



Geophysikalische und geodätische Untersuchungen an einer Hangrutschung im Flysch

Harald Figdor ¹, Karl-Heinz Roch ², Adrian E. Scheidegger ³

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

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

³ *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** (4), S. 212–220

1990

Bib_T_EX:

```
@ARTICLE{Figdor_VGI_199014,
  Title = {Geophysikalische und geod{\'a}tische Untersuchungen an einer
    Hangrutschung im Flysch},
  Author = {Figdor, Harald and Roch, Karl-Heinz and Scheidegger, Adrian E.},
  Journal = {{{\0}sterreichische Zeitschrift f{{\u}r Vermessungswesen und
    Photogrammetrie}},
  Pages = {212--220},
  Number = {4},
  Year = {1990},
  Volume = {78}
}
```



Geophysikalische und geodätische Untersuchungen an einer Hangrutschung im Flysch

von H. Figdor, K.-H. Roch, A. E. Scheidegger, Wien

Summary

The suitability of seismic, geoelectric and gravimetric measurements for the study of mass movements in the Flysch zone near Vienna was investigated. In particular, seismic refraction experiments with P- and S-waves, geoelectrical investigations with direct and alternating current and gravimetric measurements were made. The seismic refraction measurements showed the advantage of combining studies with the two wave types in the geological formation concerned. The measurements yielded a horizon that was determined by the formation water as well as the vertical thickness of the sliding mass. The geoelectric investigation yielded the lateral extent of the sliding area. The gravimetric measurements confirmed the above results.

Kurzfassung

Es wurden seismische, geoelektrische und gravimetrische Meßverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Erkundung einer Massenbewegung in der Flyschzone des Wienerwaldes untersucht. Insbesondere wurden Refraktionsseismik mit Druck- und Scherwellen, geoelektrische Messungen nach dem Gleich- und Wechselstromprinzip sowie gravimetrische Kartierungen durchgeführt. Die seismischen Messungen zeigten den Vorteil der kombinierten Anwendung beider Wellenarten für die Refraktionsseismik in der angetroffenen geologischen Formation. Die Messungen lieferten als Ergebnis einen vom Bergwasser bestimmten Horizont sowie die Mächtigkeit des Rutschkörpers. Mit den geoelektrischen Kartierungen konnte die laterale Ausdehnung des Bewegungsgebietes erfaßt werden. Die gravimetrischen Messungen bestätigten die Resultate.

1. Einleitung

Im Verlauf eines vom österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützten Projektes zur Untersuchung von Hangbewegungen (P 5591) wurden von der Abteilung Geophysik der TU Wien verschiedene Arten von Hangbewegungen untersucht. Nach der Bearbeitung einer Rutschung im Fels bei Badgastein, über die in dieser Zeitschrift berichtet wurde (Figdor et al., 1990), wurde nun auch eine Rutschung im Flysch bei Wien untersucht.

Flysch ist eine geologische Formation, in der Rutschungen, sogar bei nur schwachen Hangneigungen, besonders häufig auftreten: Der Flysch wurde in der Tiefsee in der Zeit von Kreide bis Eozän abgelagert und bestand ursprünglich aus Schlamm, der in der Folge mehr oder weniger konsolidiert (verschiefert) wurde. Im Zuge der Alpenfaltung wurden Flyschpakete in Decken nach Norden über die Molasse geschoben; sie bilden nun das Hauptgestein des nördlichen Wienerwaldes, wo sie einen äußerst instabilen Untergrund darstellen. Dieser gewinnt vor allem durch Durchnässung durch Quellen seine ursprüngliche Natur zurück, welche zu Massenbewegungen führt, die Gebäude, Straßen und andere Objekte bedrohen können (Veder, 1979).

Ähnlich wie in der Arbeit über die Hangbewegungen im felsigen Material bei Badgastein war es auch in der vorliegenden Studie das Ziel, geophysikalische Meßmethoden, hinsichtlich ihrer Eignung zur Untersuchung von Hangrutschungen im Flysch zu beurteilen und das an einem konkreten Beispiel zu dokumentieren. So wurden an einer spezifischen Rutschung nahe bei Wien seismische, geoelektrische und gravimetrische Verfahren angewandt und deren Ergebnisse untereinander verglichen bzw. dem vorliegenden geologischen Befund gegenübergestellt. Die Resultate zeigen die Konkordanz und Effektivität der angewandten Verfahren.

