



## Geodätische und geophysikalische Untersuchungen am NW-Hang des Graukogels bei Badgastein

Harald Figdor <sup>1</sup>, Ernst Karl Hauswirth <sup>2</sup>, H. Lindner <sup>3</sup>, Karl-Heinz Roch <sup>4</sup>, Adrian E. Scheidegger <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik, Gußhausstraße 27-29/128, A-1040 Wien

<sup>2</sup> Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik, Gußhausstraße 27-29/128, A-1040 Wien

<sup>3</sup> Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik, Gußhausstraße 27-29/128, A-1040 Wien

<sup>4</sup> Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik, Gußhausstraße 27-29/128, A-1040 Wien

<sup>5</sup> Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik, Gußhausstraße 27-29/128, A-1040 Wien

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **78** (2), S. 59–76

1990

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Figdor_VGI_199003,
  Title = {Geod{\'a}tische und geophysikalische Untersuchungen am NW-Hang des
    Graukogels bei Badgastein},
  Author = {Figdor, Harald and Hauswirth, Ernst Karl and Lindner, H. and Roch,
    Karl-Heinz and Scheidegger, Adrian E.},
  Journal = {{{\"O}sterreichische Zeitschrift f{\'u}r Vermessungswesen und
    Photogrammetrie},
  Pages = {59--76},
  Number = {2},
  Year = {1990},
  Volume = {78}
}
```



## Geodätische und geophysikalische Untersuchungen am NW-Hang des Graukogels bei Badgastein

von H. Figdor, E. K. Hauswirth, H. Lindner, K. H. Roch, A. E. Scheidegger, Wien

### Summary

Geophysical and geodetic investigations were made on the NW slope of the Graukogel in the municipality of Badgastein. Earlier drillings, seismic investigations and geodetic surveys had given definite indications for the existence of mass movements in this area. The evaluation of the present seismic refraction measurements yielded the thickness of the loose overburden over the solid rock: in the village near the Gasteiner Ache this is 10–15 m, further up in the middle of the slope the rock surface drops suddenly to depths of 40–50 m. In the upper part of the slope the rock lies at depths of 80–140 m. Thus, the solid rock surface drops in steps. This interpretation was also verified by gravimetric investigations.

### Kurzfassung

Am NW-Hang des Graukogels oberhalb des Ortsgebietes von Badgastein wurden geophysikalische und geodätische Untersuchungen durchgeführt. Schon früher durchgeführte Bohrungen bzw. seismische Untersuchungen und Vermessungen hatten deutliche Hinweise für Bewegungen der Lockermassen gegeben. Die Auswertung der durchgeführten refraktionsseismischen Messungen ergab die Mächtigkeiten der Überlagerung des Felses mit Lockermassen sowohl im Ortsgebiet nahe der Gasteiner Ache (10–15 m) als auch im Bereich hangaufwärts, wo die sondierte Felsoberkante sprunghaft in Tiefen zwischen 40 und 50 m abfällt. Im oberen Bereich des Untersuchungsgebietes wurde die Felsoberkante in 80–140 m Tiefe erfaßt. Es ergab sich ein talwärts stufenförmiges Absetzen des Felses. Diese Struktur wurde auch mittels gravimetrischer Untersuchungen verifiziert.

### 1. Einleitung

Die Besiedelung der inneralpinen Täler war schon immer mit besonderen Gefahren verbunden und ging daher über Jahrhunderte nur sehr langsam vor sich. Neben den schwierigen klimatischen Bedingungen in diesen Regionen wurden Leben und Gut der Bevölkerung immer wieder von verschiedenen Naturkatastrophen bedroht. Eine dieser Gefahren war und ist die Bewegung von Fels und Boden, teils in Form von spektakulären Felsstürzen und Murgängen, teils aber auch in nicht erkennbaren Rutschungen von Bergschutt und Geröll. Bringt ersteres eine plötzliche Gefahr für Leben und Habe der Bewohner, so äußern sich Kriechbewegungen meist in laufend auftretenden Schäden der Baubsubstanz, die schließlich zur Zerstörung einzelner Bauobjekte führen können. Auch muß damit gerechnet werden, daß vorerst noch als relativ harmlos eingestufte Rutschungen immer rascher werden und letztlich auch gewaltige Massenbewegungen bedingen können.

Aus diesem Grunde hat die Abteilung Geophysik der Technischen Universität Wien schon seit Jahren Massenbewegungen an Hängen untersucht. Diese Forschungsarbeiten wurden zuletzt vom Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung in Österreich (unter der Projektnummer 5591) unterstützt.

Als ein geeignetes Untersuchungsobjekt wurde die Umgebung des Kurortes Badgastein (siehe Abb. 1a) ausgewählt, da schon in einer Arbeit von Stini und Müller (1961) eine Übersicht von großen Hochwassern und Massenbewegungen von 1493 bis 1960 für die betreffende Region angegeben worden war. Eine erste Untersuchung des genannten Gebietes wurde von der Abteilung Geophysik der TU Wien von Hauswirth und Scheid-

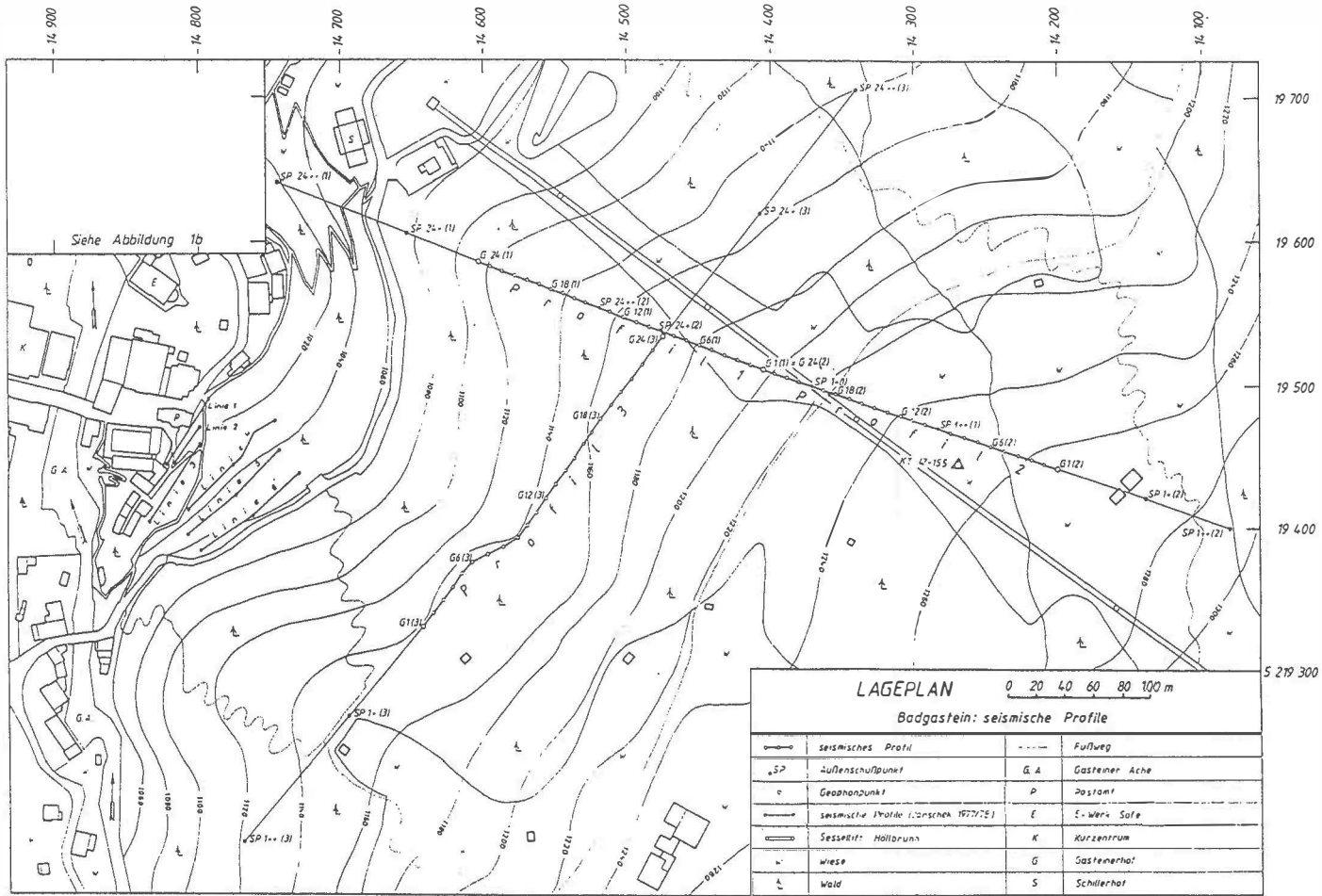


Abb. 1a: Lageplan des Untersuchungsgebietes.

