

# **ÖAW-Gschliefgraben-Symposium**

**Proceedings vom 1. April 2009**

**J. T. Weidinger und G. Köck (Hrsg.)**

**Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften**  
**Online-ISBN 978-3-7001-7022-8/DOI 10.1553/gde2010**



© 2010

Herausgegeben im **Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften**

Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien, von:

Johannes Thomas Weidinger

*(Erkudok-Institut in den Kammerhof Museen Gmunden) und*

Günter Köck

*(Koordinator der Internationalen Forschungsprogramme der Österreichischen Akademie der Wissenschaften)*

Online ISBN 978-3-7001-7022-8/DOI 10.1553/gde2010

**Zum Umschlagbild:** Eine aus dem Untergrund ausbeißende Scherfläche lässt eine Erdscholle mit mehreren Metern Höhe aufsteigen. Die darauf stockenden Bäume, die mit ihrem Säbelwuchs jahrzehntelanges Hangkriechen dokumentieren, kippen innerhalb weniger Stunden gegen die Bewegungsrichtung des katastrophalen Gschlifgraben-Erdstroms (W. Gasperl, WLV, 2007).

**Weidinger, J.T. & Köck, G. (Hrsg.), (2010): ÖAW-Gschlifgraben-Symposium 2009 – Proceedings** 2  
Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien  
Online-ISBN 978-3-7001-7022-8, DOI 10.1553/gde2010

## Inhalt

- 5 Das ÖAW-Gschlifgraben-Symposium 2009 in Gmunden
- 7 Die geologisch-geomorphologische Kartierung des Gschlifgraben-Rutschgebiets bei Gmunden (OÖ) in den Jahren 2004-2007  
*Johannes Thomas Weidinger*
- 13 Ergebnisse und geologische Interpretation der seismischen Messungen am Schuttkegel der Gschlifgraben-Erdströme bei Gmunden (OÖ) im Jahre 2004  
*Johannes Thomas Weidinger & Franz Weber*
- 33 Beiträge und Möglichkeiten der Geophysik zur Erkennung und Beobachtung von rutsch-gefährdeten Hängen – Analyse der Ereignisse im Gschlifgraben aus geophysikalischer Sicht  
*Erich Niesner & Johannes Thomas Weidinger*
- 45 Katastrophenbewältigung und Maßnahmen im Gschlifgraben – Gmunden/Oberösterreich  
*Wolfgang Gasperl*
- 59 Geo-Management im Katastrophenfall Gschlifgraben  
*Günter Moser*



## Das ÖAW-Gschlifgraben-Symposium 2009 in Gmunden

In den Jahren 2004-2007 wurde mit Fördermitteln der Internationalen Forschungsprogramme der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Geophysik der Erdkruste, International Strategy for Disaster Reduction) im Gschlifgraben bei Gmunden/OÖ ein umfangreiches geologisch-geophysikalisches Forschungsprojekt verwirklicht. Die Untersuchungen wurden von der Montanuniversität Leoben (Lehrstuhl für Geophysik, Projektleiter: Univ. Prof. Dr. Karl Millahn), dem Joanneum Research Leoben und dem Erkudok-Institut in den K-Hof Museen von Gmunden durchgeführt.

Die Wahl des Untersuchungsgebietes erwies sich als wahrer geowissenschaftlicher „Glücksgriff“, denn in dem seit Jahrhunderten bekannten Rutschgebiet bahnte sich ein Großereignis ungeheuren Ausmaßes an. Dies versuchte nicht nur zeitlebens DI Dr. Manfred Jedlitschka zu beweisen, der im Rahmen der Erstellung des Gefahrenzonenplans der Wildbach- und Lawinerverbauung den Schuttkegel des Gschlifgrabens ab 1987 in die „Rote Gefahrenzone“ stellte. Es manifestierte sich auch eindrucksvoll bei der Analyse der während des Forschungsprojektes laufend anfallenden Daten. Bald war klar: hier stand ein Großereignis unmittelbar bevor!

Mit dem Ausbruch der Katastrophe im November 2007 gerieten die Projektteam sodann in den „Strudel“ eines Katastrophengebietes mit all seinen Konsequenzen.

Positiv für die Wissenschaftler war in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass das bis dahin ausgewertete Datenmaterial des Projektes aktueller nicht sein konnte. Es stellte somit die einzige verfügbare Grundlage für vielerlei Akutmaßnahmen der Entscheidungsträger im Krisenstab während des mehrmonatigen Katastrophenstatus in diesem Gebiet dar.

Mit der Fortdauer der Sanierungsmaßnahmen, die ein in Oberösterreich bis dahin noch nie erreichtes Maß bei einer Massenbewegung annahmen, verdichtete sich das Datenmaterial, wodurch auch die Leistungen des mit einem Bruchteil des Sanierungsbudgets arbeitenden Forschungsteams sehr rasch wieder in Vergessenheit gerieten.

Aus diesem Grunde beschloss das an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften angesiedelte Nationalkomitee „Geophysik der Erdkruste“ zu Beginn des Jahres 2009, im Rahmen eines Symposiums alle am Gschlifgraben beteiligten Wissenschaftlerteams und beratenden Konsulenten zur Diskussion ihrer Ergebnisse sowie der weiteren Vorgangsweise an einen Tisch zu holen. Dazu kamen noch fast ebenso viele interessierte Fachleute aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Veranstaltung wurde in Zusammenarbeit mit dem Erkudok-Institut in den K-Hof Museen von Gmunden organisiert und dort am 1. April 2009 abgehalten. 45 Fachleute aus Wien, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Tirol nahmen daran teil. Dankenswerterweise wurden die Tagungsräumlichkeiten sowie die Verpflegung der 25 davon im Gschlifgraben Aktiven von der Stadtgemeinde Gmunden (Bgm. Heinz Köppl) kostenlos zur Verfügung gestellt.

Der vorliegende Online-Band soll keine umfassende Dokumentation des ÖAW-Forschungsprojektes darstellen, da viele Ergebnisse des Gschlifgraben-Projektes bereits in meist internationalen Fachzeitschriften publiziert wurden. Vielmehr soll der Bericht die Fortschritte dieses Treffens dokumentieren und ergänzende Details, die Relevanz für den zukünftigen Umgang mit dem Naturgefahrenherd Gschlifgraben-Traunstein-NW-Fuß haben, für Entscheidungsträger bereitstellen.

Johannes T. Weidinger und Günter Köck

Gmunden-Wien, im Dezember 2010



# **Die geologisch-geomorphologische Kartierung des Gschlifgraben-Rutschgebiets bei Gmunden (ÖÖ) in den Jahren 2004-2007**

Johannes T. Weidinger<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> *Erkudok*© Institut/K-Hof Museen Gmunden, Kammerhofgasse 8, A-4810 Gmunden;  
Tel. +43/7612/794-422; Fax. +43/7612/794-429; \*) *korrespondierender Autor: j\_weidinger@hotmail.com*

*mit 1 geologischen Karte*

## **1. Vorbemerkung**

Zu Beginn des ÖAW-Forschungsprojektes lagen vom ultrahelvetischen Fenster des gesamten Liedring- und Gschlifgrabengebiets bereits eine Reihe von geowissenschaftlichen Kartierungen der unterschiedlichsten Zielsetzungen und Verwendungszwecke vor. Diese im Literaturanhang genannten Arbeiten legten ihren Schwerpunkt vor allem auf eine Beschreibung des jeweiligen Ist-Zustandes unmittelbar in den Erd- und Schuttströmen sowie auf eine Übertragbarkeit daraus gewonnener Erkenntnisse auf mögliche Sanierungsmaßnahmen im Rutschgebiet. Daurer und Schäffer (1983) bezogen erstmals auch den gesamten Traunstein-NW-Fuß in Ihre Überlegungen zu den Massenbewegungen mit ein. Eine Ausnahme stellte aber vor allem die Arbeit von S. Prey (1983) dar, in der bis dato der einzige umfassende Überblick über Lithologie, Stratigraphie (samt Mikro-Paläontologie) und Tektonik gegeben wird.

## **2. Art und Eigenart der Neukartierung**

Für die Geländearbeiten im Zuge des ÖAW-Forschungsprojekts wirkte sich erschwerend aus, dass das gesamte Gebiet aufgrund des dichten Bewuchses und der allenthalben anzutreffenden Bedeckung durch Lockersedimente relativ arm an Aufschlüssen des Anstehenden ist.

Die im Projektgebiet oberflächlich aufgeschlossenen Festgesteine sind nur in den wenigsten Fällen, wie etwa mit den Felsrippen des Alttertiärs aus Nummulitenkalk und Glaukonitsandstein, auch tatsächlich als solche zu erkennen. Meist werden die Mergelarten aber auch Sandsteine von einer recht unterschiedlich mächtigen, sand-, schluff- und tonreichen Verwitterungsdecke mit Gesteinsbruchstücken samt dicker Bodendecke überlagert; in seltenen Fällen kann diese Decke auch mehrere Meter Mächtigkeit erreichen. Dort wo diese Decke nicht durch junges Hangkriechen entstanden ist und etwa alte Böden überfahren hat, geht sie bereits auf das Pleistozän bzw. Spätglazial zurück, wo sie im periglazialen Vorfeld der nahen Gletscher gebildet worden war. Zurzeit geänderter klimatischer Bedingungen wurde das Gestein durch vielmalige Frost-Tauwechsel aufgelockert und verwittert, was zu einer oft tiefgreifenden und nachhaltigen Verlehmung der Geländeoberfläche führte. Zudem wurden Solifluktion und mannigfaltige Mobilität der obersten Bodenschichten wirksam. Dass diese Oberflächenbeschaffenheit und ihr Formenschatz sehr alt sind, beweisen etwa auch die bereits von Prey (1983) erwähnten losen Flyschblöcke auf dem heute zentral aufragenden Rücken des Gaisbühels, die dort seit jener Zeit liegen, als es noch eine Verbindung zu den Südhängen des Grünbergs gab.

In einer Kartierung im Buntmergel des Gschlif, wo also solche be- und verdeckten Bereiche vorherrschen, macht es deshalb Sinn, auch diese als Anstehendes auszuweisen. Zusätzlich

wurde durch fallweise Übersignaturen versucht, den durch die beschriebenen Verwitterungsvorgänge entstandenen, morphologischen Formenschatz festzuhalten.

Um zu neuen, weiterführenden Ergebnissen zu kommen, wurde zudem bei dieser neuen Kartierung versucht, anhand von oberflächlichen Anzeichen so gut als möglich in die Tiefe zu interpretieren. Auf der Karte wurden daher oberflächlich nicht unmittelbar ausbeißende, aber im geringer Tiefe anstehend vermutete Bereiche aufgedeckt eingezeichnet.

Da es bei der petrographischen Ansprache der auftretenden Lithologien kaum zu Abweichungen von der Prey-Karte (1983) kam, wird für eine genauere Beschreibung derselben auf dessen Arbeit und die petrologischen und paläontologischen Detailuntersuchungen verwiesen. Kartiert wurde auf einer Kartengrundlage im Maßstab 1 : 2000. Im Zuge der Sanierungsarbeiten des Großereignisses 2007-2008 konnten diese Ergebnisse entzerrt und über einen aktuellen Laser-Scan des Gebietes gelegt werden. Diese Arbeiten wurden vom ZT-Büro Moser&Jaritz durchgeführt. Auf der beigelegten Karte werden also beide Layers dargestellt. Dieses Büro führte auch eine weitere Neukartierung nach dem Großereignis 2007-2008 durch (siehe den Aufsatz von G. Moser in diesem Band).

### 3. Momentaufnahme vor dem Jahrhundertereignis 2007-2008

Vorrangig sollte die Neukartierung des Gschlifgrabengebietes im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen des ÖAW-Forschungsprojekts als Grundlage für die Auswertung der geophysikalischen Messprofile, an denen Reflexions- und Refraktionsseismik sowie Geoelektrik durchgeführt wurden, dienen. Um immer wieder die geeigneten Bereiche für Messprofile zu finden, lief die Kartierung den Messungen zeitlich voraus bzw. wurde parallel dazu durchgeführt.

In der vorliegenden Karte wurde somit versucht, eine Analyse aller geologischen Prozesse und Folgeerscheinungen darzustellen. Dabei sollte vor allem die Frage nach dem „Motor und dem internen Mechanismus“ der im System gleichen oder ähnlichen Massenbewegungen beantwortet werden.

Die Karte umfasst deshalb Angaben zu den Schwerpunktthemen:

- Tektonik (soweit möglich auch zu Neotektonik und Seismizität)
- Lithologie und Stratigraphie (in Anlehnung an die Arbeit von S. Prey 1983)
- Ingenieurgeologie, wie etwa eine Gliederung von Fest- und Lockermaterialien
- Schwäche- und Gefahrenzonen sowie Zonen erhöhter Mobilität
- Hydrologie und Hydrogeologie

Als endgültiges Ergebnis der Kartierungsarbeiten wurde eine großmaßstäbige „Multifunktionelle Geologisch-Geomorphologische-Gefahrenkarte“ nach dem Vorbild der „Hazard-Maps“ angepeilt. Ihre Nützlichkeit konnte bei der Bewältigung der unmittelbar nach der Kartierung erfolgten Rutschungskatastrophe eindrucksvoll unter Beweis gestellt werden, denn sie:

- wies auf alle präexistierenden Anlagen von Gefahrenherden, auslösende Faktoren für potentielle Massenbewegungen im Fest- und Lockergestein (Felsstürze, Erd- und Schuttströme, Rutschungen, Mur- und Schuttgänge samt Wildbachtätigkeit) und deren Folgeerscheinungen hin
- diente als Prognosekarte für zukünftig zu erwartende Massenbewegungen und deren Bewegungsentwicklung
- stellte die Grundlage für den Evakuierungsplan sowie weitere Sanierungs- und Präventivmaßnahmen der WLV dar



- halfte entscheidend bei der endgültigen Klärung des Motors des Massenbewegungssystems (Kinematik)
- diente als Grundlage für das umfangreiche Bohrprogramm und für die Installierung eines Monitoring-Systems
- ermöglichte zudem essenzielle Aussagen bezüglich der Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere Massenbewegungen im Salzkammergut (etwa in der Hallstätterzone) und andere Teile (Ober-)Österreichs (etwa in der Flyschzone und/oder im Helvetikum).
- kann somit eine Hilfe bei der Bewertung ähnlich situierter Gefahrenherden werden.