2. Lage und Vermessung des Meßgebietes

Der untersuchte Rutschhang liegt südlich des Weilers „In der Bonna“ in der Gemeinde Preßbaum im nördlichen Wienerwald (NÖ) (Abb. 1). „In der Bonna“ ist eine ehemalige kleine Holzfällersiedlung, die jetzt hauptsächlich nur noch von Nebenerwerbsbauern und Pendlern bewohnt wird. Außerdem prägen etliche Wochenendhäuser das Ortsbild.

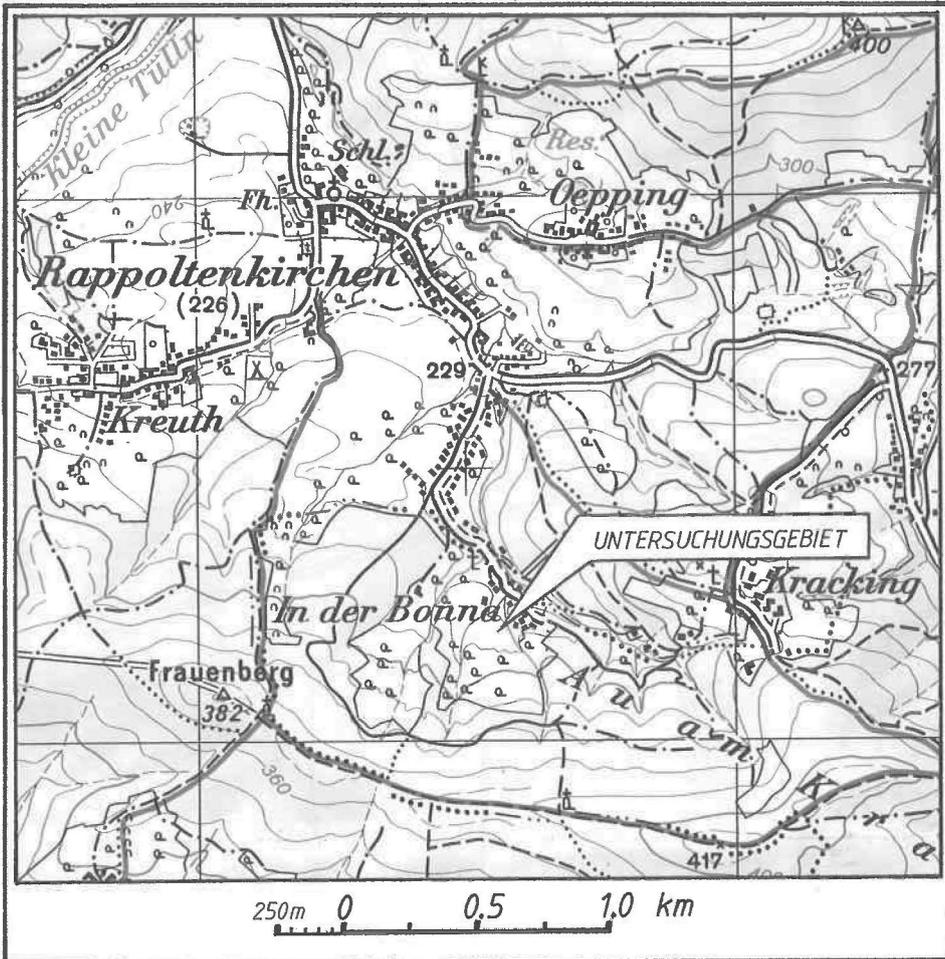


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes

Im südlichen Bereich dieser Ansiedlung sind an einem Nordhang deutlich Massenbewegungen erkennbar. Eine genauere Aufnahme ergab im wesentlichen die Existenz von zwei Rutschungen, einer östlichen (Bereich A) und einer westlichen (Bereich B), welche durch ein eingeschnittenes Bachbett voneinander getrennt sind (Abb. 2). Das Gelände zeigt überall Rutschungsmorphologie: es werden allenthalben Sackungsmulden und Rutschmulden angetroffen; im oberen Teil ist ein Abriß zu erkennen. Die Sackungsmulden sind sehr feucht, was gelegentlich durch Schilfbestände angezeigt wird. Der Waldbestand in die zwei Rutschungen trennenden Tobel deutet ebenfalls auf Massenbewegungen hin (Säbelwuchs der Bäume).