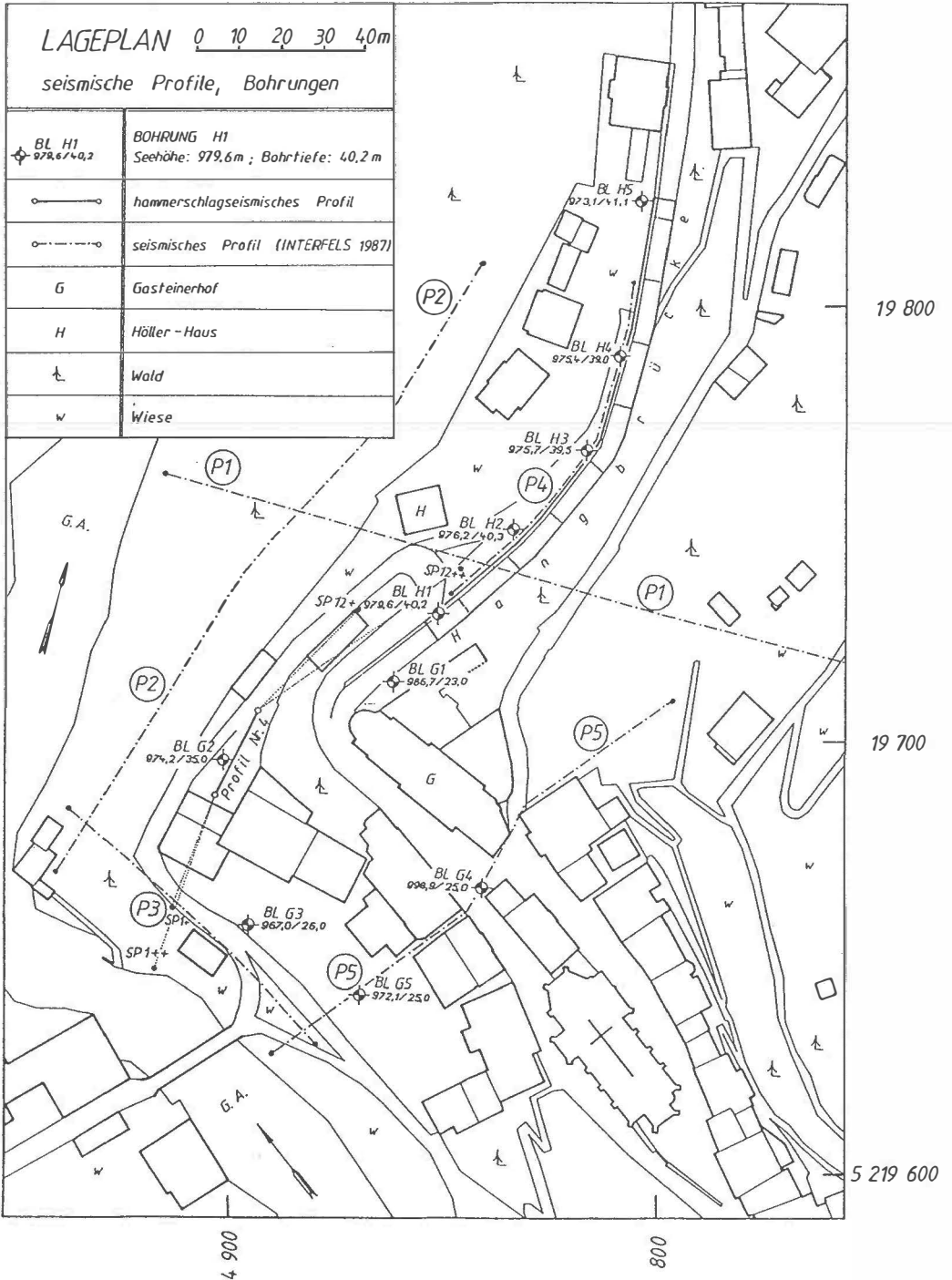


Abb. 1b: Lageplan des Untersuchungsgebietes.

egger (1980) veröffentlicht, worin eine tektonische Vorzeichnung der beobachteten Hangbewegungen nachgewiesen wurde. Weitere Hinweise auf Art und Ursache der Bewegungen finden sich in den Quellen, auf die noch im Kapitel 3 dieser Arbeit zurückgekommen wird.

Die Zielsetzung der vorliegenden Untersuchungen war die Anwendung geophysikalischer und geodätischer Methoden zur Erfassung der Art der Bewegungen und der Struktur der Rutschmassen. Dazu wurden weitere geodätische Vermessungen durchgeführt, Profile refraktionsseismisch gemessen, sowie eine Reihe von Gravitationsmeßstationen erstellt. Die Resultate dieser Untersuchungen sollen nun besprochen und interpretiert werden.

## 2. Bemerkungen zur morphologischen und geologischen Situation

Das Gasteinertal ist das längste einer Reihe von Süden nach Norden verlaufender nahezu paralleler Täler, die die Hohen Tauern zur Salzach hin entwässern. Vor der Mündung in die Salzach wird von diesen Flüssen ein Ost-West verlaufender steiler Kalkzug, die sogenannte Klammkalkzone, in wilden Schluchten durchbrochen. Hat man die enge Gasteiner Klamm Richtung S überwunden und die Kalkfelsen hinter sich gelassen, ändert sich der Charakter der Landschaft schlagartig. Das Gasteinertal wird sehr weit, und sanfte, weiche Formen dominieren. Auf den vor Hochwassern sicheren Schutt- und Schwemmkegeln einmündender Seitenbäche sind die Ortschaften Dorfgastein, Bad Hofgastein, Badbruck und weitere kleinere Siedlungen errichtet. Man befindet sich in einem Gebiet sehr weicher Schiefer (Schwarzphyllite), die taleinwärts härter werden (Grünschiefer). Diese Gesteine zerfallen besonders leicht und ermöglichen so die auffallend gute Begrünung des Tales. Nach starken Regenfällen aber neigt diese Gesteinsart zu Murgängen.

Bei Badbruck ist ein weiterer Wechsel der Gesteinsart zu immer kantiger werdenden Geländeformen zu erkennen. Hier tauchen die Gneisbänke des Hochalm-Ankogelmassivs nach Norden unter die Schieferhülle ab, das Tal verengt sich und die Gasteiner Ache stürzt zwischen Graukogel und Stubnerkogel über eine Talstufe. Das weiter südlich liegende Quellgebiet der Gasteiner Ache ist vorwiegend im Granitgneis eingeschnitten und zeigt dementsprechend wilde und schroffe Geländeformen. Noch weiter südlich verläuft zwischen Ankogel- und Sonnblickgruppe der wasserscheidende Hauptkamm der Hohen Tauern.

Die geologische Struktur des untersuchten Geländes wurde ausführlich von Exner (1957) beschrieben. Im Rutschgebiet am Fuße des Graukogels sind Moränenschutt und weiter bergan Bergsturzböschung ausgewiesen (Küpper, 1956). Die Gipfelregion wird von nach Osten einfallenden Schieferzonen dominiert. Die auf diesen Glimmerschiefern gelagerten Gesteinsmassen (Granitgneise) rissen unterhalb der Gipfel des Graukogels und des Hohen Stuhls ab und rutschten zu Tal, wo sie den heutigen Hangschutt bilden. Die Glimmerschiefer dienten als Gleitbahn. Das Alter dieser Rutschung ist nach Exner (1957) mit interglazial angegeben. Das Bergsturzmateriale reicht von der Abrißregion in ca. 2100 m Seehöhe bis hinunter zur Gasteiner Ache in ca. 950 m Seehöhe und bildet ein noch heute instabiles, wulstiges Wald- und Wiesenareal. Veränderungen der Koordinaten von geodätischen Festpunkten und Schäden an Bauwerken dokumentieren das Ausmaß der auftretenden Bewegungen.