Da sich die Ereignisse noch während des laufenden Projektes überstürzt hatten, stellt diese Karte die letzte „Momentaufnahme“ vor dem Großereignis 2007-2008 dar. Wertvollster Teil der Karte für die Akutmaßnahmen während der Krise war die morpho-stratigraphische Kartierung des Gschlifgraben-Schuttkegels, die im wesentlichen auf den Ergebnissen von Baumgartner & Sordian (1985) aufbaute. Sie diente nicht nur als Prognosekarte über den weiteren Verlauf des Ereignisses, sondern stellte u. a. auch die Entscheidungsgrundlage für den Evakuierungsplan dar, was weitreichende Konsequenzen mit sich brachte.

### **Legende zur beiliegenden Geologisch-geomorphologischen Karte des Gschlifgrabens (Stand: Sommer 2007)**

#### ***Erd- und Schuttströme***

- 28 – *aktuell motorisch aktivster Bereich, morphologisch stark aktive Anrisse*
- 27 – *aktuell motorisch aktiver Bereich*
- 26 – *aktuell motorisch semiaktiver Bereich*
- 25 – *Erd- und Schuttstromsystem „1910“ (Schuttgänge und Vorfeldereignisse)*
- 24 – *Erd- und Schuttstromsystem „1910“ (konsolidiert)*
- 23 – *Erd- und Schuttstromsystem „Kalibauer“ (1774, konsolidiert)*
- 22 – *Erd- und Schuttstromsystem „Ramsau“ (mit großen Blöcken, vermutlich 1660)*
- 21 – *Erd- und Schuttstromsystem „Ramsau“ (mit kleinen Blöcken, vermutlich 1660)*
- 20 – *Erd- und Schuttstromsystem „Hoisn“ („überkonsolidiert“, älter als 1660)*

#### **Flyschzone/Rhenodanubikum**

- 19 – *Zementmergelserie*
- 18 – *Obere Bunte Schiefer*
- 17 – *Reiselsberger Sandstein*
- 16 – *Gaultflysch (kieselige Mergel)*

#### **Nord-Ultra-Helvetikum**

- 15 – *Glaukonitsandstein, -sandmergel, Lithothamnienkalke im Stockletten (Linsen von dunklen Mergel, Kalzit)*
- 14 – *Eozäner Nummulitenkalk (Adelholzener Fazies, eher sandig)*
- 13 – *Eozäner Nummulitenkalk (kompakter Fels)*
- 12 – *Buntmergelserie, fallweise auftretende Sandsteinlinsen*

#### **Klippenzone/Südultrahelvetikum**

- 11 – *Rote Mergel und Tonsteine*
- 10 – *Aptychenschichten, Mergel*
- 9 – *Grestener Arkosen, Quarzkiessteine, auch diverse Granite als Gerölle*

### **Kalkofenzug/Kalkalpine Randschuppe/“Randcenoman“**

- 8 – *Dunkelgrauer Kalk (teils fraglicher Gutensteiner Kalk)*
- 7 – *Kieselkalk, Liasfleckenmergel, Brekzien*
- 6 – *Dunkler Rhätkalk*
- 5 – *Gips mit Tonschiefer und Dolomit*

### **Kalkalpin**

- 4 – *Plattenkalk*
- 3 – *Hauptdolomit, bzw. mergeliges Neokom der Farngrube*
- 2 – *Wettersteinkalk (teils fraglicher Wettersteinkalk ?)*
- 1 – *Gutensteiner Kalk*

### **Quartär und Morphologie**

- 27 – *Schwemmfächer*
- 26 – *Wildbachsperre*
- 25 – *Bohrloch (verrohrt), Pegel (verrohrt)*
- 24 – *künstlich aufgeschütteter Damm*
- 23 – *Drainageröhre (meist nicht mehr intakt), andere künstlich geschaffene Abflüsse*
- 22 – *Quellaustritt/gefasste Quelle*
- 21 – *Vernässung (in der Farngrube auch auf Grundmoräne)*
- 20 – *Bachlauf oder schwach schüttendes Gerinne (+/- gestautem Tümpel)*
- 19 – *Gully (tief erodiert)*
- 18 – *Alter Abfluss, Rinne (+/- temp. Wildbachtätigkeit)*
- 17 – *Terrassenkanten alter Abflusssysteme*
- 16 – *verschwemmte Ablagerungen eines Erdstroms*
- 15 – *Wildbachschutt (verschwemmt/gestaut)*
- 14 – *Fronten und Stauwülste von Erdströmen samt Blöcken darin*
- 13 – *Auffällige Randwälle der Gschlifgraben-Haupterdströme, zum Teil auch durch fluviatile Erosion (Wildbäche) entstanden.*
- 12 – *Buckelige Wiesen, Fließstrukturen, allg. unruhige Morphologie*
- 11 – *Rutschungen außerhalb der Erdströme samt Bewegungsrichtung*
- 10 – *Hangschutt*
- 9 – *Aktiv, rückschreitende Erosionskante der „Reisseten Schütt“*
- 8 – *Abriss und Sackung als Ausgang einer aktiven Rutschung bzw. aktiven Erdstroms*
- 7 – *Sackung im Anstehenden samt abgesackten Gesteinsmassen (-schollen)*
- 6 – *Fels- und Blocksturzmateriale, durch Rutschungstätigkeit in Rückenform (ähnlich Moränen); auch Randwälle der Erdströme westlich der „Roten Kirche“ (RK).*
- 5 – *Bergsturstrümmerfeld oder Felssturzeinzelblöcke*
- 4 – *Abgeglittene Schollen von Hangschuttbrekzie der „Reisseten Schütt“*
- 3 – *Todeislöcher, Eiszerfallslandschaft*
- 2 – *Moräne mit ausgeprägtem Kamm (Hoch- bis Spätglazial ?)*
- 1 – *Ältere quartäre Hangschuttbrekzie*

### **Tektonik**

- 3 – *Überschiebung (gesichert/vermutet)*
- 2 – *Störung, Bruch, Seitenverschiebung (gesichert/vermutet)*
- 1 – *Fallzeichen und Wert des Einfallens*

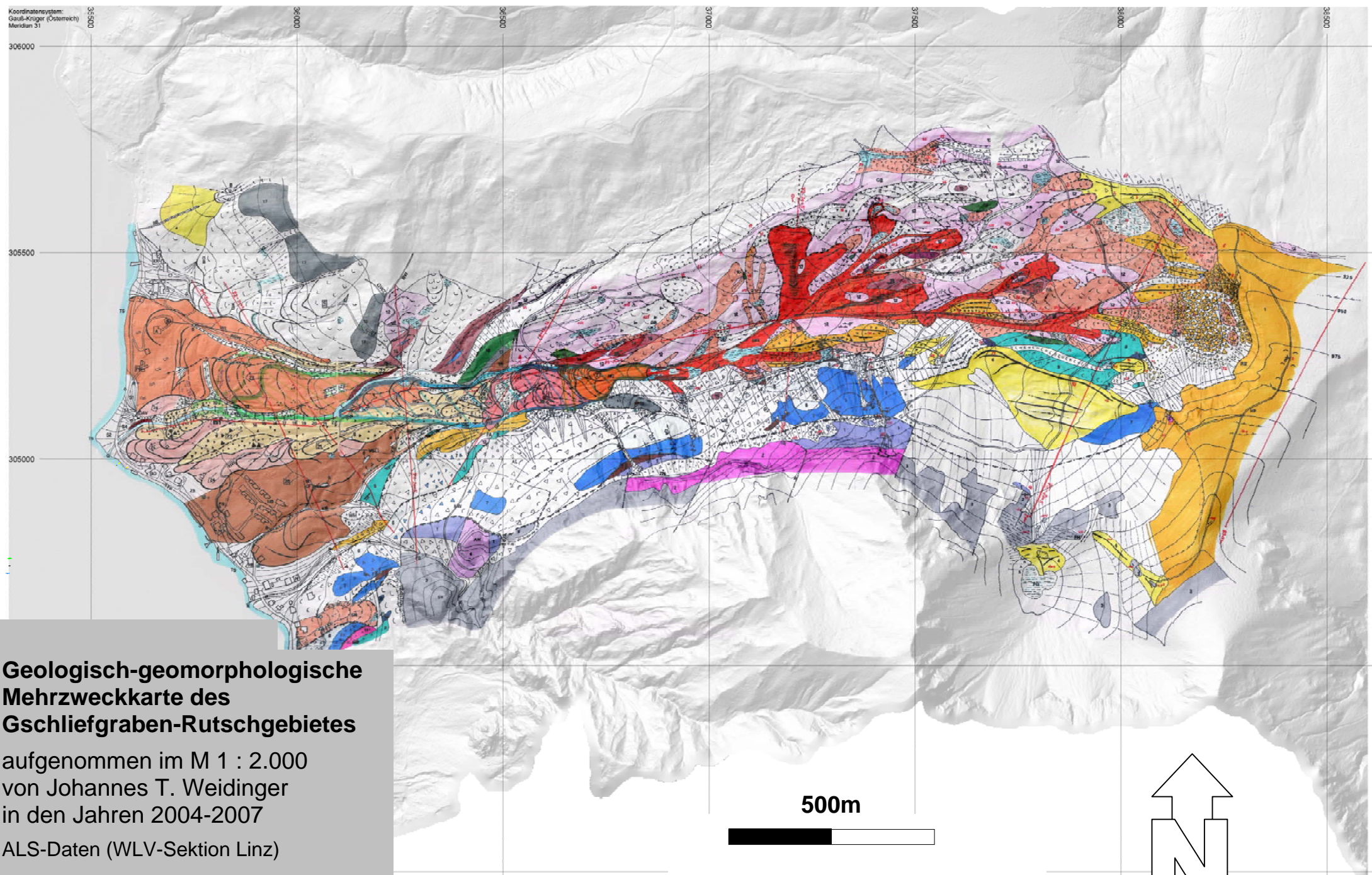
## Literatur mit Gschlifegraben-Geokartenwerken aus jüngerer Zeit

- Baumgartner, P. & Sordian, H. (1981): Zur geomorphologischen Karte des Erd- und Schuttstromkegels des Gschlifegrabens bei Gmunden (Oberösterreich) mit 1 geomorph. Karte. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 10/8, 259-262, Innsbruck.
- Baumgartner, P. & Sordian, H. (1982): Zum horizontalen und vertikalen Aufbau des Erd- und Schuttströme-Kegels des Gschlifegrabens am Traunsee bei Gmunden (Oberösterreich). Jb. Oö. Mus.-Ver. 127/1, 227-236, Linz.
- Daurer, A. & Schäffer, G. (Red.), (1983): Arbeitstagung der Geol. Bundesanstalt 1983, 65p., Wien.
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion OÖ, Gebietsbauleitung Salzkammergut (2000): Gefahrenzonenplan Gmunden (1. Revision), Gemeinde Gmunden, Bezirk Gmunden.
- Geologische Bundesanstalt (Hrsg.), (1996): Geologischen Karte der Republik Österreich (Blatt 66 Gmunden), Wien.
- Prey, S. (1983): Das Ultrahelvetikum - Fenster des Gschlifegrabens südsüdöstlich von Gmunden (Oberösterreich). Jb. Geol. B. A. 126, 95 -127, Wien.
- Weber F. (1958): Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal. Mitt. Geol. Ges. Wien 51, 295-352, Wien.