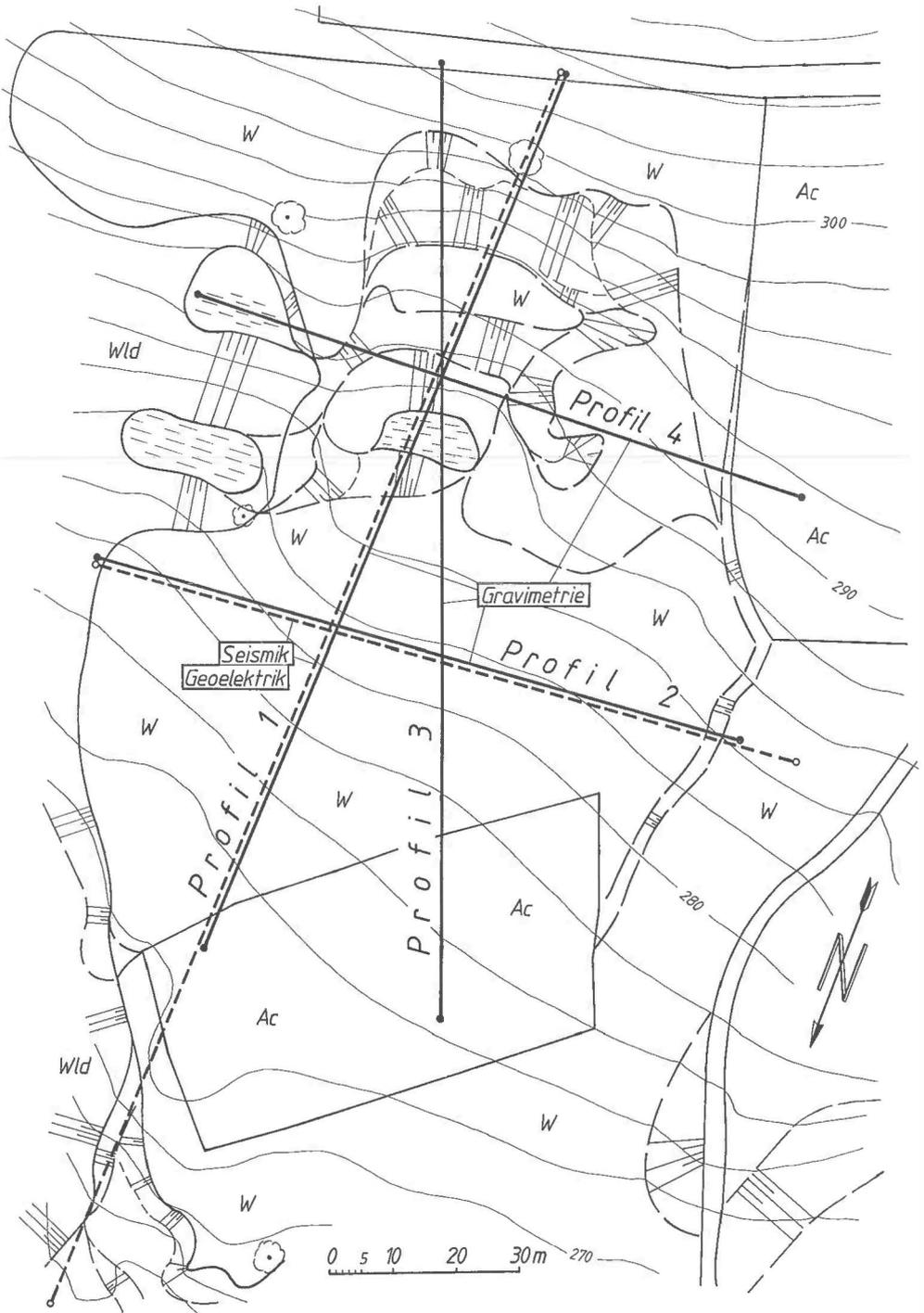


Abbildung 2: Lageplan mit geophysikalischen Meßprofilen

Zur Vermessung des Rutschgebietes wurde ein Festpunktnetz angelegt. Die Genauigkeitsanforderung war mit einer solchen Punktlagegenauigkeit anzustreben, daß sie in späteren Epochen bei Wiederholungsmessungen Deformationsnachweise erlaubt (ca. 2,0 cm). Entlang der Längsprofile auf der Rutschung wurden Bewegungsmeßpunkte mit Eisenrohren vermarkt, ebenso außerhalb des labilen Geländes Festpunkte. Alle Punkte wurden an das Landessystem angeschlossen. Das übergeordnete Triangulierungsnetz besteht aus 9 Punkten (A—I). Daran wurde die gesamte Detailvermessung für geophysikalische Meßprofile bzw. Bewegungspunkte angeschlossen.

Die Vermarkung der Netzpunkte (A, B, C, D, E) geschah mittels ein Meter langer Stahldorne mit einem Durchmesser von ca. 2 cm, an deren Kopf jeweils ein Zinkknopf angesetzt ist. Die restlichen Netzpunkte wurden mit Gasrohren vermarkt. Der Netzausgleich erbrachte als Mittel aus allen mittleren Punktlagefehlern 8,4 mm, was eine gute Qualität des gesamten Netzes erkennen läßt.

An dieses übergeordnete Netz wurde die Detailvermessung des Untersuchungsgebietes angeschlossen (Gelände, sämtliche geophysikalischen Meßprofile und die annähernd in der Mitte der Rutschung in Fallinie angeordneten Bewegungsmeßpunkte nach Lage und Höhe). Die Vermarkung der Bewegungsmeßpunkte wurde mittels 50 cm langer Eisenrohre mit 3 cm Durchmesser durchgeführt. Das Ergebnis dieser Vermessung ist in Abb. 2 dargestellt.

3. Zur Geologie und Morphologie des Untersuchungsgebietes