Erwähnenswert sind tektonisch verstellte Schollen nahe dem Ortsgebiet und am Fuß des untersuchten Hanges auftretende Thermalquellen, die Badgastein zum weltbekannten Kurort machen.

Genaue geologische Beschreibungen finden sich z. B. bei Küpper (1956), Exner (1957), Stini und Müller (1961).

# Die Zukunft im Auge



NEU  
TOPCON GTS-4



TOTAL-  
STATIONEN  
THEODOLITE  
NIVELLIERE  
LASER

GENERALVERTRETER:

**IPECAD**

Ges.m.b.H. & CoKG

Czerningasse 27  
A-1020 Wien

Tel. 0222/24 75 71-0 Fax 0222/24363622 Telex 136790

HARDWARE  
SOFTWARE  
CAD

Bringing future into focus



### 3. Geotechnische Unterlagen

Die Gemeinde Badgastein hat uns freundlicherweise für unsere Arbeiten diesbezügliche Unterlagen zur Verfügung gestellt, die in einer Diplomarbeit von Lindner, 1990, ausführlich dargestellt sind.

1977/78 wurden refraktionsseismische Messungen im Bereich des Rudolf- und Franz Joseph-Stollens durchgeführt, um den Verlauf der Felsoberkante zu ermitteln. Die 6 Profillinien sind in Abb. 1a eingetragen. Unter einer geringmächtigen Verwitterungsschicht, deren Mächtigkeit zwischen 1,5 und 3 m liegt, betragen die Wellengeschwindigkeiten 0,6 bis 0,95 km/s. Sie können dem Hangschutt zugeordnet werden. Darunter sind dem Fels zuzuordnende Geschwindigkeiten von 4,5 bis 5,0 km/s festzustellen. Der Verlauf der Felsoberkante hat ein sehr starkes Relief. Bei besonders ausgeprägten Eintiefungen ist die Oberkante des Felsuntergrundes seismisch nicht feststellbar. Betrachtet man die Resultate dieser seismischen Messungen, zeigt sich mit zunehmender Höhenlage der Profile eine immer größer werdende Mächtigkeit der Überlagerung des Felsuntergrundes mit Lockermaterial.

Aus dem Bereich des Hotels „Gasteinerhof“ („G“ in Abb. 1b) sind Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen vorhanden. Dabei zeigen sich oberhalb der Gasteiner Ache erwartungsgemäß geringe Mächtigkeiten der Überlagerung mit Lockermassen. Hangaufwärts zeigt sich ein abrupter Abfall der Felsoberkante in Tiefen zwischen 40 und 50 m. Weiter bergan wird die Mächtigkeit der Auflockerungszone noch größer, sodaß die Messungen kompakten Fels nicht mehr sondieren konnten.

Weiters stehen die Daten von zehn lotrechten, am Hangfuß des Untersuchungsgebietes abgeteufte Bohrungen zur Verfügung. Eine weitere Bohrung wurde unter 45 Grad Neigung bei Bohrloch H2 angelegt. Die Lage der Bohrungen kann Abb. 1b entnommen werden.

Generalisiert lassen sich die Bohrprofile in drei Bereiche gliedern:

- Hangschutt: wechselnd kiesig, sandig oder schluffig; teilweise mit Blöcken durchsetzt
- Blockwerk: Größere Felsblöcke oder Fels-Schichtpakete mit kleineren Zwischenlagen aus Kies und Sand
- Anstehender Fels: an der Oberfläche stark klüftig und brüchig;  
Kluftfüllmaterial: zerriebener Felsschutt und Bachgeschiebe (Kies, Sand, Schluff), keine offenen, unverfüllten Klüfte.

Die beobachteten Hangbewegungen beschränken sich auf die beiden erstgenannten Bereiche, die in wechselnder Schichtfolge das Material der Überlagerungen bilden. In der Nähe der Gasteiner Ache (Bohrloch G3 und G5) sind zusätzlich feinsandige Flußsedimente vorhanden, die unter dem eben beschriebenen Material liegen. Fels konnte bei den Bohrungen H2, H3 und G5 überhaupt nicht und bei Bohrloch H5 nicht definitiv erbohrt werden. Ob kompakter Fels erreicht wurde, ist auch bei einigen anderen Bohrungen wegen der meist nur sehr geringen Festigkeit der Felsproben fraglich, sodaß ein Anbohren lediglich größerer Felsblöcke nicht ausgeschlossen werden kann. Die Talzuschubbewegung bewirkt andererseits eine mechanische Beanspruchung des Felses und damit eine Auflockerung. Es ist daher auch durchaus möglich, daß das erbohrte Material der Felsoberkante entspricht.

Im Bereich der Bohrungen beträgt die Hangneigung zwischen 30 und 45 Grad. Das Ausmaß von Bodenbewegungen wird gerade bei derartig übersteilten Hängen entscheidend vom Wasserhaushalt beeinflußt. Die Bohrungen führen großteils in Tiefen bis etwa 10 m schichtwasserführende Horizonte an, es ließ sich jedoch kein durchgehender Bergwasserhorizont nachweisen.

Die Auswertung der Meßdaten der in drei Bohrlöchern (H1, H3 und H5) installierten Neigungsmesser ergibt ein von der Tiefe abhängiges Bewegungsbild des Hanges. Oberflächlich korrespondieren die Bewegungsvektoren mit der örtlich maßgeblichen Falllinienrichtung und haben eine Größe von 1 bis 2 cm/Jahr. Mit zunehmender Tiefe wird das Bewegungsausmaß geringer und die Bewegungsrichtungen zeigen ein immer homogeneres Bild. In Tiefen von 25 bis 30 m beträgt die Bewegung nur mehr etwa 0,3 cm/Jahr.

Genauere Angaben zu den Bohrungen sind in der Arbeit von Lindner (1990) zu finden.

#### 4. Geodätische Deformationsmessungen

##### *Deformationen im örtlichen Festpunktfeld (großräumige Betrachtung)*

Durch Vermessungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen zur Herstellung beziehungsweise zur Erweiterung und Kontrolle des amtlichen Festpunktfeldes in den Jahren 1932, 1959 und 1973 konnten zum Teil beachtliche Bodenbewegungen nachgewiesen werden, deren Verschiebungsvektoren von Hauswirth und Scheidegger (1980) dargestellt wurden. Im Jahr 1986 erfolgte durch die Abteilung für Geophysik der Technischen Universität Wien in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen eine weitere photogrammetrische Aufnahme des Untersuchungsgebietes. Mit den neu ermittelten Punktkoordinaten wurden wieder Verschiebungsvektoren errechnet. Die Gesamtheit der Resultate ist in Abb. 2 und Tab. 1 dargestellt.

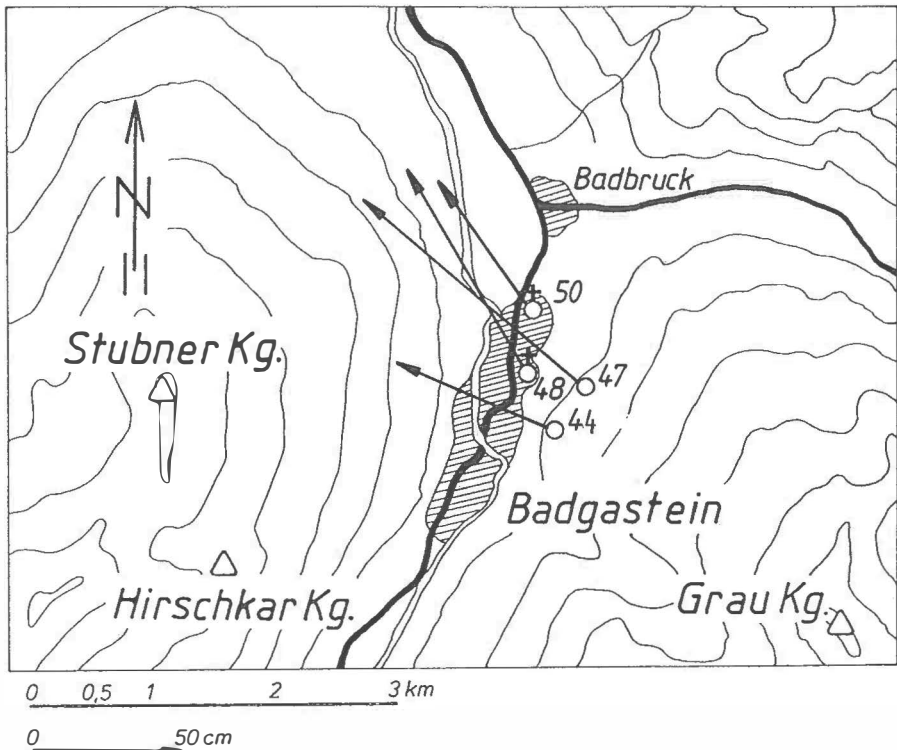


Abb. 2: Verschiebungsvektoren der Festpunkte von 1932–1986.