## Legende/Legend

<p><b>Earthflows</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> very active</li> <li> active</li> <li> semi-active</li> <li> 1910 (debris)</li> <li> 1910 (consolidated)</li> <li> 1734 (consolidated)</li> <li> 1660? (+ boulders, cons.)</li> <li> 1660? (- boulders, cons.)</li> <li> &gt;1660 (overconsolidated)</li> </ul> <p><b>Flysch-Zone</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> marls</li> <li> shists</li> <li> sandstones</li> <li> marls (Gaultflysch)</li> </ul> <p><b>Tectonics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> thrust fault</li> <li> fault, break, joint</li> <li> strike, dip</li> </ul>	<p><b>Ultra-Helvetic</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> sandstone (Paleocene)</li> <li> Limestone (Eocene)</li> <li> marls (Buntmergel)</li> </ul> <p><b>Klippen-Zone</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> red marls</li> <li> marls (Aptychen-beds)</li> <li> sandstone (Gresten-beds)</li> </ul> <p><b>Cenomanian</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> limestone (Gutensteiner)</li> <li> marls (Fleckenmergel)</li> <li> limestone (dark Rhaetian)</li> <li> gypsum, clay shists</li> </ul> <p><b>Calcareous Alps</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> limestone (Plattenkalk)</li> <li> dolomite (Hauptdolomit)</li> <li> limestone (Wettersteinkalk)</li> <li> limestone (Gutensteiner)</li> </ul>	<p><b>Quaternary/Morphology</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> fan</li> <li> torrent check dam</li> <li> drilling hole, water-gauge</li> <li> artificial dam</li> <li> drainage pipes</li> <li> spring, well</li> <li> moisture area</li> <li> brook, channel</li> <li> gully</li> <li> inactive torrent channel</li> <li> channel terraces</li> <li> earthflow-outwash</li> <li> debris flow</li> <li> earthflow-ridges, boulders</li> <li> earthflow's lateral ridges</li> <li> hummocky morphology</li> <li> slides, besides earthflows</li> <li> gravel, blocks, boulders</li> <li> retrogressive erosion</li> <li> sacking in sediments</li> <li> sacking in hardrock</li> <li> rockfall material/ridges</li> <li> rockfall boulders</li> <li> block sacking</li> <li> dead ice landscape</li> <li> moraine ridges</li> <li> breccia (Quaternary)</li> </ul>
---	---	--





**Geologisch-geomorphologische  
Mehrzweckkarte des  
Gschlifgraben-Rutschgebietes**

aufgenommen im M 1 : 2.000  
von Johannes T. Weidinger  
in den Jahren 2004-2007  
ALS-Daten (WLV-Sektion Linz)

# **Ergebnisse und geologische Interpretation der seismischen Messungen am Schuttkegel der Gschlifgraben-Erdströme bei Gmunden (OÖ) im Jahre 2004**

Johannes T. Weidinger<sup>1)\*</sup> & Franz Weber<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Erkudok© Institut/K-Hof Museen Gmunden, Kammerhofgasse 8, A-4810 Gmunden;*

*Tel. +43/7612/794-422; Fax. +43/7612/794-429; \*) korrespondierender Autor: j\_weidinger@hotmail.com*

<sup>2)</sup> *Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik, Universität Leoben, Franz-Joseph-Straße 18,  
A-8700 Leoben*

*mit 15 Abbildungen*

## **Zusammenfassung**

Diese Arbeit präsentiert die kombinierten Ergebnisse und Interpretationen einer geomorphologisch-stratigraphischen Geländekartierung und seismischen Untersuchungen des Schuttkegels der Gschlifgraben-Erdströme am Ostufer des Traunsees in Oberösterreich, die im Jahre 2004 durchgeführt wurden.

Anhand mehrerer Profile, die vornehmlich im Akkumulationsgebiet der Erdströme gelegen sind, wurde die grundsätzliche Eignung refraktions- und reflexionsseismischer Messungen bei der ingenieurgeologischen Problematik des Gschlifgrabens untersucht.

Der Untergrund lässt in den refraktionsseismischen Profilen bis zu fünf Horizonte mit variablen Geschwindigkeiten und Mächtigkeiten sowie beachtlichem Relief erkennen. Wasserführende Sedimente der Rutschmassen weisen Geschwindigkeiten über 1400m/s auf, wobei eine Kombination mit dem spezifischen elektrischen Widerstand (Niesner 2010; Niesner & Weidinger 2008) nähere Angaben über den Wassergehalt, Konsolidierung und Anteil an Grobklastika erwarten lässt. Die Geschwindigkeiten in den Buntmergel, aus denen die Erd- und Schlammströme herrühren, liegen im unverwitterten Zustand meist im Bereich von 2700-2800m/s und können sich mit denen älterer, kompakterer Rutschmassen überschneiden. Reflexionen aus den Rutschmassen zeichnen sich durch geringe Längserstreckung, meist schwache Amplitude und unebene Reflexionskonfiguration aus, während Reflexionen aus dem präquartären Untergrund (Ultra-Helvetikum, Flysch) durch einen mehr ebenen Verlauf, auch größere Länge und zufriedenstellende bis gute Reflexionsqualität gekennzeichnet sind. Die Basis der Rutschmassen bildet keinen reflexionsseismischen Leithorizont oder einen über größere Strecken durchgehenden Reflektor. Die maximale Mächtigkeit der Rutschmassen wird aufgrund von indirekten Kriterien im Uferbereich nahe der Gschlifgrabenmündung auf mehr als 200m geschätzt.

Die aus den angeführten Gründen oft spekulative geologische Interpretation der Messergebnisse stütze sich im wesentlichen auf eine geologische bzw. morpho-stratigraphische Geländekartierung sowie auf eine morpho-tektonische Analyse der Einzugsgebiete des Gschlifgrabens, die zumindest ansatzweise Aussagen über den faziellen Aufbau des Schuttkegels ermöglichen.

Die kombinierten Ergebnisse der Testmessungen und Kartierungen gestatten daher den Schluss, dass refraktionsseismische und/oder reflexionsseismische Messungen methodisch geeignet sind, einen notwendigen Beitrag zu den Sanierungsmaßnahmen einschließlich des Ansetzens von Untersuchungsbohrungen im Gschlifgraben zu leisten. Bereits bei der Jahrhunderttrutschung 2007-2008 stellten diese Ergebnisse neben anderen eine wertvolle Hilfe bei der Sanierung des katastrophal reaktivierten Erdstroms dar.



## 1. Einleitung

Die historisch dokumentierten Rutschungsaktivitäten im Gschlifgraben (Weidinger 2009), die in der katastrophalen Reaktivierung der Erdstromtätigkeit in den Jahren 2007-2008 gipfelten (Weidinger et al. 2010), haben gezeigt, wie wichtig eine rechtzeitige Untersuchung potentiell gefährlicher Rutschgebiete mit modernsten geowissenschaftlichen Methoden ist.

Im Gschlifgraben kam diese Aufgabe einer Forschergruppe der Montanuniversität Leoben, des Joanneum Research von Leoben und des Erkudok Instituts von Gmunden zu, die im Rahmen eines Projektes der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Programme: ISDR, Geophysik der Erdkruste) von 2004 bis 2007 tätig war.

Die erste Seismik Messkampagne im Jahre 2004, über die hier berichtet wird, war als Versuchsphase geplant, die die Möglichkeiten und Grenzen der Refraktions- und Reflexions-seismik unter den gegebenen Verhältnissen ausloten sollte. Weiters sollte ein Einblick in die seismische Struktur der parallel dazu, morphostratigraphisch und geologisch auskartierten, verschieden alten Erdstromsysteme gegeben werden.

## 2. Geologie und Tektonik des Gschlifgraben-Rutschsystems

Der Gschlifgraben liegt im Bereich eines tektonischen Fensters des *Ultrahelvetikums* zwischen *Rhenodanubikum* (Flysch-Zone) und *Nördlichen Kalkalpen* (Weber 1958, Prey 1983). Es handelt sich laut Tollmann (1985) um ein sogenanntes „Schlitzfenster“, eine sehr steil aufgewölbte Antiklinalstruktur, die zwischen den tektonischen Widerlagern Grünberg (Flysch) im Norden und Traunstein (Kalkalpin) im Süden vorliegt (Abb. 1). Neuere Untersuchungen zeigen aber, dass es sich auch nur um ein „Schürlingsfenster“ handeln könnte, das an Flysch-interne Überschiebungen gebunden sein könnte (Egger 1997).

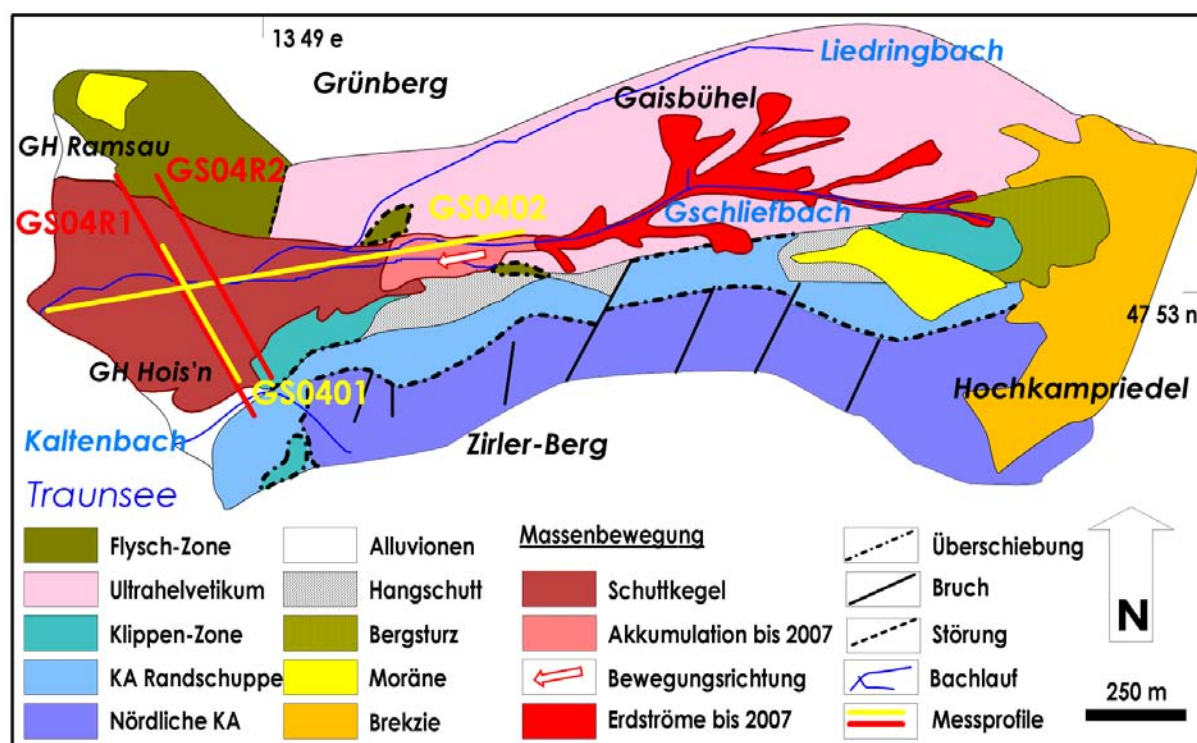


Abb. 1: Kompilation der geologischen Neukartierung des Gschlifgraben-Rutschgebiets mit der Lage der seismischen Messprofile der Messkampagne 2004.

Über die genaue räumliche Ausdehnung des Fensters in die Tiefe weiß man bisher also nur sehr wenig (Abb. 2a). So mehren sich die Anzeichen, dass sich die, aus den Kalkalpinen Decken bekannte Königssee-Lammertal-Traunsee-Störung (KLT-Störung) ins Ultrahelvetikum fortsetzen könnte. An ihr hat bereits Geyer (1917) im Bereich des Traunsees einen Lateralversatz von 3km nachgewiesen; auch ein Vertikalversatz ist sehr wahrscheinlich (Eichkitz et al. 2009). Diese KLT-Störung ist aber nur ein Teil bzw. läuft parallel zum sinistralen Innsbruck-Salzburg-Amstetten-Blattverschiebungssystem (ISAM) nördlich davon, wo sich ein gesamt Lateralversatz von 45km und ein Vertikalversatz von mehreren hundert Metern nachweisen lässt, weshalb diese auch in Form der Rodl-Störung bis in den kristallinen Untergrund der *Böhmischen Masse* hinunterreicht (Egger 1997; Egger & Peresson 1997; Kröll et al. 2006; Abb. 2b). ISAM ist südlich von Gmunden in Form zweier großer Äste ausgebildet, wobei der südliche davon die Nordumrahmung des Gschlifgrabenfensters bildet. Auch die Konvergenz an der Verbindungsstelle dieser ISAM-Süd und der KLT könnte für den tektonischen Internbau des Gschlifgrabens eine Rolle spielen.<sup>1</sup>

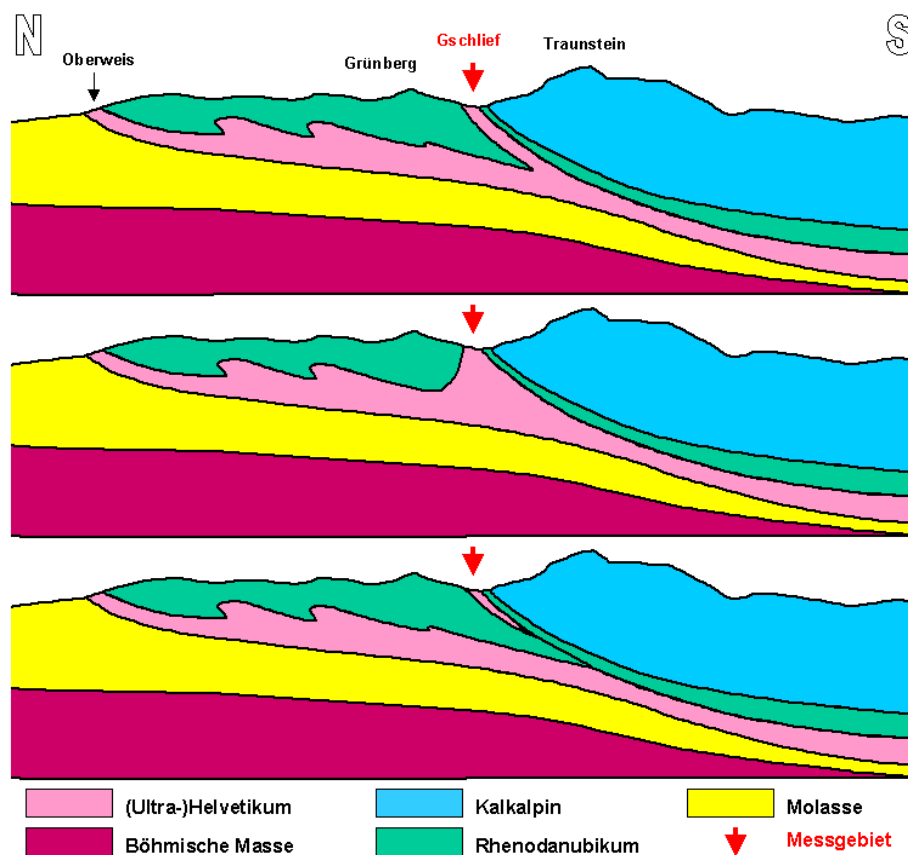


Abb. 2a: Nur 3 schematische N-S-Profile durch das Messgebiet, die die Vielzahl von Möglichkeiten des tektonischen Baus im Bereich des Gschlifgraben-Rutschgebiets verdeutlichen sollen: a. der Gschlifgraben als eingefaltete Antiklinale, b. „diapirartig“ hochgepresst (Dauerer & Schäffer 1983), c. als tektonischer Schürfling oder Molasse-Schuppe (Rögl & Wagner, vermutet und mündlich mitgeteilt 2009); Hinweise auf c. finden sich auch in vergleichbaren Profilen in Egger et al. 2007. Anmerkung: Die Möglichkeiten für den Bau des (Ultra-)helvetischen Fensters von Oberweis/Ohlsdorf (Prey 1984) sind hier nicht berücksichtigt.