Das Gebiet „In der Bonna“ liegt am Rande der Flyschzone, wo zumeist Sedimente der Unterkreide auf Molasseanteile (subalpine Molasse) aufgeschoben sind. Es wird der Greifensteiner Decke, welche aus Altenglbacher Schichten (Maastricht-Paläozän) und aus Greifensteiner Schichten (Eozän) gebildet wird, zugeordnet (*Pföschinger* und *Prey*, 1974). Es handelt sich um sandige bis tonige Tiefseeablagerungen. Bestimmte tektonische Elemente des Bereiches sind quer zum Flyschrand verlaufende Störungen, an denen einzelne Flyschlappen unterschiedlich weit auf das Molassevorland aufgeschoben sind. In diesem Zusammenhang sind Verschuppungen zwischen Flysch- und Molassesedimenten im Grenzbereich häufig (*Grill* und *Küpper*, 1954). Solche Umstände begünstigen erfahrungsgemäß Massenbewegungen bei Durchnässung in Folge einer Erhöhung des Porenwasserdruckes über impermeablen Tonschichten (*Veder*, 1979). Dazu kommt die Möglichkeit einer Thixotropie in den Tonschichten selbst, was zu „Bewegungsschüben“ führt. Der innere Hangbereich, der Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen ist, hat eine Neigung von etwa 1:4 und eine Fallrichtung annähernd nach Nord. Aus einer geologischen Detailaufnahme geht hervor, daß in diesem Bereich zwei überlagerte Rutschungen wahrscheinlich sind, wobei die ältere hangabwärts liegende mehr Translationscharakter, die oberhalb liegende jüngere Rotationscharakter aufweist. Die Entwässerung in unmittelbarer Umgebung der Rutschung erfolgt über zwei Gerinne beidseitig etwa in Bewegungsrichtung.