KT	1932 – 1973			1973 – 1986			1932 – 1986		
	ds	ds/Jahr	dh	ds	ds/Jahr	dh	ds	ds/Jahr	dh
44	47,5	1,2	-17	9,5	0,7	-5	56,8	1,1	-22
47	72,7	1,8	-25	19,7	1,5	-8	92,3	1,7	-33
48	52,5	1,3	- 3	22,3	1,7	-4	74,5	1,4	- 7
50	39,4	1,0	3	9,4	0,7	-1	48,8	0,8	2

Tabelle 1: Verschiebungsbeträge und Bewegungsgeschwindigkeiten einiger Felspunkte im Untersuchungsgebiet; alle Angaben in cm.

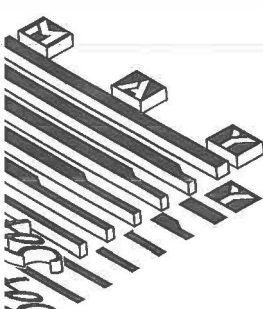
Daraus ist ersichtlich, daß bei den Punkten, die im Bereich der untersuchten Hangbewegung liegen, besonders große Verschiebungsvektoren auftreten (KT 44, 47, 48 und 50). Die Lageverschiebung beträgt bei diesen Punkten zwischen 48 und 92 cm in 54 Jahren und hat ziemlich genau die gleiche Richtung wie die jeweils maßgebliche Falllinie. Die Höhenverschiebung entspricht bei den Punkten 44 und 47 (Seehöhe jeweils ca. 1250 m) mit -22 und -33 cm in etwa der räumlichen Richtung der Falllinie. Bei den im Ort gelegenen Punkten 48 und 50 paßt die geringe Bewegung in der Höhe nicht zu den steilen Hangverhältnissen. Die Bewegung entspricht hier eher einer beinahe horizontal gerichteten Translation als einem Abrutschen der Gesteinsmassen in der Fallrichtung. Daß gerade im Bereich des übersteilten Hangfußes hauptsächlich horizontale Bewegungen zu beobachten sind, ist auf den ersten Blick sehr verwunderlich, eine Erklärung kann aber folgendermaßen gegeben werden: Die beiden Vermessungspunkte 48 und 50 sind in unmittelbarer Nähe der Pfarr- und Nikolauskirche in Badgastein gelegen. Die Kirchen sind in tieferliegenden Schichten fundamementiert und machen somit die der Talzuschubbewegung überlagerten Kriechbewegungen der obersten Schichten nicht mit. Das zeigt auch die im vorigen Abschnitt besprochene Auswertung der Neigungsmessungen in den Bohrungen, da die aus den Vermessungen ermittelte jährliche Bewegungsrate der Kirchen nicht der Kopferschiebung der Bohrlöcher, sondern der Bewegung in Tiefen von einigen Metern entspricht. Der naturgemäß nach der Falllinie ausgerichtete Kriechvorgang liefert also keinen oder nur einen sehr geringen Anteil zum gesamten Verschiebungsvektor. Der Hauptanteil dieser Bewegungsvektoren ist somit der großräumigen Talzuschubbewegung zuzuordnen, die im untersten Teil horizontal gerichtet ist.

#### *Deformationsmessungen an der Hangbrücke (kleinräumige Betrachtung)*

Im Auftrag der Gemeinde Badgastein wurden in den Jahren 1978 bis 1980 eine Nullmessung und 6 Kontrollmessungen und 1986 eine Kontrollmessung an der Hangbrücke (siehe Abb. 1b) durchgeführt, deren Resultate uns freundlicherweise von der Gemeinde zur Verfügung gestellt wurden.

Von einem eigens für diese Messungen errichteten Präzisionsnetz, bei dem fast alle Basispunkte auf Fels fundiert werden konnten, wurden 36 Punkte auf verschiedenen Bauteilen der Brücke eingemessen. Der durchschnittliche Punktlagefehler wird mit 2 bis 3 mm angegeben. Bei den Kontrollmessungen erfolgte die Höhenbestimmung zusätzlich durch ein Präzisionsnivelement. Die Messungen ergaben für alle Punkte das gleiche Bewegungsbild: Die Hangbrücke wird als Ganzes zur Ache hin verschoben, wobei die Verschiebung in der Höhe verglichen mit jener in der Lage, der Steilheit des Geländes nicht entspricht. Die Bewegungsunterschiede einzelner Punkte sind gering und für Betrachtungen des Bewegungsbildes des Hanges unerheblich. Einen Überblick über das mittlere Bewegungsausmaß gibt Tab. 2. Die Ergebnisse stimmen mit den aus dem amtlichen Festpunktfeld und den Neigungsmessungen in den Bohrungen ermittelten Bewegungsvektoren gut überein.

# INTEGRATION IST ZUKUNFT



Wir bieten effiziente und leistungsstarke Gesamtlösungen für den Vermessungsbereich: Von der Totalstation mit Meßdatentransfer bis zur Weiterverarbeitung im leistungsfähigen CADdy CAD-System.

Wir sind Ihr Partner sowohl für Vermessungsgeräte als auch für die integrierte CADdy CAD-Lösung mit Modulen für:

- Berechnung/Meßdatentransfer
- Kartierung/Lageplan
- Digitales Geländemodell und Massenberechnung, Profilerzeugung, Verschneidung mit Planungskörpern, auch in 3D darstellbar
- Projektierung im Straßenbau
- Geo-Informationssystem

CADdy ist das erfolgreichste CAD-System für Vermessung im deutschsprachigen Raum mit über 700 Installationen.

Auf dem Sektor Vermessungsgeräte führen wir hochwertige Instrumente renommierter Hersteller sowie selbstverständlich alles erdenkliche Zubehör.

Unser Service beschränkt sich nicht nur aufs Verkaufen, sondern umfaßt auch intensive Betreuung, die mit einer kostenlosen Erstein-schulung beginnt.

May-Computer-Gesellschaft m.b.H. & Co.KG  
CAD-Center, Abteilung Vermessungstechnik  
Herr Dipl. Ing. Störi, Galvanig, 2, A-1210 Wien  
Tel.: 0222/278 20 80-19 Fax: 0222/278 20 80-22

7. 1978 – 11. 1980			11. 1980 – 11. 1986			7. 1978 – 11. 1986		
ds	ds/Jahr	dh	ds	ds/Jahr	dh	ds	ds/Jahr	dh
3,7	1,5	-0,2	8,7	1,5	-1,9	12,6	1,5	-2,1

Tabelle 2: Die Verschiebung der Hangbrücke in Badgastein; alle Angaben in cm.

### 5. Seismische Untersuchungen

Zur genaueren Beurteilung der Hangsituation wurden von der Abteilung für Geophysik der Technischen Universität Wien weitere Untersuchungen durchgeführt.

Nach einer eingehenden Besichtigung des teilweise schwierigen Geländes wurde die aus dem Lageplan (Abb. 1a) zu entnehmende Profilanordnung getroffen.

Das Profil 1 zieht sich über den Geländerücken und reicht so nahe wie möglich (unter Berücksichtigung der notwendigen Außenschußpositionen) an das verbaute Gebiet heran. Profil 2 verläuft in der gleichen Richtung wie Profil 1 und wurde bergwärts direkt an dieses angeschlossen.

