assumed that the accuracy of the SRTM heights

incorporated in the new DTM is better than the given station heights. The only country where the differences turned out to be slightly worse was Hungary. However, this effect has been neglected due to its relative small impact. During the following computation process, all gravity field observations showing a difference larger than 35 m between station height and DTM height have been omitted.

### 2.4 GPS/levelling data base

In total, 161 stations where both highly precise ellipsoidal heights  $h_{ell}$  and orthometric heights  $H$  resulting from precise spirit levelling (using surface gravity measurements) are available (cf. Fig. 2 b), have been used to derive direct observations of geoid heights  $N$  by

$$N = h_{ell} - H. \tag{1}$$

Note that if GPS/levelling points are included in the geoid solution, it is more appropriate to use the term “transformation surface” instead of geoid, because the resulting surface is, depending on the weight assigned to these GPS/levelling observations relative to the gravity field data, more or less forced towards these observations, introducing potential (systematic) errors into the “geoid” related to the height systems, e.g., due to the age and history of the measurements, and the GPS measurement configuration. In this case, the geoid is not a physically defined surface any longer. Therefore, great care was taken during the geoid computation to cross-validate these GPS/levelling observations among each other and with the gravity data.

### 2.5 Global gravity field model

One task of the GEOAUT project was the processing of a global gravity field model, parameterized in terms of spherical harmonic coefficients, from data of the satellite mission GRACE. Several global gravity field solutions, based on ranges and range rates of the K-band microwave system, as well as precise orbit information, could be determined. Corresponding error estimates in terms of variance-covariance matrices could be derived. However, for the sake of comparability with other geoid solutions such as the European geoid model ([2], [3]), finally it was decided to use the official GRACE model EIGEN-GL04S ([9]) complete to a harmonic degree/order 70 for the long-wavelength part of the new Austrian geoid solution. It should be emphasized that EIGEN-GL04S is a gravity field model which has been derived solely from satellite

data, and, thus, is not biased by terrestrial gravity field observations. Based on several numerical simulations and the analysis of the variance-covariance structure, the maximum degree of resolution of 70 turned out to be a reasonable compromise between the requirement of still high-accurate long-wavelength information and the spatial limitation of the small area of interest.

### 3. Geoid Computation

#### 3.1 Remove-restore procedure

In the frame of this project, in addition to the investigation of alternative techniques to LSC such as tailored series expansion techniques ([27]), multi-resolution analysis applying spherical wavelets (e.g., [25]), or fast multipole and algebraic approximation techniques (e.g., [21], [24]), also an adaptation of the functional model of LSC for the purpose of a direct incorporation of global gravity field models and, thus, an optimum combination of local and global data was investigated ([22]). Since it turned out that the strict formulation fails when applied practically due to numerical problems during the inversion of the large combined systems resulting from very large correlations among the local and global data types, an extended remove-restore technique has been developed, where the global covariance information of the global model is adequately incorporated.

The final geoid solution was computed using the remove-restore technique. The basic idea is to remove the long-wavelength gravity field effect represented by the global gravity field model, and the high-frequency signals, which are mainly related to topography, by a topographic-isostatic reduction. For the isostatic part, an Airy-Heiskanen model with a standard density of  $2670 \text{ kg/m}^3$  was used, because previous studies ([14]) revealed that the use of a laterally variable (surface) density model cannot significantly improve the solution.

The remove step results in smoother signals of the form

$$\beta_{red} = \beta - \beta_{GRACE} - \beta_{TI} - \beta_{ind}, \quad (2)$$

where  $\beta$  can be any derived quantity of the gravity potential, e.g., gravity anomalies  $\Delta g$ , deflections of the vertical ( $\xi, \eta$ ), or geoid heights  $N$ . Starting from the free-air quantity  $\beta$ , the following reductions are applied: global gravity field model reduction  $\beta_{GRACE}$ , topographic-isostatic reduction  $\beta_{TI}$ , including the indirect effect  $\beta_{ind}$ , which copes with the change in the potential

due to the mass redistribution related to the topographic reduction  $\beta_{TI}$ . After the reduction procedure,  $\beta_{red}$  refers to the co-geoid ([13]).

This reduction procedure leads to a significantly smoother signal. As an example, Table 1 provides the statistics of the original free-air gravity field anomalies  $\Delta g$  and the reduced gravity anomalies after applying all reduction steps described by eq. (2).

| Gravity signal [mGal]  | min [mGal] | max [mGal] | std.dev. [mGal] |
|--|------------|------------|-----------------|
| $\Delta g$   | -155.60    | 200.86     | 42.32           |
| $\Delta g - \Delta g_{GRACE} - \Delta g_{TI} - \Delta g_{ind}$ | -75.29     | 21.47      | 19.60           |

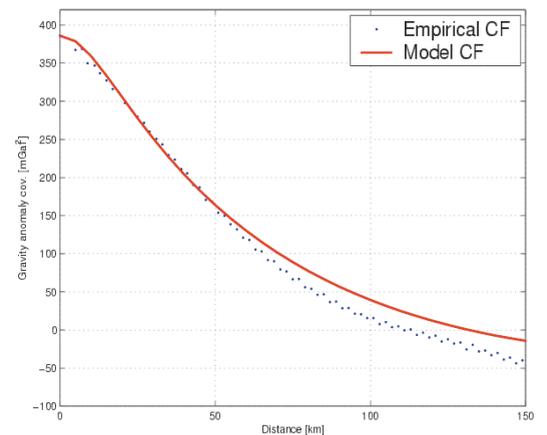
**Table 1:** Key statistical parameters of gravity anomalies before and after the reduction process.

The reduced gravity anomalies  $\Delta g_{red}$  have been used to derive an empirical covariance function and to adapt the parameters of the analytical Tscherning-Rapp covariance function model ([31]):

$$C(\Delta g_P, \Delta g_Q) = A \sum_{n=N+1}^{\infty} \frac{n-1}{(n-2)(n+B)} s^{n+2} P_n(\cos \psi), \quad (3)$$

where  $P_n(\cos \psi)$  denotes the Legendre polynomials of degree  $n$ ,  $\psi$  is the spherical distance between the stations  $P$  and  $Q$ , and  $A$ ,  $B$ ,  $s$ , and  $N$  are the four model parameters to be adjusted.

Fig. 5 shows the empirical covariance function (blue dots), as well as the adapted local Tscherning-Rapp model (red solid line).



**Fig. 5:** Empirical covariance function (ECF) and model covariance function (MCF).

The variance of the residual gravity anomaly field is  $385 \text{ mGal}^2$ , the correlation length is about

42.6 km. The adjusted parameters of the local Tscherning-Rapp model are  $A = 332.453 \text{ mGal}^2$ ,  $B = 24$ ,  $s = 0.998742$ ,  $N = 70$ , which is in perfect correspondence with the maximum degree of the global gravity field reduction using the GRACE model EIGEN-GL04S.

Concerning the restore procedure, the correction terms of eq. (2) were evaluated for the predicted geoid heights, defined on a regular  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  grid, and finally they were added to the LSC output.

### 3.2 Pure gravimetric solution

In a first step, the above described remove-restore concept was used to derive a pure gravimetric geoid, using the 14001 gravity anomaly observations as input to the LSC procedure. The geoid height was predicted for all 161 GPS/levelling points. The difference between measured and predicted geoid heights shows a long-wavelength structure. These systematic distortions are commonly attributed to inconsistencies in the datum, distortions of the orthometric height system, and systematic GPS errors. Partially, the differences can also be caused by a non-trivial kernel of the operator that maps height anomalies within a local area into gravity anomalies ([23]). In the case of a local data distribution, the null space comprises all non-zero harmonic functions that produce zero gravity anomalies over this restricted area. Thus, gravimetric height anomalies are non-unique.

In order to cope with this systematic term, a polynomial of degree 3 was fitted to the difference of predicted geoid heights and GPS/levelling heights, and the geoid height observations were reduced by this polynomial surface. This “correction term” is added back to the predicted geoid signals afterwards. As an alternative approach, the parameters of the polynomial surface can also be co-estimated in the frame of the LSC procedure using a more general formulation of LSC (e.g., [20]).

### 3.3 Combined Austrian geoid solution: case studies

When computing a combined geoid solution, one of the key issues is the optimum weighting among the different data types. Table 2 provides a summary of the input data used for the combined geoid solution, as well as their weights (in terms of an assumed accuracy  $\sigma$ ).

| Data type                          | number of obs. | $\Sigma$                          |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Gravity anomaly $\Delta g$         | 14001          | 1 mGal                            |
| Vertical deflections $(\xi, \eta)$ | 672            | 0.3"                              |
| GPS/levelling obs. $N$             | 161            | 1 mm<br>5 mm<br>10 mm<br>variable |

*Table 2: Input data for the Austrian geoid solution and assumed accuracies  $\sigma$ .*

While on the one hand the consistency of the Austrian geoid solution with the GPS/levelling observations is an important requirement for its applicability in practice, during this investigation it turned out that the gravity anomalies, which have been generally assumed to have an accuracy of 1 mGal, are not always totally consistent with these direct geoid height observations. In order to analyze this behaviour, three geoid height solutions have been computed with varying error assumptions for the geoid height measurements: 1 mm, 5 mm, and 10 mm. A lower accuracy assumed for the GPS/levelling points and, correspondingly, a higher relative weight in the combined geoid solution, means that the final result will be forced towards this input data type. Thus, the result will be rather a “transformation surface” than a physical geoid solution.

Exemplarily, Fig. 6 shows the geoid height residuals (deviations of the LSC predicted from the observed geoid heights) of the 161 stations, and the gravity anomaly residuals of the 5036 Austrian stations using a weight of 1 mm (top), 5 mm (centre), and 10 mm (bottom), respectively, for the GPS/levelling observations. Table 3 summarizes the main statistical parameters for these two solutions.

As expected, the 1 mm scenario shows a very good fit concerning the GPS/levelling points of less than  $\sigma_N = 6 \text{ mm}$ . However, the rather large deviations in the gravity anomaly residuals, particularly in the neighbourhood of the GPS/levelling stations, indicate an inconsistency of these two input data sets. Vice versa, if a lower weight relative to the other data types is assigned to the GPS/levelling input data, a less constrained physical geoid solution results with smaller residuals and a smoother error behaviour in the gravity anomaly stations, but with deviations in the GPS/levelling points of  $\sigma_N = 3.24 \text{ cm}$  for the 10 mm solution.

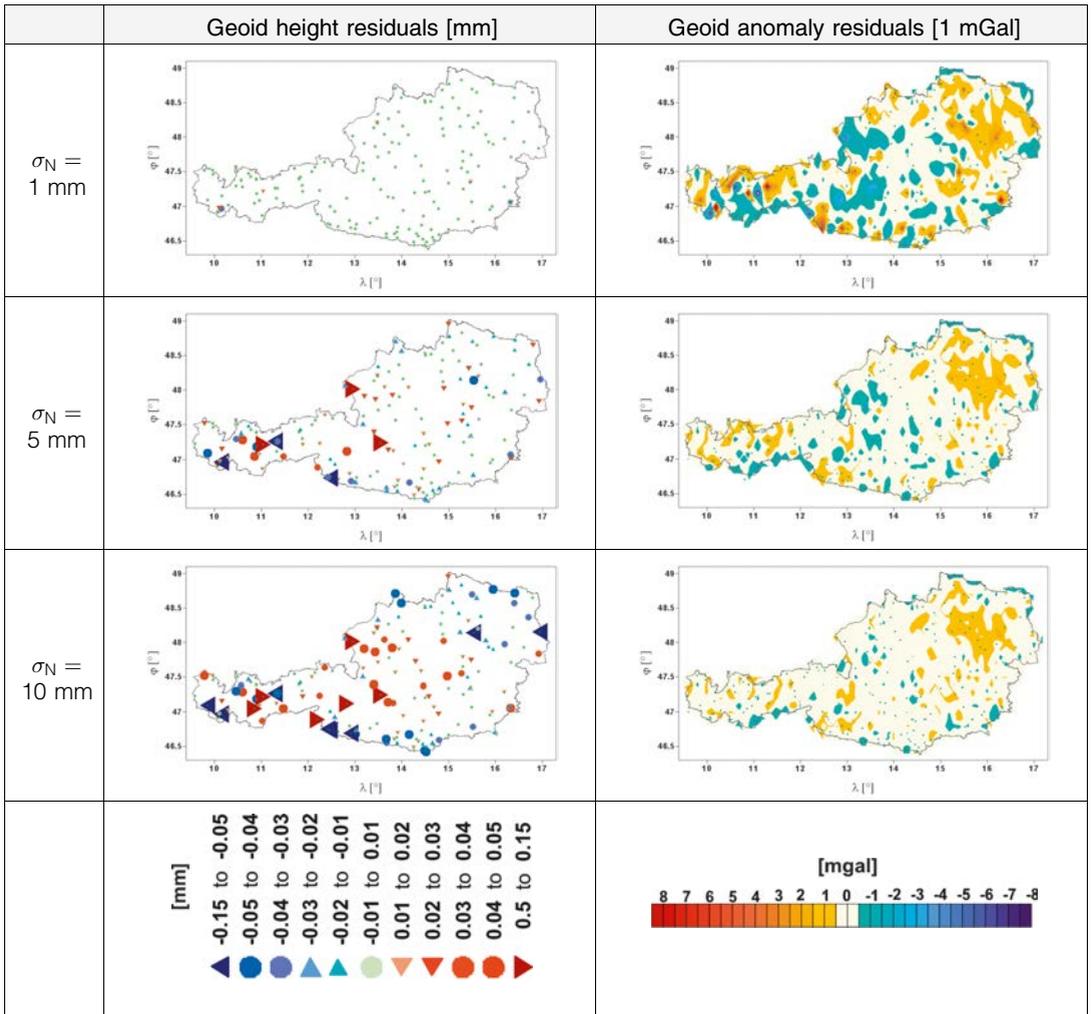


Fig. 6: Geoid height residuals (left) and gravity anomaly residuals (right) assuming various geoid accuracies for the GPS/levelling observations.

| GPS/levelling input accuracy | Geoid heights $N$ [cm] |      |            | Gravity anomalies $\Delta g$ [mGal] |       |                     |
|------------------------------|------------------------|------|------------|-------------------------------------|-------|---------------------|
|                              | min                    | max  | $\sigma_N$ | min                                 | max   | $\sigma_{\Delta g}$ |
| 1 mm                         | -3.56                  | 2.38 | 0.57       | -18.75                              | 31.75 | 1.17                |
| 5 mm                         | -10.71                 | 7.98 | 2.31       | -6.60                               | 5.24  | 0.75                |
| 10 mm                        | -13.20                 | 9.93 | 3.24       | -6.49                               | 4.98  | 0.71                |
| indiv.                       | -13.59                 | 9.58 | 1.79       | -7.56                               | 8.77  | 0.89                |

Table 3: Minimum, maximum, and standard deviations  $\sigma$  of the 161 GPS/levelling stations and the 14001 gravity anomaly stations, respectively.

Another independent validation of the resulting solution is to include in the geoid computation only parts of the direct geoid height measurements (observation points), to predict geoid heights in the complementary geoid stations (validation points) and to compare them with the measured

ones. A selection criterion could be the requirement that the geoid height differences in the observation stations (used as input in the geoid processing) and the independent validation stations are of comparable amplitude. Also the results of this numerical case study indicate an optimum weight for the GPS/levelling points in the order of 5 mm.

Concerning the Austrian border regions, substantially degraded geoid accuracies in many regions beyond the Austrian territory, e.g., in Czech Republic, Slovenia, and parts of Italy, can be observed. This is mainly due to the sparse input data distribution in these regions. In order to illustrate this problem, Fig. 7 shows the error estimates for the predicted gravity anomalies together with the gravity data distribution (black dots).

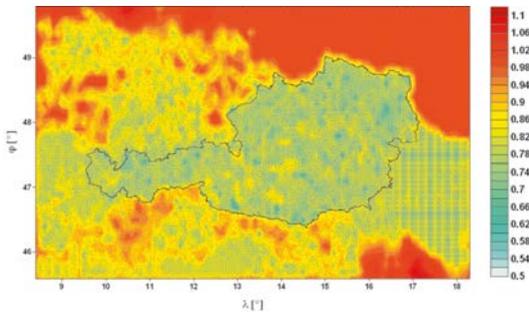


Fig. 7: Gravity anomaly error estimates [mGal], based on the  $\sigma_N = 1\text{mm}$  configuration, and gravity data distribution (black dots).

As discussed above, for practical applications the geoid should be a transformation surface among the GPS/levelling points. However, such a solution evidently has to be constrained very strongly to these GPS/levelling observations and, thus, cannot be considered a free physical surface any longer. Therefore, a kind of compromise between these two contradicting requirements has been processed as a last scenario. Here, the geoid height residuals of the GPS/levelling stations for the 1 mm solution have been used to define individual weights for the GPS/levelling observations. Correspondingly, in those GPS/levelling stations which can be suspected to have a more degraded accuracy than initially assumed, the GPS/levelling observations are down-weighted and, thus, implicitly the surrounding gravity field observations obtain a higher relative weight. According to the residuals of the 1 mm solution (cf. Fig. 6), individual weights in the range of 1 mm to 17.8 mm have been assigned to the input GPS/levelling observations.

Fig. 8 (left) shows the LSC output in terms of the residuals of the 161 GPS/levelling points. As expected, the residuals are smaller than of the 5 mm scenario, but larger than of the 1 mm scenario displayed in Fig. 5. The result of the 1 mm scenario seems to be too optimistic and veils the fact that, especially in the western part of Austria, small inconsistencies of the gravity field and the GPS/levelling points appear. Fig. 8 (right) displays the corresponding gravity anomaly residuals of

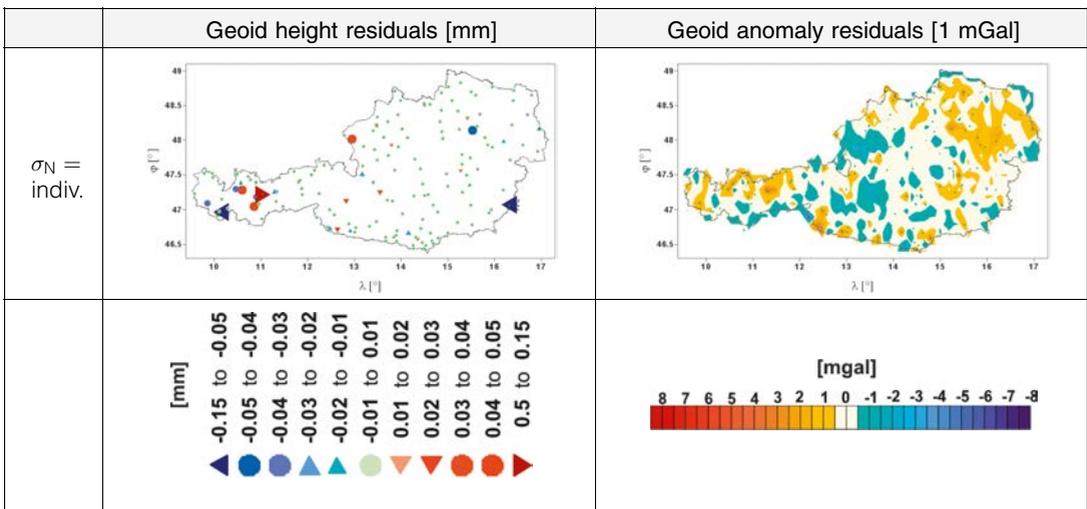


Fig. 8: Geoid height residuals (left) and gravity anomaly residuals (right) using individual weights for the GPS/levelling observations.

the 14001 stations. The main statistical parameters of this solution are given in the fourth line ("indiv.") of Table 3.

Comparing the gravity anomaly residuals of the 1 mm and the individually weighted solutions, it can be concluded that gravity anomaly residuals larger than 10 mGal could be avoided in some critical regions (suspicious GPS/levelling observations) with the help of the weighting strategy.

Fig. 9 shows the change of the geoid heights if individual weights are used for the GPS/levelling points instead of the 1 mm scenario. Similarly to the comparison of the predicted gravity anomalies, the differences are negligible in most areas. However, these differences reflect the fact that changes in a few GPS/levelling points affect the solution in their vicinity of several tens of kilometres extension. This has the effect that in the west of Austria the re-weighting of only 6 GPS/levelling points changes the whole geoid solution by several centimetres and underpins the importance of accurate GPS/levelling observations, because their influence will change the geoid (transformation surface) not only locally, but in a more extended area.

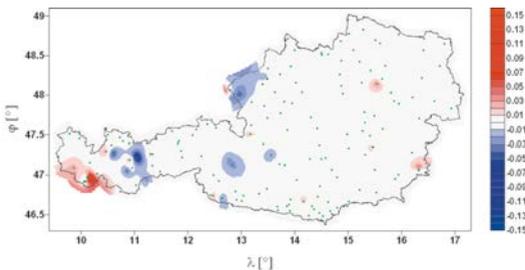


Fig. 9: Differences of geoid heights [m], based on the 1 mm configuration versus the individual weighting of the GPS/levelling configuration.

### 3.4 The Austrian Geoid 2007

On the basis of the numerical case studies described above, the weighted solution has been selected to represent the final result of this project. Fig. 10 shows the geoid after restoring the correction terms described in eq. (2). Fig. 11 displays the corresponding error estimates. In summary, the accuracy of this new solution can be estimated to be of the order of 2 to 3 cm with a significant degradation in the border regions due to the insufficient input data distribution. This error estimate is originally based on the formal errors of the LSC procedure, but has been re-scaled using

the the standard deviation of the residuals in selected GPS/levelling control points, and thus can be considered as a realistic estimate for the total error of the solution.

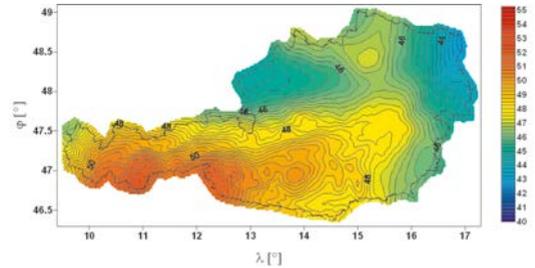


Fig. 10: The Austrian Geoid 2007 [m].

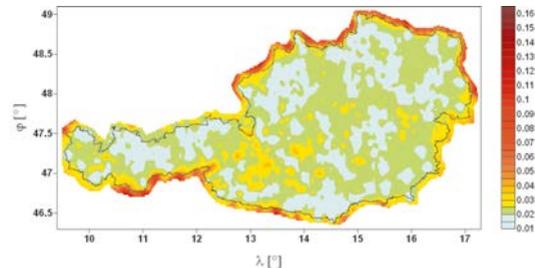


Fig. 11: The Austrian Geoid 2007: error estimates [m].

Fig. 12 shows the improvements of the new solution with respect to the currently official BEV geoid model, which is a purely astro-geodetic solution dating from 1987. In [4], pg. 25, the accuracy of this solution was specified to be in the order of  $\pm 35$  cm in the region of Austria. These differences may be attributed to a lower quantity and quality of the Doppler/levelling data available at this time, which have been used to for the definition of the absolute vertical datum, as well as a lower quality of the digital terrain model.

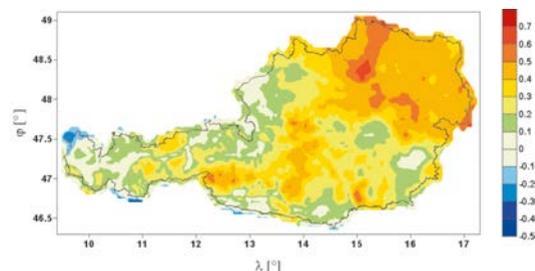


Fig. 12: Differences between the Austrian Geoid 2007 and the official BEV geoid [m].

#### 4. Conclusions

In the frame of the GElOnAUT project, a new Austrian geoid solution was computed. Compared to the previous official Austrian geoid model, the accuracy and reliability could be significantly improved. This is mainly due to the substantially improved quality of the input data, which is particularly evident for the digital terrain model, which has been assembled as a combination of high-accuracy regional DTMs of Austria and Switzerland, complemented by SRTM data in the neighbouring countries, the incorporation of GPS/levelling information, as well as the inclusion of a GRACE global gravity field model. It turned out that the combination of long and short wavelengths using the GRACE model of spherical harmonics fits the Austrian territory very well.

While the Austrian gravity data base is homogeneous and accurate, several problems particularly in the border regions appear due to either sparse data distribution in the neighbouring countries or degraded accuracy of the gravity data. Thus, for future Austrian geoid solutions the effort to acquire gravity data from the neighbouring countries needs to be prolonged especially for the Czech Republic, Slovenia, and some parts of Italy.

An equally important aspect concerning future activities is a thorough validation and quality analysis of the GPS/levelling observations. This is inevitable in order to fulfil the needs of the geoid as transformation surface between the national height system and the GPS heights. Currently, several GPS/levelling observations can be suspected to be slightly inconsistent with the very homogeneous gravimetric data.

A thorough validation procedure has been applied to the new Austrian geoid solution, both internally during the individual processing steps, and also externally. In the near future, it will be also validated against the European geoid model ([2], [3]). In spite of the fact that there is potential for future improvement by including a larger number of GPS/levelling points of validated quality and improved gravimetric data of the neighbouring countries, it can be concluded that a substantially improved Austrian geoid 2007 could be achieved in the frame of this project.

#### Acknowledgments

This work was performed in the framework of the ASAP Phase 3 project "The Austrian Geoid 2007" (GElOnAUT), supported by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) and the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology (bmvit). Special thanks go to Beat Bürki, Geodesy and Geodynamics Lab, ETH Zurich, for providing the ICARUS system. The provision of parts of the DHM25, gravity values, and GPS/levelling points by swisstopo is kindly acknowledged.

We acknowledge the reviewers, whose constructive comments have been very valuable to improve the manuscript.

#### References

- [1] Bürki, B.: ICARUS, Astro-geodetic on-line observation system. User manual V.05.: Geodesy and Geodynamics Lab (GGL) at ETH Zurich, 2005.
- [2] Denker, H.: Das Europäische Schwere- und Geoidprojekt (EGGP) der Internationalen Assoziation für Geodäsie. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 131, Nr. 6, 335–344, 2006.
- [3] Denker, H., Barriot, J.-P., Barzaghi, R., Forsberg, R., Ihde, J., Kenyeres, A., Marti, U., Tziavos, I.N.: Status of the European Gravity and Geoid Project EGGP. In: C. Jekeli et al. (eds.): Gravity, Geoid and Space Missions, Porto 2004, IAG Symposia, vol. 129, 125–130, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2005.
- [4] Erker, E.: The Austrian Geoid: Local Geoid Determination Using Modified Conservative Algorithms. In: The Gravity Field in Austria, Geodätische Arbeiten Österreichs für die Internationale Erdmessung. Neue Folge, Band IV, edited by the Austrian Geodetic Commission, 19–46, Graz, 1987.
- [5] Erker, E., Höggerl, N., Imrek, E., Hofmann-Wellenhof, B., Kührtreiber, N.: The Austrian Geoid – Recent Steps to a New Solution. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 1/2003, 4–13, 2003.
- [6] EU: CORINE Land Cover – Technical Guide (Red Book). EU, Brussels, 1994.
- [7] European Space Agency: Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission. Reports for mission selection, The four candidate Earth explorer core missions, SP-1233(1), European Space Agency, Noordwijk, 1999.
- [8] Farr, T. G., et al.: The Shuttle Radar Topography Mission, Reviews of Geophysics, 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183, 2007.
- [9] Förste, C., Flechtner, F., Schmidt, R., König, R., Meyer, U., Stubbenvoll, R., Rothacher, M., Barthelmes, F., Neumayer, H., Biancale, R., Bruinsma, S., Lemoine, J.-M.: A mean global gravity field model from the combination of satellite mission and altimetry/gravimetry surface data. Poster presented at EGU General Assembly, Vienna, Austria, 02-07, April 2006, Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 03462, 2006.
- [10] Franzen, M., Mandelburger, G.: Die neue Generation des digitalen Geländemodells von Österreich. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 3/2003, Wien, 154–162, ISSN 0029-9650, 2003.
- [11] GRACE. Gravity Recovery and Climate Experiment: Science and Mission Requirements Document. Revision A, JPLD-15928, NASA's Earth System Science Pathfinder Program, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, 1998.