<sup>1</sup> Parallel südlich der KLT-Störung liegt das Salzachtal-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Blattverschiebungssystem (SEMP, Linzer et al. 1990). Alle drei dürften ihre Wurzeln in E-gerichteten Ausweichbewegungen, dem sogenannten „continental escape“ (Ratschbacher et al. 1989), im Zuge der Miozänen N-S-gerichteten Verkürzung der Ostalpen, haben.

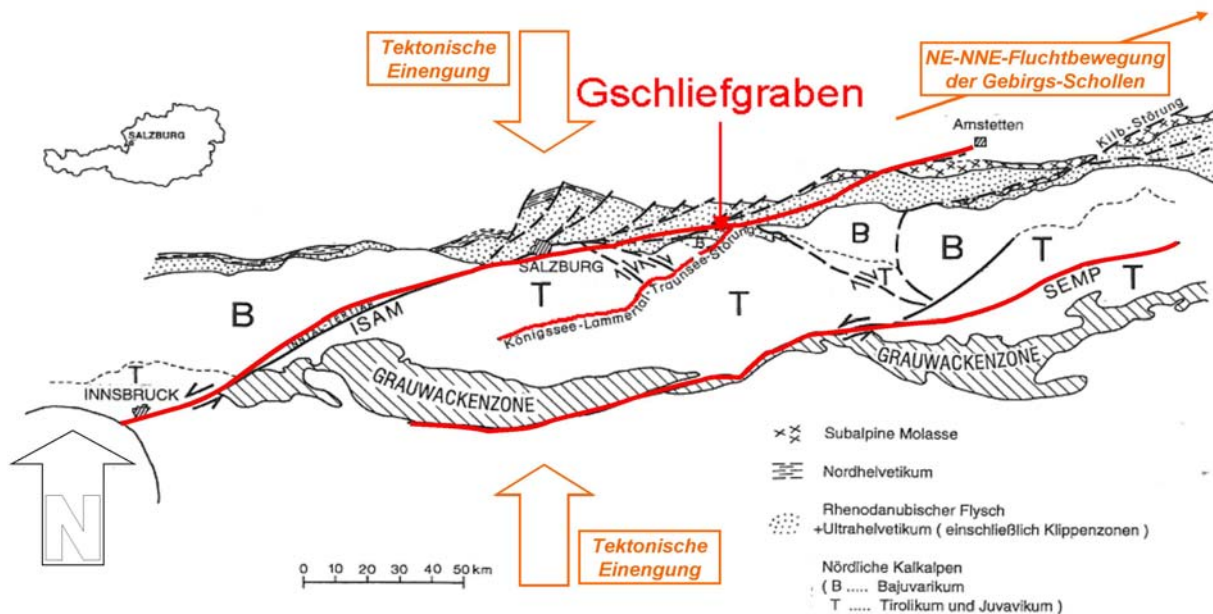


Abb. 2b: Die großen ENE-WSW streichenden Miozänen Blattverschiebungssysteme ISAM (im N) und SEMP (im S); parallel dazu die in die ISAM-Süd spitz einmündende Königsee-Lammertal-Traunsee-Störung mit der Lage des Gschlifgraben-Fensters (verändert aus Egger 1997).

In jedem Fall stehen die tektonisch stark beanspruchten Schichten der anstehenden Buntmergelschichten mit vereinzelt eingeschuppten Tertiärschollen (*Nord-Ultrahelvetikum*, Prey 1983) und ihrem Kristallinanteil der Klippenzone (*Süd-Ultrahelvetikum*, Prey 1983), meist seiger und reichen mit großer Bestimmtheit weit in die Tiefe.

Diese komplexe tektonische Situation im Bereich des Gschlifgrabens ist bei jedweder Interpretation geophysikalischer Daten des anstehenden Untergrundes zu berücksichtigen; sie spielt aber auch eine Rolle bei der Verfügbarkeit von Sedimenten (vor allem aus dem angrenzenden Kalkalpin) und ist deshalb u. a. auch für den heterogenen Aufbau des Gschlifgraben-Schuttkegels verantwortlich.

### 3. Einzugsgebiet der Gschlifgraben-Erdströme und der Aufbau des Schuttkegels

Im Gegensatz zum anstehenden Ultrahelvetikum des Gschlifgrabens sind die Lagerungsverhältnisse und Zusammensetzung der auflagernden Sedimente der Massenbewegung völlig anders geartet.

Die Orographie des Gschlifgraben-Haupterdstroms mit seinem E-W-Gefälle in Streichrichtung der unterlagernden Gesteine zum Traunsee-Ostufer hin bedingt nämlich drei wesentliche Einzugsgebiete, die sich in ihrem lithologischen Bestand deutlich unterscheiden (Abb. 1).

Naturgemäß bedingen die ausbeißenden, unter dem Einfluss von Wasser extrem leicht verwitterbaren Buntmergel (Tonsteine, Tonschiefer) des zentralen Gschlifgrabens einen hohen Anteil toniger Bestandteile, welche in den meisten Fällen aber nur die Matrix der Erdströme bilden (Abb. 3).

Von der nördlich angrenzenden Flyschzone her wird dieser Anteil bindiger Materialien nämlich durch den Ab- und Eintrag der eiszeitlichen Verwitterungsdecke der Flyschgesteine, wie Zementmergel (untergeordnet), Obere Bunte Schiefer und Reischberger Sandstein unterstützt. Bereits daraus ergibt sich, dass der orographisch rechte (nördliche) Teil des Gschlifgraben-Schuttkegels (zwischen Gschlifbach und GH Ramsau) bis in große Tiefen



hohen Feinstoffanteil birgt, der lokal nur von eher geringmächtigen Lagen von Wildbachschutt durchsetzt sein kann, d. h. hier stellen gröbere Komponenten einen sehr geringen Anteil des Erdstrommaterials und die Durchfeuchtung bzw. der Anteil an mineralisch gebundenem Wasser aufgrund quellfähige Tonminerale ist hoch (Gunzl & Lackner 2009). Völlig anders stellt sich die Situation an der orographisch linken (südlichen) Seite des Gschlifgraben-Schuttkegels (zwischen Gschlifbach und Kaltenbach) dar. Dort ist neben einem nennenswerten Anteil an (nord-)ultrahelvetischen Mergeln, Tonsteinen und Tonschiefern nicht nur ein vermehrter Anteil von (süd-)ultrahelvetischen Klippengesteinen (Grestener Sandsteine, Arkosen, Quarzkiessteine, Kristallingerölle) zu nennen sondern es verstärkt sich auch der Eintrag kalkalpiner Sturzblöcke, Verwitterungs- und Hangschutt sowie Schotter. Dieses Material stammt aus den steilen Wänden des Traunstein-Nordwest-Fußes (Zirlerberg) und aus dem Einzugsgebiet der Trockenrunse des Kaltenbachs, das bis zum Gipfelplateau des Traunsteins hinaufreicht. Für die große Produktion an Schutt dürfte im unteren Lauf des Kaltenbachs durch die sogenannte „Kaltenbachwildnis“ auch das Durchschneiden eines ganzen Störungsbündels verantwortlich sein, das parallel zur Traunsee-Verwerfung steht. Vermehrte Rekristallisation entlang dieser wandbildenden Störungen (Egger et al. 2007) sowie die grusige Verwitterung des anstehenden Hauptdolomits bedingen sie. Zudem weist der „unruhige“ Lauf des Baches in diesem Bereich auf neotektonische Aktivitäten hin (Abb. 4).

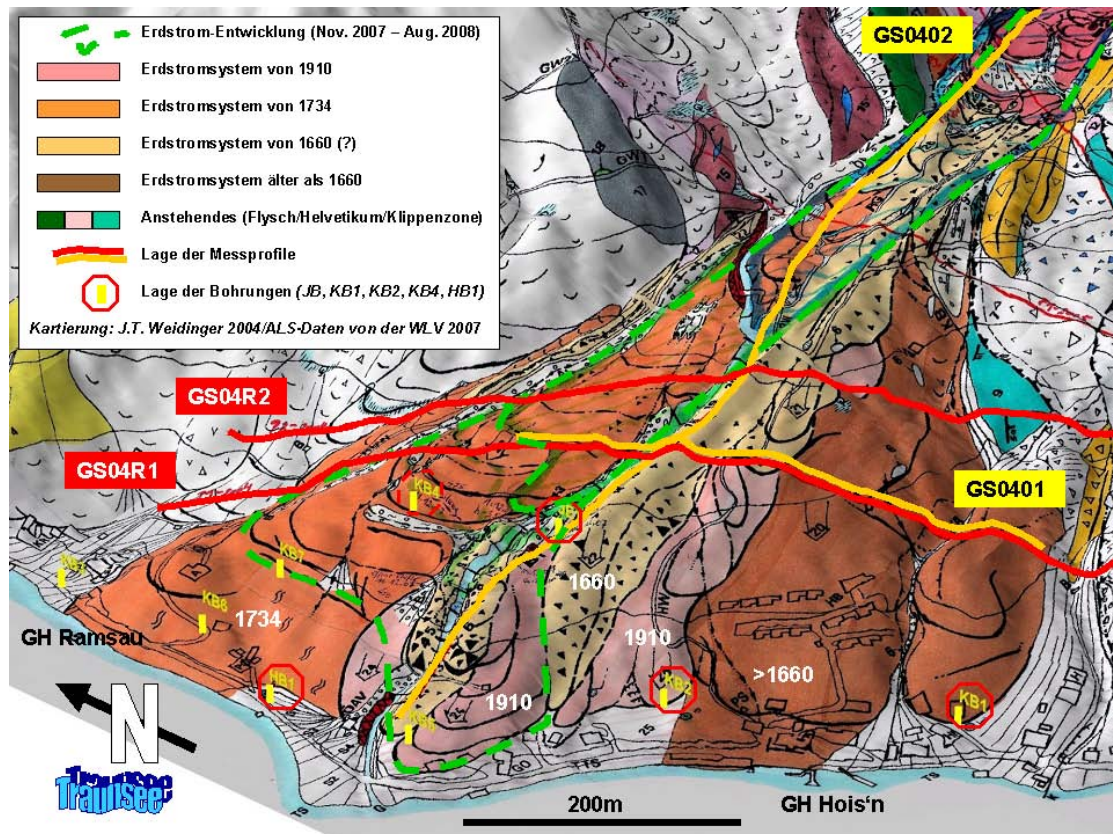


Abb. 3: Morphostratigraphisch-geologische Karte des Gschlifgraben-Schuttkegels (unter Berücksichtigung der Arbeiten von Baumgartner und Sordian 1982), in Seitenansicht aus Richtung WSW präsentiert (zur Verbesserung des räumlichen Effekts), u. a. mit der Lage der Seismik-Profile der Messkampagne 2004; oberflächlich lassen sich 4 unterschiedlich alte Erdströme erfassen. Basis: ALS-Daten Gschlifgrabengebiet der WL.V (Sektion Linz).

Mit wechselnder Verfügbarkeit aus den drei genannten Einzugsgebieten kam es im Laufe des Spät- und Postglazials zur Akkumulation eines recht heterogen aufgebauten Gschlifgraben-Schuttkegels. Aus der geomorphologischen Analyse des Lasercans aus diesem Gebiet mehrten sich die Anzeichen dafür, dass die relativ älteren Ablagerungen des Schuttkegels eher eine



Transportrichtung von NE in Richtung SW entlang des heutigen Liedringbaches erfuhren (Weidinger & Niesner 2009), also aus dem Gebiet des Dürnbergs (vermehrt mit Flysch-Einzugsgebiet) stammen, und im Bereich südlich des heutigen Gschliefbaches zur Ablagerung kamen, wo sie mit kalkalpinem Wildbachschutt des Kaltenbachs wechsellagern bzw. verzahnen (Abb. 4a), während die relativ jüngeren Erdströme E-W-Richtung entlang des Gschliefbaches hatten und vermehrt das (Ultra-)Helvetikum mit einem nennenswerten Anteil an Älterer Quartärer Hangschuttbrekzie vom Hochkampriedel als Einzugsgebiet hatten (Abb. 4b).