Das Profil 3 wurde in mittlerer Höhe des Untersuchungsgebietes, annähernd quer zu Profil 1, so angelegt, daß sein südwestliches Ende etwas oberhalb des Bereiches zu liegen kam, in dem schon bei früheren Messungen Fels seismisch sondiert werden konnte. Die Länge der Profile 1 und 2 betrug jeweils 230 m, jene von Profil 3 276 m, der Geophonabstand bei Profil 1 und 2 10 m, bei Profil 3 12 m.

Ferner wurde auch ein Profil mit Hammerschlagseismik nahe einer bereits vorhandenen Bohrung im Ortsgebiet gemessen (Profil 4). Das Ziel dieser Messung war, die seismischen Geschwindigkeiten den bei den Bohrungen erkundeten Bodenverhältnissen zuzuordnen, um diese auf die oberhalb des Ortes liegenden Profile übertragen zu können. Profil 4 wurde etwa in der gedachten Verlängerung von Profil 1 und Profil 2, annähernd quer zu deren Richtung angelegt (Abb. 1b).

#### *Meßergebnisse*

##### Profil 1 und Profil 2

Aus den Laufzeitkurven konnten bis zu 5 Schichten unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeit der p-Wellen interpretiert werden (siehe Abb. 3).

Zuoberst ist eine Verwitterungsschicht vorhanden, die Geschwindigkeiten zwischen 0,3 und 0,4 km/s zeigt. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt zwischen 3 und 6 Meter. Darunter zeigt sich eine Geschwindigkeit von 0,6 bis 0,7 km/s (Hangschutt). Diese Zone reicht bis in eine Tiefe zwischen 10 und 14 Meter. Die Tiefenberechnung für diese beiden Schichtgrenzen stützt sich ausschließlich auf die bei den Schußpunkten ermittelten Interceptzeiten, da der Geophonabstand nicht für ein Erfassen oberflächennaher Schichten ausgelegt war.

Unter diesen beiden Schichten befindet sich ein Horizont mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von im Mittel 1,2 km/s. Diese Schicht ist für Profil 1 sehr gut dokumentiert. Im Bereich von Profil 2 erlauben die Meßdaten für diesen Horizont jedoch nur die Bestimmung einzelner Interceptzeiten. In Abb. 3 ist die Schichtgrenze in diesem Bereich strichliert dargestellt. Lagen nur die Meßdaten von Profil 2 vor, würde man diesen Horizont wahrscheinlich gar nicht erkennen, sodaß dann das Tiefenmodell verfälscht werden würde. Ein weiterer Geschwindigkeitshorizont von im Mittel 2,3 km/s kann bei Profil 2 und dem oberen Bereich von Profil 1 ermittelt werden. Das scheinbare Fehlen dieses Horizontes im unteren Bereich (Geophon 5 bis Geophon 24) von Profil 1 läßt sich erklären, wenn diese Grenze steil abtaucht (ca. 40 Grad).

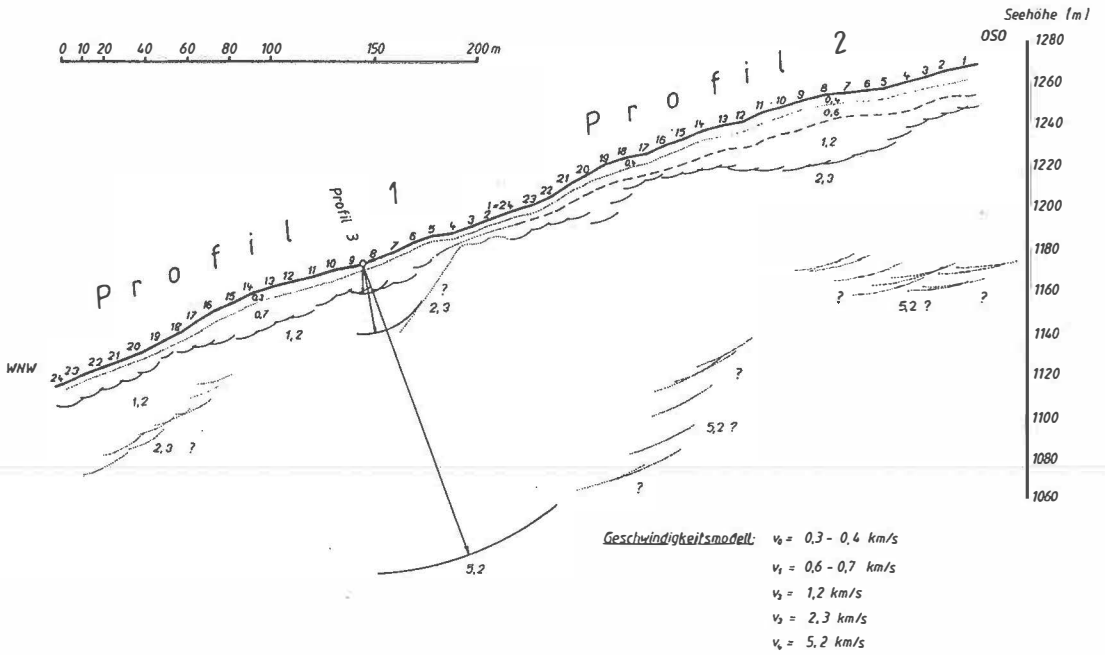


Abb. 3: Profil 1, 2: Geschwindigkeits-Tiefenmodelle.

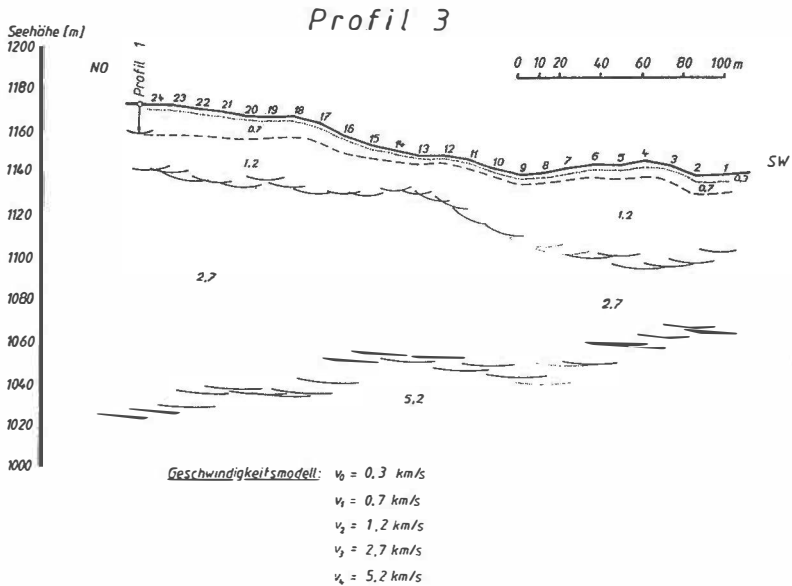


Abb. 4: Profil 3: Geschwindigkeits-Tiefenmodell.

### Profil 3

Die Interpretation der Laufzeitkurven von Profil 3 ergibt einen ähnlichen Aufbau des Untergrundes wie bei Profil 1 und 2, der Felsuntergrund konnte hier jedoch durchgehend sondiert werden.

Für den oberflächennahen Bereich ergibt sich eine Geschwindigkeit von 0,3 bis 0,7 km/s. Aufgrund des Geophonabstandes von 12 m ist eine genaue Angabe der Mächtigkeit dieses Bereiches nicht möglich. Der Einfluß dieser unsicheren Tiefenwerte auf die weitere Berechnung ist vernachlässigbar und verursacht somit keine Unsicherheit bei der Bestimmung der Tiefe der folgenden Schichtgrenzen.

Der „1,2 km/s-Horizont“ kann hinreichend genau bestimmt werden. Die beiden nächsttieferen Schichtgrenzen sind gut bestimmt. Der „5,2 km/s-Horizont“ gibt die Grenze des Auflockerungsbereiches zum kompakten Fels an. Abb. 4 gibt eine Zusammenfassung der Resultate.

### Profil 4

Um die Zuordnung zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit und den Bodenverhältnissen herzustellen, wurde Profil 4, das über einen Bohrpunkt verläuft, gemessen.