4. Refraktionsseismik

Zur Erkundung des rezenten Rutschungsbereiches „A“ wurden Profile in Richtung der Fallinie und quer dazu gemessen (siehe Abb. 2). Die Meßanordnung war so zu treffen, daß auf den gesamten Meßstrecken eine Erkundungstiefe von mindestens 10 m gewährleistet war. Für die P-Wellen-Messung wurde generell ein Geophonabstand von 5 m verwendet. Die Anregung der Erschütterungen erfolgte mittels

Hammerschlag. Da anzunehmen war, daß die P-Wellen-Messung stark durch die Hangwasserverhältnisse beeinflußt sein würde, wurden zusätzlich SH-Wellen-Messungen an der gleichen Auslage (nur Profil 1) durchgeführt, mit deren Aussagemöglichkeit bei ähnlichen Problemstellungen bereits gute Erfahrungen gemacht wurden (z. B. *Roch*, 1986). Dazu wurden Horizontalgeophone verwendet und zur bevorzugten Anregung der SH-Wellen eine Eisenplatte an den jeweiligen Schlagpunkten eingerammt, auf die, quer zur Profilrichtung, von beiden Seiten mit dem Hammer geschlagen wurde. Die Seismogramme beider Schlagrichtungen wurden aufgenommen. Der Geophonabstand betrug bei der SH-Wellen-Messung 10 m.

Die Auswertung der P-Wellen-Messung ergibt ein 3-Schicht-Modell:

Profil 1-1, 1-2

P-Wellengeschwindigkeit	$v_1 \dots$	0,2—0,3 km/s
	$v_2 \dots$	0,7—1,1 km/s
	$v_3 \dots$	1,9 km/s
Mächtigkeit	$z_1 \dots$	im Mittel ca. 2 m
	$z_2 \dots$	ca. 1—8 m

Profil 2

P-Wellengeschwindigkeit	$v_1 \dots$	0,2—0,3 km/s
	$v_2 \dots$	0,6—1,1 km/s
	$v_3 \dots$	2,2 km/s
Mächtigkeit	$z_1 \dots$	im Mittel ca. 1,8 m
	$z_2 \dots$	ca. 3—6 m

Erwartungsgemäß zeigt sich, daß ein Horizont mit einer für einen wassererfüllten tonigen Boden typischen P-Wellengeschwindigkeit auftritt. Dieser Horizont reicht bei Profil 1-1 bzw. 1-2 stellenweise nahe an die Oberfläche. In diesen Bereichen ist in der Natur die stärkste Durchfeuchtung des Bodens zu beobachten. Eine weitere lithologische Grenze bzw. eine Abgrenzung der Rutschung zum ungestörten (unbewegten) Boden konnte nicht beobachtet werden.

Die Auswertung der SH-Wellen-Messung ist schwieriger, da sich die Schwingungseinsätze der SH-Wellen trotz der oben beschriebenen Hilfsmittel nicht gleichermaßen eindeutig darstellen. So ist es insbesondere im Nahbereich des Schlagpunktes nicht möglich, SH-Wellen auszuwerten. Aber auch in größerer Entfernung ergeben sich bei einzelnen Aufnahmen Interpretationsschwierigkeiten. Aus der Summe der Aufnahmen ergibt sich jedoch folgendes 3-Schicht-Modell:

Profil 1-s

S-Wellengeschwindigkeit	$v_1 \dots$	0,18 km/s
	$v_2 \dots$	0,25 km/s
	$v_3 \dots$	0,55 km/s
Mächtigkeit	$z_1 \dots$	ca. 4 m
	$z_2 \dots$	ca. 2—13 m

Die Ergebnisse der refraktionsseismischen Sondierungen für Profil 1 sind in Abb. 3a in Form eines Schnittes graphisch dargestellt. Der Verlauf der Grenze zum

wassererfüllten Boden zeigt Variationen, die nur im Zusammenhang mit der genauen Kenntnis der Entwässerung des Hanges interpretierbar sind. Die Auswertung der von der Durchfeuchtung des Bodens nicht oder nur wenig beeinflussten SH-Wellen ergibt einen Horizont, der offensichtlich die Grenze zum ungestörten Boden wiedergibt. Der Verlauf dieser Grenze ist typisch für die Rotationsbewegung derartiger Rutschungen, wobei im vorliegenden Fall zwei Rutschungen einander überprägt erscheinen.