- [12] Graf, J.: Das digitale Geländemodell für Geoidberechnungen und Schwerereduktionen in Österreich. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Meeting on Alpine Gravimetry, Vienna, Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, 14, 121–136, 1996.
- [13] Kraiger, G., Kührtreiber, N., Wang Y.M.: The correction terms of the solution of Molodensky's problem by analytical continuation in the Central Alps of Austria. In: Sünkel (ed.): The Gravity Field in Austria, Geodätische Arbeiten Österreichs für die internationale Erdmessung; Band IV, 96 – 109, Graz, 1987.
- [14] Kührtreiber, N.: Precise Geoid Determination Using a Density Variation Model. Physics and Chemistry of the Earth, 23, 1, 59–63, 1998.
- [15] Kührtreiber, N.: Improved Gravimetric Geoid AGG97 of Austria. In: Forsberg, R., Feissel, M., Dietrich, R. (eds.): Geodesy on the Move: Gravity, Geoid, Geodynamics and Antarctica, IAG Symposia, 119, 306–311, Rio de Janeiro, Brazil, September 3–9, 1997.
- [16] Kührtreiber, N.: High Precision Geoid Determination for Austria. Habilitation, Graz University of Technology, Graz, 2002.
- [17] Kührtreiber, N.: High Precision Geoid Determination of Austria Using Heterogeneous Data. 3<sup>rd</sup> Meeting of the International Gravity and Geoid Commission, Thessaloniki, 144–149, 2003.
- [18] Lemoine, F., Kenyon, S., Factor, J., Trimmer, R., Pavlis, N., Chinn, D., Cox, C., Klosko, S., Luthcke, S., Torrence, M., Wang, Y., Williamson, R., Pavlis, E., Rapp, R., Olson, T.: The Development of the Joint NASA GSFC and NIMA Geopotential Model EGM96. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 20771 USA, 1998.
- [19] Mayrhofer, M.: Erstellung eines Geländemodells für Mitteleuropa. Master Thesis, Graz University of Technology, Graz, 2007.
- [20] Moritz, H.: Advanced Physical Geodesy. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1989.
- [21] Of, G., Steinbach, O., Wendland W.L.: The fast multipole method for the symmetric boundary integral formulation. IMA Journal of Numerical Analysis, 26, 272–296, 2006.
- [22] Pail R., Kührtreiber, N., Wiesenhofer, B., Sansó, R., Reguzzoni, M.: Geoid determination combining ground data and satellite-derived global models. Poster presented at the IUGG General Assembly, 2–13 July 2007, Perugia, Italy, 2007.
- [23] Prutkin, I., Klees, R.: On the non-uniqueness of local quasi-geoids computed from terrestrial gravity anomalies. Journal of Geodesy, 10.1007/s00190-007-0161-1, 2007.
- [24] Rjasanow, S., Steinbach, O.: The fast solution of boundary integral equations. Mathematical and Analytical Techniques with Applications to Engineering, Springer, New York, 2007.
- [25] Schmidt, M., Fengler, M., Mayer-Guerr, T., Eicker, A., Kusche, J., Sanchez, L., Han, S.-C.: Regional gravity modeling in terms of spherical base functions. Journal of Geodesy, 81, 17–38, 2007.
- [26] Sünkel, H., Bartelme, N., Fuchs, H., Hanafy, M., Schuh, W.-D., Wieser, M.: The Gravity Field in Austria. In: The Gravity Field in Austria, Geodätische Arbeiten Österreichs für die Internationale Erdmessung. Neue Folge, Band IV, 47–75, edited by the Austrian Geodetic Commission, Graz, 1987.
- [27] Wenzel, H.G.: Schwerefeldmodellierung durch ultrahochauflösende Kugelfunktionsmodelle. Zeitschrift für Vermessungswesen, 5, 144–154, 1999.
- [28] Wiesenhofer, B.: Untersuchungen zur astrogeodätischen Geoidlösung im Südosten Österreichs. Master Thesis, Graz University of Technology, Graz, 2007.
- [29] Wiesenhofer, B., Kührtreiber, N.: Combination of Deflections of the Vertical and Gravity Anomalies in Difficult Geological Regions, A Case Study. Proceedings 1<sup>st</sup> International Symposium of the IGFS "Gravity Field of the Earth", Harita Dergisi, Special Issue: 18, 108–112, 2007.
- [30] Wiesenhofer, B., Kührtreiber, N.: Detailed analysis of the astrogeodetic geoid solution in the southeast of Austria. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, submitted, 2008.
- [31] Tscherning, C.C., Rapp R.: Closed covariance expressions for gravity anomalies, geoid undulations, and deflections of the vertical implied by anomaly degree variance models. Technical Report, No. 208, The Ohio State University, Department of Geodetic Science, Columbus, Ohio, 1974.

#### Contact

a.o. Univ.Prof. Dr.techn. Roland Pail, Graz University of Technology, Institute of Navigation and Satellite Geodesy, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria  
e-mail: pail@geomatics.tu-graz.ac.at

a.o. Univ.Prof. Dr.techn. Norbert Kührtreiber, Graz University of Technology, Institute of Navigation and Satellite Geodesy, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria  
e-mail: norbert.kuehtreiber@tugraz.at

Dipl.-Ing. Bernadette Wiesenhofer, Graz University of Technology, Institute of Navigation and Satellite Geodesy, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria  
e-mail: b.wiesenhofer@tugraz.at

Univ.Prof. Dr. techn. Bernhard Hofmann-Wellenhof, Graz University of Technology, Institute of Navigation and Satellite Geodesy, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria  
e-mail: hofmann-wellenhof@tugraz.at

Dipl.-Math. Dr. rer.nat. Günther Of, Graz University of Technology, Institute of Computational Mathematics, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria. e-mail: of@tugraz.at

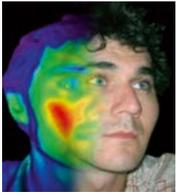
Univ.Prof. Dr. rer.nat. Olaf Steinbach, Graz University of Technology, Institute of Computational Mathematics, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria  
e-mail: o.steinbach@tuGraz.at

Dipl.-Ing. Norbert Höggerl, BEV – Federal Office of Metrology and Surveying, Department Control Survey, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Vienna, Austria  
e-mail: norbert.hoeggerl@bev.gv.at

Dipl.-Ing. Erich Imrek, BEV – Federal Office of Metrology and Surveying, Department Control Survey, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Vienna, Austria. e-mail: erich.imrek@bev.gv.at

Dr. phil. Diethard Ruess, BEV – Federal Office of Metrology and Surveying, Department Control Survey, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Vienna, Austria  
e-mail: diethard.ruess@bev.gv.at

Mag. Christian Ullrich, BEV – Federal Office of Metrology and Surveying, Department Control Survey, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Vienna, Austria  
e-mail: christian.ullrich@bev.gv.at



## Range Imaging: 3D-Punktwolken in Echtzeit

Wilfried Karel, Wien

Dieser Beitrag wurde als „reviewed paper“ angenommen.

### Kurzfassung

‘Range Imaging’ (*RIM*) bezeichnet die bildweise Erfassung von dreidimensionalen Punktwolken aus simultanen Laufzeitmessungen. Diese relativ junge Technik verbindet und ergänzt wesentliche Stärken von Photogrammetrie und Laserscanning, den beiden derzeit am weitesten verbreiteten Methoden zur automatisierten Massenpunktbestimmung. *RIM* spielt damit potenziell eine wesentliche Rolle in der weiteren Entwicklung des Vermessungswesens. Der vorliegende Artikel beschreibt die verwendeten Messprinzipien, den gegenwärtigen Entwicklungsstand und mögliche Anwendungen.

**Schlüsselwörter:** Range Imaging, optische 3D-Messtechnik, 3D-Objekterfassung, 3D-Punktwolke, Echtzeit, Einzelphotonen-Lawinendiode, SPAD, Mehrfache Doppel-Kurzzeitbelichtung, MDSI, Photomischdetektor, PMD, lock-in Pixel, Photogrammetrie, Laserscanning

### Abstract

‘Range Imaging’ (*RIM*) denotes the image-wise capture of three-dimensional point clouds employing simultaneous time-of-flight measurements. This relatively new technique combines and supplements essential strengths of Photogrammetry and Laserscanning, the most widely used methods for automated bulk point acquisition today. This way, *RIM* potentially plays a major role in the further evolution of surveying engineering. The present article outlines the measurement principles, the state-of-the-art and possible applications.

**Keywords:** Range Imaging, Optical 3D-Measurement Technique, 3D-Object Capture, 3D-Point Cloud, Real-Time, Single Photon Avalanche Diode, SPAD, Multiple Double Short Time Integration, MDSI, Photonic Mixer Device, PMD, Lock-In Pixel, Photogrammetry, Laserscanning

### 1. Einleitung

Die massenweise Erfassung von (3D-) Objektpunkten zählt zu den Hauptaufgaben der Photogrammetrie. Mehrfach und aus unterschiedlichen Blickrichtungen in Schwarzweiß-, Farb-, oder auch Infrarotbildern abgelenkte Punkte werden dabei mittels Vorwärtsschnitt rekonstruiert. Die Photogrammetrie liefert zwar in sich stabile Strahlenbündel, benötigt für diese Aufgabe aber grundsätzlich mehrere Aufstellungspunkte und ist auf kontrastreiche Oberflächen angewiesen, welche gegebenenfalls durch Markierungen oder Lichtprojektionen hergestellt werden müssen. Die Aufnahme bewegter Szenen erfordert zeitgleiche Abbildungen des Objektraums. Ursprünglich nur manuell, kann heute die Auswertung unter gewissen Bedingungen automatisch erfolgen. Die automatische Bestimmung von Punktkorrespondenzen ist jedoch rechenintensiv und mitunter fehleranfällig.[13]

Auch aus diesen Gründen hat sich in den letzten Jahren immer mehr das Laserscanning als Methode zur automatisierten Bestimmung von Massenpunkten durchgesetzt. Bei dieser Technik

wird die Distanzinformation unmittelbar aus Laufzeitmessungen gewonnen. Es entfällt somit zwar die Suche nach homologen Punkten, aber auch das Laserscanning birgt eine wesentliche Schwäche: die Erfassung der Punkte erfolgt sequenziell, die einzelnen Punkte beziehen sich also auf unterschiedliche Aufnahmezeitpunkte. Deshalb muss auf bewegten Plattformen (z.B. luftgestützt) die äußere bzw. relative Orientierung jedenfalls extern beobachtet werden (direkte Georeferenzierung), typischerweise geschieht dies durch Satellitennavigations- und Inertialmesssysteme [23]. Weiters schränkt die Asynchronität der Punktmessungen die Erfassung bewegter Szenen ein bzw. erschwert sie den mobilen Einsatz dieser Technik. Die Verwendung von Laserscannern auf vibrierendem oder schwingendem Untergrund ist zumindest problematisch. Schließlich umfasst ihre Konstruktion hochpräzise bewegliche Komponenten, die einen wesentlichen Teil der Produktionskosten verursachen [26].

*RIM* scheint die Vorteile der beiden etablierten Methoden optimal zu kombinieren: die Distanzmessung erfolgt einerseits wie beim Laserscanning direkt über die Laufzeit, andererseits jedoch

nicht sequenziell, sondern simultan an tausenden Pixeln ( $px$ ) einer Bildmatrix. Die Messung benötigt keine Oberflächentextur und pro Punkt nur einen Sehstrahl, was die Anzahl nötiger Aufstellungen bei komplex geformten Oberflächen minimiert und auch bei engen räumlichen Verhältnissen einen wesentlichen Vorteil darstellt. Die in sich stabilen Strahlenbündel der Photogrammetrie werden somit durch Vektorbündel ersetzt. Auf Grund der bildweisen Erfassung können gesamte Blickfelder in sich bewegter Objekträume detailreich zum gleichen Zeitpunkt bestimmt werden und die direkte Beobachtung der äußeren Orientierung auch auf bewegten Plattformen entfallen. Die kompakten Ausmaße der Kameras steigern ihre Eignung für mobile Anwendungen noch weiter. Die ohne mechanische Komponenten auskommende, miniaturisierte Konstruktion verringert den Energieverbrauch im Betrieb und ermöglicht niedrige Verkaufspreise, vergleichbar zu jenen digitaler Spiegelreflex-Kameras. Mit Raten von (typisch) bis zu 30 Bildern pro Sekunde ( $f_{ps}$ ) liefert *RIM* 3D-Punktwolken in Echtzeit.

Abschnitt 2 erläutert die den verschiedenen *RIM*-Techniken gemeinsamen Prinzipien, Abschnitt 3 beschreibt die verwendeten Signalformen. Abschnitt 4 widmet sich sodann den einzelnen Methoden zur Laufzeitmessung und, soweit vorhanden, den jeweiligen kommerziell erhältlichen Realisierungen von *RIM*-Kameras. Abschnitt 5 listet gegenwärtige Anwendungen dieser noch relativ jungen Technik auf, Abschnitt 6 schlägt schließlich Verwendungen im Bereich des Vermessungswesens vor.

## 2. Grundprinzip

Im *RIM* werden derzeit unterschiedliche Signalformen und Laufzeitmessmethoden eingesetzt (s. Abschnitte 3 und 4). In jedem Fall aber wird Licht in Richtung Objekt emittiert (aktives System), dort teilweise zurück Richtung Kamera reflektiert und schließlich durch die Kameraoptik auf den Sensor projiziert. Die Lichtquelle moduliert die ausgesandte Trägerwelle mit einem je nach *RIM*-Technik unterschiedlichen Signal, das am Sensor wieder demoduliert wird, um auf die Laufzeit rückzuschließen. Aus dieser wiederum wird die Objektdistanz wie folgt gewonnen:

$$d = \frac{1}{2} \cdot c \cdot t \quad (1)$$

Wobei  $t$  die detektierte Laufzeit und  $c$  die Gruppengeschwindigkeit der Trägerwelle in der durchlaufenen Atmosphäre bezeichnet.

Um Abschattungen zu vermeiden, wird das Licht nahe der Optik oder koaxial ausgesandt. Die Lichtquelle beleuchtet das gesamte Sichtfeld der Kamera und dient sämtlichen Pixeln gleichzeitig. Als Beleuchtung dient langwelliges sichtbares oder nahes Infrarotlicht aus Leuchtdioden (*light-emitting diodes*, LED) oder Lasern, entsprechend wird Licht eines gewissen Frequenzbandes oder auch monochromatisches Licht ausgesandt.

Optische Frequenzbandfilter sind jedenfalls zwischen Objektiv und Sensor angebracht, um Hintergrundlicht weitestgehend zu unterdrücken und nur Licht der emittierten Wellenlänge(n) bis zum Sensor durchdringen zu lassen.

Die für viele Anwendungen geforderte Einhaltung der Augensicherheit auch nahe der Lichtquelle beschränkt ihre zulässige Strahlungsleistung nach oben hin. Diese verteilt sich am Objekt über das gesamte Blickfeld, was zu einer im Vergleich zu Laserscannern und Tachymetern schwächeren maximalen Bestrahlungsstärke führt und daher den Distanzmessbereich grundsätzlich stärker limitiert.

## 3. Signalformen

Obwohl für die Übertragung des Messsignals auch andere Verfahren denkbar wären (bspw. Frequenz- oder Phasenmodulation), erfolgt diese durch Modulation der Amplitude der Trägerwelle. Wie auch bei der elektronischen Distanzmessung in Tachymetern und Laserscannern können grundsätzlich zwei Signalformen unterschieden werden:

1. Pulsierende Modulation (Lichtblitze): hierbei wird die Trägerwelle nur innerhalb kurzer Zeitintervalle ausgesandt, zwischen denen deutlich längere Pausen liegen. Der Übergang zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand der Lichtquelle sollte möglichst rasch erfolgen, bzw. sollten sich möglichst steile Flanken der Amplitudenkurve ergeben. Eine Messung beginnt mit der Emission eines Pulses und endet mit dessen Detektion, es wird i.A. über mehrere Messungen gemittelt. Siehe dazu die Abschnitte 4.1 und 4.2.
2. Kontinuierliche (CW-) Modulation: auch hier wird die emittierte Trägerwelle in ihrer Amplitude moduliert. Diese variiert jedoch symmetrisch um einen mittleren Wert, das Verhältnis von ein- und ausgeschalteten Zuständen der Lichtquelle ist ausgewogen (Rechtecksfunktion) bzw. ist der Übergang kontinuierlich (sinusoidale Modulation). Eine Messung er-

streckt sich über beliebig viele Perioden des Signals. Siehe dazu Abschnitt 4.3.

Bzgl. Augensicherheit ist die pulsierende Modulation im Vorteil, da die Retina zwischen den sehr kurzen Blitzen abkühlen kann. Dies lässt hohe Pulsamplituden zu, wodurch wiederum große Distanzen messbar sind bzw. stärkere Hintergrundbeleuchtung bewältigt werden kann.

Andererseits stellt die CW-Modulation niedrigere Ansprüche an die Elektronik, für die nicht die Lichtgeschwindigkeit selbst, sondern nur die Modulationsfrequenz maßgeblich ist. Für Frequenzen bis zu 20 – 30 MHz können statt Lasern kostengünstigere Leuchtdioden verwendet werden [25].

#### 4. Laufzeitmessung

Für die Bestimmung der Laufzeit werden derzeit drei verschiedene Ansätze verfolgt. Diese unterscheiden sich grundlegend in der Methode der Modulation an der Lichtquelle und der darauf folgenden Demodulation am Sensor. Folglich ist auch die Signalamplitude verschiedentlich abzuleiten. Die Verfahren ermöglichen nur teilweise die Bestimmung mehrerer Objektdistanzen am Abtastfleck eines Pixels. Vor allem für die Robotik interessant ist die gleichzeitige Verwendung mehrerer Kameras im gleichen Objektraum, die je nach Verfahren mit unterschiedlich hohem Mehraufwand realisiert werden kann.

##### 4.1 Echodetektion mittels einzelner Photonen

Bei dieser Technik wird der Objektraum mit sehr kurzen Laserpulsen beleuchtet, deren Laufzeit pixelweise an Hand eines ihrer Photonen durch speziell dotierte Lawinenphotodioden (*single-photon avalanche diodes*, SPAD) bestimmt wird. Durch Anbringung einer überkritischen Sperrvorspannung werden diese Dioden in einen instabilen Zustand versetzt (Geiger-Modus). Trifft ein Photon auf die photosensitive Oberfläche der Diode auf, so löst es in dieser mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine Lawine von Elektronen-Loch-Paaren und somit einen leicht messbaren elektrischen Stromstoß aus. Danach benötigt die Diode eine gewisse Zeitspanne, bevor das nächste Photon detektiert werden kann (*dead time*). [2]

Die Reaktionszeit von SPAD ist sowohl sehr gering, als auch äußerst präzise. SPAD weisen gegenüber konventionellen, unter der kritischen Sperrvorspannung betriebenen Lawinenphotodioden (*avalanche photo diodes*, APD) außerdem

eine höhere Sensitivität und eine beinahe unendlich hohe interne Verstärkung auf. Deshalb hängt der erzeugte Strom praktisch nicht von Anzahl und Energie der auslösenden Photonen ab, und der generierte Strom kann unmittelbar als digitales Zeitsignal verwendet werden. Im Gegensatz zu den ähnlich hoch verstärkenden 'Photomultiplier'-Elektronenröhren (*photomultiplier tubes*, PMT) können SPAD mit Ausmaßen im Sub- $\mu\text{m}$ -Bereich gefertigt und sehr kompakt auf Platinen angeordnet werden [20] [22].

Die Lichtquelle initialisiert beim Aussenden eines Pulses eine hochgenaue Stoppuhr, welche beim Eintreffen eines Detektionssignals die Zeitdifferenz ausgibt. Sollen Distanzen auf  $\text{mm}$  aufgelöst werden, so muss die Laufzeit mit einer Auflösung von  $7\text{ps}$  ( $7 \cdot 10^{-12}\text{s}$ ) bestimmt werden. Dies wird trotz äußerst geringer Pulsbreiten im Bereich von  $100\text{ps}$ , genauer Uhren und der Präzision von SPAD nicht erreicht. Außerdem addieren sich am Sensor zum eigentlichen Echo (aktives Licht) das Hintergrundlicht und interne Effekte (bspw. thermisch generierte Lawinen, *dark count*), was zu grob falschen Beobachtungen führt. Die Messungen können jedoch mit einigen MHz wiederholt, in einem Histogramm akkumuliert und zur Steigerung der Präzision gemeinsam evaluiert werden.

Die Auswertung des Histogramms kann relativ einfach implementiert werden, eingehendere Analysen lassen jedoch auch die Detektion mehrerer Objektdistanzen innerhalb des Pixelabtastflecks zu, z.B. an Objektkanten. Anwendbar wären hier sogar die raffinierten Analysemethoden des Full-Waveform-Laserscanning, wo das eintreffende Signal nicht im Scanner, sondern erst in der Nachbearbeitung ausgewertet wird [30] [31].

Da die *dead time* von SPAD länger als die Breite der emittierten Pulse ist, detektieren SPAD pro Puls höchstens ein Photon. Die Detektion eines bestimmten Photons bedingt daher, dass vorher eingetroffene Photonen nicht detektiert wurden, die Detektionswahrscheinlichkeit sinkt also zum Ende des Echos hin. Treffen pro Echo mehrere Photonen auf ein Pixel, so verschiebt sich die Verteilung der Detektionszeiten im Histogramm in Richtung Beginn der Echos und die Objektdistanzen werden systematisch zu kurz bestimmt [26].

Liegt die Anzahl der im Mittel detektierten Photonen pro Pixel und Echo deutlich unter eins, so ist sichergestellt, dass nur sehr selten mehr als ein Photon pro Echo auf ein Pixel trifft. Die

obengenannte systematische Verschiebung wird damit weitgehend vermieden, und der Restbetrag kann statistisch geschätzt und korrigiert werden. Da i.A. stark unterschiedliche Distanzen und Reflektivitäten im Blickfeld zu erwarten sind, ist die niedrige Detektionsrate durch Dämpfung der eintreffenden Energie sensorseitig und pixelweise zu gewährleisten. Die Nachsteuerung erhöht jedoch die Komplexität des Systems. Bei Verwendung von ausreichend kurzen Pulsen (Femtosekundenlaser) würde die systematische Verschiebung innerhalb der Echobreite irrelevant und könnte vernachlässigt werden.

Da wie oben erwähnt der von SPAD erzeugte Detektionsstrom kaum von der Energie des auslösenden Photons abhängt, erlaubt dieser keine Aussage über die Amplitude des empfangenen optischen Signals. Die Amplitude lässt sich jedoch ableiten aus dem Verhältnis von emittierten Pulsen und als von aktivem Licht stammend klassifizierten Photonen.

Die gepulste Modulation der Beleuchtung lässt die zeitgleiche Verwendung mehrerer Kameras am gleichen Objekt nur dann zu, wenn deren Trägerwellen auf unterschiedlichen Frequenzen liegen.

Speziell bei transparenten und stark gerichtet reflektierenden Oberflächen ist die hohe Sensitivität von SPAD vorteilhaft, da hier nur ein sehr geringer Teil des Signals den Sensor erreicht [32]. Der Vorteil der höheren Sensitivität von SPAD im Vergleich zu gewöhnlichen Lawinenphotodioden relativiert sich jedoch bei Vorhandensein von Hintergrundlicht. Auch beim Einsatz von SPAD muss ein minimales Signal-Rausch-Verhältnis gewährleistet werden, die nötige Pulsenergie steigt zumindest linear mit der Hintergrundstrahlung [26].

RIM-Kameras mit SPAD-Technik liegen bisher nur als Prototypen vor. Es konnten Kameras mit Auflösungen von bis zu  $4 \times 12 \text{ px}^2$  realisiert werden, wobei die niedrige Zeilenanzahl von 4 als frei erhöhbar angegeben wird. Bei einer Belichtungszeit von  $0.2 \text{ s}$  wurden Distanzen von  $3 \text{ m}$  mit einer Präzision ( $1 \sigma$ ) von  $1.8 \text{ mm}$  bestimmt [19]. Umfangreichere Untersuchungen der äußeren Genauigkeit der Distanzmessung bzw. ihrer Sensitivität z.B. gegenüber Hintergrundlicht und Temperaturschwankungen sind bisher nicht bekannt.

## 4.2 Ablichtung unterschiedlicher Bruchteile von Echos

Herkömmliche Photo- und Videokameras integrieren an jedem ihrer Pixel den eintreffenden Strahlungsfluss über die Dauer der Belichtungszeit. Wird eine gepulste Lichtquelle zusammen mit einem schnellen, elektronischen Verschluss eingesetzt, so erlauben deren Bilder u.U. den Rückschluss auf die Laufzeit bzw. die Objektdistanz (mehrfache Kurzzeit-Doppelbelichtung, *multiple double short time integration*, MDSI). Voraussetzung dafür ist die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen eingetretener Energie und sich ergebendem Grauwert, welche durch Kalibrierung gewonnen werden muss. Da dieser Zusammenhang ohnehin immer bijektiv ist, werden die beiden Begriffe im Folgenden der sprachlichen Vereinfachung wegen gleichgesetzt, die Grauwerte bei konstanter Beleuchtung also als proportional zur Belichtungszeit angenommen.

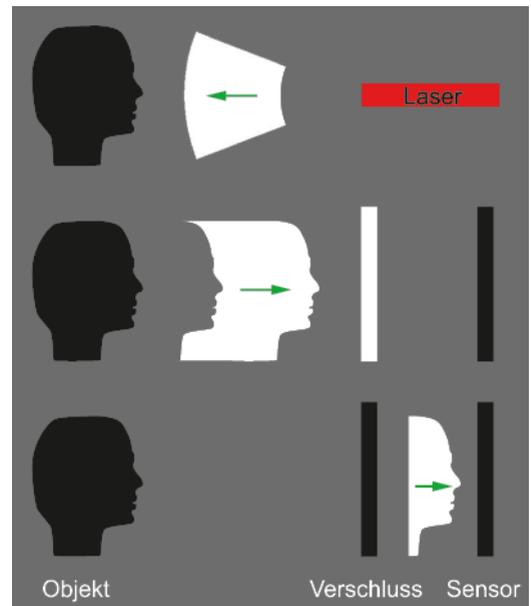


Abb. 1: Ein stark divergenter Laserstrahl bewegt sich Richtung Objekt (oben), wird an diesem reflektiert und das Echo besitzt nun an Bug und Heck die Form eines Abdrucks des Objekts (mittig). Während das Echo die Blende passiert, wird diese geschlossen, sodass sich die Objektdistanz in der Dicke des verbliebenen Echos widerspiegelt (unten), was wiederum zu entsprechenden Energien am Sensor bzw. Grauwerten im Bild führt.