Profil 4 sollte für eine Erkundungstiefe von etwa 40 m ausgelegt werden und möglichst nahe an der Bohrung G2 verlaufen. Wegen der dichten Bebauung in diesem Bereich war die Auswahl einer geeigneten Meßstrecke sehr schwierig. Es wurde letztlich ein Profil von lediglich 22 m Länge mit einem Geophonabstand von 2 m für die Messung vorgesehen. Wegen der geringen Profillänge war das Erfassen tiefer gelegener Bereiche nur mit Hilfe von Außenschlägen in relativ großen Entfernungen möglich. Bei der Auswertung muß man in solchen Fällen auch Annahmen über den Verlauf von Schichtgrenzen machen.

Die Interpretation der Meßdaten ist wegen der geringen Länge der Auslage und wegen der Beeinträchtigung der Wellenausbreitung durch Fundamente schwierig.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit an der Oberfläche liegt zwischen 0,2 und 0,3 km/s. Die Geschwindigkeit des darunter liegenden Materials beträgt etwa 0,4 km/s. Es zeigt sich ab einer Tiefe von etwas mehr als 2 m. Im Bohrprofil G2 ist in dieser Tiefe ebenfalls ein Materialwechsel ersichtlich. Der nächsttiefere seismische Horizont ist nur sehr schlecht belegt. Aus einem Teil der Laufzeitkurve eines Außenschlages läßt sich eine Geschwindigkeit zwischen 0,7 und 1,1 km/s ableiten, wobei sich die Schichtgrenze in etwa 5–6 m Tiefe ergibt. Im Bohrprofil ist in dieser Tiefe kein signifikanter Materialwechsel ersichtlich.

Für die Berechnung der Tiefenlage der Felsoberkante wurde ein horizontaler, ebener Verlauf dieser vom Profilende bis zu den Positionen der Außenschläge angenommen. Daraus ergibt sich die Position der Felsoberkante unterhalb des Profils 4 zwischen 24 und 33 m.

Unter Verwendung der Laufzeitkurven eines weiteren Außenschlagpunktes, der nahe der im anstehenden Fels eingeschnittenen Gasteiner Ache liegt, ergibt sich eine Tiefe der Felsoberkante zwischen 21 und 26 m.

Die Bohrung ermittelte im Bereich von Profil 4 Fels in ca. 31 m Tiefe.

## 6. Gravimetrische Untersuchungen

Es wurde ein Versuch unternommen, die Struktur der Graukogelrutschung auch mit gravimetrischen Methoden zu untersuchen. Hierzu wurden entlang der seismischen Profile 1 und 2 (Abb. 1a) Gravimeterstationen erstellt. Das Profil wurde gegenüber dem seismischen Profil in Richtung Ortsgebiet verlängert. Der Punktabstand wurde mit 10 m bzw.

# Leistungen, die Grenzen sprengen



## Reduzieren Sie die Bedienung auf das Wesentliche

Horizontieren des Tachymeters, Aktivieren der Meß- und Rechenfunktionen...

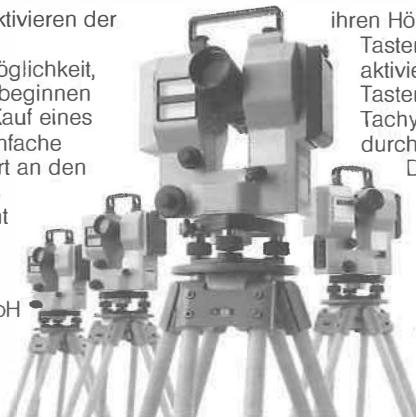
Bietet Ihr Tachymeter Ihnen die Möglichkeit, ohne Verzug mit den Messungen beginnen zu können? Wenn Sie sich beim Kauf eines elektronischen Tachymeters für einfache Bedienung entscheiden, dann führt an den Elta der Baureihe E von Carl Zeiss kein Weg vorbei. Bei ihnen beginnt Bedienfreundlichkeit mit der einfachen Horizontierung. Und findet

ihren Höhepunkt in den drei großflächigen Tasten, mit denen Sie alle Funktionen aktivieren. Im Wechselspiel zwischen Tastendruck und Anzeige führt das Tachymeter Sie in logischen Schritten durch das Programm.

Deshalb ist ein elektronisches Tachymeter Elta von Carl Zeiss vom Horizontieren an zeitsparend. Aber auch, weil Sie mit ihm den Überblick behalten...



Zeiss Österreich GmbH  
Rooseveltplatz 2  
1096 Wien  
Tel. 02 22-423601  
FAX 02 22-434424



**BAU-REIHE E**  
Zukunftsweisende  
Elektronik im  
Vermessungswesen

**3 großflächige Bedientasten**  
Schlankes Hochleistungsfernrohr

**Übersichtliche Vierfach-LC-Displays**  
Praxisgerechte Anwenderprogramme

**Geringes Gewicht**

im unteren Abschnitt mit 5 m gewählt und jeder Gravimeterpunkt mittels Holzpflöck vermarktet. Die einzelnen Gravimeterpunkte wurden lage- und höhenmäßig vermessen. Dazu wurde ein Polygonzug mit Anschlußpunkt KT 47-155 entlang des Profils angelegt. Die Koordinaten des Endpunktes des Polygonzuges wurden mittels eines Rückwärtsschnittes überprüft. Wesentlich wichtiger als die Punktlagegenauigkeit ist die Genauigkeit der relativen Höhenunterschiede der Gravimeterpunkte, da die Höhen direkt in die gravimetrischen Korrekturen eingehen. Die Höhenmessung der Gravimeterpunkte erfolgte im Zuge des Polygonzuges trigonometrisch, wobei jeder Höhenunterschied aus Hin- und Rückmessung kontrolliert war. Die geforderte Genauigkeit der Punkthöhen von  $\pm 2$  cm, die für eine Genauigkeit der Schwerekorrektur von  $\pm 0,01$  mgal notwendig ist, konnte somit einfach eingehalten werden.

An die gemessenen Schwerewerte mußten die Gezeiten-, Höhen- und Geländekorrekturen (topographische Korrekturen) angebracht werden. Es wurde versucht, die topographische Korrektur aus dem digitalen Höhenmodell, das vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen bezogen wurde, zu berechnen. Die berechneten Korrekturwerte zeigten allerdings an den Rändern der Modellquader, deren Grundfläche ca.  $50 \times 50$  m beträgt, beachtliche Sprünge, sodaß diese Art zur Berechnung der topographischen Korrektur in diesem Anwendungsfall nicht sinnvoll ist. Somit erfolgte eine einfache Abschätzung in der Weise, daß die Geländeform als schiefe Ebene angenommen wurde. Für die Bouguer-Korrektur wurde für die Dichte der Platte  $2,67 \text{ g/cm}^3$  verwendet. Um den regionalen Trend und den Einfluß der regionalen Topographie bestmöglich zu erfassen bzw. zu beseitigen, wurde aus Seismikmessungen im Ortsgebiet nahe dem unteren westlichen Ende des Gravimeterprofils die Mächtigkeit der Überlagerung der Felsoberkante wie auch im oberen Bereich (Kreuzungspunkt der Seismikprofile 1 und 3) berücksichtigt. Daraus ergibt sich der Verlauf der residuellen bzw. lokalen Bouguer-Anomalie (in Abb. 5 punktiert eingetragen).

Mit den bereits korrigierten Werten für die Schwere konnte nun die gravimetrische Modellrechnung erfolgen. Als Randbedingung für die Modellrechnung stand lediglich die Tiefe aus dem seismischen Profil N 3 (Abb. 4) zur Verfügung. Die Tiefe der Auflockerungszone am Schnittpunkt beider Profile wurde nach der seismischen Modellrechnung mit ca. 140 m angegeben.

Erst nach umfangreichen Versuchen ein plausibles Modell zu erstellen, stellte sich heraus, daß die vorhandenen Randbedingungen (Tiefenangabe des Grundgebirges an nur einem Punkt, offensichtlich keine konstante Dichtedifferenz zwischen Grundgebirge und Überlagerung entlang des Gravimeterprofils) in diesem speziellen Anwendungsfall nicht ausreichen, um ein gesichertes Tiefenmodell zu erhalten.