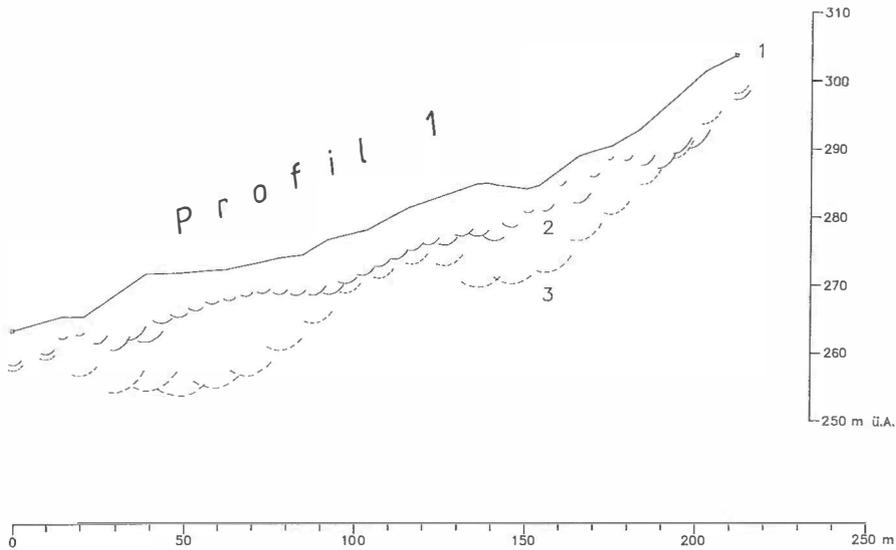


Abbildung 3a: Profil 1 — Ergebnis der refraktionsseismischen Messung

- 1 ... Geländeverlauf
- 2 ... p-Wellen-Horizont $v_p = 1,9 \text{ km/s}$
- 3 ... SH-Wellen-Horizont $v_{SH} = 0,55 \text{ km/s}$

5. Geoelektrik

Um festzustellen, inwieweit unterschiedliche Bodenwiderstandswerte im vorliegenden Fall eine Abgrenzung der Rutschmassen gestatten, wurden die Seismikprofile 1 und 2 auch elektrisch kartiert (siehe Lageplan). Dazu wurde vergleichsweise eine Widerstandsmessung in Wenner-Anordnung mit einem Elektrodenabstand von 5 m und eine induktive Leitfähigkeitsmessung mit vertikalen Spulen und einem Spulenabstand von 10 m durchgeführt. Die Ergebnisse für Profil 1 sind in Abb. 3b dargestellt. Im Vergleich mit dem refraktionsseismischen Ergebnis ergibt sich gute Übereinstimmung im Hinblick auf eine laterale Abgrenzung der Rutschung.

6. Gravimetrie

Unter der Annahme, daß die mittlere Dichte des bewegten Materials in einer Rutschung geringer ist als jene des gewachsenen Bodens, wurde eine gravimetrische Untersuchung des Rutschgebietes durchgeführt. Das Ziel war, die Erstreckung der bewegten Massen nach Lage und Mächtigkeit zu erfassen und zu kartieren. Als Gerät diente ein Gravimeter der Type „Lacoste-Romberg Model-G“, welches eine reproduzierbare Meßgenauigkeit von 0,01 mgal ermöglicht. Die Anlage des Meß-

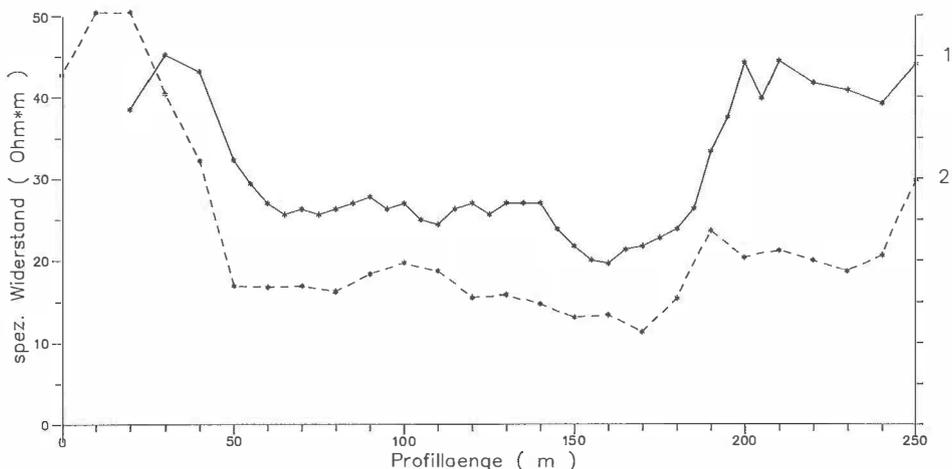


Abbildung 3b: Profil 1 — Ergebnis der geoelektrischen Kartierung
 1 . . . Induktionsmessung; Spulenabstand 10 m, Orientierung vertikal
 2 . . . Gleichstromkartierung (Wenner); Elektrodenabstand 5 m