Der Messvorgang ist in Abb. 1 in einem Profil skizziert. Ein Puls verlässt die Lichtquelle und breitet sich Richtung Objektraum aus. Nach

seiner Reflexion am Objekt besitzt das Echo die Form eines Abdrucks desselben. Wird nun die Blende geschlossen, während das Echo sie passiert, so spiegeln sich die Objektdistanzen in der Dicke des vorderen Echoteils und sodann im Bild wider: nahe Abtastflecken ergeben potentiell hellere Pixel.

Der Einfluss des Hintergrundlichts auf das Grauwertbild kann eliminiert werden, indem ein zweites Photo mit gleicher Belichtungszeit, aber deaktivierter Lichtquelle belichtet und subtrahiert wird (*reduzierte Aufnahme*).

In die um das Hintergrundlicht reduzierten Grauwerte fließt jedoch immer noch die lokale, richtungsabhängige Reflektivität des Objekts ein. Stärker reflektierende Oberflächen ergeben einen mit zunehmender Belichtungszeit steileren Anstieg der Grauwerte. Da der registrierte Grauwert aber stets proportional zur Länge des belichteten Teils des Echos ist, kann der Einfluss der Reflektivität durch eine Wiederholung des Vorgangs mit anderer Belichtungszeit und anschließender Quotientenbildung eliminiert und die Laufzeit quantifiziert werden.

Um die Rekonstruktion der Laufzeit  $t_0$  des Echobugs zu ermöglichen, müssen die Verschlusszeiten  $t_{1,2}$  unterschiedlich sein und beide reduzierten Aufnahmen zumindest teilweise das Echo ablichten. Daraus folgt, dass im kürzer belichteten Bild die Blende nicht vor dem Eintreffen des Echos geschlossen werden darf. Beim länger belichteten Bild sind zwei Fälle zu unterscheiden: Schließen der Blende (i) vor dem Zeitpunkt des Durchlaufs des Echohecks und (ii) danach. Diese beiden Fälle sind an Hand der Beobachtungen nicht unterscheidbar, jedoch entscheidend für die Berechnung der Laufzeit.

Um das Eintreten von (i) sicherzustellen, muss die Pulsbreite  $t_P$  sehr groß im Vergleich zur Belichtungszeit  $t_2$  gewählt werden, für (ii) erfolgt die Wahl umgekehrt. Mit Rücksicht auf den Stromverbrauch der Lichtquelle und die Augensicherheit des Messverfahrens ist auf Grund der geringeren Pulsenergie i.A. (ii) vorzuziehen. Graphisch dargestellt ist diese Konfiguration in Abb. 2.

Im Fall (i) gelten die Beziehungen  $g_1 \sim t_1 - t_0$  und  $g_2 \sim t_2 - t_0$ , wobei  $g_{1,2}$  die Grauwerte der beiden reduzierten Aufnahmen bezeichnen. Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich Formel (2) zur Bestimmung der Laufzeit  $t_0$  (vgl. [17]). Im anderen Fall (ii) wird in der zweiten Aufnahme das gesamte Echo abgebildet, sodass  $g_2 \sim t_P$  gilt.

Wählt man  $t_1 = t_P$ , so kann die Laufzeit mittels (3) berechnet werden (vgl. [6]).

$$t_0 = \frac{g_2 t_1 - g_1 t_2}{g_2 - g_1} \tag{2}$$

$$t_0 = t_P \cdot \left(1 - \frac{g_1}{g_2}\right) \tag{3}$$

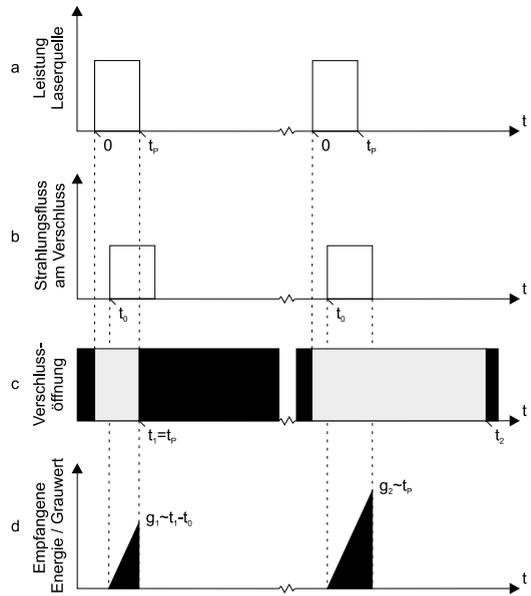


Abb. 2: Linke Seite: ein Puls wird an der Laserquelle bis zum Zeitpunkt  $t_P$  emittiert (a). Er wird am Objekt reflektiert und der Bug des Echos erreicht den Verschluss verzögert um die Laufzeit  $t_0$  (b). Da die Belichtung bereits zum Zeitpunkt  $t_1$  beendet wird (c), trifft nur ein Teil der Echoenergie den Sensor (d). Der Vorgang wird wiederholt (rechts), dieses Mal wird die Blende aber erst wesentlich später, zum Zeitpunkt  $t_2$  geschlossen, wodurch die gesamte Echoenergie den Sensor erreicht. Es handelt sich also um den im Text beschriebenen Fall (ii).

Durch die Quotientenbildung wird der Erwartungswert der Distanz unabhängig von der Energie des eintreffenden Echos. Dadurch werden die Beobachtungen neben der reflektivitätsabhängigen Reduktion der Pulsenergie am Objekt auch frei von Einflüssen durch die laterale Expansion des Laserstrahls im Zuge seiner Ausbreitung im Raum, die Absorption in der Atmosphäre und die Leistung der Laserquelle. Systematische Einflüsse auf die Distanzmessung, die von einer eventuell inhomogenen Ausleuchtung des Objektraums und vom Lichtabfall zum Objektiv- / Bildrand hin herrühren, werden somit ebenfalls vermieden [17] [6].

Auch Laserquellen erzeugen Pulse mit nur endlich steilem Anstieg / Abfall der Leistung an

Bug und Heck. Weiters kommt es bei der Reflexion von Pulsen i.A. zu einer Vergrößerung der Pulsbreite bzw. Veränderung der Energieverteilung, hervorgerufen durch gewölbte oder zum Strahl geneigte Oberflächen [30]. Es entstehen dadurch Abweichungen vom Modell der Proportionalität von Grauwerten und Belichtungszeit. Bei der beschriebenen Quotientenbildung aus reduzierten Aufnahmen wirkt sich dies i.A. auf die Distanzbestimmung aus.

Mehrere Distanzen am Abtastfleck eines Pixels, wie dies an Objektkanten oder bei teiltransparenten Materialien der Fall ist, können mit diesem Verfahren nicht getrennt werden. Es ergibt sich ein Mittel der Objektdistanzen, das von der Wahl der Belichtungszeiten abhängt.

Die beiden Doppelaufnahmen benötigen gemeinsam weniger als 1 ms [6]. Eine zwischenzeitliche Variation des Hintergrundlichts und der Reflektivität und Distanz der Abtastflecken kann daher i.A. vernachlässigt werden.

Die Energie des Echos kann im Fall (i) aus den beiden reduzierten Aufnahmen und den zugehörigen Belichtungszeiten extrapoliert werden bzw. gibt im Fall (ii) das zweite reduzierte Bild diese unmittelbar wieder.

Da das Verfahren konstantes Hintergrundlicht voraussetzt, ist der gleichzeitige Einsatz mehrerer Kameras im gleichen Objektbereich nur dann möglich, wenn diese Licht verschiedener Frequenzen verwenden.

Umfangreiche Untersuchungen zur Qualität der Distanzmessung und zur Robustheit gegenüber den üblichen Einflussfaktoren liegen nicht vor. Es wird aber zumindest von einer Auflösung der Distanz besser als 1 cm über einen Distanzbereich von 8 m bei Bildraten von 195 fps berichtet [6]. 3DV systems (מֶטְרִי /Yoqne'am, Israel) bietet Realisierungen dieser Technik kommerziell an.

### 4.3 Phasenverschiebung

Bei dieser Methode wird die Trägerwelle permanent emittiert und ihre Amplitude bspw. sinusoidal mit der Periode  $T_{mod}$  moduliert. Dies bildet sich im Raum durch eine periodische Variation der Intensität der Länge  $\lambda_{mod} = c \cdot T_{mod}$  ab, welche das Messsignal darstellt. Proportional zum Verhältnis von  $\lambda_{mod}$  und Objektdistanz  $d$  gelangt das am Objekt reflektierte Signal um den Phasenwinkel  $\varphi$  gegen das emittierte Signal verschoben zum Sensor. Werden die Auslenkungen  $A(\tau)$  des eintreffenden Signals an den

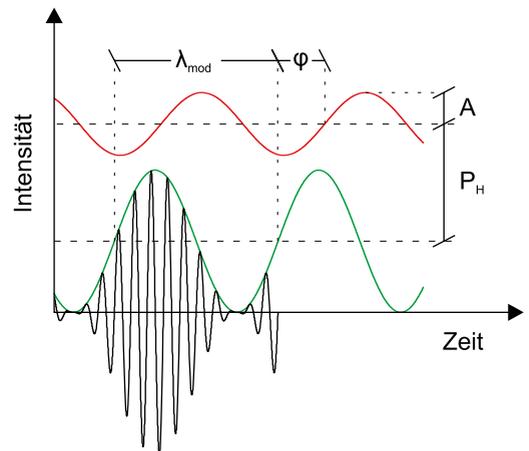
Punkten  $\tau_{0,3}$  der Phasenwinkel  $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$  des emittierten Signals abgetastet, so ist die Phasenverschiebung  $\varphi$  mittels (4) ableitbar, woraus wiederum durch (5) auf die Distanz rückgeschlossen werden kann.

Am Weg durch die Atmosphäre und v.a. bei der Reflexion am Objekt addiert sich die Hintergrundstrahlung, und die mittlere Intensität steigt. Außerdem wird die Trägerwelle samt Signal gedämpft, beides führt zur Reduktion des Signal-Rausch-Verhältnisses, s. Abb. 3. Die Amplitude der reflektierten Welle stellt einen wesentlichen Qualitätsparameter der Distanzmessung dar und kann mit Hilfe der Auslenkungen  $A(\tau_i)$  mittels (6) ebenfalls quantifiziert werden.

$$\varphi = \arctan \frac{A(\tau_0) - A(\tau_2)}{A(\tau_1) - A(\tau_3)} \quad (4)$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot \lambda_{mod} \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \quad (5)$$

$$A = \frac{\sqrt{(A(\tau_0) - A(\tau_2))^2 + (A(\tau_1) - A(\tau_3))^2}}{2} \quad (6)$$



**Abb. 3:** Diese Graphik zeigt die Intensitäten an Lichtquelle und Sensor einer phasenwinkelbasierten RIM-Kamera als Funktionen der Zeit. Die von der Lichtquelle emittierte Trägerwelle ist symmetrisch zur Zeitachse in schwarz dargestellt. Sie trägt das Messsignal als Hüllkurve (grün), für die sich die räumliche Periode  $\lambda_{mod}$  ergibt. Am Weg durch die Atmosphäre und bei der Reflexion am Objekt wird die Trägerwelle gedämpft und es addiert sich die Hintergrundstrahlung  $P_H$ , weshalb die Hüllkurve der eintreffenden Welle (rot) eine geringere Amplitude  $A$  aufweist und um ein größeres Mittel variiert. Proportional zum Verhältnis von Objektdistanz und  $\lambda_{mod}$  erfährt das Messsignal außerdem eine Verschiebung um den Phasenwinkel  $\varphi$ .

Die Auslenkungen  $A(\tau_i)$  können jedoch nicht direkt bestimmt werden, sondern lediglich op-

tische Energien als Integrale des Strahlungsflusses über Bruchteile der Modulationsperiode (natürliche Abtastung, *natural sampling*). Dies lässt sich mit äußerst klein implementierbaren sog. Photomischdetektoren (*photonic mixer devices, lock-in pixels*) verwirklichen, welche die in ihrer photosensitiven Schicht ausgelösten Elektronen je nach angelegter Steuerspannung an eines von zwei Ausleseregister weiterleiten. Wird als Steuerung das Modulationssignal der Beleuchtungseinheit verwendet, so landen je nach Phasenverschiebung des reflektierten Signals unterschiedliche Anzahlen an Elektronen in den beiden Registern. Die Integrationsdauer erstreckt sich für  $A(\tau_0)$  dann über die erste Hälfte der Modulationsperiode bzw. über die zweite Hälfte für  $A(\tau_2)$ , wobei über zahlreiche Perioden gemittelt wird. Wird die Messung mit dem um  $T_{mod}/4$  verzögerten Modulationssignal wiederholt, so lassen sich die beiden für (4) bzw. (6) noch fehlenden Auslenkungen  $A(\tau_1)$  und  $A(\tau_3)$  gewinnen. Aufgrund der endlich langen Integrationsdauer muss an die berechnete Amplitude jedoch ein Korrekturfaktor angebracht werden. [15]

Konstante Hintergrundstrahlung füllt beide Ausleseregister gleichermaßen auf, deren Kapazitäten mit Rücksicht auf die einhergehende Steigerung der thermischen Störquellen nicht beliebig erweiterbar sind. Deshalb ist für den Einsatz von phasenbasierten RIM-Kameras unter Sonnenlicht die Unterdrückung von Hintergrundlicht bereits im Pixel erforderlich [4]. Aktuelle Photomischdetektoren subtrahieren zu diesem Zweck in einem Zwischenschritt die Anzahl der an beiden Ausgängen eines Pixels vorhandenen Ladungsträger [28]. Vorhandenes Hintergrundlicht führt zwar trotzdem zusätzliches Rauschen in die Distanzbeobachtungen ein, aber die Reduktion bewahrt den Sensor vor Sättigung durch Hintergrundlicht, ohne die Rekonstruktion von Phasenwinkel und Amplitude zu verfälschen. Die Qualität der Distanzbestimmung steigt somit grundsätzlich mit der Belichtungszeit, solange eine eventuelle Bewegungsunschärfe vernachlässigbar ist.

Die zu lange Integration des Signals führt dennoch zur Sättigung der Pixel und damit zu falschen Beobachtungen. Da die Belichtungszeit in gegenwärtigen Implementierungen nur für den gesamten Sensor gewählt werden kann, muss die Integrationsdauer gemäß den Distanzen und Reflektivitäten im Blickfeld sorgfältig gewählt werden [24]. Von einer Lösung für pixelweise angepasste Belichtungszeiten berichtet [4].

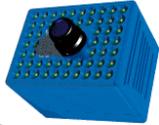
Aus (4) wird ersichtlich, dass  $\varphi$  jedenfalls im Intervall  $[0, 2\pi[$  rekonstruiert wird. Übertragen auf (5) bedeutet das, dass nur Distanzen bis maximal  $d_{max} = \lambda_{mod}/2$  korrekt bestimmt werden. Abhilfe bietet hier die Verwendung von verschiedenen Modulationsfrequenzen in aufeinanderfolgenden Aufnahmen: größere Wellenlängen zur Auflösung der Mehrdeutigkeiten, die kleinste Wellenlänge zur Erzielung der höchsten Auflösung [7].

#### 4.3.1 Simultane Verwendung mehrerer Kameras

Die gleichzeitige Verwendung mehrerer Kameras am gleichen Objekt ist bei Verwendung der sinusoidalen Modulation nicht möglich, da sich die einzelnen Signale zu neuen Sinuswellen überlagern, deren Phase nicht proportional zur Objektdistanz ist. Diese Überlagerung kann jedoch durch Verwendung von Binärsequenzen minimiert werden, deren Codemuster pseudozufällig und zueinander orthogonal sind (Code-multiplexverfahren, CDMA) [3]. Diese Sequenzen werden zwar unter Vorgabe einer bestimmten Länge deterministisch gewonnen, die Verteilung der Binärwerte ist aber ideal zufällig, weshalb die Kreuzkorrelation verschiedener Codes stets minimal ist. Ihre Autokorrelationsfunktion fällt bis ein Bit vor und nach ihrem Maximum bei Null linear ab und beträgt ansonsten Null.

Emitteert also jede Kamera ihr eigenes, binäres Codesignal und verwendet dieses auch für die Steuerung der Photomischdetektoren, so können praktisch beliebig viele Sensoren mit minimaler Interferenz gleichzeitig arbeiten. Voraussetzung dafür sind lediglich die Festlegung der Sequenzlänge und die Zuordnung unterschiedlicher Codes, nicht aber die Synchronisation der Kameras. Die Sequenzlänge gibt dann die minimale Korrelationsdauer bzw. Belichtungszeit und die Maximalanzahl an verwendbaren Kameras vor. Die Präzision der Distanzmessung hängt weiter von der Modulationswellenlänge, also der Dauer eines Bits ab. Innerhalb der halben Sequenzlänge entfallen jedoch die Mehrdeutigkeiten bei der Rekonstruktion der Phasenverschiebung, da die Korrelation des emittierten und eintreffenden Signals beim Überschreiten von  $d_{max}$  Null ergibt.

Unabhängig vom Modulationssignal kann pro Pixel nur eine Phasenverschiebung rekonstruiert werden, mehrfache Objektdistanzen am Abtastfleck werden stets gemittelt.

|                            |           |  |  |  |
|----------------------------|-----------|---|---|--|
|                            |           | SR-3000   | 19k   | DP200 <sup>a</sup>   |
| Bildmatrix                 | $[px^2]$  | 144×176   | 120×160   | 64×64  |
| Blickfeld                  | $[deg^2]$ | 39.6×47.5   | 22.6×30 <sup>b</sup>  | 21.5×21.5 / 40.5×40.5 / 70×70  |
| max. Bildrate (Vollbilder) | $[fps]$   | 25  | 15  | 30   |
| Beleuchtung                | $[W]$     | 1   | 3   | 1  |
| Trägerwellenfrequenz       | $[THz]$   | 353   | 345   | 382  |
| Trägerwellenlänge          | $[nm]$    | 850   | 870   | 785  |
| Modulationsfrequenz        | $[Mhz]$   | 5–30  | 20  | 13–104   |
| Eindeutigkeitsbereich      | $[m]$     | 30–5  | 7.5   | 11.5–1.4   |
| Abmessungen                | $[mm^3]$  | 50×67×42.3  | 208×53×209  | 125×60×63  |
| Gewicht                    | $[g]$     | 162   | 1400  | ?  |

<sup>a</sup> Für das aktuelle Modell DP300 sind keine Angaben erhältlich

<sup>b</sup> Objektiv wechselbar, daher variabel

**Tab. 1:** Vergleich der höchstauflösenden Modelle der drei Markführer im Bereich der phasenwinkelbasierten RIM-Kameras: Swissranger™ SR-3000 von MESA Imaging (Zürich), PMD[vision]® 19k der Firma PMD Technologies (Siegen, Deutschland) und DP200 von Canesta™ (Sunnyvale, Kalifornien). In den Abbildungen sind tlw. die zur Beleuchtung eingesetzten Leuchtdioden-Verbünde erkennbar.

### 4.3.2 Kommerzielle Implementierungen

Tab. 1 zeigt eine Gegenüberstellung der höchstauflösenden Modelle der drei kommerziellen Anbieter von phasenwinkelbasierten RIM-Kameras. Diese weisen bereits beachtliche Eigenschaften auf, u.a. Auflösungen und Bildraten bis zu  $144 \times 176 px^2$  bzw. 30 fps bei sehr kompakten Ausmaßen und geringem Gewicht. Die Präzision der Distanzmessung wird nicht angegeben, da hierfür vergleichbare Werte fehlen. Unter guten Bedingungen kann aber eine Wiederholgenauigkeit im Bereich weniger cm genannt werden.

### 4.3.3 Datenqualität & Kalibrierung

Für einen Teil dieser Modelle bzw. ihrer Vorgänger liegen bereits Genauigkeitsuntersuchungen der inneren Orientierung und Distanzmessung vor. Es wird von systematischen Fehlern berichtet, die auch bei anderen Kameratypen bzw. in viel kleinerem Ausmaß v.a. bei älteren Modellen von Tachymetern und Laserscannern beobachtet werden können.

[16] untersucht neben der Optik der PMD[vision]® 3k-S auch die Distanzmessung an Hand mehrerer Aufnahmen einer homogen

reflektierenden Platte. Es werden Abweichungen von bis zu 30 cm, repräsentativ um die 15 cm festgestellt. Der zyklische, distanzabhängige Fehler wird an Hand von B-splines, der Rest pixelweise korrigiert.

[10] führt sehr umfangreiche Untersuchungen an Swissranger™ SR-2 und SR-3000 durch. Es zeigen sich neben einem zyklischen, distanzabhängigen Fehler auch Abhängigkeiten der beobachteten Distanz von der Amplitude des reflektierten Signals. Die ebenfalls belegten Einflüsse der Betriebszeit und der Umgebungstemperatur könnten sich möglicherweise als indirekt über die Temperatur des Sensors wirkend herausstellen. Selbiges könnte für die entdeckten Einflüsse von Belichtungszeit, Inzidenzwinkel des Strahls und die Distanz, Reflektivität und Bestrahlungsstärke des Abtastflecks bzgl. der Amplitude des Signals gelten. Auch hier werden Abweichungen bis zu 30 cm beobachtet. Die Kalibrierungsansätze reichen von der Bestimmung eines rein datengetriebenen polynomialen 3D Vektorfeldes bis hin zu komplexen modellgetriebenen Kalibrierungen.

Zu diesen Fehlerquellen kommt noch die hohe Korrelation benachbarter Pixel hinzu. Diese wird

durch kamerainterne Reflexionen zwischen Sensor und Objektiv/Filter hervorgerufen, kann jedoch in Echtzeit minimiert werden [18].

Die beschriebenen Experimente und Kalibrierungen der Distanzmessung konzentrieren sich auf einzelne Fehlerquellen, ohne ihr Zusammenwirken unter natürlichen Bedingungen zu untersuchen. Ein dahin gehender erster Versuch wird in [12] beschrieben.

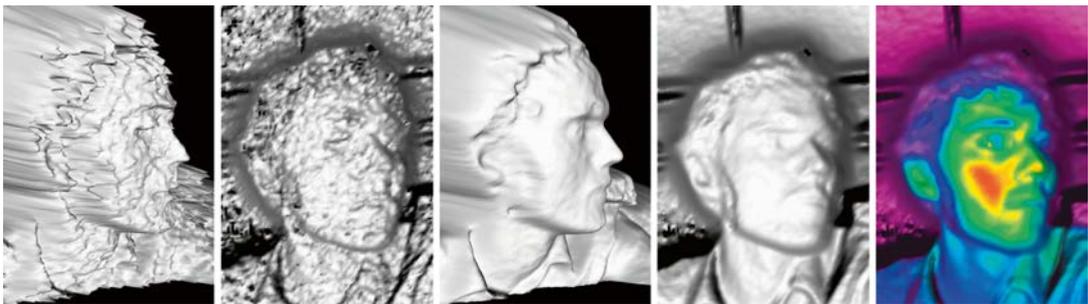
## 5. Anwendungen

Die Anwendungen von *RIM* sind potenziell sehr weit gestreut. Mit Rücksicht auf den gegenwärtigen Entwicklungsstand werden im Folgenden jedoch beispielhaft nur solche angeführt, die entsprechend niedrige Anforderungen an die Datenqualität stellen und bereits untersucht wurden.

- **Automobilbranche:** Anpassung der Explosion von Airbags an die momentane Position des Kopfes bzw. Deaktivierung bei entgegen der Fahrtrichtung montierten Kindersitzen; Warnung vor Kollisionen und vor dem Verlassen des Fahrstreifens; Automatisierte Verfolgung des vorderen Fahrzeuges im Stau, an der Ampel; Einparkhilfen bzw. schnelles, automatisiertes Einparken [34]
- **Industrie:** Sichereres Zugreifen von Montage Robotern [14]; Flexible Festlegung von Sicherheitszonen im Arbeitsbereich von Maschinen und Robotern [9]
- **Logistik:** Erkennung von Paketanzahl, -form und -größe auch bei stark texturierten Verpackungen; Feststellung der Belegung von Plätzen in halbautomatischen Lagern [25]

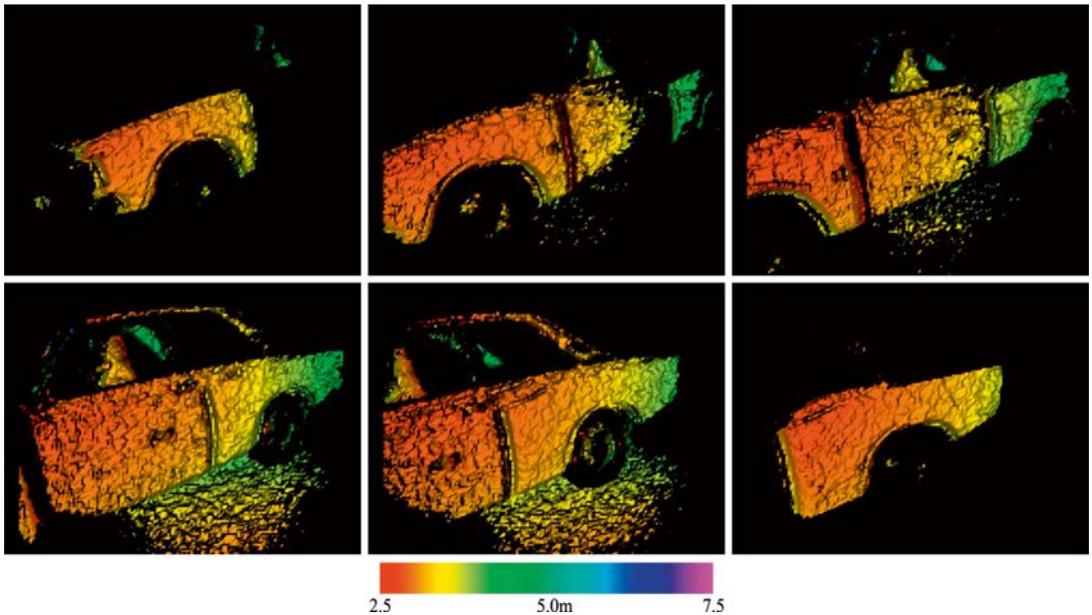
- **Baubetrieb:** Vermeidung der Kollision von Bauwerk, Kränen, anderen Baumaschinen, Material und Arbeitern [29]
- **Film und Fernsehen:** Erweiterung der Blue-Box-Technik: distanzbasierte Segmentierung von Videostreamen durch Kombination von RGB- und *RIM*-Kamera, Einspiegelung von Graphiken in natürliche Umgebung (Wettervorhersage im Freien) [8]
- **PC:** Steuerung von Präsentationen mittels Gesten [21]; Ersetzen von physischen Tastaturen durch Projektion eines Bildes und Erfassung der Fingerbewegung [5]; sportliche Betätigung bei Computerspielen durch Erfassung von Körperbewegungen [33]
- **Medizin:** Robuste Körperoberflächenmodelle für die Orthopädie [21]
- **Robotik:** Navigation von Robotern [27]
- **Biometrie und Sicherheit:** Verbesserte Gesichtserkennung durch robuster bestimmte Gesichtsoberflächenform [21], Personenverfolgung [11]
- **Militär:** Verbesserte Fahrzeugerkennung trotz Tarnnetzen und -anstrichen bei minimaler Beleuchtung (SPAD-Anwendung) [1]

Zwei Abbildungen sollen einen Eindruck vom Potenzial des *RIM* an Hand von Aufnahmen mit der Kamera Swissranger™ SR-3000 vermitteln: Abb. 4 zeigt schattierte und farbkodierte Triangulierungen von Punktwolken eines menschlichen Kopfes. Abb. 5 stellt eine Folge von Distanzbildern dar, die ein vorbeifahrendes Fahrzeug wiedergeben.