Trotzdem kann festgestellt werden, daß der Verlauf der residuellen Bouguer-Anomalie ein qualitatives Abbild der Topographie der Felsoberkante gibt. Im Abschnitt des Seismikprofils 1, wo talwärts des Kreuzungspunktes mit dem Profil 3 die Felsoberkante nicht erfaßt werden konnte, ist nun der Verlauf der Bouguer-Anomalie zumindest eine brauchbare Aussage für den Verlauf ihrer Topographie.

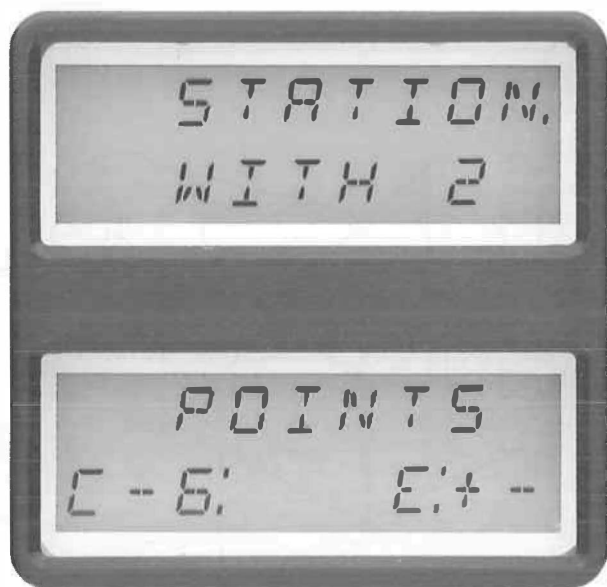
Es dürfte daher talwärts des Kreuzungspunktes der Seismikprofile 1 und 3 eine ähnliche stufenförmige Form des Grundgebirges vorhanden sein, wie jene längs des Seismikprofils 2.

## 7. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war, die Mächtigkeiten und Bewegungen der Lockermassen oberhalb des Ortsgebietes von Badgastein am NW-Hang des Graukogels zu bestimmen.

Im Ortsgebiet von Badgastein zeigen sowohl die Ergebnisse von Bohrungen als auch die seismischen Sondierungen sehr unterschiedliche Mächtigkeiten der Fels-

# Leistungen, die Grenzen sprengen



## Verschaffen Sie sich Überblick

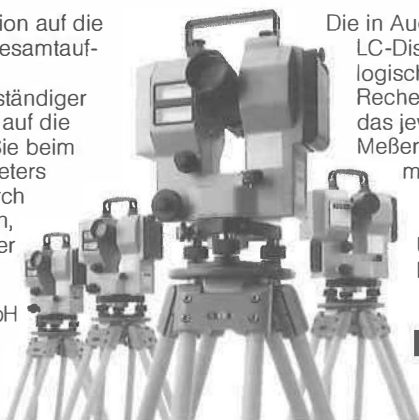
Kontakt zum Meßtrupp, Konzentration auf die Meßaufgabe, Überblick über die Gesamtaufgabenstellung...

Bietet Ihr Tachymeter die Gewähr ständiger und unverminderter Konzentration auf die Vermessungsarbeiten? Wenn für Sie beim Kauf eines elektronischen Tachymeters entscheidend ist, daß Sie nicht durch Nebentätigkeiten abgelenkt werden, dann führt kein Weg an den Elta der Baureihe E von Carl Zeiss vorbei.

Die in Augenhöhe gelegenen vierzeiligen LC-Displays führen den Benutzer in logischen Schritten durch die Meß- und Rechenabläufe. Gleichzeitig zeigen sie das jeweils aktuelle Programm und die Meßergebnisse an. So können Sie sich mit einem elektronischen Tachymeter Elta von Carl Zeiss jederzeit auf die Meßaufgabe konzentrieren. Und weil Sie ohne Ballast arbeiten können...



Zeiss Österreich GmbH  
Rooseveltplatz 2  
1096 Wien  
Tel. 02 22-423601  
FAX 02 22-434424



**BAU-REIHE E**  
Zukunftsweisende  
Elektronik im  
Vermessungswesen

Übersichtliche Vierfach-LC-Displays  
Praxisgerechte Anwenderprogramme

Geringes Gewicht

Schlankes Hochleistungsfernrohr  
3 großflächige Bedientasten



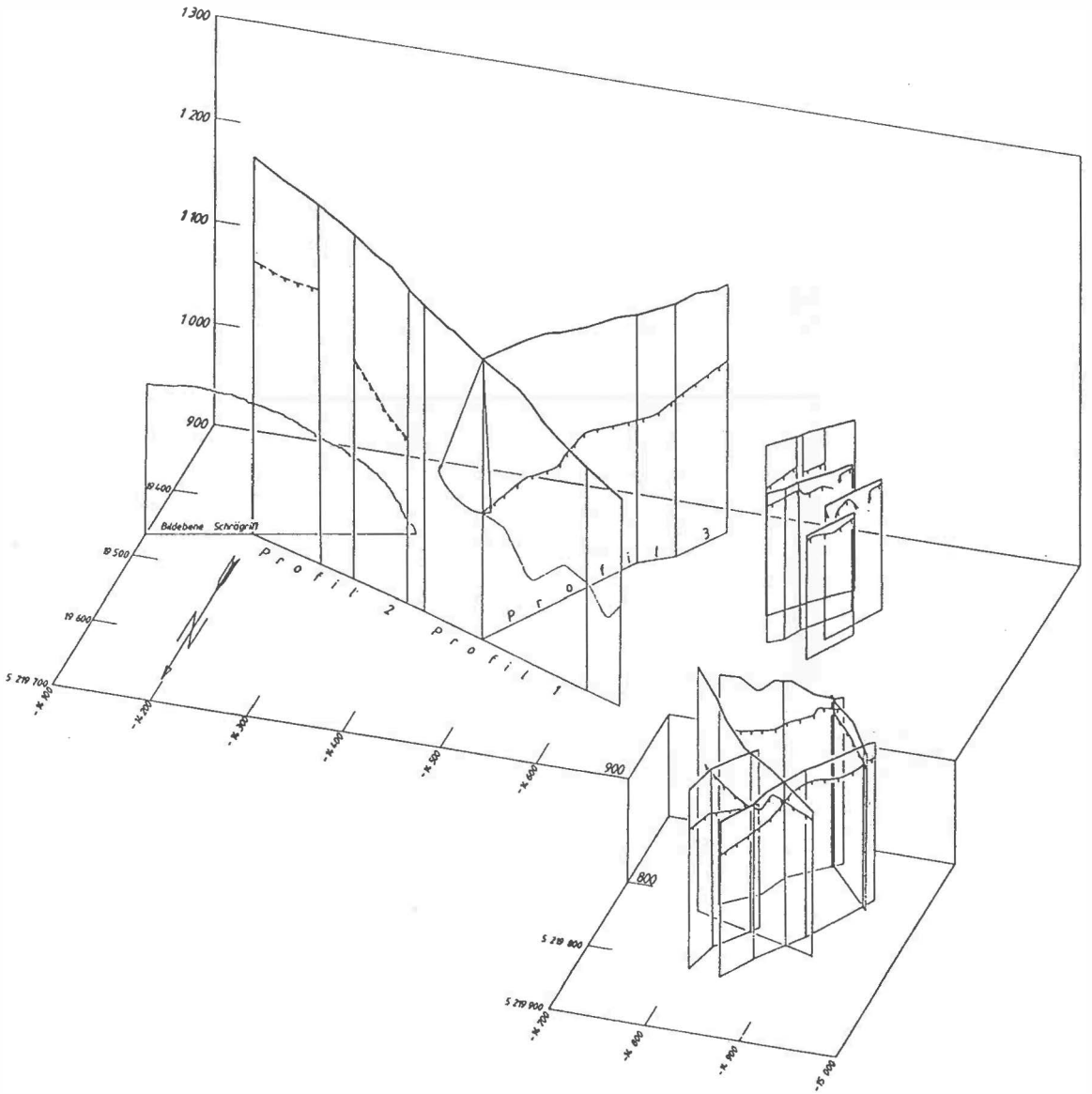


Abb. 5: „Schrägrißdarstellung“.