rasters entspricht einem Rechteckraster mit der Maschengröße von 10 x 20 m; alle Gravimetermeßpunkte wurden an das Landesnetz angeschlossen und bleiben daher zum Zweck einer Wiederholungsmessung zu späteren Epochen wiederherstellbar. Die Höhengenaugigkeit der einzelnen Punkte wurde aus Gründen der Reduktionsgenauigkeit der Gravimeterdaten mit 0,02 m gefordert.

Nach Anbringung aller Korrekturen an die Schweredaten (Drift-, Höhen-, Breiten- und Geländekorrektur) wurde ein Plan der Isolinien der Bouguer-Anomalien erstellt, der dann weiters Grundlage war für die folgende Auswertung.

Die ursprüngliche Vorstellung der Geometrie des Rutschhanges zur Modellrechnung war, daß auf einer festen, an seiner Oberfläche schwer wasserdurchlässigen Schicht bewegte, aufgelockerte Massen liegen. Es wurden nun im Untersuchungsgebiet (kartierter Bereich der Bouguer-Anomalien) Profile zur Modellrechnung so ausgewählt, daß ein optimales Ergebnis zu erwarten war; das heißt, es waren möglichst die Extremstellen mit einzubeziehen. Um nun in das Rechenprogramm eingehen zu können, benötigt man die errechneten Bouguer-Anomalien und den regionalen Trend, den man mit Hilfe von gegebenen Randbedingungen festlegen kann (das sind: Tiefenangaben aus anderen geophysikalischen Meßverfahren oder Bohrungen usw.). Zwei der Profile sind mit gemessenen Seismikprofilen ident und daher sind hier Tiefenangaben übertragbar. Die Modellrechnung wurde mit einem Iterationsverfahren mittels Modellquader für einen Zweischichtfall durchgeführt. Als Ausgangsdaten gehen die Werte der residuellen Bouguer-Anomalien (das sind jene Werte der Bouguer-Anomalien, die unter der Berücksichtigung des regionalen Trends erhalten werden) und der Tiefenangabe der Trennfläche an einem Punkt in die Rechnung ein. Als Ergebnis erhält man so den gesamten Tiefenverlauf der Trennfläche längs des gemessenen Gravimeterprofils und als zusätzliches Ergebnis den Betrag der Differenz der Dichten zwischen Überlagerung und festem, gewachsenen Boden. Der relativ große Dichteunterschied machte in diesem speziellen Anwendungsfall eine zielführende Modellrechnung möglich, insbesondere wegen der geringen Mächtigkeit der bewegten Massen. Aus der Berechnung aller so ermittelten Tiefenangaben wurde eine anschauliche Schrägrißdarstellung der räumlichen Situation der Rutschung erstellt (Abb. 4).