(a) Einzelbild, Seite (b) Einzelbild, Kamera (c) gemittelt, Seite (d) gemittelt, Kamera (e) Signalamplitude

**Abb. 4:** Frontale Aufnahme eines Kopfes. (a) und (b) zeigen Perspektiven von Schattierungen der Triangulierung der Punkte eines einzelnen Distanzbildes: (a) zeigt den Kopf von der Seite, (b) aus der Kameraperspektive. (c) und (d) verwenden für diese Darstellungen eine Triangulierung, deren Punkte aus 100 aufeinanderfolgenden Distanzbildern gemittelt wurden, die Steigerung der Präzision ist offensichtlich. (e) überlagert die Schattierung aus (d) mit einer aus der mittleren Signalamplitude abgeleiteten Farbkodierung.



**Abb. 5:** Eine Folge von Distanzbildern, die ein vorbeifahrendes Fahrzeug wiedergeben. Die zeitliche Reihenfolge beginnt links oben und verläuft zeilenweise. Dargestellt sind Schattierungen der Triangulierung, in der Perspektive der Kamera. Die Farbkodierung leitet sich aus den Objektdistanzen ab. Punkte und zugehörige Flächen mit besonders hohen bzw. niedrigen Signalamplituden wurden ausgeblendet. Das Objekt ist einerseits bewegt, andererseits besitzt es nur geringe Textur und wäre aus diesen Gründen für die (flächenhafte) Aufnahme mit Laserscannern oder Photogrammetrie nur bedingt geeignet.

## 6. Anwendungen im Vermessungswesen, ein Ausblick

*RIM* eignet sich bzgl. vieler Kriterien ideal für die 3D-Objekterfassung. Durch die simultane, berührungslose, schnelle und fortlaufende Messung von Punktwolken scheint *RIM* in unmittelbare Konkurrenz zum Laserscanning treten zu können. V.a. die Möglichkeit der handgeführten Messung, der Erfassung von in sich bewegten Szenen und die geringeren Produktionskosten durch den Wegfall der Scanmechanik stellen bestechende Vorteile dar. Im Vermessungswesen wird für die Mehrzahl der Anwendungen jedoch eine äußere Genauigkeit zumindest im *cm*-Bereich gefordert, was mit gegenwärtigen Geräten unter natürlichen Bedingungen nur eingeschränkt erfüllbar ist. Die Technik steht jedoch noch am Anfang, und die Messungen stabilisierende Verbesserungen, wie z.B. interne Referenzlichtwege, wurden im Falle der phasenwinkelbasierten Kameras von Herstellern bereits angekündigt. Außerdem ist mit einer weiteren Steigerung von Sensitivität und Präzision zu rechnen.

Sehr schnell vor sich gehende Bewegungen, bei denen Textur nur bedingt verwendbar ist und keine Markierungen angebracht werden können,

scheinen prädestiniert für die Aufnahme mit *RIM*-Kameras. Soll Augensicherheit gewährleistet sein, so sind der Technik bei der maximalen Messdistanz jedoch Grenzen gesetzt, auch wenn diese v.a. von SPAD-basierten Kameras noch weit gedehnt werden könnten. Die sich grundsätzlich anbietende Erfassung von Felsstürzen, Muren- und Lawinenabgängen liegt daher derzeit nicht im Bereich des Möglichen.

*RIM* könnte aber v.a. im kurzen bis mittleren Nahbereich zur Alternative werden, sobald entsprechende Kalibrierungen vorliegen. *RIM* wird dann v.a. im Verbund mit Inertialmesssystemen zur Modellierung kleinerer Objekte verwendbar, z.B. von Kunstgegenständen. Auch die Erfassung von Innenräumen ist dann möglich, potenziell günstiger als mit dem Laserscanner. Selbst die erforderliche Messdistanz für die Aufnahme von Straßenschluchten und Häuserfronten scheint erreichbar. Das den Verkehr störende Anhalten und Verweilen des Aufnahmefahrzeugs würde dann von einigen Minuten auf Sekundenbruchteile verkürzt oder gänzlich überflüssig.

Die geringen Anschaffungskosten von *RIM*-Kameras treiben aber möglicherweise auch die

Verbreitung von 3D-Modellen in weniger klassischen Bereichen voran. So könnten z.B. die Anstrengungen des web3D Konsortiums schließlich fruchten und Produkte im Web zukünftig verstärkt in drei Dimensionen präsentiert oder Unfallaufnahmen direkt durch die Beteiligten getätigt und kontrolliert werden. Selbst die Integration in Mobiltelefone ist denkbar, womit RIM-Kameras omnipräsent würden.

Sicher ist, dass die Datenmengen auch durch RIM-Kameras weiter steigen. Entsprechende Auswertestrategien für die Registrierung, Klassifizierung, Filterung und Modellierung müssen erst gefunden werden.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Albota, M. A., Aull, B. F., Fouche, D. G., Heinrichs, R. M., Kocher, D. G., Marino, R. M., Mooney, J. G., Newbury, N. R., O'Brian, M. E., Player, B. E., Willard, B. C. und Zayhowski, J. J. (2002): Three-Dimensional Imaging Laser Radars with Geiger-Mode Avalanche Photodiode Arrays. *Lincoln Laboratory Journal*, 13(2), 351–368.
- [2] Aull, B. F., Loomis, A. H., Young, D. J., Heinrichs, R. M., Felton, B. J., Daniels, P. J. und Launders, D. J. (2002): Geiger-Mode Avalanche Photodiodes for Three-Dimensional Imaging. *Lincoln Laboratory Journal*, 13(2), 335–350.
- [3] Büttgen, B., El Mechat, M.-A., Lustenberger, F. und Seitz, P. (2007): Pseudonoise Optical Modulation for Real-Time 3-D Imaging With Minimum Interference. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 54(10), 2109–2119.
- [4] Büttgen, B., Oggier, T., Lehmann, M., Kaufmann, R. und Lustenberger, F. (2005): CCD/CMOS Lock-In Pixel for Range Imaging: Challenges, Limitations and State-of-the-Art. In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg., 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 21–32.
- [5] Du, H., Oggier, T., Lustenberger, F. und Charbon, E. (2005): A Virtual Keyboard Based on True-3D Optical Ranging. In *Proceedings of the British Machine Vision Conference*. 220–229.
- [6] Elkhallil, O., Schrey, O. M., Mengel, P., Petermann, M., Brockherde, W. und Hosticka, B. J. (2004): A 4x64 Pixel CMOS Image Sensor for 3D Measurement Applications. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 39(7), 1208–1212.
- [7] Gokturk, S., Yalcin, H. und Bamji, C. (2004): A Time-Of-Flight Depth Sensor -System Description, Issues and Solutions. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. 35–44.
- [8] Gvili, R., Kaplan, A., Ofek, E. und Yahav, G. (2003): Depth keying. In *Woods, A. J., Bolas, M. T., Merritt, J. O. und Benton, S. A., Hg., Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems X*. SPIE, Bd. 5006, 564–574.
- [9] Hauke, M. und Bömer, T. (2005): Range Imaging and Vision Based Protective Devices (VBPDs) A Team For Safety? In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg., 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 81–87.
- [10] Kahlmann, T. und Ingensand, H. (2007): Increased Accuracy of 3D Range Imaging Camera by Means of Calibration. In *Optical 3-D Measurement Techniques VIII*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, Bd. 1, 101–108.
- [11] Kahlmann, T., Remondino, F. und Guillaume, S. (2007): Range Imaging Technology: New Developments and Applications for People Identification and Tracking. In *Beraldin, J.-A., Remondino, F. und Shortis, M. R., Hg., Videometrics IX*. SPIE, Bd. 6491, 12.
- [12] Karel, W., Dorninger, P. und Pfeifer, N. (2007): In Situ Determination of Range Camera Quality Parameters by Segmentation. In *Optical 3-D Measurement Techniques VIII*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, Bd. 1, 109–116.
- [13] Kraus, K. (2004): Photogrammetrie – Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanneraufnahmen, Bd. 1. de Gruyter, Berlin, 7. Aufl.
- [14] Kristensen, S., Estable, S., Kossow, M. und Brösel, R. (2001): Bin-Picking with a Solid State Range Camera. *Robotics and Autonomous Systems*, 35, 143–151.
- [15] Lange, R., Seitz, P., Biber, A. und Schwarte, R. (1999): Time-of-flight range imaging with a custom solid state image sensor. In *Tiziani, H. J. und Rastogi, P. K., Hg., Laser Metrology and Inspection*. SPIE, Bd. 3823, 180–191.
- [16] Lindner, M. und Kolb, A. (2006): Lateral and Depth Calibration of PMD-Distance Sensors. In *Bebis, G., Boyle, R., Parvin, B. und Koracin, D., Hg., Advances in Visual Computing*, Springer, Bd. 4292 von *Lecture Notes in Computer Science*. 524–533.
- [17] Mengel, P., Doemens, G. und Listl, L. (2001): Fast Range Imaging by CMOS Sensor Array through Multiple Double Short Time Integration (MDSI). In *International Conference on Image Processing*. I.E.E.E.-Press, Thessaloniki, Griechenland, 169–172.
- [18] Mure-Dubois, J. und Hügli, H. (2007): Time-of-Flight Imaging of Indoor Scenes with Scattering Compensation. In *Optical 3-D Measurement Techniques VIII*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, Bd. 1, 117–122.
- [19] Niclass, C., Rochas, A., Besse, P.-A. und Charbon, E. (2005): Design and Characterization of a CMOS 3-D Image Sensor Based on Single Photon Avalanche Diodes. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 40(9), 1847–1854.
- [20] Niclass, C., Sergio, M. und Charbon, E. (2006): A Single Photon Avalanche Diode Array Fabricated in Deep-Submicron CMOS Technology. In *Design, Automation and Test in Europe*. European Design and Automation Association, München, Deutschland, 81–86.
- [21] Oggier, T., Büttgen, B. und Lustenberger, F. (2005): SwissRanger SR3000 and First Experiences Based On Miniaturized 3D-TOF Cameras. In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg., 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 97–108.
- [22] Pancheri, L., Stoppa, D., Gonzo, L. und Dalla Betta, G.-F. (2007): A CMOS Range Camera Based on Single Photon Avalanche Diodes. *tm – Technisches Messen*, 74(2), 57–62.
- [23] Pfeifer, N. und Briese, C. (2007): Geometrical Aspects of Airborne Laser Scanning and Terrestrial Laser Scanning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Geoinformation Sciences*, XXXVI(3/W52), 311–319.

- [24] Price, M., Kenney, J., Eastman, R. D. und Hong, T. (2007): Training and Optimization of Operating Parameters for Flash LADAR Cameras. In IEEE International Conference on Robotics and Automation. Rom, Italien, 3408–3413.
- [25] Ringbeck, T. und Hagebecker, B. (2007): A 3D Time of Flight Camera for Object Detection. In Optical 3-D Measurement Techniques VIII. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, Bd. 1, 16–25.
- [26] Rohner, M., Siercks, K. und Hinderling, J. (2005): Single-Photon Detection for High Precision Ranging – a Trade-Off Study. In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg.*, 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 33–42.
- [27] Ruangpayoongsak, N. (2006): Development of Autonomous Features and Indoor Localization Techniques for Car-Like Mobile Robots. Dissertation, Universität Siegen, Siegen, Deutschland.
- [28] Spirig, T., Marley, M. und Seitz, P. (1997): The Multitap Lock-In CCD with Offset Subtraction. IEEE Transactions on Electron Devices, 44(10), 1643–1647.
- [29] Teizer, J. (2005): Rapid Three-Dimensional Modeling of Construction Objects. In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg.*, 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 89–95.
- [30] Wagner, W., Ullrich, A. und Briese, C. (2003): Der Laserstrahl und seine Interaktion mit der Erdoberfläche. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI), 91(4), 223–235.
- [31] Wagner, W., Ullrich, A., Melzer, T., Briese, C. und Kraus, K. (2004): From Single-pulse to Full-waveform Airborne Laser Scanners: Potential and Practical Challenges. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Geoinformation Sciences, XXXV(B/3), 201–206.
- [32] Wallace, A. M., Buller, G. S. und Walker, A. C. (2001): 3D Imaging and Ranging by Time-Correlated Single Photon Counting. Computing & Control Engineering, 12(4), 157–168.
- [33] Yahav, G., Iddan, G. und Mandelbaum, D. (2007): 3D Imaging Camera for Gaming Application. In International Conference on Consumer Electronics, Digest of Technical Papers. 1–2.
- [34] Zywitzka, F., Massen, J., Brunn, M., Lang, C. und Görnig, T. (2005): One-to-Three-Dimensional Ranging for Future Automotive Safety Systems. In *Ingensand, H. und Kahlmann, T., Hg.*, 1<sup>st</sup> Range Imaging Research Day. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 109–116.

#### Weblinks (Stand: Dezember 2007)

3DV Systems: <http://www.3dvsystems.com>

Canesta™: <http://www.canesta.com>

PMDTechnologies: <http://www.pmdtec.com>

MESA Imaging: <http://www.mesa-imaging.ch>

#### Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Wilfried Karel Christian Doppler Labor „Spatial Data from Laser Scanning and Remote Sensing“ am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung Technische Universität Wien Gußhausstraße 27-29/E122, A-1040 Wien. E-mail: [wk@ipf.tuwien.ac.at](mailto:wk@ipf.tuwien.ac.at)



## Genauigkeit der von Laien durchgeführten horizontalen Seitenmessung

*Gerhard Navratil, Wien, Markus Hackl, Steyr*

Dieser Beitrag wurde als „reviewed paper“ angenommen.

### Kurzfassung

Ein Kataster als System des Landmanagement beinhaltet sowohl technische, als auch ein soziale Komponenten. Das spiegelt sich auch in den Prozessen wider, die in einem Kataster ablaufen. Es gibt einerseits technische Abläufe wie beispielsweise die Vermessung von Grundgrenzen. Andererseits ist der Kataster aber auch als Instrument zur Entscheidungsfindung in unser Rechtssystem und damit in die Gesellschaft eingebettet. Damit sind aber nicht nur die Aussagen von Technikern relevant, sondern auch die Aussagen anderer Beteiligter, also beispielsweise von Grundstückseigentümern. Diese sind üblicherweise vermessungstechnische Laien. Trotzdem kann es vorkommen, dass sie Aussagen über Maße in der Natur treffen wie beispielsweise ‚mein Grundstück ist 23,45 m breit‘. Für die Beurteilung solcher Aussagen ist es notwendig, die Qualität der Messungen abzuschätzen. Es wurde daher ein Experiment durchgeführt, bei dem vermessungstechnische Laien mit Maßbändern verschiedene Strecken zwischen 5 und 70 m messen sollten. Die Ergebnisse zeigen, dass die größte Schwierigkeit für Laien bei der Messung die Berücksichtigung einer eventuell vorhandenen Hangneigung ist.

**Schlüsselwörter:** Kataster, Genauigkeit, Längennmessung

### Abstract

A cadastre is a system of land management and includes technical as well as social components. The processes within a cadastre reflect these components. There are technical processes like surveying parcel boundaries. On the other hand, a cadastre is an instrument for decision-making within our legal system and therefore within our society. Therefore, not only statements by technicians are relevant, but also statements by other persons like land owners. Such persons are usually not trained in surveying but it is still possible that they make statements on measures, e.g. 'my parcel has a width of 23,45 m'. The judgement of such statements requires an assessment of the quality of these measurements. We therefore carried out an experiment where amateurs in surveying had to measure distances between 5 and 70 m using a tape measure. The results show that amateurs have problems with the slope.

**Keywords:** cadastre, accuracy, distance measurement

### 1. Einleitung

Der Kataster ist ein technisches System, bei dem jedoch Entscheidungen nicht immer von Technikern getroffen werden. Im Streitfall kommt es auch vor, dass Richter in Situationen entscheiden, in denen Techniker gefragt werden sollten. Richter beurteilen jedoch eine Situation im Kataster nicht nach statistischen Merkmalen, sondern in absoluten Begriffen [1]. Für einen Richter hat also eine Messung mit einem Maßband dieselbe Beweiskraft wie eine Messung mit einem elektronischen Distanzmessgerät. Im Gegensatz dazu arbeiten Techniker immer mit Überbestimmung. Damit ist es möglich, eventuelle Fehler aufzudecken. Zusätzlich können auch Genauigkeiten für die einzelnen Werte angegeben werden. Diese Genauigkeiten werden dann vom Techniker in seiner Entscheidungsfindung berücksichtigt. Diese unterschiedliche Herangehensweise bewirkt, dass ein Jurist und ein Techniker zu unterschiedlichen Entscheidungen kommen kön-

nen. Das schafft Probleme in einem kombinierten System wie dem Kataster. Eine ausführliche Diskussion dieser Aspekte wurde bereits publiziert [2].

Neben Technikern und Juristen sind auch Grundstückseigentümer in Entscheidungsprozesse im Kataster eingebunden. Diese sind im Allgemeinen vermessungstechnische Laien, glauben aber oftmals trotzdem, Abmessungen exakt nachprüfen zu können. Dies wird vor allem dann wichtig, wenn Grundstücksbreiten vorgegeben oder Abstände einzuhalten sind. Die in diesem Artikel präsentierte Untersuchung soll zeigen, wie schwer es für Laien ist, mit einfachen Hilfsmitteln wie Rollmaßbändern horizontale Distanzen zu messen. Speziell bei der Kommunikation mit Laien und Juristen ist es wichtig, solche Probleme mit Zahlen belegen zu können. Das erlaubt zudem eine bessere Analyse von Fehlerquellen und dementsprechend eine Beurteilung ähnlicher Fälle. Bei der Untersuchung wurden Distanzen

gewählt, wie sie bei Grundstücken auftreten können. Mit dem Begriff Distanz wird im weiteren Verlauf immer die horizontale Distanz gemeint. Schräge Messungen werden als Strecke bezeichnet.

Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen zur Genauigkeit von Messmethoden und deren Verbesserung (aktuelle Beispiele sind [3], [4] [5]). Auch zum Thema Streckenmessung mit Maßbändern gibt es entsprechende Arbeiten (beispielsweise [6], [7], [8] und [9]). Es wird jedoch bei solchen Untersuchungen mit wenigen Ausnahmen (beispielsweise [10]) davon ausgegangen, dass die Messung von Experten durchgeführt wird. Das erlaubt die Verwendung komplexer Messanordnungen und Korrekturmethode. Scheinbar einfache Messmethoden wie die Maßbandmessung werden jedoch häufig nicht von Experten, sondern von Laien durchgeführt. Da gerade im Bereich des Katasters oft solche Messungen im Streitfall zur Argumentation verwendet werden, ist es notwendig, auch hier die erreichbare Genauigkeit zu kennen. Daher wurde ein Experiment mit einer Gruppe erwachsener Personen durchgeführt um zu untersuchen, ob und unter welchen Voraussetzungen Probleme mit der Messung auftreten. Die Aufgabe für die Versuchspersonen bestand darin, die Distanzen zwischen vorgegebenen Punkten mit Maßbändern zu bestimmen. Die Punkte wurden in Linien angeordnet. Um die Auswirkung von Höhenunterschieden auf die Qualität der Messung abzuschätzen, wurden Linien mit unterschiedlichem Gefälle gewählt.

Kapitel 2 enthält eine kurze Zusammenfassung der Diskussion bezüglich rechtlicher und technischer Entscheidungsprozesse. Dabei wird auch auf die Problematik der Maßbandmessung eingegangen. Das Beispiel verwendet einen komplexeren Zusammenhang, bei dem nicht nur Fragen der Messgenauigkeit, sondern auch Fragen der Definitionsgenauigkeit zu behandeln sind. Leider ist dem Autor kein besseres Beispiel bekannt, das vollständig ausjudiziert wäre. In Kapitel 3 beschreiben wir eine Versuchsanordnung zur Beantwortung der Frage nach der Genauigkeit von Maßbandmessungen durch vermessungstechnische Laien. Kapitel 4 enthält die Ergebnisse des Versuchs. In Kapitel 5 diskutieren wir die Ergebnisse und beschreiben die Auswirkung auf die in Kapitel 2 beschriebene Problematik. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse noch einmal kurz zusammen.

## 2. Ein Fallbeispiel

In der österreichischen Rechtsprechung gibt es eine Entscheidung des Verwaltungsgerichtshofes bezüglich Naturmaßen im Kataster ([1], [11]). Dabei wurde eine in der Salzburger Bauordnung vorgeschriebene minimale Distanz nicht eingehalten. Die geforderte Distanz war 4 m während die tatsächliche Distanz nur 3,96 m betrug. Das wurde vom Verwaltungsgerichtshof nicht als geringfügige Abweichung angesehen, obwohl es sich um eine relative Abweichung von 1% handelt.

Ein Problem an dieser Fragestellung ist die Definition der beteiligten Objekte. Während sich das Gebäude selbst noch recht einfach definieren lässt, gibt es bei der Definition der Grenze Unsicherheiten. Ein Beispiel soll die Problematik verdeutlichen. Dazu betrachten wir die in Abbildung 1 dargestellte, einfache Situation [2]. Das Bauwerk ist definiert durch das aufstrebende Mauerwerk und steht exakt parallel zur Grundstücksgrenze. Die Grundstücksgrenze ist in der Natur ersichtlich (beispielsweise durch einen Zaun) und zusätzlich existieren an den Punkten 1 und 2 Grenzzeichen. Untersucht wird der Normalabstand eines Punktes von der Grundstücksgrenze. Dieser soll mit der minimalen Distanz von 4 m verglichen werden.

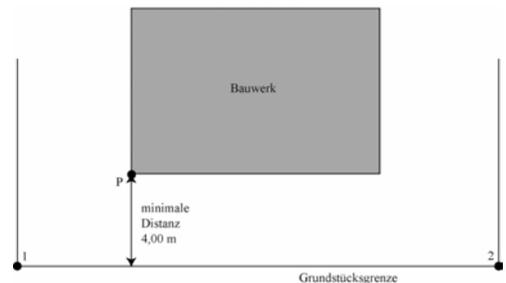


Abb. 1: Schematische Darstellung des Problems [2]

Die Distanz zwischen dem Punkt P und der Grundstücksgrenze, definiert durch die Grenzzeichen an den Punkten 1 und 2, kann auf zwei verschiedene Arten ermittelt werden. Die erste Möglichkeit ist die direkte Messung der Distanz (beispielsweise mittels Maßband). Diese liefert in unserem Beispiel einen Wert von 3,99 m. Die zweite Möglichkeit ist die Bestimmung von Koordinaten der drei Punkte P, 1 und 2 in einem gemeinsamen Koordinatensystem und die Ermittlung des Normalabstandes über die Hesse-Form [12]:

$$d = \begin{pmatrix} \frac{\Delta y_{12}}{s_{12}} \\ -\frac{\Delta x_{12}}{s_{12}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta x_{1P} \\ \Delta y_{1P} \end{pmatrix}.$$

Beide Methoden sollten theoretisch zu denselben Ergebnissen führen. Bei der praktischen Umsetzung ergeben sich jedoch einige Fragen:

- Wurden die Grenzzeichen eventuell im Zuge der Errichtung des Zaunes verschoben?
- Steht der Zaun exakt auf der Grenze oder ist er aus irgendwelchen Gründen versetzt?
- Ist der Verlauf des Zaunes auch wirklich geradlinig? Die Beurteilung der Geradlinigkeit kann beispielsweise durch Bewuchs erschwert werden.

Die Anwendung der Hesse-Form verlangt die Kenntnis der Koordinatendifferenzen. Daher nehmen wir folgende Koordinaten aus der Koordinatendatenbank an:

|   | y      | x      |
|---|--------|--------|
| 1 | 115,79 | 751,50 |
| 2 | 132,77 | 627,63 |

Zusätzlich wurden bei einer (ebenfalls fiktiven) Naturstandsaufnahme folgende Koordinaten ermittelt:

|    | Y      | X      |
|----|--------|--------|
| 1' | 115,85 | 751,55 |
| 2' | 132,80 | 627,67 |
| P' | 125,45 | 651,84 |

Nun gibt es einige Möglichkeiten, wie die Entscheidung getroffen werden kann, ob die Distanz 4 m unterschreitet:

- Wir verwenden ausschließlich die Maßbandmessung
- Wir verwenden ausschließlich die Naturstandsaufnahme
- Wir verwenden die Koordinaten des Katasters und den in der Naturstandsaufnahme zusätzlich bestimmten Punkt P.

Für alle drei Varianten können Argumente gefunden werden, jede Methode hat aber auch Nachteile.

Ein Richter würde in einem Gerichtsverfahren möglicherweise die erste Variante wählen, da sie für ihn am leichtesten zu verstehen ist. Der Nachteil dieser Methode ist jedoch, dass die Position der Grenze nicht mit der Position des Zaunes übereinstimmen muss. Wir gehen zwar im Allgemeinen davon aus, dass Zäune entlang der Grundstücksgrenze errichtet werden, eine entsprechende Bedingung ist aber nicht gegeben. Daher kann es durchaus vorkommen, dass die

Position des Objektes ‚Zaun‘ und die Position des Rechtsobjektes ‚Grundstücksgrenze‘ voneinander abweichen. Dazu kommt noch eine Unsicherheit in der Bestimmung des Wertes. Bei der in diesem Beispiel zu treffenden Entscheidung kann bereits eine Abweichung von wenigen Zentimetern zu einem falschen Ergebnis führen. Die erste Variante würde in unserem Beispiel zu der Entscheidung führen, dass die Distanz zu gering ist – wenn auch nur um 1 cm.

Die Standardprozedur im österreichischen Kataster ist die dritte Variante. Sie beruht darauf, dass die Koordinaten der Grenzpunkte die Grenze definieren und nicht verändert werden dürfen. Die Koordinaten des Punktes am Bauwerk sind aber nicht in der Koordinatendatenbank. Daher müssen die Koordinaten des Bauwerkes in Relation zu den zuvor bestimmten Koordinaten der Grundstücksgrenze gesetzt werden. Sollten die dabei verwendeten Festpunkte nicht mehr vorhanden sein, so können sich eventuell vorhandene Spannungen des Festpunktfeldes im Ergebnis niederschlagen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass sich auch Festpunkte bewegen können. Eine Bewegung um wenige Zentimeter innerhalb eines Jahrzehnts ist durchaus vorstellbar, kann sich aber im angenommenen Beispiel auf die Entscheidung auswirken. Für die so bestimmte Distanz zwischen Bauwerk und Grundstücksgrenze ergibt sich ein Wert von 3,96 m, der Abstand wäre also zu gering.

Variante zwei ist ein Kompromiss. Dabei tritt jedoch wieder das Problem auf, dass die Grenze in der Natur neu bestimmt werden muss. Abweichungen können wie bei der ersten Variante zu falschen Entscheidungen führen. Im verwendeten Beispiel ergibt sich eine Distanz von 4,01 m. Somit wäre die Distanz groß genug.