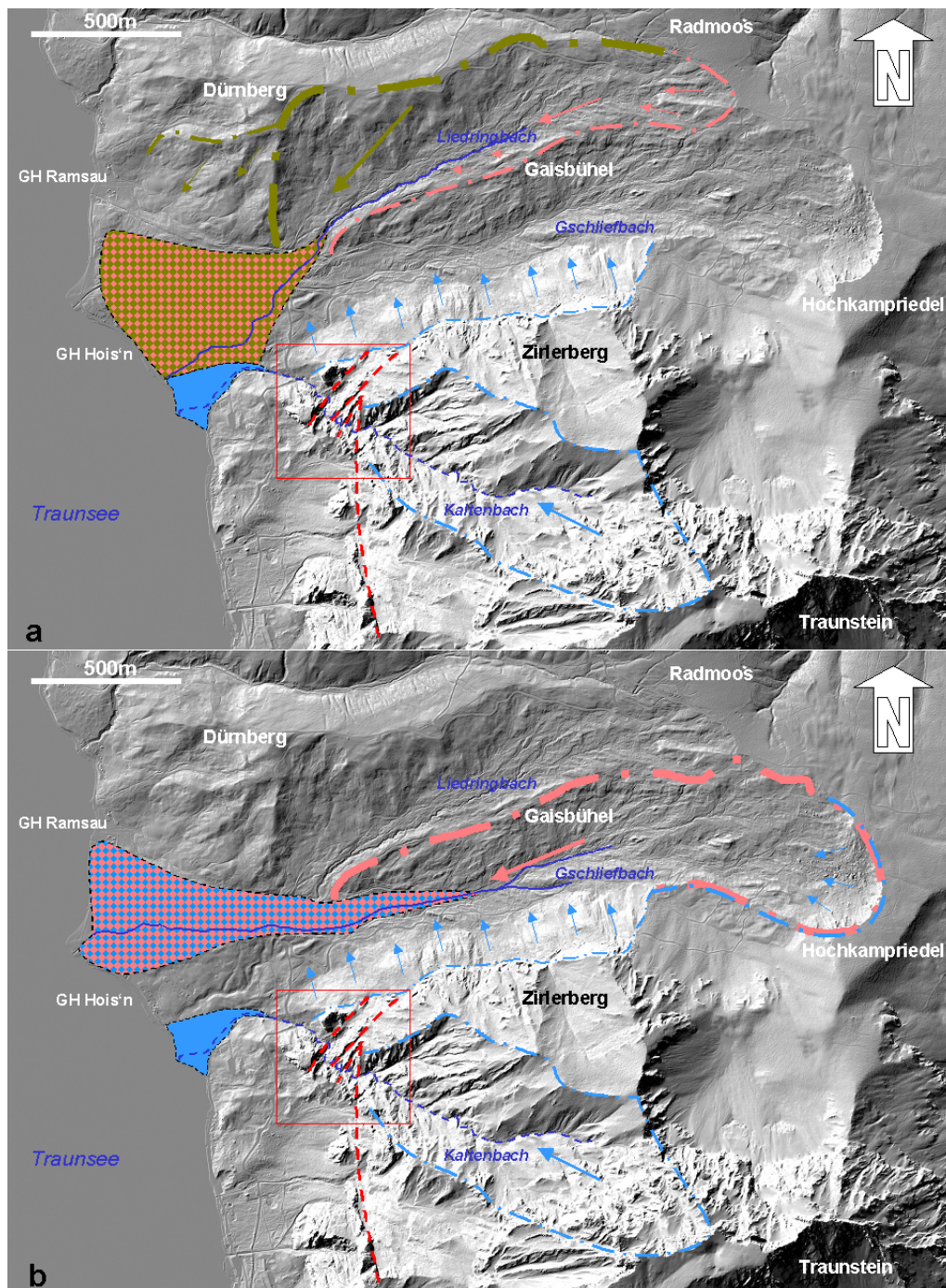


Abb. 4: Paläo-Haupt-Einzugsgebiete des Gschliefgrabens: a. relativ ältere Phase mit einem Materialanteil von Flysch>Helvetikum>Kalkalpin; b. relativ jüngere Phase mit einem Materialanteil von Helvetikum>Kalkalpin>Flysch; vertikale Ableger der KLT-Störung im Kalkalpin in roter Farbe; rotes Quadrat markiert jenen Bereich, in dem die Einschnittsgeschwindigkeit des Kaltenbachs geringer ist als die des „neo-tektonischen“ Lateral- und Vertikal-Versatzes bzw. Bewegungen der aktiven Bergzerreibungen (Daurer & Schäffer 1983). Basis: ALS-Daten der WLW (Sektion Linz).



So findet sich etwa direkt an der Grenze beider Ablagerungsbereiche (orographisch linker bzw. rechter Schuttkegel) ein, den Gschliefbach südlich begleitender 2-gliedriger Wall (Abb. 3), der zumindest rein oberflächlich große (bis zu 8m Durchmesser) Blöcke einer Hangschuttbrekzie mit sich führt. Dabei handelt es sich vermutlich um Relikte des großen katastrophalen Erdstroms von 1660, der das „Harschen-Gut“ im Traunsee verschwinden ließ.

Diese zuletzt genannten Umstände sind für die Interpretation seismischer Profile über den rezenten Schuttkegel von großer Bedeutung. Zudem ist aus der Sicht des Quartärgeologen mit einer extremen Übersteilung des spät- und nacheiszeitlichen Traunsee-Ostufers nach dem Rückgang des Östlichen Traungletschers zu rechnen (van Husen, 1977) und so muss bereits aus paläogeographischer Sicht mit einer extrem großen Mächtigkeit des Schuttkegels gerechnet werden. Hinweise auf die Tiefenlage des Anstehenden gibt es bisher nur in einigen Indizien aus den Ergebnissen der Reflexionsseismik.

#### **4. Zur Methodik der geologischen Interpretation der seismischen Messkampagne 2004**

Ogleich sich mithilfe der Ergebnisse der Geländekartierungen und der Seismik wertvolle Hinweise auf die laterale Erstreckung einzelner Horizonte im Schuttkegel ableiten lassen, ist es schwierig, nur aus diesen Daten alleine Erkenntnisse über die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Sedimente im Schuttkegel des Gschlieffgraben-Rutschgebietes abzuleiten.

Zur Analyse und Interpretation der Ergebnisse der Seismik standen deshalb neben der geologischen Karte des gesamten Gschlieffgrabens und der morphostratigraphischen Kartierung seines Schuttkegels auch Tiefenaufschlüsse zur Verfügung, die sich im Zuge der Sanierungsarbeiten der Jahre 2007-2010 laufend verbesserten. Bis zum Jahre 2007 war nur einer dieser Aufschlüsse, die im Jahre 1979 von der WLV abgeteufte Kernbohrung JB 1 (benannt nach DI der WLV, Herrn Dr. Manfred Jedlitschka), verfügbar. Im Zuge der geologischen Erkundungsarbeiten für die Sanierung der Großrutschung 2007-2008 kamen noch weitere Aufschlüsse hinzu: die Schlagbohrung HB 1, die eine Endteufe von –170m unter GOK erreichte, sowie die, aufgrund ihrer geringen Endteufen weniger aussagekräftigen Kernbohrungen KB1, KB2 und KB4 (zur Lage dieser Bohrungen siehe Abb. 3).

Speziell was die geologische Interpretation des Grabenlängsprofils GS0402 betrifft, stellt die Bohrung JB 1 eine wertvolle Hilfe dar, da sie ganz in der Nähe des Profils bei GB 210 abgeteuft wurde; ähnliches gilt für das Profil GS04R1 und die KB 4 (siehe unten).

In Abbildung 5 sind nun die Profile der Sedimentfolgen aller dieser Bohrungen schematisch zusammen gefasst. Schon auf den ersten Blick wird der heterogene Aufbau des Schuttkegels und die damit verbundenen Schwierigkeiten einer räumlichen Interpretation bestätigt – kein Profil gleicht auch nur in Ansätzen dem anderen<sup>2</sup>.

Allerdings lässt sich der Sedimentinhalt jener Bohrungen, die nördlich des Gschliefbaches abgeteuft wurden (HB 1, KB 4), schon alleine vom Stoffbestand, von den Korngrößen und vom Wassergehalt deutlich von jenen dreien unterscheiden, die südlich davon liegen (KB1, KB2 und JB 1). Deren wesentlich höherer Grad an Konsolidierung bzw. Gehalt an grobblockigen, kalkalpinen Komponenten lässt sich auch aus der wesentlich geringeren Endteufe und dem geringen Bohrfortschritt während der Arbeiten (Autor J.T. Weidinger war persönlich dabei anwesend!) dokumentieren.

---

<sup>2</sup> Ein gewisser Unsicherheitsfaktor ist auch dadurch gegeben, dass sich zum Einen die Aufnahmetechnik eines Bohrkerns im Laufe der Jahrzehnte verändert hat und dass unterschiedliche Bohrprofile von verschiedenen Fachleuten und mit nicht identischem fachlichen Ansatz und Hintergrund aufgenommen wurden.

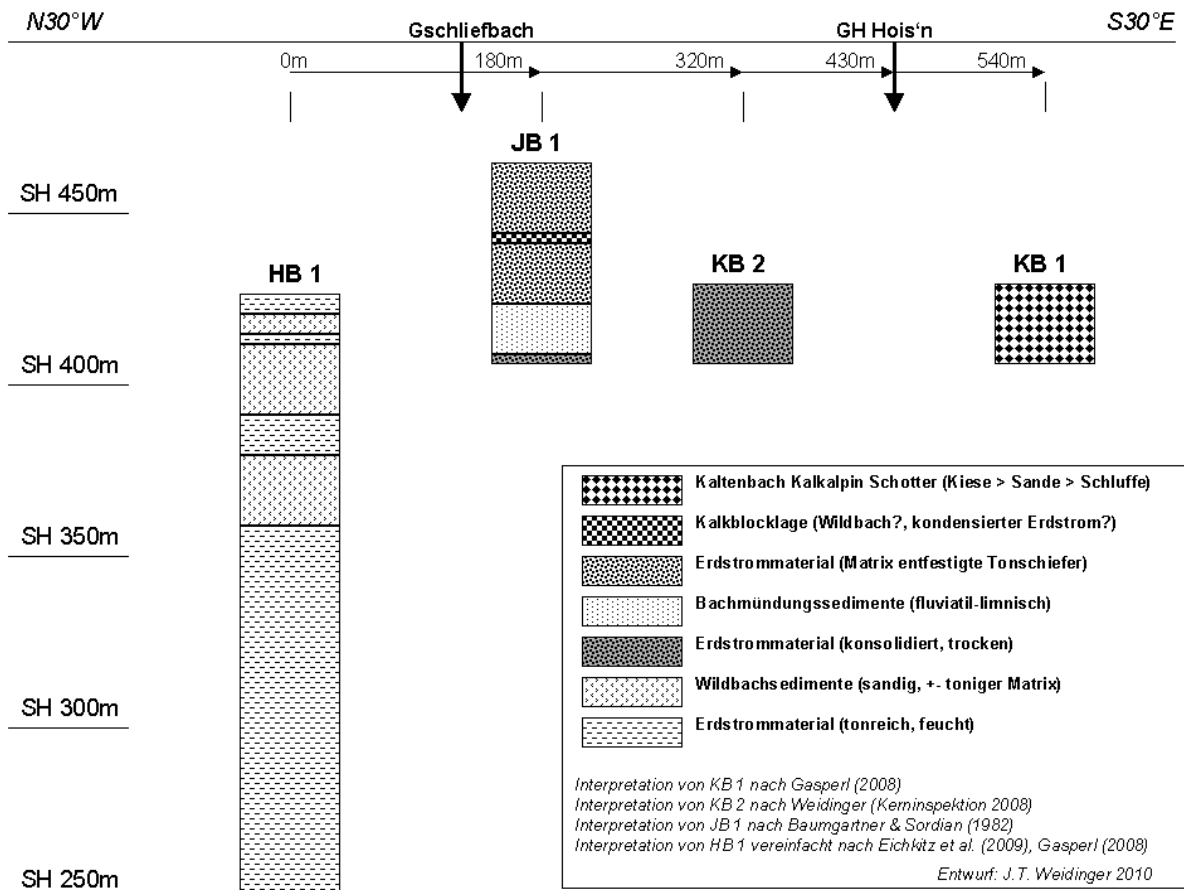


Abb. 5: Tiefenaufschlüsse in Form von Bohrprofilen im Bereich des Gschliefbach-Schuttkegels zur „Eichung“ bzw. „Kalibrierung“ und detaillierten Interpretation seismischer Messungen.

## 5. Ergebnisse der seismischen Messkampagne 2004

Es wurden zwei refraktionsseismische Profile (GS04R1, GS04R2) und zwei reflexionsseismische Profile (GS0401, GS0402) gemessen (Abb. 3, 6), wobei der Einfluss der Topographie und der regionalen Lagerungsverhältnisse nach Möglichkeit Berücksichtigung finden sollten.