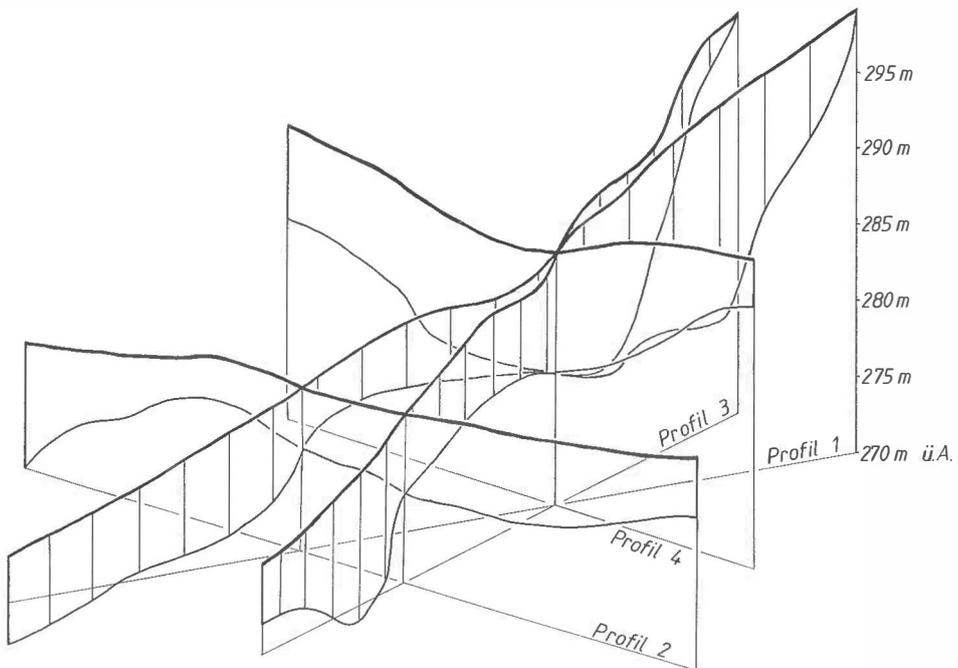


Abbildung 4: Ergebnis der gravimetrischen Modellrechnung — Schrägrißdarstellung

7. Schlußbemerkungen

Ein Vergleich der Ergebnisse der angewandten geophysikalischen Methoden ergibt eine generelle Übereinstimmung. Insbesondere sind die Ergebnisse der gravimetrischen Untersuchung mit jenen der Refraktionsseismik korrelierbar.

Über den Zeitablauf der Rutschungen kann aus einer einzelnen Meßkampagne noch nichts Definitives ausgesagt werden. Aus Gesprächen mit Straßenarbeitern sowie Bewohnern des Gebietes ergab sich, daß die Massenbewegungen in der Gegend in Schüben erfolgen: lange Ruheperioden werden durch relativ kurze Bewegungsperioden abgelöst, in denen ein Bewegungsschub, gefolgt von Nachrutschungen, stattfindet. Eine Bestätigung (oder Falsifizierung) dieser Meinung kann aber erst durch häufige Nachmessungen des geodätischen Netzes über Jahrzehnte erzielt werden. Das ist jedoch mit den uns derzeit zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich.

Schlußendlich ist zu erwähnen, daß die hier dargestellten Arbeiten nur durch Unterstützung des österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 5591) möglich waren, für welche auch an dieser Stelle herzlichst gedankt sei. Mit dieser Unterstützung wurden zwei Diplomarbeiten gefördert (Jessenk, 1988, Pröglhöf 1988), welche die Grundlagen für die vorliegende Arbeit bilden.

Literatur

- Figdor, H., E. K. Hauswirth, H. Lindner, K.-H. Roch, A. E. Scheidegger* (1990): Geodätische und geophysikalische Untersuchungen am NW-Hang des Graukogels bei Badgastein. ÖZ, 78. Jg., Heft 2, 1990.
- Grill, R.; H. Küpper* (1954): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Wien 1:75.000, Wien: Geol. Bundesanstalt.
- Jessenk, H.* (1988): Geodätische Erfassung und gravimetrische Untersuchung eines Rutschhanges im Flysch. 65 S. Diplomarbeit an der Abt. Geophysik der TU Wien.
- Plöschinger, B.; S. Prey* (1974): Der Wienerwald (Sammlung Geologischer Führer Bd. 59). 141 S. Berlin—Stuttgart: Borntraeger.
- Pröglhöf, W.* (1988): Seismische und geoelektrische Messungen zur Untersuchung einer Hangrutschung. 127 S. Diplomarbeit an der Abt. Geophysik der TU Wien.
- Roch, K. H.* (1986): Refraktionsseismische Sondierung in einem Teilbereich des zur Bebauung vorgesehenen Areals der Wiener-Berg-Gründe, Österr. Ing.- u. Arch.-Zeitschrift, 1, Jg. 131.
- Veder, C.* (1979): Rutschungen und ihre Sanierung. 231 S. Wien—New York, Springer Verlag.

Manuskript eingelangt im Oktober 1990.