Eine rein auf den Koordinaten basierende Betrachtung ist jedoch nicht ausreichend. Die Vermessungsverordnung [13] definiert 15 cm als Mindestanforderung für die Genauigkeit der Festpunkte. Daraus resultiert eine Unschärfe der Definition der Grenzpunkte in der Natur. Eine neuerliche Vermessung müsste eine Klaffung von über 15 cm aufweisen, um die Verschiedenheit der Punkte zweifelsfrei zu beweisen. Für die Standardabweichung der einzelnen Koordinaten ergibt sich bei gleich genau angenommenen Koordinaten ein Wert von 3,5 cm. Dabei erfolgt der Übergang von absoluten Schranken auf Standardabweichung unter Verwendung der dreifachen Standardabweichung, innerhalb derer 99% aller Realisierungen liegen. Die so bestimmte

Standardabweichung kann nun verwendet werden, um mit Hilfe des einfachen Fehlerfortpflanzungsgesetzes ([14], S. 44) die Standardabweichung der berechneten Distanz zu ermitteln. Es ergibt sich ein Wert von 4,5 cm. Mit Hilfe eines statistischen Tests kann nun geprüft werden, ob die Distanz die geforderten 4 m nachweislich unterschreitet. Leider kann die Hypothese bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% nicht angenommen werden, da die Stichprobe zu klein ist.

Bei der Verwendung von Koordinaten ist es also möglich, die Genauigkeit des Ergebnisses abzuschätzen und zu testen, ob die notwendige Distanz eingehalten wurde. Ähnliche Betrachtungen müssen auch dann angestellt werden, wenn der Richter statt der Koordinaten eine Maßbandmessung verwendet. Dazu ist es jedoch notwendig, die erreichte Genauigkeit zu kennen. Das ist im Allgemeinen bei von Laien durchgeführten Messungen nicht der Fall. Daher wurde untersucht, wie gut die Messungen von Laien sind.

### 3. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Genauigkeit von Maßbandmessungen

Im letzten Abschnitt haben wir gesehen, dass es unterschiedliche Möglichkeiten gibt, wie ein Richter die Distanz bestimmen kann. Es ist also durchaus möglich, dass eine Entscheidung auch aufgrund einer Maßbandmessung getroffen wird, die von Laien durchgeführt wurde. Die Aufgabe der Vermesser ist es nun, die Grenzen einer solchen Messung nachzuweisen und zu kommunizieren. Ein erster Versuch dafür ist die hier vorgestellte Untersuchung. Dazu wurde eine Gruppe von Versuchspersonen zusammengestellt. Die Personen sollten unterschiedliche Distanzen entlang verschiedener Linien bestimmen. Die Ergebnisse wurden ausgewertet und mit Soll-Werten verglichen, die mit einem modernen Tachymeter ermittelt wurden.

#### 3.1 Versuchsgruppe

Die Versuchsgruppe bestand aus 17 Personen. Es wurden Personen aus möglichst vielen Berufsgruppen hinzugezogen, Vermessungstechniker wurden allerdings nicht berücksichtigt. 11 Männer und 6 Frauen gehörten der Versuchsgruppe an. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Verteilung der vertretenen Berufsgruppen. Von den 17 Personen waren 5 aus der Altersgruppe zwischen 20 und 30 Jahren und 4 aus der Gruppe zwischen 50 und 60 Jahren. Die übrigen Personen waren alle zwischen 30 und 50 Jahre alt.

| Berufsgruppe   | Anzahl |
|----------------|--------|
| Techniker      | 5      |
| Handel/Gewerbe | 5      |
| Sozialberufe   | 2      |
| Handwerker     | 2      |
| sonstige       | 3      |

Tab. 1: Versuchsgruppe gegliedert nach Berufsgruppen

#### 3.2 Testgebiet und Teststrecken

Die für die Durchführung des Feldversuchs benötigten Flächen wurden von dem Landwirt Karl Kranawetter zu Verfügung gestellt. Das Gebiet befindet sich nahe Steyr/Oberösterreich in 4421 Aschach an der Steyr (siehe Abbildung 2).

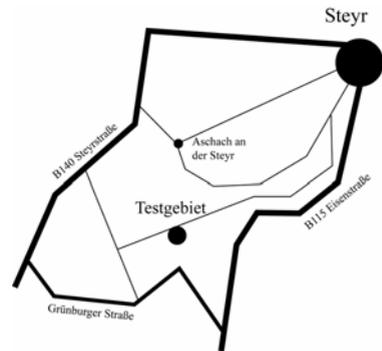


Abb. 2: Testgebiet bei Aschach an der Steyr

Es wurden 3 Linien für den Test verwendet (Abbildung 3). Auf den Linien wurden jeweils 4 Punkte mit Metallmarken stabilisiert, zwischen denen die verschiedenen Distanzen zu messen waren. Die Linien unterschieden sich durch ihre Steigung und eventuellen Hindernissen.



Abb. 3: Anordnung der Linien im Testgebiet (© Amt der oö. Landesregierung / Geol – DORIS)

Der Schwierigkeitsgrad stieg von Linie A bis C an. Jede Linie bestand aus 3 zu messenden Distanzen. Die kurze Distanz von 5 – 7 m müsste präzise zu bestimmen sein. Die mittlere Distanz von ca. 35 m sollte einer durchschnittlichen Grenzenlänge entsprechen. Die längste Distanz von 60 – 70 m war so gewählt, dass mit einem 50 m Stahlmaßband mindestens einmal angestückt werden musste.

Linie A war vom Gelände her am einfachsten zu messen (Abbildung 4). Sie verlief am Parkett entlang eines Güterweges und wies keinerlei Hindernisse auf. Sie hatte mit 1,89 m auf 62,65 m Distanz auch den geringsten Höhenunterschied.



Abb. 4: Linie A – Güterweg

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, ist bei diesem geringen Höhenunterschied die Reduktion der gemessenen Strecke auf die Horizontale sehr gering. Zudem bietet das Gelände keine Schwierigkeiten. Daher waren gute Messungen zu erwarten.

| Linie A        |            |                    |
|----------------|------------|--------------------|
| horizontal [m] | schräg [m] | Höhendifferenz [m] |
| 5,543          | 5,546      | -0,195             |
| 35,922         | 35,944     | -1,266             |
| 62,653         | 62,681     | -1,890             |

Tab. 2: Referenzdaten der Linie A

Linie B (Abbildung 5) wies die größte Steigung auf (siehe Tabelle 3). Sie verlief entlang eines Weidezauns und war ebenfalls frei von Hindernissen. Der große Höhenunterschied ließ erwarten, dass die Messungen stärker differieren, je nach Güte der Horizontierung während der Messung.



Abb. 5: Linie B – entlang eines Weidezauns

| Linie B        |            |                    |
|----------------|------------|--------------------|
| horizontal [m] | schräg [m] | Höhendifferenz [m] |
| 6,063          | 6,124      | -0,861             |
| 36,128         | 36,991     | -7,497             |
| 69,399         | 70,939     | -14,701            |

Tab. 3: Referenzdaten der Strecke B

Bei der Linie C (Abbildung 6) waren die Messpunkte zusätzlich zur vorhandenen Steigung an einen Waldrand gesetzt. So traten zwischen den einzelnen Punkten Hindernisse wie Sträucher und Bäume auf und es war keine direkte Sichtverbindung zwischen den Punkten gegeben.



Abb. 6: Linie C – Waldrand

Tabelle 4 zeigt, dass die Strecke C mit 11,46 m Höhendifferenz etwas flacher als Strecke B ist. Aus diesem Grund sind hier kleinere Messabweichungen durch die Horizontierung zu erwarten. Problematisch ist jedoch die fehlende direkte Sicht.

| Strecke C      |            |                    |
|----------------|------------|--------------------|
| horizontal [m] | schräg [m] | Höhendifferenz [m] |
| 7,017          | 7,063      | -0,806             |
| 38,141         | 38,71      | -6,614             |
| 61,522         | 62,581     | -11,463            |

Tab. 4: Referenzdaten der Linie C

### 3.3 Messgerät

Die Referenzdaten wurden mit Hilfe eines Trimble 5600IR erfasst. Die Genauigkeit der Streckenmessung wird vom Hersteller mit  $2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  angegeben. Alle Punkte wurden doppelt aufgenommen und die Ergebnisse anschließend gemittelt. Die dabei auftretenden Abweichungen waren im zu erwartenden Bereich weniger Millimeter. So kann die Referenzmessung im Vergleich zur erwarteten Genauigkeiten der Versuchsmessung als fehlerfrei angesehen werden.

Den Mitgliedern der Versuchsgruppe wurden 50 m Stahlmessbänder mit Zentimeterteilung und Fluchtstangen mit 1,2 m Länge zur Verfügung gestellt. Auf die Bereitstellung von elektronischen Distanzmessern und Winkelmessern wurde verzichtet, da Laien im Allgemeinen nur selten über derartige technische Hilfsmittel verfügen. Außerdem kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Versuchspersonen gemessene Strecken mit Hilfe von Winkelsätzen auf die Horizontale reduzieren können.

### 3.4 Aufgabenstellung

Den Mitgliedern der Versuchsgruppe wurde aufgetragen, Distanzen zu bestimmen. Es sollten jeweils die Distanzen der Punkte zum ersten Punkt ermittelt werden. Es gab keine Einführung in die Arbeitsmethodik, da kein Expertenwissen die Ergebnisse verfälschen sollte. Jedes Mitglied der Gruppe sollte die Strecken selbst bestimmen. Dazu war die Hilfe weiterer Mitglieder notwendig. Somit ist die Arbeitsweise der Teilnehmer nicht unabhängig.

## 4. Ergebnisse des Versuches

Im folgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der Messungen dargestellt. Für eine bessere Vergleichbarkeit sind die Abweichungen als relative Angaben in Prozent dargestellt. Die Nummerierung von 1 bis 17 entspricht den jeweiligen Beobachtern. Die Reihenfolge wurde innerhalb einer Linie beibehalten, nicht jedoch bei unterschiedlichen Linien.

### 4.1 Linie A

Auffallend an den Resultaten der Linie A (Abbildung 7) ist, dass bei der kürzesten Distanz zwei Personen zu kurz gemessen haben. Bei Ignorieren von Durchhang des Messbandes und Schiefe der Messlinie wären nur zu lange Messungen zu erwarten gewesen. Diese Fehler können also nur durch einen fehlerhaft identifizierten Nullpunkt oder eine falsche Ablesung verursacht worden sein.

Die Mittelwerte der einzelnen Distanzen stimmen auf den Zentimeter mit den Soll-Werten überein. Lediglich bei der 35 m-Distanz gibt es eine Abweichung von 1 cm. Die Standardabweichungen betragen 1 cm, 10 cm und 11 cm. Relativ gesehen ( $\sigma_x/x$ ) bedeutet das eine Unsicherheit von 1,5 bis 3 mm/m. Durch Eliminieren der Ausreißer (Beobachter 11 bei der kurzen Strecke und Beobachter 13 bei den beiden anderen Strecken) wachsen klarerweise die Mittelwerte während die Standardabweichungen kleiner werden. Bei horizontalem, leicht einsehbarem Gelände haben also Laien kaum Probleme beim Messen von Sperrmaßen.

### 4.2 Linie B

Bei der Linie B waren, wie in Abbildung 8 ersichtlich, aufgrund der Steigung die größten Messfehler zu verzeichnen. Bereits bei der kürzesten Strecke entstanden Abweichungen von bis zu 5 cm, die sich auf der langen Distanz bis auf 1,9 m vergrößerten.

Hier sind die Abweichungen hinsichtlich des Mittelwertes größer als bei Linie A. Es ergeben sich 3 cm, 70 cm und 115 cm Abweichung vom Sollwert. Die Standardabweichungen sind mit 2 cm, 27 cm und 38 cm jedoch nicht ähnlich angestiegen. Die relative Unsicherheit ist nun 2,6 bis 7,3 mm/m. Es ist also zwar die Streuung größer geworden, die systematische Verfälschung der Messung ist aber wesentlich größer als aus der Standardabweichung zu vermuten gewesen wäre.

### 4.3 Linie C

Bei der Linie C wurden trotz der vorhandenen Hindernisse bessere Ergebnisse als bei Linie B erzielt (Abbildung 9). Auffällig ist, dass bei der kürzesten Distanz 5 Personen zu kurze Werte maßen. Bei Linie C war die direkte Verbindung durch Buschwerk blockiert und es war somit notwendig, die Distanz parallel versetzt zu messen. Gelingt es dabei nicht, den rechten Winkel richtig einzuschätzen, so ändert sich beim

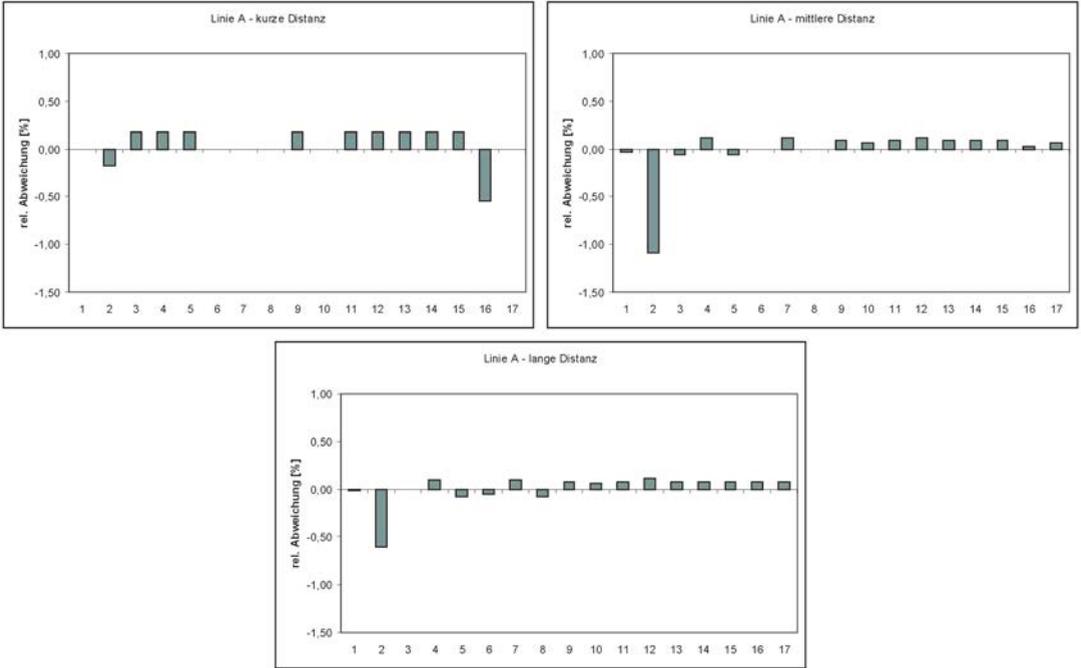


Abb. 7: Ergebnisse der Linie A

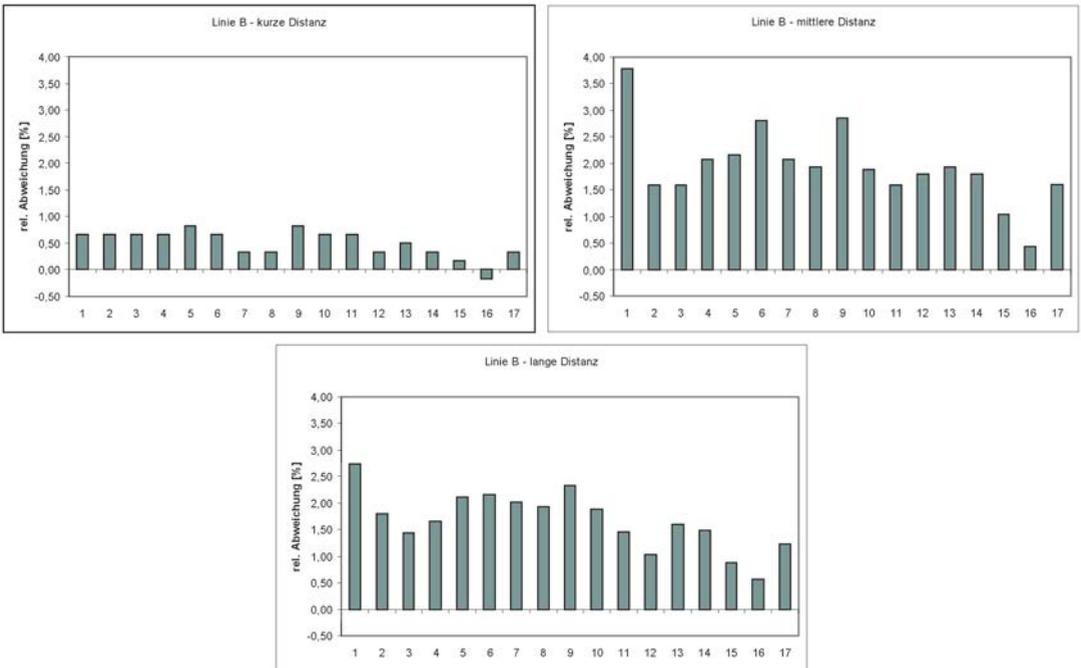


Abb. 8: Ergebnisse der Linie B

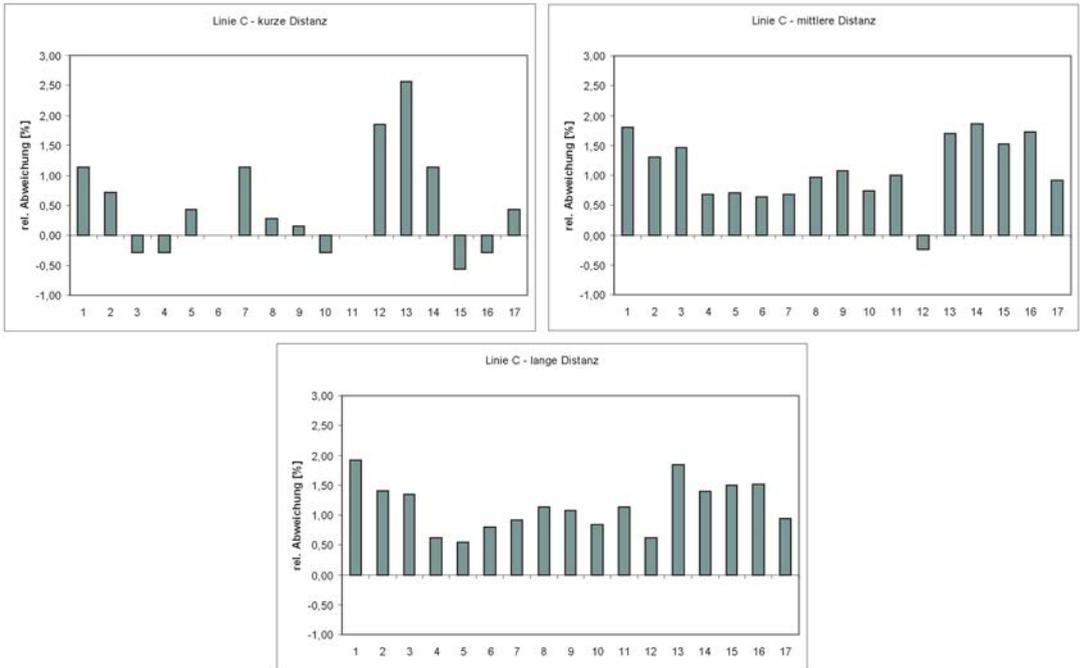


Abb. 9: Ergebnisse der Linie C

Versetzen die Distanz. Das würde auch die hohen Abweichungen von bis zu 18 cm erklären, die auf dieser kurzen Distanz aufgetreten sind. Da dieser Fehler nur an den Endpunkten auftritt, sollte er unabhängig zu der zu messenden Distanz sein.

Die Abweichungen des Mittelwertes vom Sollwert ergeben sich zu 3 cm, 42 cm und 71 cm, sind also deutlich geringer als bei der Linie B. Die Standardabweichungen liegen mit 6 cm, 21 cm und 26 cm jedoch in einem ähnlichen Bereich. Die relative Unsicherheit liegt nun bei 4 bis 8,5 mm/m, wobei die kürzeste Strecke die höchste relative Unsicherheit aufweist.

## 5. Diskussion

Eine Auswertung hinsichtlich Alter, Beruf und Geschlecht hat keine signifikanten Unterschiede gezeigt [15]. Die weiblichen Personen haben zwar im Schnitt eine etwas höhere Genauigkeit erreicht, die Größe der Gruppe reicht jedoch für gesicherte Aussagen nicht aus.

Eine Analyse der Fehler weist auf drei mögliche Ursachen für die Abweichungen hin:

- Nicht-Berücksichtigung der Abweichung von der Geraden
- Horizontierungsfehler

- Ungenaue exzentrische Messung

### 5.1 Fehler aufgrund der Abweichung aus der Geraden

Beim Markieren der Linien wurde zwar darauf geachtet, dass die Punkte annähernd auf einer Geraden liegen, es wurde aber nicht als strenge Bedingung eingeführt. Daher treten Abweichungen aus der Geraden auf. Abbildung 10 zeigt die Situation für Linie C.

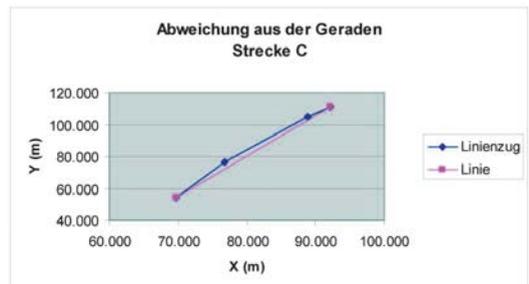


Abb. 10: Abweichungen der Punkte der Linie C von der Geraden

Bei der Aufgabenstellung wurde dieser Umstand so berücksichtigt, dass den Testpersonen folgende Aufgabe gestellt wurde:

„Bestimmen Sie die horizontalen Abstände der drei Punkte vom ersten Punkt.“

Die Personen der Versuchsgruppe sind jedoch so vorgegangen, dass immer die Abstände zwischen benachbarten Punkten gemessen und diese anschließend addiert wurden. Statt also die Distanzen 12, 13 und 14 zwischen den Punkten 1 bis 4 zu beobachten, wurden die Distanzen 12, 23 und 34 beobachtet und aus diesen Beobachtungen die gewünschten Werte abgeleitet. Diese Vorgangsweise führt jedoch zwangsläufig zu einem falschen Ergebnis, wenn die Linie nicht gerade verläuft.

Dieses fehlerhafte Verhalten wurde bei dem Versuch nicht unterbunden, da sonst eventuell Expertenwissen (des Versuchsleiters) die Ergebnisse verfälscht hätte. Da jedoch die gesamte Versuchsgruppe gleichzeitig anwesend war, sind die Fehler nicht unabhängig – fehlerhafte Methoden der ersten Person werden wahrscheinlich von den anderen Personen kopiert. Somit könnte es bei einer Wiederholung des Versuches zu einer korrekten Vorgangsweise kommen.

Der resultierende Fehler ist betragsmäßig zwar gering, kann sich aber trotzdem bereits auswirken. Die Linie C wies die größte seitliche Abweichung auf. Die Differenz zwischen Sehne und Bogen beträgt hier 10 cm. Dieser Fehler geht als systematischer Einfluss in die Beobachtungen ein. Das ist bereits 1/7 der beobachteten Abweichung des Mittelwertes. Es ist allerdings zu beachten, dass eine optische Kontrolle, ob die Punkte auch auf einer Geraden liegen, wegen der Sichthindernisse bei Linie C nicht möglich war.

Derselbe Fehler tritt auf, wenn die Messung nicht auf einmal möglich ist. Die Personen haben versucht, immer direkt die horizontierten Distanzen zu beobachten. Bei den steileren Strecken war es bei größeren Distanzen notwendig, die Messung zu stückeln. Dabei kann es leicht passieren, dass die Zwischenpunkte von der Geraden abweichen. Eine Quantifizierung des Fehlers ist jedoch nur möglich, wenn die Lage dieser Zwischenpunkte bekannt ist. Da diese Punkte nicht vermarktet und später vermessen wurden, ist hier keine Aussage möglich.

## 5.2 Fehler aufgrund der Abweichung aus der Horizontalen

Der zweite Einflussfaktor ist die Genauigkeit der Horizontierung. Es ist schwer, ohne technische Hilfsmittel eine horizontale Linie zu definieren, wenn es keine Anhaltspunkte gibt. Es wurde

während des Versuches vom Leiter beobachtet, dass die Personen gerade bei der Horizontierung große Probleme hatten. Selbst Hilfskräfte, die mit seitlichem Abstand die Horizontierung überprüfen sollten, waren oft nicht in der Lage, die (grobe) Horizontierung sicherzustellen. Das wirkt sich vor allem bei steilem Gelände aus.

Die Linie mit der größten Steigung war Linie B. Daher werden im Folgenden nur die Ergebnisse dieser Linie betrachtet. Tabelle 5 zeigt die Auswirkung der Horizontierung. In den ersten beiden Spalten stehen die horizontalen Distanzen und die schrägen Strecken. In der dritten Spalte stehen die Mittelwerte der Ergebnisse des Versuches. Bei jeder der drei Messungen liegt das Messergebnis zwischen der horizontalen Distanz und der schrägen Strecke. Das deutet darauf hin, dass eine unvollständige Horizontierung durchgeführt wurde. Im Vergleich mit den Ergebnissen der annähernd horizontalen Linie A wird auch klar, dass gerade bei steilem Gelände das Messergebnis eine starke systematische Verschiebung aufweisen wird.

| Linie B        |            |                 |
|----------------|------------|-----------------|
| horizontal [m] | schräg [m] | Mittelwerte [m] |
| 6,063          | 6,124      | 6,09            |
| 36,128         | 36,991     | 36,83           |
| 69,399         | 70,939     | 70,55           |

Tab. 5: Horizontale Distanzen, schräge Strecken und Versuchsergebnisse für Linie B

## 5.3 Fehler aufgrund exzentrischer Messung

Die Linie C wurde absichtlich so gelegt, dass sie durch Buschwerk blockiert war. Daher war es notwendig, die Messungen exzentrisch durchzuführen. Beim Herausverlegen der Linie müssen rechte Winkel eingehalten werden und die beiden Exzenter müssen gleich lang sein. Bei korrekter Durchführung entsteht also eine rechteckige Grundrissfigur. Dabei können zwei Fehler auftreten:

- Die Exzenter sind nicht gleich lang, die originale und die gemessene Linie sind somit nicht parallel. Dieser Fehler bewirkt immer eine Vergrößerung der Distanz.
- Die Winkel weichen vom rechten Winkel ab. Es entsteht somit ein allgemeines Viereck. Dieser Fehler kann eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Distanz bewirken.

Die Linien B und C sind ähnlich steil angelegt. Da die Linie C zusätzlich noch durch Buschwerk versperrt ist, sollte der eben besprochene Fehler

aufzutreten. Bei Betrachtung der Ergebnisse fällt aber auf, dass die etwas steilere Linie B einen wesentlich größeren Fehler aufweist als die Linie C. Bei der Linie C ist jedoch die Standardabweichung etwas größer als bei Linie B. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Exzentermessung eine größere Streuung bewirkt, sich auf den Mittelwert aber nicht so stark auswirkt wie die fehlerhafte Horizontierung.