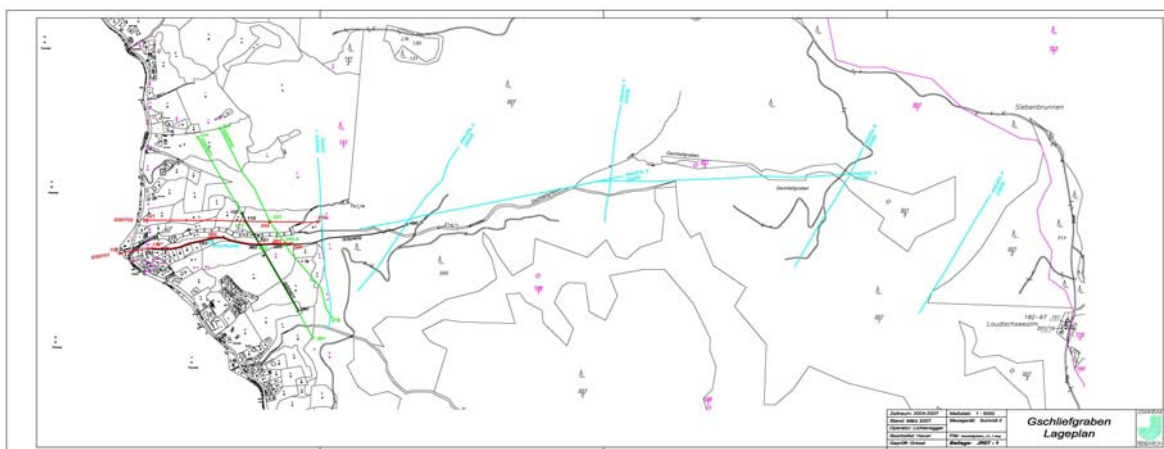
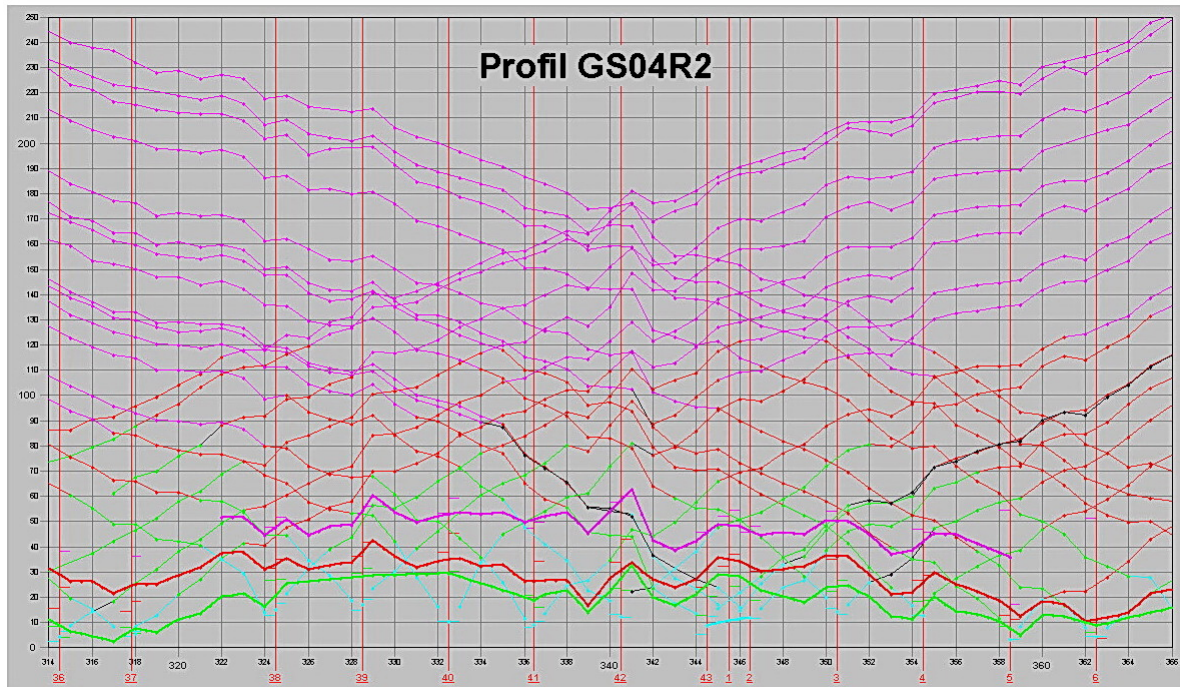


Abb. 6: Lageplan der refraktionsseismischen und reflexionsseismischen Profile von 2004-2007

Eine erste Analyse der refraktionsseismischen Laufzeitkurven im Messgebiet gestattete bereits eine wichtige methodische Aussage: es waren im Untergrund repräsentative Horizonte ausgebildet, deren Geschwindigkeit und Detailstruktur durch die Mehrfachüberdeckung und den kurzen Geophonabstand mit genügender Genauigkeit erfasst werden konnten (Abb. 7). Die refraktionsseismischen Geschwindigkeits- und Lagerungsverhältnisse sollen im Akkumulationsgebiet an Hand der Parallelprofile GS04R1, GS04R2 und des im und nahe dem Graben verlaufenden Profils GS0402 demonstriert werden.



Laufzeitkurven, R. Morawetz, Stand 2004

Abb. 7: Refraktionsseismische Laufzeitkurven (Ausschnitt aus Profil GS04R2);  
x-Achse: CDP, y-Achse: Zeit in msec

### 5. 1. Ergebnisse der Seismik des Grabenprofils GS0402

Beim Vergleich aller drei Messprofile ist unschwer zu erkennen, dass bei GS0402, also im Grabenbereich weniger variierende Geschwindigkeiten und einfachere Lagerungsverhältnisse als bei den mehr in N-S-Richtung verlaufenden Profilen herrschen; dies steht in direktem Zusammenhang mit dem unter Punkt 3 genannten lithologisch unterschiedlichen Aufbau des Schuttkegels auf dessen Nord- bzw. Südhälfte. Das Messprofil GS0402 liegt mehr oder weniger an der Grenze dieser Bereiche.

Auf diesem Profil hat der  $V_1$ -Horizont auf Grund seiner Zusammensetzung aus unverfestigten Lockersedimenten nur niedrige Geschwindigkeiten um 360 m/s und geringe Mächtigkeiten um 3 m (Abb. 8).

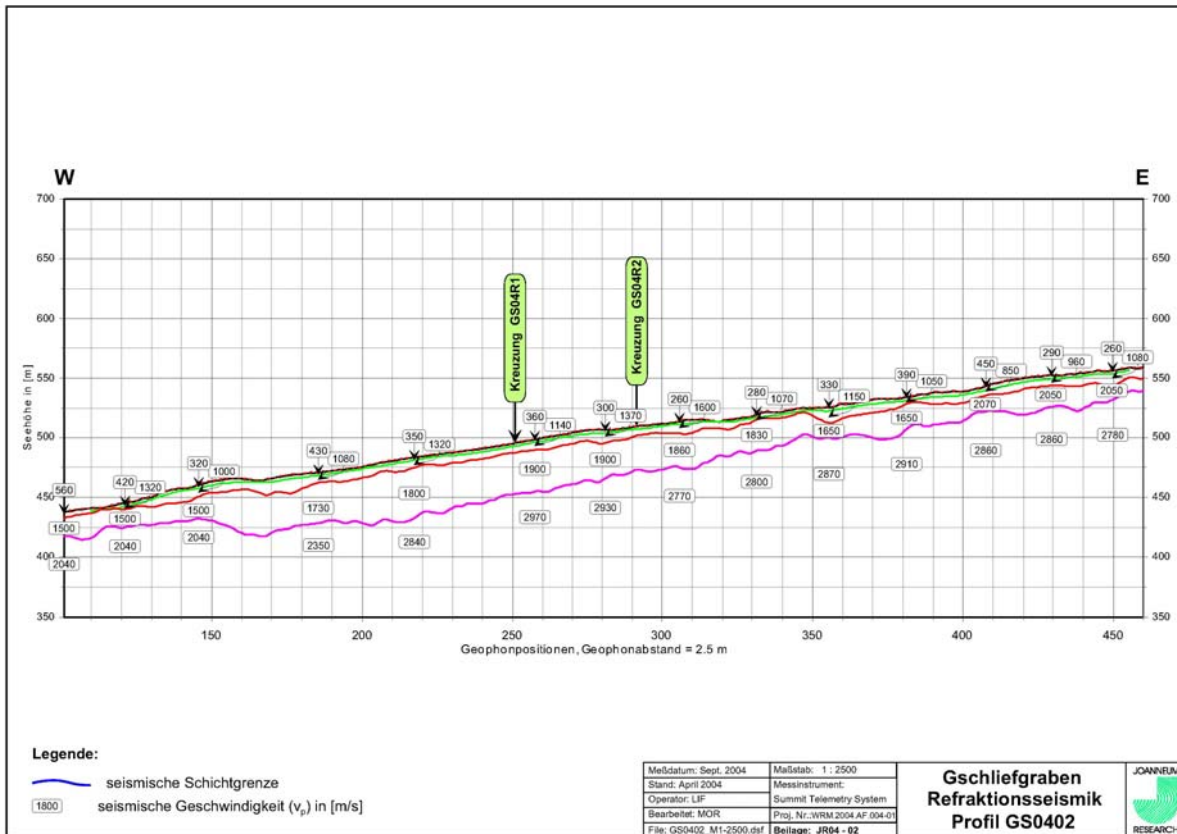


Abb. 8: Refraktionsseismisches Tiefenprofil GS0402 mit Schichtgeschwindigkeiten

Der  $V_2$ -Horizont mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit um 1150 m/s liegt noch unter dem Wert für wassergesättigte Gesteine. Allerdings sind lokal, so bei GP 300, Bereiche mit höheren Geschwindigkeiten bis 1600 m/s eingeschaltet. Der  $V_2$ -Horizont übersteigt kaum eine Mächtigkeit von 10m.

Der  $V_3$ -Horizont weist im zentralen Bereich Werte von 1800-1900 m/s auf, wobei die Geschwindigkeiten gegen den Mündungsbereich am Traunsee bis auf 1500 m/s abnehmen, während grabenaufwärts stärkere Variationen von 1650 m/s-2050 m/s auftreten (wiederum könnte es sich um Einschaltungen großer Brekzienblöcke handeln). Die Mächtigkeiten des  $V_3$ -Refraktors bewegen sich im Abschnitt zwischen den Querprofilen um 30 m.

Der  $V_4$ -Horizont zeigt im östlichen Teil zwischen GP 218-460 wenig schwankende Geschwindigkeitswerte um 2870 m/s und lässt ein ziemlich gleichmäßiges Einfallen gegen Westen erkennen. Im westlichen Abschnitt gegen das Seeufer zu herrscht eine flachwellige Lagerung im Bereich von 417-430 m SH. Bemerkenswert ist auch, dass die Geschwindigkeiten auf niedrige Werte von 2040 m/s abnehmen. Auch kommt es insgesamt zu einer Verflachung des Einfallens dieses Horizonts.

## 5. 2. Zur geologischen Interpretation des Grabenprofils GS0402

Die Kernbohrung JB 1 unmittelbar neben dem Messprofil, die im Jahre 1979 abgeteuft und von Baumgartner & Sordian (1982) bearbeitet wurde, dient hier gewissermaßen zur Kalibrierung der seismischen Messungen, weshalb besonders darauf hingewiesen werden soll (Abb. 9).



Beim  $V_1$ -Horizont handelt es sich demnach ganz eindeutig um rezent verwaschenes oder umgelagertes Erdstrommaterial vermischt mit Wildbachschuttlagen aus dem 20. Jahrhundert. Der  $V_2$ -Horizont liegt größtenteils in dem an der Oberfläche auskartierten Erdstrombereich von 1660. Es könnte sich also um die mit Grobkies durchsetzten obersten 10m dieses Erdstromsystems handeln. Die Geschwindigkeitsvariationen des  $V_2$ -Horizonts dürften vom Anteil an Grobklastika beeinflusst sein. Lokal höhere Geschwindigkeiten könnten auf große Blöcke der Älteren Quartären Hangschuttbrekzie aus dem Gebiet des Hochkampriedels hindeuten, die für dieses Erdstromsystem typisch sind.

Der  $V_3$ -Horizont dokumentiert wahrscheinlich wesentlich besser konsolidierte, ca. 30m mächtige Ablagerungen eines Erdstromsystems, das vermutlich älter als jenes vom Hois'n ist. Die Abnahme der Geschwindigkeiten in diesem Horizont in Richtung Traunsee-Ostufer hin könnte auf eine „Verdünnung“ des Erdstrommaterials durch Auswaschung zurückzuführen sein.

Die obersten ca. 15m des Traunsee-nahen  $V_4$ -Horizonts werden in der JB 1-Bohrung durch eine Wechsellagerung von kiesig, schluffig, sandigen Bachmündungs- und Seesedimenten repräsentiert; dieses „Paläo-Traunsee-Ostufer“ könnte auch der Grund für die Verflachung des Einfallens in der Seismik sein.

Bis zur Endteufe der JB 1 Bohrung von -61m unter GOK liegt dann ein durch toniges Bindemittel fest kompakterter und konsolidierter Erdstrom am Schuttkegel vor; dieser könnte für die höheren Geschwindigkeiten (um 2000m/s) verantwortlich sein und mit dem nachgewiesenen, relativ „ältesten“ Erdstromsystem korrelieren. Bergwärts nehmen die Geschwindigkeiten zu und gehen gegen 3000m/s, was mit einiger Vorsicht zumindest als angewitterter, aber anstehender Buntmergel bezeichnet werden könnte.