auflockerung. Insgesamt lassen die Resultate jedoch erkennen, daß die Mächtigkeit der Lockermassen hangaufwärts zunimmt.

Die Bohrungen ergaben die Felsoberkante in Tiefen zwischen 15 und mehr als 40 m. Die Überlagerung besteht hauptsächlich aus Hangschutt, Blockwerk und in Bereichen nahe der Gasteiner Ache auch aus meist feinsandigen Flußsedimenten. Die Neigungsmessungen in den Bohrungen ließen Bewegungsraten des Hangschuttes von 1 bis 2 cm im Jahr erkennen, ein Wert, welcher mit den Ergebnissen geodätischer Vermessungen gut übereinstimmt.

Schon früher in der Umgebung des Franz Joseph-Stollens durchgeführte seismische Untersuchungen stellten für den Bereich des mit Blockwerk durchsetzten Hangschuttes Wellengeschwindigkeiten um 1,0 km/s und für den stark aufgelockerten Fels Geschwindigkeiten zwischen 2,0 und 2,9 km/s fest. Für den Fels wurden Werte zwischen 4,0 und 5,0 km/s bestimmt. Er steht im Bereich dieser Messungen in Tiefen zwischen 10 und 40 m an.

Die Ergebnisse der rund um das Gebäude „Gasteinerhof“ vorliegenden seismischen Sondierungen zeigen ähnliche Geschwindigkeitsverhältnisse. Es wurde jedoch im Auflockerungsbereich eine Richtungsabhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Wellen festgestellt. Nahe der Gasteiner Ache weisen die Messungen erwartungsgemäß geringe Mächtigkeiten der Lockermassen auf (10–15 m). Weiter bergan zeigt sich eine mächtige Zone aufgelockerten Felses, die sondierte Felsoberkante fällt sprunghaft in Tiefen zwischen 40 und 50 m ab. In Bereichen mit noch größerer Mächtigkeit der Auflockerungszone konnte die Felsoberkante nicht mehr erfaßt werden.

Die Auswertung der eigenen refraktionsseismischen Messungen ergab etwa die gleichen wie oben beschriebenen Geschwindigkeitsverhältnisse. Es wurden zwei je 230 m lange Profile in Falllinienrichtung (Profil 1 und Profil 2) und ein 280 m langes Hangquerprofil (Profil 3) gemessen. Bei dem am nächsten zum Ort gelegenen Profil 1 konnte nur Hangschutt mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1,2 km/s sondiert werden. Bei Profil 2 konnte in Tiefen um 20 m ein Bereich mit einer Wellengeschwindigkeit von ca. 2,3 km/s erfaßt werden. Diese Zone kann als stark aufgelockerter Fels interpretiert werden, wobei jedoch auch das Bergwasser eine Rolle spielt. Eine ähnliche Geschwindigkeit (2,6 km/s) wurde auch bei Profil 3 gemessen. Längs dieses Profils konnte der Felsuntergrund (5,2 km/s) durchgehend sondiert werden: Er steht im SW des Profils in etwa 80 m Tiefe und im NO in 140 m Tiefe an. Aufgrund dieser Ergebnisse konnte auch auf Profil 2 ein möglicher Verlauf der Felsoberkante zumindest näherungsweise bestimmt werden: Die Auswertung ergab ein stufenförmiges Absetzen des in mehr als 100 m Tiefe liegenden Felses. Eine ähnliche Struktur für den Verlauf der Felsoberkante zeigt sich für Profil 1 aus der Bouguer-Anomalie.

### Literatur

- Exner, Ch.*: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein; Verlag der geologischen Bundesanstalt, Wien 1957.
- Hauswirth, E. K., Scheidegger, A. E.*: Tektonische Vorzeichnung von Hangbewegungen im Raume Badgastein, Interpraevent 1980, Seite 159–178.
- Küpper, J.* (ed.): Geologische Karte der Umgebung von Gastein 1:50 000; Verlag der geologischen Bundesanstalt, Wien 1956.
- Lindner, H.*: Refraktionsseismische Untersuchungen einer Bergsturzmasse in den Hohen Tauern; Diplomarbeit TU Wien, 1990.
- Stini, J., Müller, H.*: Hydrologisches Gutachten über die Natur der Heilquellen von Badgastein; Im Auftrag der Gemeinde Badgastein, Salzburg 1961.

### Verdankung

In dankenswerter Weise von der Gemeinde Badgastein zur Verfügung gestelltes Schrifttum:

*Fleischmann, G.:* Bewegungsmessung der Hangbrücke „Graveneggstraße“; Gutachten, Salzburg 1981 und 1986.

*Janschek, H.:* Bericht über die refraktionsseismischen Untersuchungen in Badgastein im Bereich des Rudolf- und Franz Joseph-Stollens; Gutachten für die Gemeinde Badgastein, Ferlach 1977 und 1978.

*Kienberger, H.:* Bodenmechanisches Gutachten über die Gründung der Hangbrücke Gravenegg in Badgastein; Im Auftrag der Gemeinde Badgastein, Saalfelden 1984.

*Kienberger, H.:* Bodenmechanisches Gutachten über die Gründung des Grandhotels Gasteinerhof in Badgastein; Im Auftrag der Gemeinde Badgastein, Saalfelden 1984.

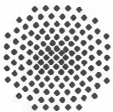
Weiters danken wir Herrn *Dr. E. Brückl* für die Bereitstellung von Unterlagen zum Neubau des „Gasteinerhofes“ in Badgastein und Herrn *Univ.-Doz. Dr. D. Van Husen* für die umfangreichen geologischen Erklärungen im Felde.

Für die großzügige Möglichkeit der Einschau in und die Verwendung von Materialien aus dem Archiv der Wildbach- und Lawinenverbauung Salzburg sowie für die persönliche Fachinformation an Ort und Stelle danken wir insbesondere Herrn Hofrat *Dipl.-Ing. W. Kettel*.

Für die hilfreiche Unterstützung und Zusammenarbeit bei den geodätischen Arbeiten und insbesondere für die von Mitarbeitern des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen durchgeführte Paßpunktmessung danken wir den Abteilungsleitern Hofrat *Dipl.-Ing. Kilga* und Hofrat *Dr. E. Erker* sowie den Beamten des Außendienstes, an der Spitze Herrn *OF Dipl.-Ing. Hiebl*.

Für die Möglichkeit der Einsicht in das Archiv der Gemeinde Badgastein sowie der Überlassung von Unterlagen und Unterstützung insbesondere durch Meßgenehmigungen danken wir der Gemeinde Badgastein besonders.

Manuskript eingelangt im Jänner 1990.



## Universität Stuttgart

An der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen ist zum WS 1991/92 die

### C4-Professur

#### „Photogrammetrie und Vermessungswesen“

(Nachfolge Prof. Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. Friedrich Ackermann) zu besetzen.

Der Inhaber (die Inhaberin) ist gleichzeitig Direktor(in) des Instituts für Photogrammetrie.

Das Lehrgebiet im Studiengang Vermessungswesen umfaßt – wie bisher – den Gesamtbereich der Photogrammetrie, insbesondere die analytische und digitale Photogrammetrie einschließlich der Bildverarbeitung und Fernerkundung (letztere in Abstimmung mit dem Institut für Navigation, (Prof. Ph. Hartl).

Aus dem Bereich Vermessungswesen enthält das Lehrgebiet die Ausgleichsrechnung (im Wechsel mit Prof. K. Linkwitz, Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen), sowie die Federführung der Vertiefungsrichtung Geo-Informationssysteme.

In der Forschung soll sich der Stelleninhaber (die Stelleninhaberin) als Leiter(in) des Instituts für Photogrammetrie insbesondere der weiteren Entwicklung der digitalen Photogrammetrie und Bildverarbeitung und ihrer Integration mit Geo-Informationssystemen annehmen.

Engagierte Mitarbeit im Sonderforschungsbereich 228 „Hochgenaue Navigation – Integration geodätischer und navigatorischer Methoden“ wird erwartet.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen werden bis zum 31. 10. 1990 erbeten an den Vorsitzenden der Berufskommission o. Prof. Dr.-Ing. Klaus Linkwitz, Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen, Universität Stuttgart, Postfach 10 60 47, 7000 Stuttgart 10.