## 6. Zusammenfassung

Die Untersuchung hat gezeigt, dass Laien vor allem mit der Horizontierung von Strecken Probleme haben. Bei Strecken mit geringem Gefälle (speziell bei Linie A mit einer Höhendifferenz von nur 2 m auf 62 m Länge) waren die Ergebnisse der Messung mit einer Abweichung von 0 cm zwischen Mittelwert und Sollwert sowie einer Standardabweichung von 11 cm ausgezeichnet. Bei den beiden steileren Linien könnten diese Werte nicht gehalten werden. Vor allem die Abweichung zwischen Mittelwert und Sollwert ist beträchtlich angewachsen. Ursache ist der systematisch wirkende Einfluss der Horizontierung, die den Teilnehmern nicht mit ausreichender Präzision gelungen ist.

Die Genauigkeit bei der horizontalen Messung könnte durch den Einsatz präziserer Messmittel wie beispielsweise von berührungslosen Laser-Distanzmessgeräten wesentlich gesteigert werden. Eine grobe (und statistisch auch nicht gesicherte) Abschätzung eines Fehlergesetzes für den durchgeführten Versuch ergibt einen entfernungsabhängigen Fehleranteil von über 1000 ppm. Selbst die einfachsten Laser-Entfernungsmesser haben eine wesentlich bessere Messgenauigkeit, könnten also bessere Ergebnisse erzielen.

Im steileren Gelände wird sich der Einsatz besserer Messmittel nicht so stark auswirken, da hier die Horizontierung das eigentliche Problem darstellt. Dieses Problem kann jedoch nicht durch eine genauere Streckenmessung gelöst werden. Hier wäre entweder die Messung eines Höhenwinkels oder die Messung des Höhenunterschiedes notwendig. Alternativ könnte natürlich auch eine Libelle für die Horizontierung der Messlinie verwendet werden. All das war im Versuch jedoch nicht vorgesehen.

## Literaturverzeichnis

- [1] *Twaroch, C. (2005)*: Richter kennen keine Toleranz. Intern. Geodätische Woche, Obergurgl, Wichmann.
- [2] *Navratil, G. (angenommen)*: "Legal and Technical Aspects of Decisions on Property Boundaries – The Case of Austria." Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research.
- [3] *Böhm, J., H. Schuh, et al. (2002)*: Influence of tropospheric zenith delays obtained by GPS and VLBI on station heights. Vertical Reference Systems – IAG Symposium. H. Drewes, A. H. Dodson, L. P. S. Fortes, L. Sánchez and P. Sandoval. 124: 107–112.
- [4] *Wieser, A. (2006)*: High-sensitivity GNSS: The trade-off between availability and accuracy. 3<sup>rd</sup> IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering / 12<sup>th</sup> FIG Symposium on Deformation Measurement, Baden, Österreich.
- [5] *Retscher, G. (2007)*: "Investigations of Selected Systems for Indoor and Pedestrian Navigation." Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI) 95(2): 166–172.
- [6] *Mitter, J. (1952)*: "Die Steigerung der Bandmaßgenauigkeit mit einfachen Mitteln." Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen 40. Jahrgang(4/5): 97–102, 134–139.
- [7] *Tarczy-Hornoch, A. (1958)*: "Über die Invardraht- und Bandmessung." Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV) 83. Jahrgang(6/7): 183–189, 222–227.
- [8] *Gary, M. (1959)*: "Berechnung der Meßlänge bei frei durchhängenden Bandmaßen." Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV) 84. Jahrgang(6): 188–194.
- [9] *Gebauer, H. und W. Stoeber (1965)*: "Erfahrungen beim Einsatz des 100m-Bandes bei Vermessungsaufgaben in der Stadt Hannover." Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN) 72. Jahrgang(9): 377–381.
- [10] *Kay, S. (2006)*: "Field Area Checks Using GPS (2)." GIM International 20(1): 43–45.
- [11] *VwGH (1983)*: Erkenntnis. 83/06/0088.
- [12] *Reinhardt, F. und H. Soeder (1991)*: dtv-Atlas zur Mathematik: Grundlagen, Algebra und Geometrie (Band 1). München, dtv.
- [13] *BMWA (1994)*: Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Vermessung und Pläne (Vermessungsverordnung 1994 – VermV). BGBl.Nr. 562/1994.
- [14] *Niemeier, W. (2002)*: Ausgleichsrechnung: Eine Einführung für Studierende und Praktiker des Vermessungs- und Geoinformationswesens. Berlin, de Gruyter.
- [15] *Hackl, M. (2007)*: Wie genau können Laien ihre Grundgrenzen messen? Seminararbeit. Wien, TU Wien, Institut für Geoinformation und Kartographie: 10.

## Anschrift der Autoren

Privatdoz. Dr. Gerhard Navratil, Institut für Geoinformation und Kartographie, Technische Universität Wien, Gusshausstr. 27-29, A-1040 Wien.

E-mail: navratil@geoinfo.tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Markus Hackl, Schlühlsimayrstr. 127/3, A-4400 Steyr. E-mail: markus\_hackl@gmx.at

## Recht und Gesetz

*Zusammengestellt und bearbeitet von  
Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.jur. Christoph Twaroch*

### Betreten von Grundstücken; § 43 Abs. 1 VermG

*§ 43 Abs.1 VermG stellt eine gesetzliche Erlaubnis und somit einen Rechtfertigungsgrund dar, der die Eigenmacht des Eingreifenden und damit die Besitzstörung ausschließt.*

(LGZRS Wien, 17.Mai 2006, GZ 36R170/06a)

#### **Sachverhalt:**

Am 12. Oktober 2005 betrat der Beklagte im Auftrag seines Arbeitgebers DI F. R., Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen, die Liegenschaft der Klägerinnen, um Vermessungsarbeiten durchzuführen. Im Zuge dessen schlug er einen Markierungsnagel in den Boden des Hofes der Liegenschaft ein.

Die Klägerinnen begehrten mit ihrer am 20. Oktober 2005 bei Gericht eingebrachten Klage die Feststellung der Störung ihres ruhigen Besitzes und die Entfernung des Vermessungsnagels.

Das Erstgericht gab der Klage teilweise statt.

#### **Aus der Begründung:**

Entgegen der rechtlichen Beurteilung des Erstgerichts fehlt im vorliegenden Fall die für die Besitzstörung erforderliche Eigenmacht:

Eigenmacht ist das Fehlen von Rechtfertigungsgründen. Als Rechtfertigungsgründe werden die Einwilligung des Besitzers, die Erlaubnis durch einen behördlichen Auftrag und die Gestattung durch das Gesetz anerkannt.

Im konkreten Fall kommt nur der Rechtfertigungsgrund der gesetzlichen Erlaubnis in Betracht. Verlangt wird, dass das Gesetz ohne Dazwischentreten eines weiteren Verfahrens wie z.B. eines Exekutionsverfahrens den Eingriff direkt erlaubt.

Fraglich ist, ob § 43 VermG iVm § 1 LiegTeilG eine solche gesetzliche Rechtfertigung normiert. Mit dieser Problematik hat sich – soweit überblickbar – bisher nur das Landesgericht für ZRS Graz in der auch vom Rekursurheber angeführten Entscheidung 6 R 413/98v beschäftigt. Danach erlaubt § 43 VermG den in § 1 Abs. 1 Z 1 LiegTeilG genannten Personen das Betreten von Liegenschaften (mit Ausnahme der Gebäude) zur Durchführung von Vermessungsarbeiten. § 1 Abs. 1 Z 1 LiegTeilG erwähnt Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen. Da diese Befugnis eine Legalservitut iSd §

364 ABGB darstellt, liegt eine gesetzliche Befugnis vor, die es Ingenieurkonsulenten – und deren Mitarbeitern, worauf noch zurück zu kommen sein wird – erlaubt, bei vermessungstechnischen Arbeiten jedes Grundstück zu betreten. Da kein weiteres Genehmigungsverfahren verlangt wird, stellt § 43 VermG iVm § 1 LiegTeilG einen Rechtfertigungsgrund im oben genannten Sinn dar, der die Eigenmacht des Eingreifenden und damit die Besitzstörung ausschließt.

Der Einwand der Klägerinnen, der Mitarbeiter des Vermessungsbüros sei ohne Hinweise auf seine Berechtigung gem § 43 VermG eingedrungen und habe Störungshandlungen gesetzt, es handle sich überdies um eine rein private Maßnahme eines Privaten, vermag daran nichts zu ändern:

Zum einen erstreckt sich die Befugnis zum Betreten von Liegenschaften nicht nur auf Ingenieurkonsulenten selbst, sondern auch auf deren Mitarbeiter, zum anderen empfiehlt es sich zwar, besagte Mitarbeiter mit Ausweispapieren auszustatten, aus der diese Berechtigung hervorgeht, erforderlich ist dies aber nicht.

Darüber hinaus ist es nicht notwendig, sich im Besitzstörungsverfahren gegenüber dem Besitzer explizit auf einen Rechtfertigungsgrund zu berufen. Liegt ein Rechtfertigungsgrund vor, ist der Eingriff gerechtfertigt und stellt keine Besitzstörung dar, da es an Eigenmacht fehlt.

Überdies kann beispielsweise von einem Wanderer, dessen an sich besitzstörende Begehung eines privaten Waldes nach § 33 ForstG gerechtfertigt ist, auch nicht verlangt werden, seinen Rechtfertigungsgrund bekannt zu geben. Eine Berufung auf den Rechtfertigungsgrund des § 43 VermG mag allenfalls die Höflichkeit gebieten, mangels gesetzlicher Anordnung kann sie aber nicht verlangt werden, da ansonsten auch bei allen anderen gerechtfertigten Eingriffen eine explizite vorhergehende Berufung auf den Rechtfertigungsgrund zu erfolgen hätte.

In seiner rechtlichen Beurteilung führt das Erstgericht aus, dass § 1 Abs. 1 Z 1, 3 und 4 sowie Abs. 2 LiegTeilG im vorliegenden Fall nicht zur Anwendung käme, da der Beklagte nicht damit beschäftigt war, einen Plan zur grundbücherlichen Teilung anzufertigen. Grundsätzlich ist es zwar nach den unbekämpften Sachverhaltsfeststellungen richtig, dass der Beklagte keinen solchen Plan anfertigen wollte, doch verweist § 43 VermG auf § 1 Abs. 1 Z 1 LiegTeilG, um festzulegen, wem die Befugnis zum jederzeitigen Betreten von Grundstücken zukommt. Dadurch wird lediglich eine Wiederholung von bereits in einem anderen Gesetz erwähnten Begriffsbestimmungen vermieden, ohne dass dies im konkreten Fall zu einer prinzipiellen Anwendbarkeit des LiegTeilG führt.

Die von den Klägern im erstinstanzlichen Verfahren vorgebrachten verfassungsrechtlichen Bedenken gegen § 43 VermG wurden im Rekursverfahren nicht mehr aufrechterhalten. Dazu ist lediglich anzumerken, dass die Erlaubnis zum Betreten fremder Grundstücke dem öffentlichen Interesse an einer geordneten Tätigkeit der Vermessungsbefugten dient und im Sinn der stRspr des VfGH keinen unverhältnismäßigen Eingriff in das verfassungsgesetzlich geschützte Recht auf Unversehrtheit des Eigentums darstellt, zumal lediglich das Betreten von Grundstücken, nicht aber von Gebäuden gestattet wird.

## Umwandlungsbescheid; § 20 VermG

*Der Bescheid über die Umwandlung eines Grundstückes in den Grenzkataster kann rechtswirksam dem Planverfasser mit Wirkung für die auftraggebende Grundeigentümerin zugestellt werden.*

(VwGH, 31. Jänner 2007, GZ 2007/06/0139)

### Sachverhalt:

Mit Teilungsplan des DI A. vom 29. März 1982, GZ 10496, wurde das Grundstück Nr. 1275, KG L (damalige Eigentümerin: K W) in die Grundstücke Nr. 1275/1 (vorgesehener neuer Eigentümer: der Beschwerdeführer), Nr. 1275/2 (vorgesehener neuer Eigentümer: Alois W) und Nr. 1275/3 (vorgesehener neuer Eigentümer: Alfred W) geteilt.

Mit Eingabe vom 29. September 1982 (die unter Verwendung eines Formulars verfasst wurde) kam DI A. beim Vermessungsamt V (VA) um Bescheinigung des Planes gemäß § 39 VermG ein; in der Rubrik „Name und Anschrift des Antragstellers“, die von DI A. unterschrieben ist, findet sich die Stampiglie „als Vertreter der Parteien verzichte ich hinsichtlich des zu ergehenden Bescheides bei aufrechter Erledigung auf das Rechtsmittel der Berufung“; Namen sind in dieser Rubrik nicht angeführt. Auf der beigeschlossenen Vermessungsurkunde sind als Beteiligte K, Ing. E, Alois und Alfred W genannt.

Mit Bescheid des VA vom 14. Februar 1983 wurde der Plan des DI A. gemäß § 39 VermG bescheinigt, zugleich wurden gemäß § 39 Abs. 5 VermG die Grundstücksnummern (der neu gebildeten Grundstücke) Nr. 1275/1, Nr. 1275/2 und Nr. 1275/3 endgültig festgesetzt und schließlich wurde gemäß § 20 Abs. 1 VermG hinsichtlich dieser drei neu gebildeten Grundstücke die Umwandlung des Grundsteuerkatasters in den Grenzkataster unter der Bedingung verfügt, dass dieser Plan im Grundbuch durchgeführt werde.

Dieser Bescheid wurde damals nur dem Planverfasser, DI A., zugestellt.

Mit Notariatsakt (Schenkungs- und zugleich Erb- und Pflichtteilsverzichtsvertrag) des öffentlichen Notars Dr. F. vom 29. März 1982 übertrug K W dem Beschwerde-

führer schenkungsweise das Grundstück Nr. 1275/1 (unter Bezugnahme auf die Vermessungsurkunde des DI A. vom 29. März 1982).

Mit der am 2. März 1983 beim Grundbuchsgericht eingelangten Eingabe vom 2. März 1983 kam Dr. F. namens des Beschwerdeführers um Verbücherung des Vertrages vom 29. März 1982 ein (unter Anschluss unter anderem des Teilungsplanes sowie des Bescheides des VA vom 14. Februar 1983).

Mit Beschluss des Grundbuchsgerichtes vom 2. März 1983 wurde unter Bezugnahme unter anderem auf den genannten Vertrag vom 29. März 1982, des Teilungsplanes (Vermessungsurkunde des DI A. vom 29. März 1982) und des Bescheides des VA vom 14. Februar 1983 das Grundstück Nr. 1275 in die Grundstücke Nr. 1275/1, Nr. 1275/2 und Nr. 1275/3 geteilt, dann das Grundstück Nr. 1275/1 von der bisherigen Einlage lastenfrei abgeschrieben, hierfür eine neue EZ eröffnet und das Eigentumsrecht in dieser neuen Einlage für den Beschwerdeführer einverleibt. In der Zustellverfügung sind unter anderem Dr. F., K W, der Beschwerdeführer und das VA genannt.

Mit der an das VA gerichteten Eingabe vom 12. Jänner 2005 brachte der Beschwerdeführer vor, die natürliche Grenze zwischen seinem Grundstück und dem angrenzenden Grundstück Nr. 1278/1 weiche in ihrem Verlauf von der im Grenzkataster eingetragenen Grundgrenze ab. Weder seine Rechtsvorgänger im Eigentum noch seine Brüder Alois und Alfred W noch er selbst hätten eine schriftliche Zustimmung zum Verlauf der im Grenzkataster eingetragenen Grundgrenze abgegeben. Im Jahr 1982 habe die Voreigentümerin, seine Mutter K W, lediglich den Auftrag an DI A. zur Teilung des Grundstückes in drei Teile erteilt und je ein Drittel an ihn und seine beiden Brüder übergeben. Ein Auftrag „zur Eintragung in den Grenzkataster“ sei nicht erteilt worden. Ihnen sei damals von DI A. keine Mitteilung gemacht worden, dass die von ihm „eingetragene ‚neue Grenze‘ von der in Beilage 1 enthaltenen Grenzverlauf“ abweiche. Es sei weder von seiner Mutter noch „von uns“ (der Beschwerdeführer spricht in der Eingabe von sich in der Mehrzahl) ein Auftrag gegeben worden, dass der Grenzverlauf in den „Grundbuchsataster“ einzutragen sei. Auch von seinem Rechtsvorgänger im Eigentum J. U. sei keine Berichtigung des Grenzverlaufes schriftlich anerkannt worden.

Es werde daher um Wiederherstellung des „alten Grenzverlaufes“ zwischen den Grundstücken Nr. 1278/1 und Nr. 1275/1 gemäß der Beilage 1 ersucht und um Eintragung der Änderung in den Grenzkataster gemäß § 13 Abs. 1 VermG.

Der Verfassungsgerichtshof lehnte mit Beschluss vom 28. Februar 2007, B 1218/06-6, die Behandlung der Beschwerde ab und trat sie mit weiterem Beschluss vom 22. Mai 2007, B 1218/06-8, dem Verwaltungsgerichtshof

zur Entscheidung ab. Im Ablehnungsbeschluss heißt es insbesondere:

„Der für die Umwandlung maßgebliche Grundbuchsbeschluss ist dem Beschwerdeführer zugestellt worden und nimmt auf den Bescheid des VA Bezug. Das Umwandlungsverfahren ist angesichts der unterstellbaren Zustimmungen (einschließlich jener des antragstellenden Grundeigentümers) zum Grenzverlauf unbedenklich. Ein verfahrensauslösender Akt ist erst 2005 gesetzt worden; er hat das ursprüngliche Verfahren nicht verlängert.“

In der über Auftrag des Verwaltungsgerichtshofes ergänzten Beschwerde wird inhaltliche Rechtswidrigkeit und Rechtswidrigkeit infolge Verletzung von Verfahrensvorschriften geltend gemacht.

### *Aus der Begründung des VwGH:*

Der Beschwerdeführer erachtet sich durch den angefochtenen Bescheid in seinem einfach-gesetzlich gewährleisteten subjektiven Recht auf Nichterlassung des erstinstanzlichen Bescheides vom 14. Februar 1983 verletzt, weil der Planverfasser DI A. weder zur Einreichung des Planes noch zur Entgegennahme des Umwandlungsbescheides bevollmächtigt gewesen sei und auch entgegen § 10 AVG ein – ohnehin nicht bestehendes – Vollmachtsverhältnis nicht gegenüber den Vermessungsbehörden offen gelegt habe, überdies auch dadurch, weil weder seine Zustimmung noch die Zustimmung seiner Rechtsvorgängerin zur Umwandlung vorgelegen sei. Schließlich verletze ihn der angefochtene Bescheid in seinem einfach-gesetzlich gewährleisteten Recht auf Durchführung eines entsprechenden Verfahrens, insbesondere in seinem Recht auf Durchführung einer mündlichen Verhandlung an Ort und Stelle, sowie in seinem Recht auf Beschaffung eines näher bezeichneten baubehördlichen Aktes (dies alles zum Beweis dafür, dass die im Teilungsplan dargestellte strittige Grenze „massiv von der natürlichen Bewirtschaftungsgrenze“ abweiche).

Im Beschwerdeverfahren geht es (weiterhin) im Kern um die mit dem erstinstanzlichen Bescheid vom 14. Februar 1983 ebenfalls (gemäß § 20 Abs. 1 VermG) verfügte Umwandlung der drei neu gebildeten Grundstücke (darunter des Grundstückes, das nunmehr im Eigentum des Beschwerdeführers steht) in den Grenzkataster.

Zutreffend hat die Behörde erkannt, dass ein Bescheid, mit dem die Umwandlung von Grundstücken vom Grundsteuer in den Grenzkataster aus Anlass der Planbescheinigung von Amts wegen verfügt wird, allen betroffenen Grundeigentümern (§ 8 AVG) zuzustellen ist (siehe dazu das Erkenntnis des VwGH vom 25. Jänner 2001, ZI. 2000/06/0125), was sodann auch erfolgt ist. Im Beschwerdefall ist allerdings insbesondere strittig, ob schon zuvor eine Zustellung mit Rechtswirkung für den Beschwerdeführer bzw. seine Rechtsvorgängerin im

Eigentum (Karoline W) erfolgte, nämlich durch die Zustellung des Bescheides an den Planverfasser DI A. (nur diese kommt sachverhaltsbezogen in Betracht).

§ 10 Abs. 1 AVG (auf den sich die Berufungsbehörden bezogen haben) enthält zwar eine Möglichkeit für eine zur berufsmäßigen Parteienvertretung befugte Person, sich an Stelle des urkundlichen Nachweises lediglich auf die erteilte Vollmacht zu berufen. Das bedeutet aber nicht, dass die Berufung auf die erteilte Vollmacht nach § 10 Abs. 1 AVG das Vorliegen einer – auch im Innenverhältnis wirksam zustande gekommenen – Vollmacht ersetzen könnte; es entfällt lediglich die Pflicht des urkundlichen Nachweises eines zustande gekommenen Bevollmächtigtungsverhältnisses.

Im Beschwerdefall ist unstrittig, dass die damalige Grundeigentümerin, K W, dem Planverfasser den Auftrag zur Erstellung eines entsprechenden Teilungsplanes erteilt hatte; um diesen bestimmungsgemäß verwenden zu können, bedarf es einer entsprechenden Bescheinigung durch das VA gemäß § 39 VermG. Ein solcher Auftrag an den Planverfasser enthielt daher auch die Vollmacht an den Planverfasser, um die erforderliche Planbescheinigung einzukommen und den hierüber ergehenden Bescheid mit Wirkung für den Auftraggeber in Empfang zu nehmen. Etwas anderes mag für den Fall gelten, dass gegenüber der Behörde eine Zustellung zu Händen des Planverfassers ausdrücklich ausgeschlossen worden wäre, ein solcher Fall liegt hier aber nicht vor (und wird auch nicht behauptet).

Die im Beschwerdefall verfügte grundstücksweise Umwandlung des Grundstückssteuerekataster in den Grenzkataster (§ 15 Abs. 1 Z 1 VermG) erfolgte hier – rechtmäßigerweise – in einem rein amtswegigen Verfahren, ein Antrag der Grundeigentümerin (K W) war dazu nicht erforderlich. Gemäß § 20 Abs. 1 VermG ist die Umwandlung (hier) gemäß § 17 Z 3 gemeinsam (Hervorhebung durch den VwGH) mit der Bescheinigung gemäß § 39 mit Bescheid unter der Bedingung zu verfügen, dass der Plan im Grundbuch durchgeführt wird (diese Bedingung erfolgte und wurde erfüllt). Bedenkt man die Verzahnung des § 20 Abs. 1 und des § 17 Z 3 VermG, ist aus der Anordnung des Gesetzes, dass die Umwandlung „gemeinsam“ mit der Bescheinigung zu erfolgen habe, abzuleiten, dass dies in einem gemeinsamen Bescheid zu ergehen hat, daher auch in einem solchen Fall der Teil des Bescheides, mit dem die Umwandlung verfügt wird, rechtswirksam dem Planverfasser mit Wirkung für den betreffenden auftraggebenden Liegenschaftseigentümer (hier: der K W) zugestellt werden kann (was im Übrigen verfahrensökonomisch ist). Auch hier mag etwas anderes für den Fall gelten, dass gegenüber der Behörde eine Zustellung zu Händen des Planverfassers ausdrücklich ausgeschlossen worden wäre, ein solcher Fall liegt hier aber nicht vor (und wird auch nicht behauptet).

Zutreffend haben die Berufungsbehörden darauf verwiesen, dass es der Liegenschaftseigentümer in der Hand hat, von diesem Plan, den (hier) K W gemäß § 39 Abs. 1 VermG bescheinigen ließ, woran der Umwandlungsbescheid geknüpft war, Gebrauch zu machen oder auch nicht, und die Verbücherung des Planes (die ihrerseits die Umwandlung in den Grenzkataster bewirkt) seiner Mitwirkung bedarf (hier: Notariatsakt vom 29. März 1982, mit dem K W unter Bezugnahme auf den Plan das Grundstück schenkungsweise dem Beschwerdeführer übertrug, sodann Verbücherungsantrag des Beschwerdeführers). Daher ist es auch folgerichtig, dass nach § 17 Z 3 VermG die Beibringung der Zustimmung nur der Eigentümer der angrenzenden Liegenschaften gefordert wird.

Damit geht das in der Beschwerde wiederholte (konstruierte) Beispiel des Beschwerdeführers fehl, sei die Zustimmung des Grundeigentümers nicht erforderlich, so könnten die umliegenden Nachbarn eines Grundstückes die Vermessung des Grundstückes in Auftrag geben und sich hier gleichsam verabreden, die Grundstücksgrenzen zu Lasten des inliegenden Grundstückes zu verschieben: Ein solcherart erstellter Plan vermöchte nämlich für sich allein noch nicht in die Rechtssphäre des Eigentümers des „inliegenden“ Grundstückes einzugreifen; wie es zu einer entsprechenden Verbücherung ohne Wissen des „inliegenden“ Grundeigentümers kommen sollte, zeigt der Beschwerdeführer nicht auf.

Ob nun das über Auftrag des („inliegenden“) Liegenschaftseigentümers erstellte Planoperat von seinen Vorstellungen abweicht oder ob der Planverfasser verhalten gewesen wäre, ihm (hier) von Abweichungen einer „Bewirtschaftungsgrenze“ von der Katastergrenze Mitteilung zu machen (darum geht es im Beschwerdefall), betrifft das Innenverhältnis zwischen dem Liegenschaftseigentümer und dem beauftragten Planverfasser. Der auftraggebende Eigentümer ist ja nicht gehindert, sich vom Planverfasser alle erforderlichen Auskünfte geben zu lassen, nicht minder, ihn an Ort und Stelle einzuweisen, uam. Unterlässt er dies, ist ein Mangel eben seiner Sphäre zuzuordnen.

Im Beschwerdefall verhält es sich ja so, dass die Eigentümerin des unmittelbar vom Plan betroffenen Grundstückes, K W, auf Grund des Teilungsplanes disponiert, nämlich den Vertrag vom 29. März 1982 errichtet hat, und der Beschwerdeführer als Begünstigter diesen Vertrag unter ausdrücklicher Bezugnahme auf den Teilungsplan aber auch auf den Bescheid des VA vom 14. Februar 1983 verbüchern ließ. Damit hatten nicht nur seine Rechtsvorgängerin im Eigentum sondern auch er Gelegenheit, diesen Plan vor Verbücherung auf seine Richtigkeit zu überprüfen und gegebenenfalls die erforderlichen Informationen vom Planverfasser einzuholen. Es mag sein, dass die Durchführung einer „informellen Grenzverhandlung“ durch den Planverfasser DI A. unter Beziehung

sämtlicher Beteiligten die vom Beschwerdeführer behauptete Fehlerhaftigkeit der im Plan dargestellten Grenze „eindrucksvoll unter Beweis gestellt“ hätte, der behauptete Mangel betrifft aber das Innenverhältnis zwischen dem auftraggebenden Grundeigentümer und dem beauftragten Planverfasser (also Vorgänge außerhalb eines behördlichen Verfahrens), es bewirkt diese Unterlassung keinen Mangel des hier zugrundeliegenden Verwaltungsverfahrens.

Zusammenfassend ergibt sich, dass im Beschwerdefall der erstinstanzliche Bescheid des VA vom 14. Februar 1983 auch hinsichtlich des Teiles, mit welchem die Umwandlung unter anderem des nunmehrigen Grundstückes des Beschwerdeführers in den Grenzkataster verfügt wurde (nur dieses ist hier gegenständlich) rechtswirksam dem Planverfasser DI A. mit Wirkung für die auftraggebende Grundeigentümerin (K W als Rechtsvorgängerin des Beschwerdeführers) zugestellt wurde. Die neuerliche Zustellung im Jahr 2005 vermochte den Lauf der Rechtsmittelfrist nicht neuerlich in Gang zu bringen, die im Anschluss daran erhobene Berufung war daher verspätet. Dadurch, dass die Berufung als unbegründet abgewiesen wurde, wurde der Beschwerdeführer nicht in den geltend gemachten Rechten verletzt.