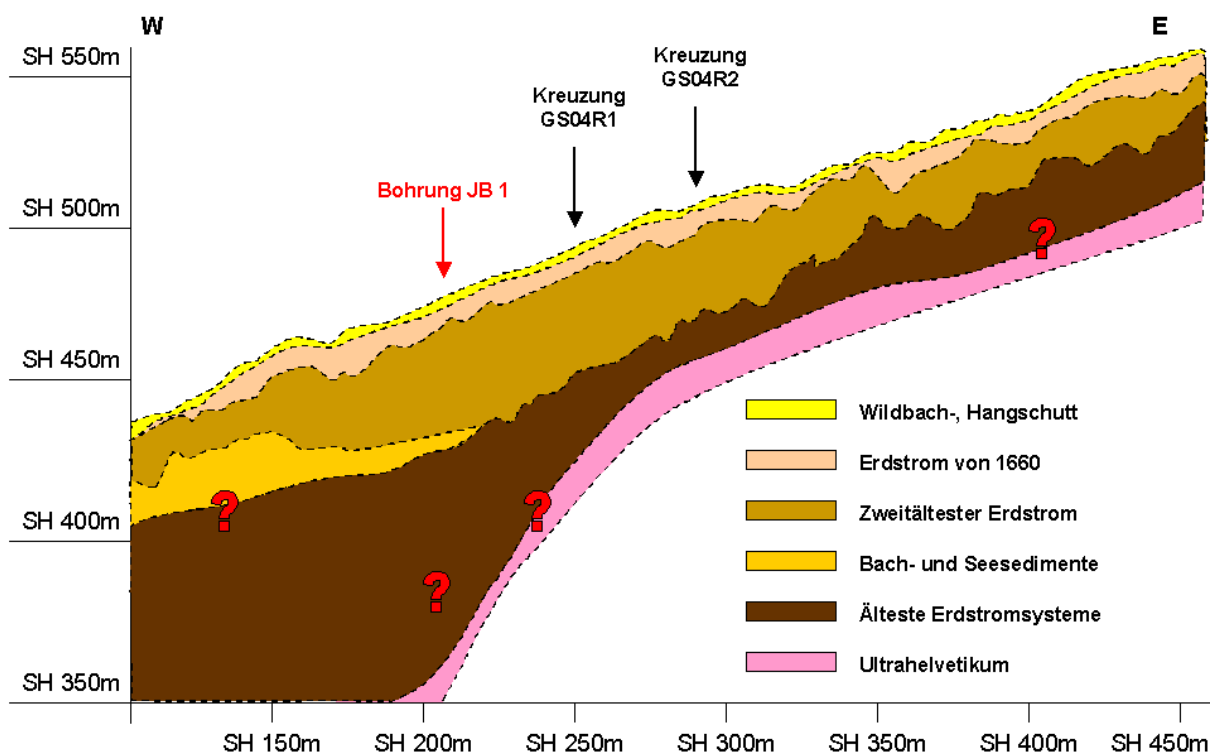


Abb. 9: Geologische Interpretation des refraktionsseismisches Tiefenprofils GS0402 (im Vergleich zum Originalprofil in Abb. 8 ca. 2,5fach überhöht)



### 5. 3. Ergebnisse der Seismik der Querprofile GS04R1 GS04R2

Das Profil GS04R1 unterscheidet sich geschwindigkeits- und strukturmäßig deutlich vom Grabenprofil (Abb. 10). Es liegt nämlich ein refraktionsseismischer 5-Schichtfall vor, wobei sich über dem Festgesteinsast ein Horizont mit  $V_4=2360$  m/s einschaltet.

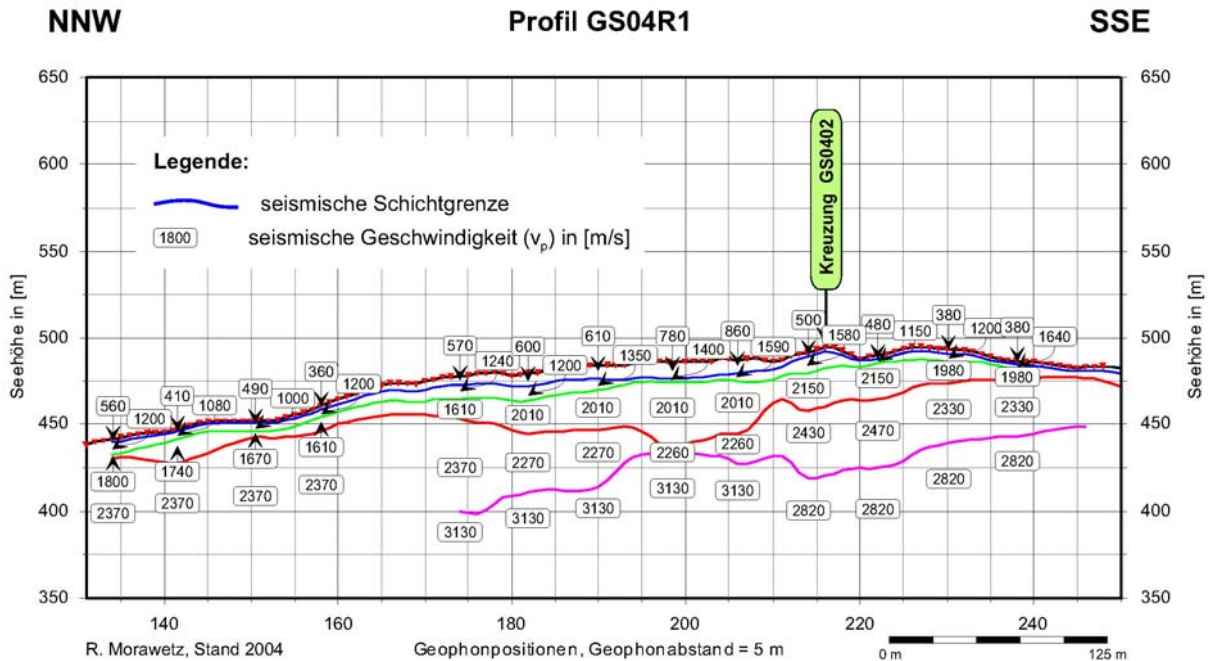


Abb. 10: Refraktionsseismisches Tiefenprofil GS04R1

Der  $V_1$ -Horizont erreicht nördlich vom Gschlifgraben mit einem Wert von 10 m seine größte Mächtigkeit und variiert mit Geschwindigkeiten von 360-860 m/s beträchtlich.

Der  $V_2$ -Horizont dürfte geschwindigkeitsmäßig deutliche Unterschiede zwischen den Erdströmen von 1660 (der trennende Wall zwischen N- und S-Bereich im zentralen Bereich entlang des Gschlifbaches) und dem älteren Erdstromsystems („Hois'n“) zeigen; ersterer scheint höhere Geschwindigkeiten von ca. 1500 m/s zu besitzen gegenüber Werten von ca. 1200 m/s beim „Hois'n“.

Der  $V_3$ -Refraktor unterscheidet sich mit Geschwindigkeiten von 2000-2100 m/s deutlich vom entsprechenden Horizont im Graben und weiters auch durch das bedeutende Relief der Unterkante des Refraktors. Nach Norden gegen den GH Ramsau und nach Süden gegen den Kaltenbach zu nehmen die Mächtigkeiten des  $V_3$ -Refraktors stark ab, so dass sich an der Oberkante des  $V_4$ -Horizonts jeweils eine breite Aufwölbung ausbildet.

Dieser  $V_4$ -Horizont hat Durchschnittsgeschwindigkeiten von 2350 m/s, was für feste, unverwitterte Buntmergel zu niedrig ist.

Der  $V_5$ -Horizont ist nördlich vom Gschlifgraben durch Geschwindigkeiten von 3130 m/s charakterisiert, während südlich vom Graben eher konstante Werte von 2820 m/s auftreten.

Gewisse Trends hinsichtlich der lateralen Geschwindigkeitsänderungen lassen sich mit einiger Sicherheit nur im tieferen Bereich erkennen, was insofern bemerkenswert ist, da die beiden Profile GS04R1 und GS04R2 im Abstand von nur 70-80 m nahezu parallel verlaufen. Die Grenze im präquartären Untergrund mit den höheren Geschwindigkeiten im Norden (3130 m/s bzw. 3290 m/s) dürfte ca. ENE-WSW streichen. Der über dem Untergrundrefraktor liegende Bereich zeigt ca. 30 m nördlich des Gschlifgrabens eine W-E streichende

Geschwindigkeitsänderung an; nördlich davon sind in den entsprechenden Refraktoren, die vermutlich verfestigten Rutschmassen entsprechen (siehe unten), Geschwindigkeiten von 2240 m/s ausgebildet, südlich davon wurden Werte von 2400 m/s ermittelt. Im Tiefenbereich von 20-30 m ist eine geschwindigkeitsmäßige Zuordnung der ausgewiesenen Horizonte praktisch nicht möglich, wobei auch auf den Übergang vom 5-Schicht- auf den 4-Schichtfall von GS04R1 nach Osten zu hinzuweisen ist. Generell dürften in diesem Tiefenbereich die Geschwindigkeiten von W nach E um ca. 200 m/s zunehmen. In der unmittelbaren Umgebung des Grabens scheinen die Geschwindigkeiten mit Werten von 1900 m/s besser zum östlichen Profil zu passen. Bemerkenswert ist die allgemein größere Mächtigkeit des  $V_1$ -Horizontes beim Profil GS04R2. Interessant sind auch die unterschiedlichen Lagerungsverhältnisse. Während auf Profil GS04R1 das Paket ( $V_1+V_2+V_3$ )-Horizonte gegen NW konvergiert, fällt der  $V_2$ -Refraktor von Profil GS04R2 regional nach NNW ein, wobei seine Mächtigkeit auf mehr als 45 m zunimmt (Abb. 11). Die Geschwindigkeit von 2240 m/s im NW-Teil des Profils führt zum Schluss, dass dieser Horizont geschwindigkeitsmäßig eher mit dem  $V_2$ -Horizont von Profil GS04R1 zu korrelieren ist.

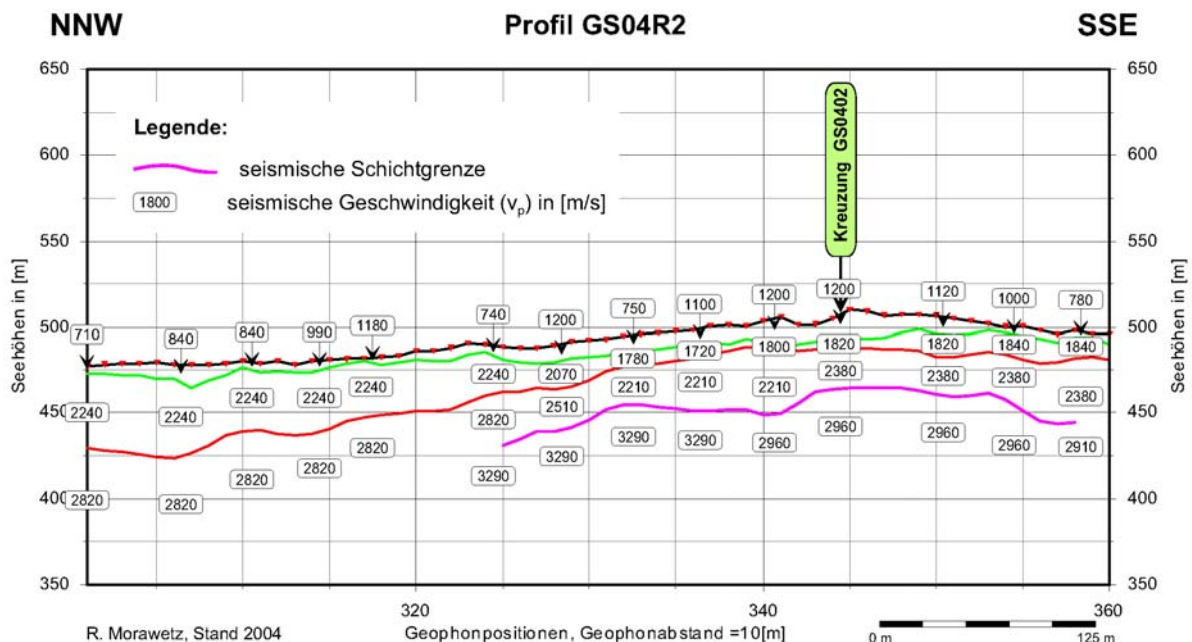


Abb. 11: Refraktionsseismisches Tiefenprofil GS04R2

Die reflexionsseismischen Profile GS0401 und GS0402 sollen unter anderem eine Aussage über zwei wichtige Fragen ermöglichen: nämlich, ob genügend Reflexionen im Bereich der mächtigen Rutschmassen ausgebildet sind und ob es möglich ist, reflexionsseismisch vor allem den prätertiären Untergrund zu erfassen und über längere Strecken zu korrelieren. Die Datenqualität ist auf dem Grabenprofil besser als auf dem mehr in Richtung des Schichteinfallens verlaufenden Profil GS0401, weshalb ersteres repräsentativ erscheint und im folgenden näher besprochen werden soll (Abb. 12).