Damit war im Verwaltungsverfahren auch nicht weiter zu prüfen, ob die im Teilungsplan dargestellte strittige Grenze von einer „Bewirtschaftungsgrenze“ abweicht.

## Mappenberichtigung; § 52 Z 5 VermG

*Für ein Begehren auf Feststellung der Ungültigkeit einer Mappenberichtigung ist der Rechtsweg unzulässig. Für ein solches Begehren kommt als einzige Rechtsgrundlage § 52 Z 5 VermG in Betracht. Dabei handelt es sich um ein dem AVG unterliegendes und daher verwaltungsbehördliches Verfahren, in welchem den Grundeigentümern keine Antragslegitimation zukommt.*

(OGH, 26. April 2007, GZ 20b67/07b)

### Sachverhalt:

Mit der am 11. 5. 2006 eingebrachten Klage stellte der Kläger gegenüber der beklagten Gemeinde das Begehren, festzustellen, „dass die beim Vermessungsamt I durchgeführte Mappenberichtigung ... hinsichtlich des gemeinsamen Grenzverlaufes zwischen GSt Nr. 694 und 695, Grundbuch G, der klagenden Partei einerseits und GSt Nr. 705, Grundbuch G, der beklagten Partei andererseits, wobei der gemeinsame Grenzverlauf mit den Punkten 12695-20184-20185 bezeichnet wird, ungültig ist“. Nach seinen Behauptungen habe er 2001 einem Vermessungsbefugten nur den Auftrag zur Vermessung der Grenze zwischen seinem Grundstück Nr.695 und dem längsseitig daran vorbeifließenden Fluss erteilt; für ihn überraschend sei aufgrund einer vom Vermessungsbefugten weiters vorgenommenen,

jedoch nicht von der Zustimmung des Klägers gedeckten Vermessung auch der Grenzbereich zum nordwestlich angrenzenden Grundstück Nr. 705 der beklagten Partei vermessen und aufgrund dessen eine Mappenberichtigung vorgenommen worden.

Das Erstgericht wies das Klagebegehren mit Urteil ab. Die Grenzziehungen seien einvernehmlich festgelegt worden, wobei ein Irrtum des Klägers nicht habe festgestellt werden können.

Das Berufungsgericht hob aus Anlass der Berufung des Klägers die angefochtene Entscheidung sowie das vorangegangene Verfahren als nichtig auf und wies die Klage zurück. Das Berufungsgericht führte (zusammengefasst) aus, dass es sich beim Mappenberichtigungsverfahren nach § 52 Z 5 VermG um ein amtswegiges Verfahren der Vermessungsbehörde handle, auf welches das AVG anzuwenden sei. Als Akt des öffentlichen Rechtes sei für dieses Verfahren (Überprüfung bzw. Korrektur einer Mappenberichtigung) der Zivilrechtsweg unzulässig.

#### **Aus der Begründung des OGH:**

Als einzige Rechtsgrundlage für das Begehren des Klägers, der ja (nur) die Feststellung der Ungültigkeit einer Mappenberichtigung begehrt, kommt bloß – wie bereits das Berufungsgericht zutreffend hervorgehoben hat – § 52 Z 5 VermG in Betracht, wonach dann, wenn „sich ergibt, dass die Darstellung des Grenzverlaufes eines Grundstückes in der Katastralmappe mit dem seit der letzten Vermessung unverändert gebliebenen Grenzverlauf dieses Grundstückes in der Natur nicht übereinstimmt, die Berichtigung der Katastralmappe von Amts wegen vorzunehmen ist“. Es handelt sich um ein dem AVG unterliegendes und daher verwaltungsbehördliches Verfahren (§ 3 VermG), in welchem nach der Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofes den Grundeigentümern keine Antragslegitimation zukommt. Diese verwaltungsrechtliche Besonderheit kann daher auch nicht durch eine Klage vor den ordentlichen Gerichten umgangen werden. Dies steht auch mit der Rechtsprechung des Obersten Gerichtshofes in Einklang, wonach dann, wenn Grundstücke im Grenzkataster eingetragen sind, für eine Klage, mit der die Unrichtigkeit der Grenze behauptet wird, der Rechtsweg unzulässig ist.

### **Datenbankschutz für das Firmenbuch; § 76d UrhG**

*Die Kosten für die laufende Aktualisierung des Firmenbuchs sind Kosten der Datensichtung, -auswertung und -darstellung mit dem (einzigem) Ziel, die jeweils aktuellen Daten in der Datenbank Firmenbuch bereitzustellen. Für das österreichische Firmenbuch besteht daher ein Schutzrecht nach § 76d UrhG.*

*§ 7 UrhG ist auf das Leistungsschutzrecht gemäss §76c UrhG nicht analog anzuwenden.*

*Aus dem Informationsweiterverwendungsgesetz (IWG) kann keine Verpflichtung der öffentlichen Hand, in ihrem Besitz befindliche Dokumente unentgeltlich zur Verfügung zu stellen, abgeleitet werden.* (OGH, 12. Juni 2007, GZ 40b11/07g)

#### **Sachverhalt:**

Das Firmenbuch, das von den mit Handelssachen betrauten Gerichtshöfen erster Instanz geführt wird, wurde von der Klägerin [Republik Österreich] in den letzten Jahren unter Aufwendung hoher Investitionskosten von zunächst handschriftlicher Führung auf automationsunterstützte Datenverarbeitung umgestellt. 1999 erteilte die Klägerin nach vorausgegangener Ausschreibung fünf Unternehmen den Zuschlag zur Errichtung von Verrechnungsstellen zum Zweck der kostenpflichtigen Vermittlung von Grundbuchs- und Firmenbuchdaten. Bis zur Einrichtung dieser Verrechnungsstellen bestand für jedermann die Möglichkeit, entweder bei Gericht oder dort, wo ein entsprechendes Abfragegerät zur Verfügung stand, aus Grundbuch, Kataster und Firmenbuch eine entgeltliche Auskunft zu erhalten. Ab 1993 war eine auswärtige Abfrage aus dem Firmenbuch über BTX möglich. Die nunmehr eingerichteten Verrechnungsstellen stellen als Service-Provider im Internet auf eigene Kosten die Verbindung zwischen den „IT-Anwendungen“ und den Kunden her, erkennen beim Informationstransport die Gebühren und heben diese als Verrechnungsstelle ein; für ihre Tätigkeit können sie beim Kunden einen angemessenen Zuschlag auf die für die Klägerin einzuhebende Gebühr verrechnen.

#### **Aus der Begründung des OGH:**

1. Eine Datenbank fällt unter das besondere Schutzrecht für Datenbanken nach § 76d UrhG, wenn für die Beschaffung, Überprüfung oder Darstellung ihres Inhalts eine nach Art oder Umfang wesentliche Investition erforderlich war (§ 76c UrhG). Mit dieser Bestimmung wurde Art 7 Abs 1 der Datenbank-RL zwar sprachlich unterschiedlich (dort wird eine „in qualitativer oder quantitativer Hinsicht“ wesentliche Investition verlangt), aber inhaltsgleich umgesetzt...
2. Der EuGH hat in vier grundlegenden Entscheidungen vom 9. 11. 2004, C-46/02, C-203/02, C-338/02 und C-444/02, zu Fragen im Zusammenhang mit der Datenbank-RL Stellung genommen. Danach ist es Ziel des durch die Richtlinie eingerichteten Schutzes durch das Schutzrecht sui generis, einen Anreiz für die Einrichtung von Systemen für die Speicherung und die Verarbeitung vorhandener Informationen zu geben und nicht für das Erzeugen unabhängiger Elemente, die später in einer Datenbank zusammengestellt werden können (C-203/02 Rn 31).

Deshalb ist im Rahmen des Art 7 Abs 1 Datenbank-RL für die Beurteilung, ob eine wesentliche Investition vorliege, zwischen den (allein relevanten) Kosten der Beschaffung, Überprüfung und Darstellung des Datenbankinhalts und den nicht berücksichtigungsfähigen Kosten der Datenerzeugung als eine der Datenbankherstellung vorgeschaltete Tätigkeit zu unterscheiden. Der Begriff der mit der Darstellung des Inhalts der Datenbank verbundenen Investition bezieht sich auf die Mittel, die der systematischen oder methodischen Anordnung der in der Datenbank enthaltenen Elemente und der Organisation der individuellen Zugänglichkeit dieser Elemente gewidmet sind (C-444/02 Rn 38 ff). Bei der Grenzziehung ist eine wertende Betrachtung vorzunehmen: Richtet sich die Investition primär auf andere Zwecke als den Aufbau einer Datenbank, so ist sie der Datengenerierung zuzuordnen und damit für die Beurteilung der Wesentlichkeit einer Investition unbeachtlich. Die „gesetzlichen Voraussetzungen einer wesentlichen Investition sind in diesen Fällen erst erfüllt, wenn im Sinne einer ‚pro-rata-Betrachtung‘ der vorgelagerte Zweck als Datenbank einen selbständigen investorischen Überschuss für die Beschaffung, Darstellung und Überprüfung der Richtigkeit der Daten“ erforderte ...

3.1. Nach Auffassung des Senats stellen die Beklagten zu Unrecht in Abrede, dass dem Firmenbuch der Klägerin im Allgemeinen und den täglichen Änderungsdaten im Besonderen eine wesentliche Investition nach Art 7 Abs 1 Datenbank-RL, § 76c Abs 1 UrhG, zu Grunde liegt. Bei den vom EuGH entschiedenen Sachverhalten, in denen ein sui-generis-Schutz verneint wurde, richtete sich der Schwerpunkt der Investitionen jeweils primär auf andere Zwecke als den Aufbau einer Datenbank (nämlich zB die Veranstaltung einer Fußballmeisterschaft und die Aufstellung der dafür erforderlichen Spielpläne, C-444/02, oder die Veranstaltung von Pferderennen und die Bestimmung der zur Teilnahme an den einzelnen Rennen zugelassenen Pferde, C-203/02); es handelte sich daher um Investitionen, die eine an sich unabhängige vorherige Leistung als reines Nebenprodukt später noch für eine Datenbank verwendbar machen. Demgegenüber handelt es sich bei den täglichen Kosten der Klägerin im Zusammenhang mit den Aktualisierungsdaten für das Firmenbuch um reine Kosten der Datensichtung, -auswertung und -darstellung mit dem (einzigem) Ziel, die jeweils aktuellen Daten in der Datenbank Firmenbuch in einer nach bestimmten Gesichtspunkten geordneten Form zum Abruf bereitzustellen. Die täglichen Aktualisierungsdaten sind kein Nebenprodukt eines vorgelagerten eigenständigen Zwecks und haben keine eigenständige wirtschaftliche Bedeutung. Damit in Zusammenhang stehende Aufwendungen müssen erbracht werden, um den Datenbankinhalt

aktuell und geordnet aufzubereiten und die darin enthaltenen einzelnen Elemente systematisch anzuordnen. Den Aktualisierungsdaten kann nicht allein deshalb der Charakter einer wesentlichen Investition abgesprochen werden, weil die zu verarbeitenden Daten der Klägerin von den Parteien „zugetragen“ werden oder weil die Art der Darstellung gesetzlich vorgegeben ist. Auch insofern sind vielmehr die Aufwendungen, die der Darstellung des Datenbankinhalts dienen (§§ 76c, 76d UrhG), wesentlich. Sie sind somit als wesentliche Investition berücksichtigungsfähig.

- 3.2. Die voranstehenden Erwägungen lassen sich in folgender Weise zusammenfassen: Die Kosten, die der Republik Österreich im Zusammenhang mit den Aktualisierungsdaten für das Firmenbuch entstehen, sind Kosten der Datensichtung, -auswertung und -darstellung mit dem (einzigem) Ziel, die jeweils aktuellen Daten in der Datenbank Firmenbuch bereitzustellen. Die Aktualisierungsdaten sind kein Nebenprodukt eines vorgelagerten eigenständigen Zwecks; sie müssen verarbeitet werden, um den primär intendierten Datenbankinhalt für den Abruf aktuell und geordnet aufzubereiten. Die damit in Zusammenhang stehenden Kosten dienen deshalb der Darstellung des Datenbankinhalts und sind keine Kosten der Datenerzeugung. Sie sind somit als wesentliche Investition iSd §§ 76c, 76d UrhG berücksichtigungsfähig.
4. Der festgestellte Investitionsaufwand der Klägerin im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb der Datenbank Firmenbuch ist jedenfalls seinem Umfang nach als wesentliche Investition zu beurteilen. An dem schon im Sicherungsverfahren gewonnen Ergebnis, wonach das Firmenbuch unter das besondere Schutzrecht für Datenbanken nach § 76d UrhG fällt, in das durch den fortdauernden unautorisierten Bezug von Aktualisierungsdaten eingegriffen wird, ist daher festzuhalten.
5. Das Bundesgesetz über die Weiterverwendung von Informationen öffentlicher Stellen (Informationsweiterverwendungsgesetz – IWG), mit dem die Richtlinie 2003/98/EG über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (PSI-Richtlinie) umgesetzt worden ist, regelt den rechtlichen Rahmen für die kommerzielle und nicht-kommerzielle Weiterverwendung von im Besitz öffentlicher Stellen befindlichen und in ihrem öffentlichen Auftrag erstellten Dokumenten, sofern sie diese zur Weiterverwendung bereitstellen (§ 2 Abs 1 IWG). Für den Standpunkt der Beklagten ist aus diesem Gesetz schon deshalb nichts zu gewinnen, weil daraus eine Verpflichtung der öffentlichen Hand, in ihrem Besitz befindliche Dokumente unentgeltlich zur Verfügung zu stellen, nicht abgeleitet werden kann (vgl § 7 IWG).

6. Die im Rechtsmittel kurz angeschnittene Frage, ob § 7 UrhG *[Ausnahmebestimmung für amtliche Werke]* analog auf Datenbanken iSd § 76c UrhG anzuwenden sei, hat der Senat in seiner Entscheidung 4 Ob 17/02g mit ausführlicher Begründung verneint; darauf ist zu verweisen. Da Urheberrecht und Datenbankschutz einen unterschiedlichen Schutzgegenstand haben, nämlich einerseits die Auswahl oder Anordnung des Stoffs, andererseits die wesentliche Investition, kann auch der Schutzzumfang unterschiedlich sein; die Schrankenregelungen hängen deshalb vom geltend gemachten Recht ab und sind gesondert zu beurteilen.

### **Gerichtsverweis; § 25 Abs. 2 VermG**

*Eine rechtswirksame Verweisung auf den Rechtsweg bedarf einer genauen Bezeichnung der Grenzabschnitte, hinsichtlich derer die Parteien auf den Rechtsweg verwiesen werden.*

*Inhalt und Verkündung eines mündlichen Bescheides sind am Schluss der Verhandlungsschrift zu beurkunden.*

(VwGH, 31. Jänner 2008, GZ 2007/06/0258)

#### **Sachverhalt:**

Die Beschwerdeführer sind Eigentümer zweier zusammengehörender Grundstücke, die beide an ein Grundstück der mitbeteiligten Partei grenzen. Strittig ist der genaue Grenzverlauf. Mit einer im Jahr 1997 eingebrachten Klage hatten die Beschwerdeführer als Kläger von der mitbeteiligten Partei als Beklagter die Beseitigung eines (nach ihrer Auffassung) auf ihren Grundstücken errichteten Holzstoßes, die künftige Unterlassung des Neuaufschlichtens von Holz sowie die Unterlassung von Grabungsarbeiten auf einem ihrer Grundstücke begehrt. Als Ergebnis eines längeren Verfahrens wurde mit Berufungsurteil in teilweiser Abänderung des erstinstanzlichen Urteiles die mitbeteiligte Partei für schuldig erkannt, die Durchführung von Grabungsarbeiten zu unterlassen, das Mehrbegehren hingegen, sie sei weiters schuldig, den Holzstoß zu entfernen und das Aufstellen eines Holzstoßes unterlassen, wurde abgewiesen. Das Berufungsgericht ging dabei davon aus, dass sich der Holzstoß auf Grund des (in den Entscheidungsgründen festgestellten) Grenzverlaufes auf dem Grundstück der Mitbeteiligten befinde. Die von den Grabungsarbeiten betroffene Grenzmauer befinde sich hingegen im Miteigentum der Streitparteien, sodass die Mitbeteiligte nicht berechtigt gewesen sei, ohne Zustimmung der Beschwerdeführer die Grabungsarbeiten vorzunehmen bzw. vornehmen zu lassen. 2003 beantragte die Mitbeteiligte beim Vermessungsamt S die Grenzvermessung ihres Grundstückes zum Zwecke der Umwandlung in den Grenzkataster. Hiezu führte das VA am 23. Juni 2004 eine Grenzverhandlung an Ort und Stelle durch. In der hierüber aufgenommenen Niederschrift (es handelt sich

dabei um ein handschriftlich ausgefülltes Formular, wobei der Vordruck angepasst und unzutreffende Teile gestrichen wurden) heißt es (Wiedergabe der ersten Seite):

*„Niederschrift über Grenzstreit*

*aufgenommen bei der o.a. Grenzverhandlung am Mi. 23.6. 2004*

*Die Eigentümer der Grundstücke Nr. 156 und 158 (beide Beschwerdeführer) und der Eigentümer des Grundstückes 159 (Mitbeteiligte) einigten sich nicht über den Grenzverlauf der o.a. Grundstücke.*

*Ein gerichtliches Verfahren ist nicht anhängig.*

*Herr – Frau (beide Beschwerdeführer) und (Mitbeteiligte) als Eigentümer des erstgenannten und zweitgenannten Grundstückes behaupten, dass die Grenze nicht mit dem sich auf Grund der Behelfe ergebenden Grenzverlauf übereinstimmt und wurden aufgefordert, binnen sechs Wochen ein für die Bereinigung des Grenzstreites bestimmtes gerichtliches Verfahren anhängig zu machen.*

*Weitere Angaben der beteiligten Eigentümer zum Grenzverlauf siehe Rückseite.*

*Vorgelesen und bestätigt!“*

Auf der Rückseite finden sich schlagwortartige Notizen über die Angaben des Grenzverlaufes aus der Sicht der Beschwerdeführer einerseits und der Mitbeteiligten andererseits, wobei die Nummern verschiedener Grenzpunkte, teils mit Erläuterungen, angeführt werden. Dazu befindet sich bei der Niederschrift ein Plan mit handschriftlichen Zusätzen, in dem die verschiedenen Grenzpunkte ersichtlich und die unterschiedlichen Varianten des Grenzverlaufes eingezeichnet sind. Wer an dieser Grenzverhandlung neben dem Leiter der Amtshandlung teilgenommen hat, ist aus der Niederschrift nicht ersichtlich. Die Niederschrift (dies auf beiden Seiten) und die Beilage 1 sind vom Leiter der Grenzverhandlung unterschrieben, die Unterschrift weiterer Personen ist daraus nicht zu entnehmen.

Mit Erledigung vom 27. Juni 2004 übermittelte das Vermessungsamt den Beschwerdeführern und der Mitbeteiligten die fragliche Niederschrift.

#### **Aus der Begründung des VwGH:**

Nach dem Konzept des § 25 VermG hat die Klärung eines strittigen Grenzverlaufes nicht durch die Vermessungsbehörde im Verwaltungsverfahren zu erfolgen, sondern vielmehr in einem Verfahren vor einem ordentlichen Gericht, wobei das Gesetz bestimmte Kriterien aufstellt, welcher der betroffenen Eigentümer von der Behörde aufzufordern ist, das gerichtliche Verfahren anhängig zu machen (sofern nicht schon eines anhängig ist). Wird die von ihm eingebrachte

Klage rechtskräftig abgewiesen oder unterlässt er es, das gerichtliche Verfahren anhängig zu machen und gehörig fortzusetzen (bzw. ein bereits entsprechendes anhängiges Verfahren gehörig fortzusetzen), treten die „Zustimmungsfiktionen“ des § 25 Abs. 2, 3 oder auch 5 VermG ein.

Die Aufforderung gemäß § 25 Abs. 2 VermG hat in Bescheidform zu ergehen. Dies ist nämlich wegen der damit verbundenen Rechtswirkungen gemäß Abs. 5 dieses Paragraphen (Rechtsverlust, „Zustimmungsfiktion“) geboten. Dieser Bescheid kann auch mündlich erlassen werden. Dazu müssen aber die (zwingenden) Formvorschriften des § 62 Abs. 2 AVG eingehalten werden, widrigenfalls er nicht rechtswirksam erlassen ist.

Zu klären ist, ob überhaupt eine rechtswirksame Verweisung auf den Rechtsweg im Sinne des § 25 Abs. 2 VermG erfolgte. Das ist zu verneinen. Im Beschwerdefall sind nämlich drei Abschnitte der Grenze zu unterscheiden: ein Teil ist unstrittig; im Übrigen hatten nach der Auffassung des Vermessungsamtes (wie sie im erstinstanzlichen Bescheid vom 30. Mai 2006 zu Tage tritt) hinsichtlich eines weiteren Abschnittes die Beschwerdeführer die schlechtere Position, hinsichtlich eines dritten Abschnittes hingegen die Mitbeteiligte, weshalb jeweils bezüglich dieser Abschnitte auf den Rechtsweg verwiesen worden sei. Bei dieser Ausgangslage bedarf es einer genauen Bezeichnung der Abschnitte, hinsichtlich derer die Parteien auf den Rechtsweg verwiesen werden, weil nur so eindeutig klar ist, hinsichtlich welchen Bereiches jeweils die „Zustimmungsfiktion“ des § 25 VermG Platz greift. Das könnte möglicherweise auch in der Grenzverhandlung vom 23. Juni 2004 so erörtert worden sein, der Niederschrift (die im Übrigen den Formerfordernissen des § 14 AVG nicht entspricht, weil weder der Gang der Verhandlung verständlich wiedergegeben wird, noch ersichtlich ist,

wer außer dem Verhandlungsleiter daran teilgenommen hat, noch die Niederschrift unterfertigt wurde oder auch angegeben wurde, weshalb dies nicht der Fall gewesen ist) ist dies aber nicht zu entnehmen. Da eine Beurkundung der Verkündung und des Inhaltes eines mündlichen Bescheides der Niederschrift nicht zu entnehmen ist, kann schon aus diesem Grund nicht von einem mündlich erlassenen Bescheid ausgegangen werden. Rein sprachlich bedeutete nämlich dieser Teil der Niederschrift, die Eigentümer „wurden aufgefordert“ (und nicht „werden“), das Verfahren anhängig zu machen, dass eine bereits erfolgte Aufforderung festgehalten und nicht die Verkündung eines entsprechenden Bescheides protokolliert wird. Aber selbst wenn man diese Teile der Niederschrift als Spruch eines verkündeten Bescheides deuten würde, fehlte die hier im Beschwerdefall erforderliche Bestimmung, hinsichtlich welchen Teiles der Grenze die Beschwerdeführer einerseits und die Mitbeteiligte andererseits auf den Rechtsweg verwiesen würden. Selbst wenn man dies aus den bruchstückhaften weiteren Teilen der Niederschrift entnehmen könnte (was aber nicht der Fall ist), vermöchte dies nicht das Fehlen dieser im Beschwerdefall notwendigen Teile des Spruches zu ersetzen. Die Zustellung der Niederschrift (einer Ablichtung der Niederschrift) vermochte daran nichts zu ändern und diese Mängel nicht zu beheben, sodass auch Überlegungen müßig sind, ob man diese Zustellung als Zustellung einer Ausfertigung eines (schriftlichen) Bescheides deuten könnte.

Zusammenfassend ergibt sich, dass eine bescheidmäßige Verweisung auf den Rechtsweg gemäß § 25 Abs. 2 VermG, wie sie im Beschwerdefall erforderlich gewesen wäre, bislang überhaupt noch nicht erfolgt ist, womit auch die „Zustimmungsfiktion“ des § 25 Abs. 5 VermG nicht eintreten konnte.

## Veranstaltungskalender

### 11<sup>th</sup> AGILE 2008 Conference on GI Science

6. – 8.5.2008 Girona , Spanien  
www.agile2008.es

### FIG Working Week and XXXI General Assembly – Integrating Generations

14. – 19.6.2008 Stockholm, Schweden  
fig@fig.net www.fig.net/fig2008

### Navigationstage 2008 Ortung und Navigation – ein Beitrag zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Verkehr

6. – 7.5.2008 Bonn, Deutschland  
www.dgon.de

### Accuracy 2008 International Symposia on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences

25. – 27.6.2008 Shanghai, China  
<http://2008.spatial-accuracy.org>

### measuring the changes 13<sup>th</sup> FIG Symposium on Deformation Measurements and Analysis & 4<sup>th</sup> IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical

12. – 15.5.2008 Lissabon, Portugal  
Tel.: +351 218 443 483 Fax : +351 218 443 014  
<http://measuringchanges.lnec.pt>

### AGIT 2008

2. – 4.7.2008 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 662 8044 5224 office@agit.at  
Fax: +43 662 8044 525 www.agit.at

### CORP 2008 13. internationale Konferenz zu Stadtplanung, Regionalentwicklung und Informations- gesellschaft, 3. internationale Wiener Immobilienkonferenz – GeoMultimedia008

19. – 21.5.2008 Wien, Österreich  
Tel.: +43 (1) 892 85 02 office@corp.at  
Fax: +43 (1) 892 85 02-15 www.corp.at

### ISPRS 2008 – 21<sup>st</sup> Congress Silk Road for Information from Imagery

3. – 11.7.2008 Peking, China  
[www.isprs2008-beijing.org](http://www.isprs2008-beijing.org)

### INTERGEO 2008

26.9. – 2.10.2008 Bremen, Deutschland  
[www.intergeo.de](http://www.intergeo.de)

### 4. GIS-Ausbildungstagung

29. – 30.5.2008 Potsdam, Deutschland  
gis2008@gfz-potsdam.de  
<http://gis.gfz-potsdam.de>

### Digital Earth Summit on Geoinformatics: Tools for Global Change Research

12.–14.11.2008 Potsdam, Deutschland  
[www.isde-summit-2008.org](http://www.isde-summit-2008.org)

### GIS/SIT 2008 Schweizer Forum für Geoinformation

10. – 12.6.2008 Zürich, Schweiz  
Tel.: 061 686 77 11 Fax: 061 686 77 88  
E-mail: info@akm.ch / gissit@akm.ch  
[www.akm.ch/gis\\_sit2008](http://www.akm.ch/gis_sit2008)

### 15. Internationale geodätische Woche Oberurgl

8.–14.2.2009 Oberurgl, Österreich  
[www.uibk.ac.at/geodaesie/oberurgl.html](http://www.uibk.ac.at/geodaesie/oberurgl.html)

## Mitteilungen und Tagungsberichte

### ISPRS Workshop „Photogrammetric Image Analysis“ (PIA07)

Diese dreitägige Konferenz der ISPRS-Arbeitsgruppen I/2 „SAR and LIDAR Systems“, III/2 „Surface Reconstruction“, III/4 „Automatic Image Interpretation for City Modeling“, III/5 „Models and Algorithms for Road Extraction and Traffic Monitoring“ sowie IV/3 „Automated Geo-spatial Data Acquisition and Mapping“ fand unter dem Kurztitel „PIA07“ vom 19. bis 21. September 2007 an der TU München statt. Organisiert wurde die Konferenz vom Institut für Photogrammetrie und Kartographie der TU München unter der Leitung von Uwe Stilla.

Im „Call for Papers“ riefen die Veranstalter U. Stilla (TU München), H. Mayer (Universität der Bundeswehr München), F. Rottensteiner (University of Melbourne) und C. Heipke (Leibniz Universität Hannover) dazu auf, vollständige Beiträge einzureichen. Diesem Aufruf entsprechend wurden 49 Manuskripte eingereicht. Es erfolgte eine Begutachtung entsprechend dem Prinzip einer „double blind review“, bei der jeder Beitrag von mindestens drei Gutachtern aus dem Programmkomitee bewertet wurde. Es wurden insgesamt 34 Beiträge angenommen, was einer Rückweisungsquote von 30% entspricht. Diese Beiträge sowie ein eingeladener Beitrag wurden sowohl auf CD als auch in gedruckter Form in den „International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVI, Part 3/W49A“ veröffentlicht. Da auf parallele Sitzungen verzichtet wurde, konnten nur 20 dieser akzeptierten Beiträge als Vorträge vorgestellt werden. Die restlichen Beiträge wurden interaktiv in einer eigenen Sitzung als Poster vorgestellt.

Zusätzlich konnten anwendungsorientierte oder noch in Entwicklung befindliche Arbeiten in Form einer ausführlichen Kurzfassung eingereicht werden. Von insgesamt 55 eingereichten Kurzfassungen wurden vom Programmkomitee 32 für eine interaktive Präsentation als Poster ausgewählt. Diese Arbeiten wurden als vollständige Beiträge in den „International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVI, Part 3/W49B“ auf CD-ROM veröffentlicht.

Insgesamt wurden Beiträge von Autoren aus 26 Ländern eingereicht. Die beiden Tagungsbände beinhalten 66 Veröffentlichungen von Autoren aus 19 Ländern. Sie sind sowohl im ISPRS Archiv als auch über die Homepage der Konferenz verfügbar.

Das Programm unterteilte sich in sieben Sitzungen mit insgesamt 20 Vorträgen und zwei Postersitzungen mit 46 Beiträgen. Weiters gab es zwei hervorragende Keynotes. R. Bamler stellte hochaufgelöste Radarbilder aus der TerraSAR-X-Mission vor, während L. Van Gool

Verfahren zur automatisierten Produktion von Gebäudemodellen präsentierte.

Die erste technische Sitzung widmete sich der automatischen Rekonstruktion und Verfeinerung von Gebäudefassaden. Es folgte eine Sitzung zur Verarbeitung von Laserscanner-Daten mit Beiträgen zur automatischen Registrierung, zur verbesserten Detektion schwacher Laserpulse und zur gemeinsamen Nutzung von Luftbildern mit Laserscanner-Daten.

Die Vegetation und Landabdeckung war Thema der dritten Sitzung. Für die angestrebte automatisierte Auswertung werden sowohl Punktwolken als auch Orthophotos verwendet. In der darauf folgenden Sitzung zum Thema Straßen und Verkehr ging es um die automatische Straßenextraktion auf Grundlage multispektraler Satellitenbilder, um die Extraktion von Straßenmarkierung aus Luftbildern und um die Detektion und Geschwindigkeitsschätzung von Fahrzeugen aus SAR-Bildern. C. Toth berichtete von den Aktivitäten der Ohio State University bei der letztjährigen DARPA Grand Challenge, einem Wettbewerb zur autonomen Steuerung von Fahrzeugen. Die Sitzung zum Thema „Data Abstraction“ beinhaltete Beiträge zur Generalisierung von Karten, zur automatisierten 3D Interpretation von Gebäudefassaden und zur Echtzeitvisualisierung von 3D Gelände- und Stadtmodellen.

Am dritten Konferenztag gab es zwei Sitzungen zu den Themen „Stereo“ und „Charakterisierung und Detektion von Gebäuden“. Zur Gebäudecharakterisierung wurden dabei Laserscanner und SAR-Daten sowie Luftbilder eingesetzt.

Die beiden Postersitzungen waren sehr gut besucht, und viele Teilnehmer nutzten die Zeit für intensive Diskussionen mit den Autoren.

Die Social Events waren hervorragend organisiert. Am ersten Abend wurde zu einer Ice Breaker Party eingeladen, die sich von den Institutsräumen an der TU München bis auf die Terrasse ausdehnte. Am zweiten Abend war zu einer festlichen Abendveranstaltung in das Münchener Rathaus am Marienplatz geladen. Das Gewölbe der historischen Trinkhalle war bis auf den letzten Platz besetzt.

Weitere Informationen unter:

<http://www.ipk.bv.tum.de/isprs/pia07>

<http://www.isprs.org/publications/archives.html>

*Franz Rottensteiner, Boris Jutzi*

### 28. Tagung der Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen

**Grundlsee, 24.–26.01.2008**

Die 28. Tagung der Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen (IKV) fand vom 24. bis 26. Jänner in

Grundlsee, Steiermark, statt und stand unter dem Tagungstitel „Grenzen des Katasters“.

Die diesjährige Tagung stand ganz im Zeichen des neu eingeführten digitalen Archivs, des laufenden Stellungnahmeverfahrens hinsichtlich der vorliegenden Grundbuchgesetznovelle 2007 und der Begriffserläuterungen zum Thema Art. 45 EGV (Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft) in Verbindung mit der Ausübung von öffentlicher Gewalt gem. § 43, 1 Vermessungsgesetz (VermG).

Univ.-Prof. DDr. Heinz Mayer erläuterte sein Gutachten zum Thema „Hoheitliche Tätigkeiten der Ziviltechniker im Lichte des Gemeinschaftsrechts<sup>1)</sup>“ und machte die Teilnehmer mit dem Begriff der Ausübung öffentlicher Gewalt nach den Richtlinien des EU-Rechts bekannt und verwies auf den Art. 45 EGV, worin in Pkt. i) für solche Tätigkeiten, die von den in der EU festgelegten 4 Freiheiten betroffen sind, diese nicht gelten. Für die IKV von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Dienstleistungs- und Niederlassungsfreiheit, welche auf Tätigkeiten, die mit der Ausübung öffentlicher Gewalt verbunden sind, nicht zutreffen. Solche Tätigkeiten, – normiert in § 43, 1 VermG –, umfassen und schützen nur dann einen ganzen Beruf, wenn ohne diese Tätigkeiten der spezielle Beruf nicht ausgeführt werden kann. Dies trifft bei den katastralen Vermessungsarbeiten auf die im § 1 LiegTeilG angeführten Vermessungsbefugten zu.

Mayer erklärt, dass diese Tätigkeiten (Betreten fremder Grundstücke, Beseitigung von hinderlichen Bäumen, Anbringung von Vermessungs- und Grenzzeichen) für IKV (Zivilgeometer) im § 43, 1 VermG normiert sind und einen Eingriff in das Eigentumsrecht darstellen, welches der Grundeigentümer gegenüber den Vermessungsbefugten zu dulden hat und verfassungsrechtlich zulässig ist. Diese Begründung, basierend auf dem Art. 45 EGV und § 43, 1 VermG, dokumentiert, dass einerseits diese Tätigkeit österreichischen Staatsbürgern vorbehalten zu bleiben hat und, in einem Exkurs auf die Befugnisse der technischen Büros, diesen nicht zusteht. – Anmerkung: Bereits anlässlich der Tagung in Kleinkirchheim 2001 erklärte Dr. Peter Angst, OGH-Senatsvorsitzender a.D., dass der einzige freiberuflich tätige Vermessungsbefugte im Kataster der IKV ist.

In seinen Grußworten verweist Dipl.-Ing. Volkmar Teetzmann, Präsident des Bundes der öffentlich bestellten Vermessungsingenieure Deutschlands (BdVI), auf die Tatsache, dass nur die zentraleuropäischen Staaten CH, D, F, B, Lux und DK über ein Sicherungssystem an Grund und Boden verfügen, welches mit jenem in Österreich vergleichbar ist. Innerhalb der EU-27 sind fortwährend Tendenzen festzustellen, dass bestehende Regelungen innerhalb der Europäischen Union vereinheitlicht und vereinfacht werden sollen. Da die oben angeführten mitteleuropäischen Staaten in der EU die Minderheit darstellen,

kann nur eine gemeinsame Vorgangsweise dieser Länder unser bewährtes System der Eigentumssicherung im Grundbuch und Kataster schützen. Teetzmann versteht den Begriff der „gemeinsamen Vorgangsweise“ in zweierlei Richtungen. Einerseits müssen die genannten Staaten ihre bestehenden Standards aufrechterhalten und gemeinsam in der EU kooperieren, andererseits müssen aber auch innerhalb eines Landes die Kooperationen zwischen staatlichen und zivilen Vermessungsbefugten fortwährend gesichert und gepflegt werden.

Zur anstehenden Grundbuchgesetznovelle 2007, welche das Grundbuchgesetz, das Grundbuchsumstellungsgesetz, das ABGB, das Liegenschaftsteilungsgesetz, das Urkundenhinterlegungsgesetz, das Gerichtsgebührengesetz und das Vermessungsgesetz betreffen, erläutert Univ.-Doz. Mag. DDr. Bittner, Vizepräsident der österreichischen Notariatskammer, die im Novellierungsvorschlag enthaltenen Neuerungen und verweist darin auf die praktikablen und weniger praktikablen Änderungsvorschläge. Die Stellungnahmefrist endet mit 10. Februar und die BAIK legt nach eingehenden Beratungen, gemäß den Beschlüssen der allgemeinen Fachgruppensitzung ihre Stellungnahme dazu ab.

Hofrat Dipl.-Ing. Friedrich Birkner, Leiter der Niederösterreichischen Landesvermessung, nimmt zum Thema der Vermessungsbefugnis, zur Wahrnehmung der gesetzlich definierten Aufgaben sowie zum Aufgabensplitting zwischen zwei Vermessungsbefugten (– Land einerseits, IKV andererseits –) in sachlicher Weise Stellung. Die im VermG normierten Tätigkeiten, welche durch Befugte gem. § 1 LiegTeilG auszuführen sind, werden in konsequenter Erfüllung der gesetzlichen Verpflichtungen auch von diesen vorgenommen. Hofrat Birkner spricht sich auch für eine technisch einheitliche Lösung in der Urkundenarchivierung aller Vermessungsurkunden aus, wozu dzt. noch eine gesetzliche Regelung (Gesetzesgrundlage, Rechtsträger) ausständig ist.

Eingehende und sachliche Diskussionen zu jedem Vortragsthema rundeten den ersten Tagungstag ab.

Herr Peter Wegerer von der Firma onlaw Internet Technologie GmbH gab einen umfassenden Überblick über das digitale Urkundenarchiv (DEA<sup>2)</sup>), welches gem. dem BRÄG 2006 von der Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten (BAIK) für alle Ziviltechniker und für alle Arten von Dokumenten, Pläne und Urkunden errichtet wurde. Auf diese Weise erfolgte ein elektronisch-archivarisches Gleichziehen mit den Kammern der Notare (Cyberdoc) und der Rechtsanwältinnen (Archivium), so dass damit ein weiterer Baustein zum e-Government und in weiterer Folge zur digitalen (vektoriellen) Planbescheinigung gelungen erscheint.

1) In Ecolex, Heft 1/2008, S. 96–100

2) DEA – Das Elektronische Archiv (für alle Ziviltechniker).

BR h.c. Dipl.-Ing. Hans Polly, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen in Neunkirchen und Motor des BRÄG sowie des elektronischen Archivs<sup>3)</sup>, gab einen Überblick über die Vision des Archivs und den derzeitigen Stand. Polly berichtete auch über die Anstrengungen, um den Berufsstand der Ziviltechniker zu unterstützen, zu stärken und voranzubringen. Er vergaß auch nicht über die mannigfachen Hürden und Hindernisse zu sprechen und übermittelte der Kollegschaft ein lebhaftes Bild über seine Bemühungen in den vergangenen Jahren.

In der anschließenden allgemeinen Fachgruppensitzung wurde den Kollegen ein Überblick über den Stand der neuen Leistungsbeschreibungen (HOVG-neu), der letzte Stand der Kontaktgespräche zwischen dem BEV und der BAIK und über die beabsichtigte Gesetzesnovelle zum GB-Gesetz 2007 gegeben.

Die bewährte Fachfirmenausstellung, ein Geodäten-treff am Mittwoch, der offizielle Empfang der Landeskammer für Steiermark und Kärnten am Donnerstag sowie ein Hüttenabend auf der Loserer Blaa-Alm rundeten das Tagungsprogramm ab.

Die Vorbereitung der Tagung und die Auswahl des Tagungsortes wurden vom Team der AIK für Steiermark und Kärnten, der übrige organisatorische Teil in bewährter Weise von den BAIK-Damen wahrgenommen.

Die 28. Tagung der IKV diene erneut der Fortbildung, der Pflege von Netzwerken und Kontakten, dem fachlichen Gespräch zwischen den anwesenden Berufskollegen, den Vertretern aus Politik, dem Ministerium, dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, den Firmenvertretern sowie, – last but not least –, auch mit den Kollegen aus dem Nachbarland Deutschland.

*Dietrich Kollenprat*

### **Neubestellung der Mitglieder der Österreichischen Geodätischen Kommission (ÖGK) für die Funktionsperiode 2008 – 2011**

Die Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) mit dem Sitz in Wien ist das Organ der Internationalen Erdmessung für Österreich und untersteht dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Die ÖGK vertritt die Belange Österreichs in der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG), die eine der Assoziationen der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) ist.

Der Kommission gehören Vertreter der Universitäten, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Ministerien, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen und der freien Berufe an. Für die bis 2011

dauernde Funktionsperiode hat der Wirtschaftsminister Herrn Univ. Prof. Dr. Harald Schuh (Institut für Geodäsie und Geophysik, TU Wien) zum Präsidenten der Kommission und Hofrat Dipl.-Ing. Norbert Höggerl (Leiter Abt. Grundlagen, BEV) zum Sekretär bestellt.

Kurze Geschichte der Kommission:

Mit „allerhöchster Entschließung“ vom 2.6.1863 wurde zwecks Beteiligung Österreichs an der Internationalen Erdmessung die „Österreichische Gradmessungskommission“ gegründet. Zur Durchführung der astronomischen Arbeiten wurde ihr ein eigenes Gradmessungsbüro unterstellt; die geodätischen Aufgaben wurden vom Militärgeographischen Institut (MGI) ausgeführt. Im Jahre 1886 erfolgte die Umwandlung in die „Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung (ÖKIE)“.

Nach der Neuorganisation des Vermessungswesens im Jahre 1919 wurden die gesamten astronomisch-geodätischen Arbeiten dem neu geschaffenen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen übertragen. Die Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung wurde vom Unterrichtsministerium zum Bundesministerium für Handel und Verkehr überstellt. Die ÖKIE erhielt die Aufgabe, den Kontakt mit der internationalen Organisation für die Erdmessung – die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) – aufrechtzuerhalten und im Einvernehmen mit dieser die notwendigen Arbeiten beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zu beantragen, sowie die Ergebnisse auf den einschlägigen internationalen Konferenzen bekannt zu geben. Außerdem oblag es der ÖKIE, diese Ergebnisse zu veröffentlichen und die wissenschaftlichen Forschungsarbeiten durch entsprechende Publikationen und Verbreitung im Ausland zu fördern.

1980 wurde vom damaligen Bundesminister für Bauten und Technik ein neues Statut erlassen. Die Neufassung des Statuts geht in rechtlicher Hinsicht von der Voraussetzung aus, dass es sich um eine Kommission im Sinne des § 8 des Bundesministeriengesetzes zur Vorbereitung und Vorberatung auf dem Gebiet der Grundlagenvermessung handelt. Der Name der Kommission wurde 1996 auf Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) geändert.

Eine ausführliche Zusammenfassung über die ÖGK mit dem Titel „140 Jahre Österreichische Geodätische Kommission“ wurde als Mitteilung der ÖGK (Autor: Erhard Erker) in der VGI (Ausgabe 1/2004) abgedruckt.

*Norbert Höggerl*

### **OVG-Buchpreis 2007**

Am 2. April 2008 wurde im Rahmen eines Vereinsvortrages erstmals der neu geschaffene OVG-Buchpreis für ausgezeichnete Studienleistungen vergeben. Die beiden Preisträgerinnen, Frau Dipl.-Ing. Patricia Krenn

<sup>3)</sup> Wissenswertes unter <http://www.arching.at/bund/JA/index.htm>.

aus Graz und Frau Dipl.-Ing. Andrea Pany aus Wien erhielten vom Präsidenten der OVG, Dipl.-Ing. Gert Steinkellner je eine Urkunde und vom heurigen Sponsor des Buchpreises, Leica Geosystems Austria GmbH, vertreten durch Dr. Michael Hiermanseder je einen Büchergutschein über 100 Euro überreicht.

Es ist bereits Tradition, dass im Anschluss an einen OVG-Vortrag an der TU Wien noch eine Nachsitzung im gegenüberliegenden Gasthaus stattfindet. Die beiden Preisträgerinnen waren natürlich eingeladen an dieser Nachsitzung teilzunehmen. Erfreulicherweise fand sich dann dieses Mal auch eine besonders große Runde ein.

Der Buchpreis der OVG wurde 2007 über Initiative einer Arbeitsgruppe der im OVG-Vorstand mitwirkenden Studierendenvertreter geschaffen. Ziel dieser Arbeitsgruppe war es, Fördermaßnahmen für den geodätischen Nachwuchs zu entwickeln. Neben dem Buchpreis der OVG wurden noch weitere Maßnahmen begründet. Diese können unter <http://www.ovg.at/up->

[loads/media/Richtlinie\\_fuer\\_die\\_Studierendenfoerderung\\_in\\_der\\_OVG.pdf](#) auf der Homepage der OVG abgerufen werden.





**em. o. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Wilhelm  
Embacher †**

Der Arbeitsbereich „Vermessung und Geoinformation“ der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften an der Universität Innsbruck trauert um Herrn em. o. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Wilhelm Embacher. Er war erster Inhaber des Lehrstuhls und Vorstand des Institutes, welches 1969 unter dem Namen „Institut für Vermessungswesen und Photogrammetrie“ gegründet und später in „Institut für Geodäsie“ umbenannt wurde, bis zu seiner Emeritierung 1985. Mit großem Einsatz und Verhandlungsgeschick schaffte er die materiellen und personellen Voraussetzungen für den Aufbau des Institutes. Auf Grund seiner Initiative wurde in Innsbruck der erste Studienabschnitt Vermessungswesen installiert, ein Etappenerfolg auf seinem Ziel, in Innsbruck ein Vollstudium zu errichten. Wir wissen, dass er dieses Ziel nicht erreichte.

Zu seinen nachhaltigen Erfolgen zählt die Gründung der „Internationalen Geodätischen Woche Obergurgl“, ein fest etabliertes Forum zur fachlichen Information und zur gesellschaftlichen Integration innerhalb der Kollegenschaft. Sie erfreut sich seit 25 Jahren ungebrochener Beliebtheit und findet im Februar 2009 zum 15. mal statt.

Prof. Embachers wissenschaftliche Heimat war die TH Wien, wo er Technische Physik und Vermessungswesen studierte, 1949 über das Thema „Vektorielle Ausgleichsrechnung“ dissertierte und 1955 mit astronomischen Arbeiten („Methode Embacher“) die Lehrbe-

fugnis als Dozent erlangte. Der Schwerpunkt seiner Arbeiten lag von da an aber auf dem Gebiet der Probleme des Schwerfeldes, im Besonderen der Bestimmung der Richtung und Größe des Schwerevektors. Embacher verstand sich nie ausschließlich als Theoretiker, sondern immer auch als Ingenieur. Er suchte daher praxisgerechte Lösungen der komplexen Thematik, die mit den Mitteln des Vermessungsingenieurs realisierbar sind. Als Beispiel sei sein Versuch genannt, im Gebirge absolute Höhen aus lokalen Schweremessungen zu bestimmen. Mit diesem „Dynamischen Nivellement“ lieferte er beachtliche Ergebnisse, wenn auch die theoretischen Grundlagen in der Fachwelt kontrovers diskutiert wurden.

Seine Verdienste wurden durch zahlreiche Ehrungen gewürdigt. Als Beispiele seien seine Mitgliedschaft bei der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und seine Wahl zum korrespondierenden Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erwähnt. Der Bundespräsident verlieh ihm anlässlich seiner Emeritierung das Silberne Ehrenzeichen der Republik Österreich.

An dieser Stelle nur auf seine wissenschaftlichen Arbeiten und seine Ehrungen zu verweisen, würde der Persönlichkeit Embachers jedoch bei weitem nicht gerecht werden. Sein Humor, seine Geselligkeit und seine Lebensfreude machten ihn zu einer der beliebtesten und markantesten Persönlichkeiten des österreichischen Vermessungswesen seiner Zeit. Seine Großzügigkeit – nicht nur in materiellen Dingen – ist legendär. Wir, die das Privileg hatten, mit ihm zu arbeiten, erfahren von ihm stets Verständnis, Förderung und Freundschaft. Er war eine singuläre Erscheinung mit natürlich gewachsener Autorität, die auf großer Lebenserfahrung und Weisheit beruhte. Nie musste er in Diskussionen auf seine höhere Position verweisen, immer bezog er den menschlichen Aspekt in seine Entscheidungen ein. Dafür respektierten und verehrten wir ihn.

Wilhelm Embacher starb am 7.2.2008 im 94. Lebensjahr in seinem Geburtsort Saalfelden, wo er die Jahre nach seiner Emeritierung verbrachte. Unser Beileid gilt seiner Familie, unser Dank posthum ihm, der in unserer Erinnerung stets gegenwärtig bleiben wird.

*Albert Grimm-Pitzinger*

Die Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) und die Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG) möchten den Familienangehörigen von Professor Embacher ihr Beileid ausdrücken und werden das Andenken an den verdienstvollen Kollegen immer in Ehren halten.

*Fritz K. Brunner – ÖGK  
Gert Steinkellner – OVG*

# OVG-Vorträge

## Sommersemester 2008, ab Mai

### Graz

Technische Universität Graz  
Hörsaal AE01, Parterre  
8010 Graz, Steyrergasse 30

**Mittwoch,** Workshop: **Einsatz der Fernerkundung für das Umweltmonitoring**  
14. Mai 2008, Koordinatoren: *Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt, Dr. Wolfgang Sulzer*  
16 Uhr 30 Titel der einzelnen Beiträge werden später bekannt gegeben

**Mittwoch,** **Lage- und Höhentransformationen für GNSS-Dienste und deren**  
18. Juni 2008, **Implementierung im neuen RTCM 3.1 Standard**  
17 Uhr 15 *Prof. Dr.-Ing. Reiner JÄGER*  
Hochschule Karlsruhe, Fakultät für Geomatik

### Innsbruck

Leopold-Franzens Universität Innsbruck  
Institut für Geodäsie, HSB 6, Parterre  
6020 Innsbruck, Technikerstraße 13

**Donnerstag,** **Katastrophen kennen keine Grenzen - der ArgeAlp Geodatenverbund auch nicht**  
8. Mai 2008, **Information sicher und aktuell dank verteilter Geodatenhaltung**  
18 Uhr 15 *Dipl.-Ing. Jürgen OBERRESSL*  
GIS Experte beim Amt der Vorarlberger Landesregierung

**Donnerstag,** **Mobile Scansysteme von FARO**  
5. Juni 2008, *Carsten GERICKE, Regional Manager Austria*  
18 Uhr 15 *Dipl.-Ing. (FH) Alexander BAUER, Senior Account Manager Laser Scanner*  
FARO Europe GmbH & Co. KG

### Wien

Technische Universität Wien  
Hörsaal für Geodäten  
1040 Wien, Gußhausstraße 27-29, 3. Stock

**Mittwoch,** **Beyond GIS**  
14. Mai 2008, *DDr. Kurt FEDRA*  
17 Uhr 15 Direktor der Environmental Software & Services GmbH

**Mittwoch,** **Neue Militärkarten für Italien**  
25. Juni 2008, **Vom Bildflug bis zum GIS-Datensatz**  
17 Uhr 15 *Dipl.-Ing. Raimund GASSER, Dipl.-Ing. Klaus LEGAT*  
*und Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang RIEGER*  
Vermessung AVT ZT-GmbH

# FH|W-S

Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt  
University of Applied Sciences

An der **Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt, Abteilung Würzburg**, ist zum nächstmöglichen Zeitpunkt die Stelle einer/eines

**Professorin/Professors** (BesGr. W 2 BBesO) zu besetzen.

**Studiengang Vermessung und Geoinformatik, Lehrgebiet:**

## Ingenieurvermessung

**Bewerbungskennziffer: 60.1338**

In der Lehre sind schwerpunktmäßig die Gebiete Ingenieurvermessung, Industrievermessung, Sensorik sowie CAFM (Computer Aided Facility Management) zu vertreten.

Basiskenntnisse sind zu vermitteln und mit dem Ziel einer fundierten interdisziplinär angelegten Anwendungskompetenz auszubauen.

Die Übernahme von Lehrveranstaltungen in Grundlagenfächern der Vermessung - auch für Studierende der Studiengänge Architektur und Bauingenieurwesen - wird vorausgesetzt.

Die Mitwirkung in der anwendungsbezogenen Forschung, den Aus- und Weiterbildungsprogrammen des Studienganges und der Hochschulselbstverwaltung ist obligatorisch.

Nähere Informationen zu allgemeinen Einstellungs Voraussetzungen sind im Internet unter [www.fh-wuerzburg.de/stellen/Ingenieurvermessung.htm](http://www.fh-wuerzburg.de/stellen/Ingenieurvermessung.htm) angegeben.

Bewerbungen sind mit den üblichen Unterlagen (Lebenslauf, Zeugnisse, Nachweise über den beruflichen Werdegang und die wissenschaftlichen Arbeiten) und unter Angabe der Bewerbungskennziffer bis spätestens einen Monat nach Erscheinen dieser Anzeige bei der

**Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt  
zu Hd. des Präsidenten  
Münzstraße 12, 97070 Würzburg**  
einzureichen.

Auskünfte unter 0931/3511-111 bzw. -146 und [www.fh-wuerzburg.de](http://www.fh-wuerzburg.de)

# Überwachen Sie strukturelle Deformationen in (fast) jeder Stadt.

Wir präsentieren unser bislang leistungsstärkstes System für Vermessung und Deformationsanalysen:

Die Trimble® S8™ Totalstation. Dieses Spitzenmodell bietet höchste Flexibilität und Vermessungsgenauigkeit. Die Trimble S8 handhabt darüber hinaus strukturelle Deformationsmessungen bei zahllosen Anwendungen mit unübertroffener Genauigkeit und hohem Arbeitskomfort – vom Tunnelbau bis zum Verkehrswesen.

Die Trimble S8-Totalstation erkennt aufgrund der innovativen neuen FineLock™ Technik strukturelle Deformationen – entscheidend für die Arbeit an tragenden Strukturen. Fügen Sie noch die moderne Software für die blitzschnelle Datenanalyse hinzu und Sie haben ein Komplettpaket, das nicht nur im Handumdrehen Ihre Möglichkeiten sondern auch Ihr Dienstleistungsangebot erweitert.

Erfahren Sie mehr über die neue leistungsstarke Trimble S8 unter [www.trimble.com/S8](http://www.trimble.com/S8)