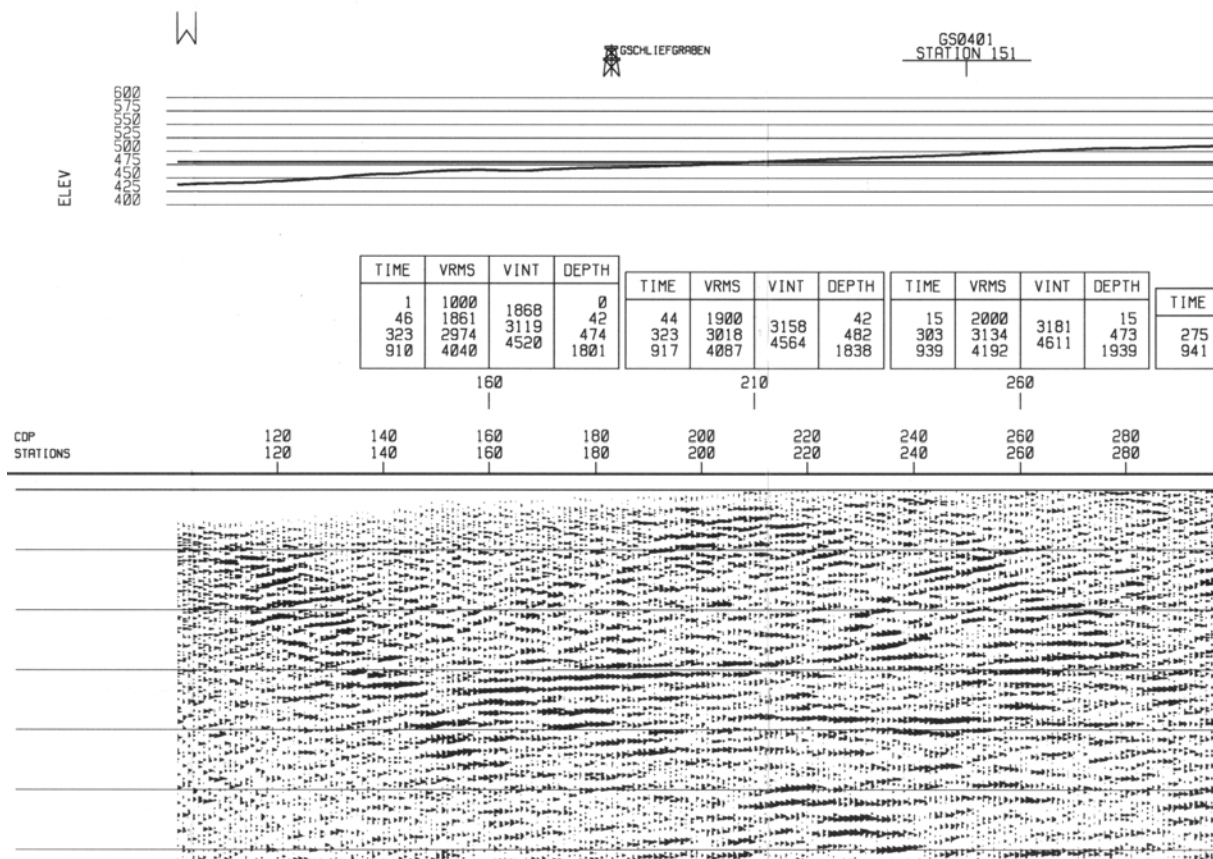


Abb. 12: Refraktionsseismisches Zeitprofil GS0402

Das Processing der Daten, ausgeführt von H. Graßl, war mit erheblichen Schwierigkeiten konfrontiert. Die Frage nach der Lage der Quartärbasis konnte nicht endgültig geklärt werden. Es hat den Anschein, dass diese kein durchgehender Leithorizont ist. Ein auf Profil GS0402 über größere Strecken im Laufzeitbereich von 0,29-0,30 s verlaufender Horizont ist schon auf Grund seiner Tiefenlage von ca. 400 m mit großer Wahrscheinlichkeit dem präquartären Untergrund (Flysch, Helvetikum; siehe unten) zuzuordnen. Lokal treten Reflexionsbänder mit kräftiger Amplitude gehäuft im Zeitbereich von 0,10-0,22 s zwischen CDP 115-130 auf, die generell gegen Westen mäßig steil einfallen. Auch zwischen CDP 190-220 treten solche Elemente mit Reflexionszeiten bis 0,10 s auf. Weiter östlich dominieren solche W-fallende Reflektoren den Zeitbereich bis 0,27 s, wobei sich lokal auch „down-lap-Strukturen“ abzeichnen.

Auf Profil GS0401 sind vor allem im oberen Tiefenbereich Reflexionselemente kürzerer Längserstreckung zwischen 0,04-0,20 s ersichtlich, die vorwiegend nach Süden einfallen. Ein südlich des Gschlifgrabens bei 0,3 s (etwa 420 m Tiefe unter Bezugsniveau) auftretender Horizont besserer Reflexionsqualität ist sicher aus dem Untergrund herrührend. Hinweise auf Brüche und Störungen sind zwar vorhanden, aber zu wenig abgesichert. Um diese zu verifizieren und deren Orientierung festzulegen, wäre ein dichteres Messnetz erforderlich.

## 5. 4. Zur vorläufigen geologischen Interpretation der Querprofile GS04R1 und GS04R2

Obwohl das refraktionsseismische Messnetz noch weitmaschig war und somit auch das Datenmaterial noch Unklarheiten enthält, wurde versucht, im Verlauf des Profils GS04R1 die aus der Datenlage des Jahres 2004 gewonnenen Erkenntnisse über die räumliche Verteilung von Erdstrom- und Wildbachsedimenten sowie anstehenden Gesteinen in einem vorläufigen geologischen Profil darzustellen (Abb. 13).

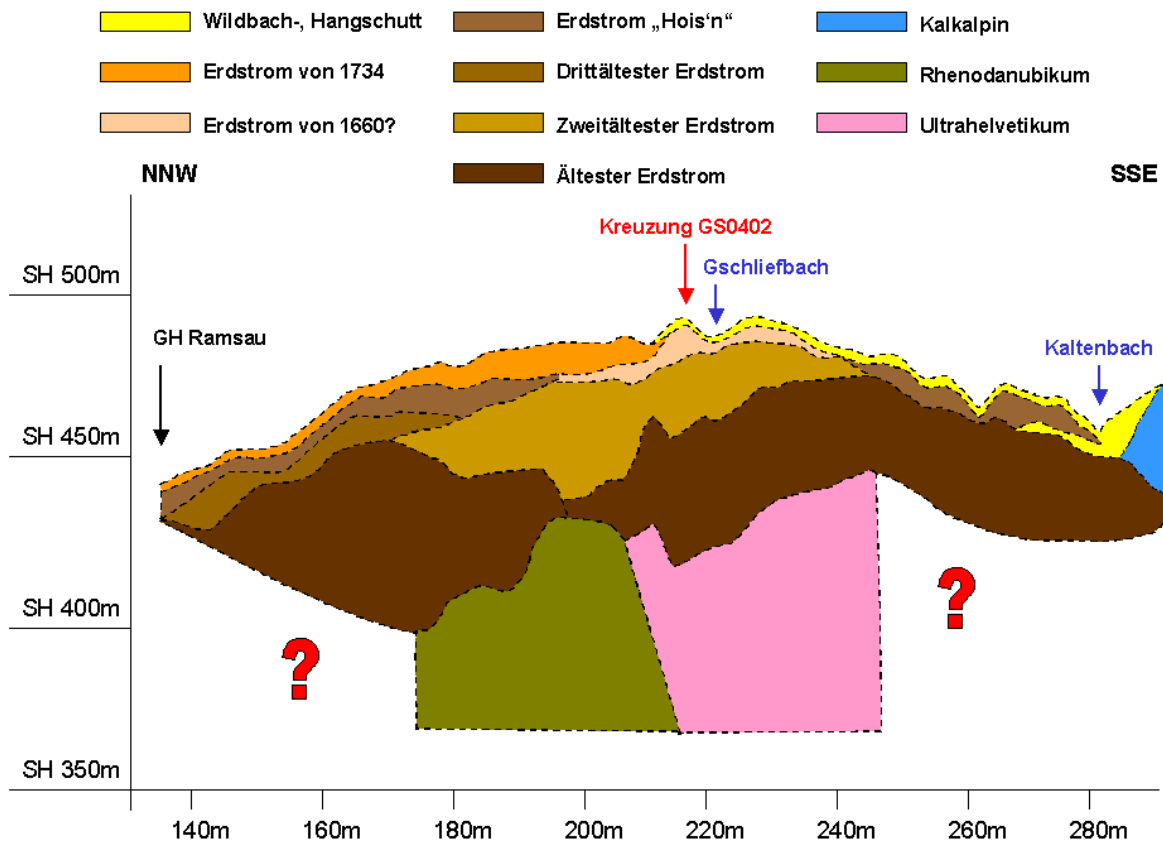


Abb. 13: Geologische Interpretation des refraktionsseismisches Tiefenprofils GS04R1 (im Vergleich zum Originalprofil in Abb. 10 ca. 2,5fach überhöht)

Bereits auf den ersten Blick wird daraus ersichtlich, dass der orographisch linke (der auf dem Profil rechte, südliche) Bereich des Schuttkegels aus älteren und auch mehr konsolidierten Ablagerungen aufgebaut sein muss als sein Gegenstück im Norden. Damit wird auch die in den Abbildungen 4a und 4b diskutierte Idee von den unterschiedlichen Einzugsgebieten bestätigt. Für die Stabilität des Schuttkegels in Bezug auf Kriechbewegungen jeglicher Art könnte dieser Umstand entscheidende Auswirkungen haben.

Da es sich beim V<sub>1</sub>-Horizont im Messprofil von GS04R1 nördlich des Gschliefbaches um verschwemmtes Erdstrommaterial und lockeren Wildbachschutt handelt (siehe auch die alten Abflüsse in Abb. 3) ist es nicht verwunderlich, dass dieser Horizont, je nach der Mächtigkeit und der Breite des jeweiligen (Paläo-)Abflusssystemes deutlichen Schwankungen ausgesetzt ist.

Die große Menge an Brekzienblöcken in den Ablagerungen des Erdstroms von 1660 (der trennende Wall zwischen N- und S-Bereich im zentralen Bereich entlang des Gschliefbaches), dessen Oberfläche dadurch einer Bergsturz-Landschaft ähnelt, bedingt wohl die höheren

seismischen Geschwindigkeiten im  $V_2$ -Horizont gegenüber jenem stark konsolidierten Material des relativ älteren Erdstromsystems „Hois'n“.

Im Norden des Schuttkegels pendeln sich die Geschwindigkeiten im  $V_2$ -Horizont um die 1200m/s ein, was mit dem Erdstromsystem von 1734 korreliert wurde.

Beim  $V_3$ -Horizont könnte es sich um ein älteres, an der Geländeoberfläche nicht ersichtliches Erdstromsystem (sowie ein im N, lateral assoziiertes) handeln, das ca. bei Profilmeter 200 eine alte Grabenstruktur des „Paläo-Gschlifgrabens“ aufgefüllt haben könnte, wodurch der unterlagernde  $V_4$ -Horizont die genannten Aufwölbungen nach N und S zeigt. Auch bei ihm wird es sich wohl um ein wiederum relativ älteres Erdstromsystem handeln.

Beide Geschwindigkeiten des  $V_5$ -Horizonts deuten mit großer Sicherheit auf den präquartären Untergrund hin, wobei im Norden eher Flysch, im Süden eher Gesteine des Helvetikums anstehen dürften. Dies deckt sich soweit auch mit der Aufnahme der Kernbohrung KB 4, die während der Großrutschung 2008 abgeteuft wurde, in der Endteufe von -35m unter GOK noch immer nicht das Anstehende erreicht hatte und in 25m Teufe von den Bewegungen abgeschert wurde (freundl. mündl. Mitteilung durch DI Michael Schiffer von der WLV).

Auch südlich des Kaltenbachgrabens ist es gesichert, dass tektonische Schollen der Kalkalpinen Randschuppe den Untergrund aufbauen.

Zusammenfassend und ergänzend können folgende Mächtigkeits- und Strukturverhältnisse am Schuttkegel des Gschlifgrabens skizziert werden (Abb. 14 und Abb. 15).

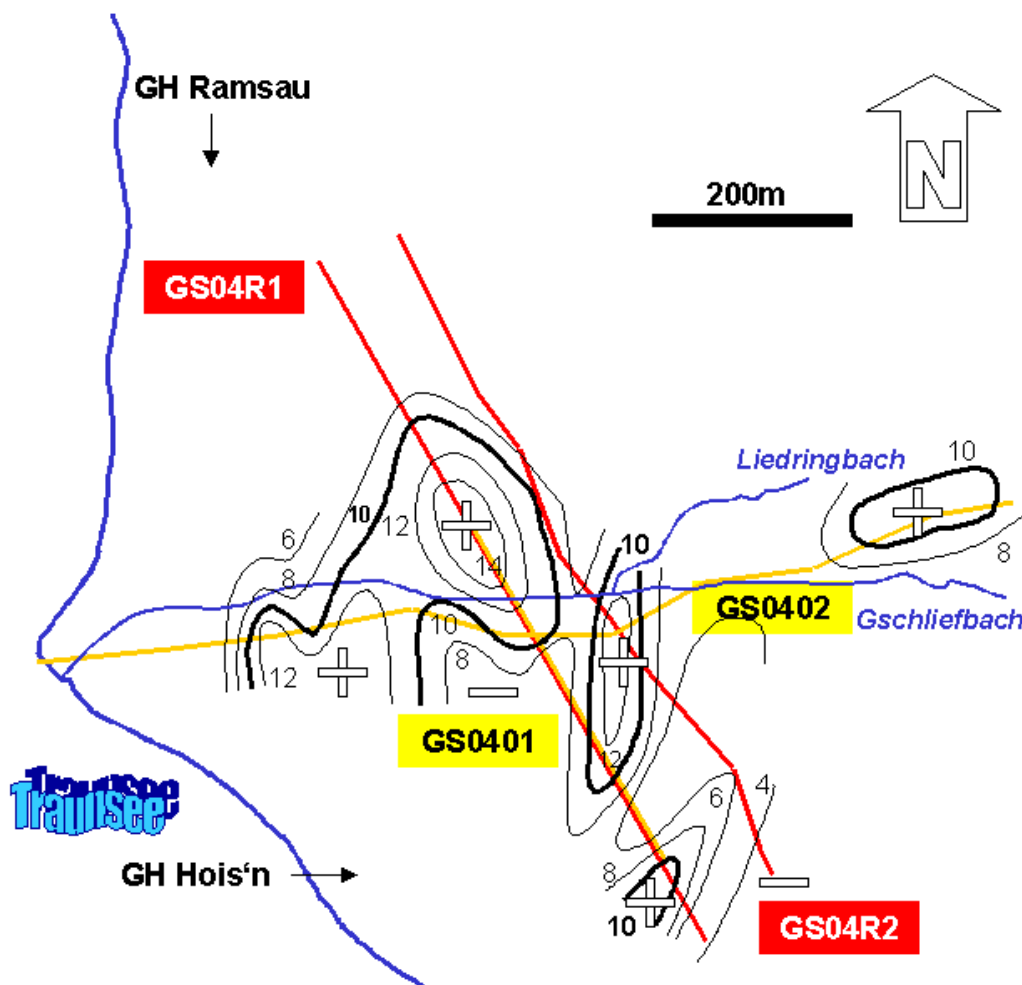


Abb. 14: Mächtigkeitskarte des VI bzw. VI+V2 Horizontes; Angaben in Meter  
(Stand: Oktober 2004, F. Weber)



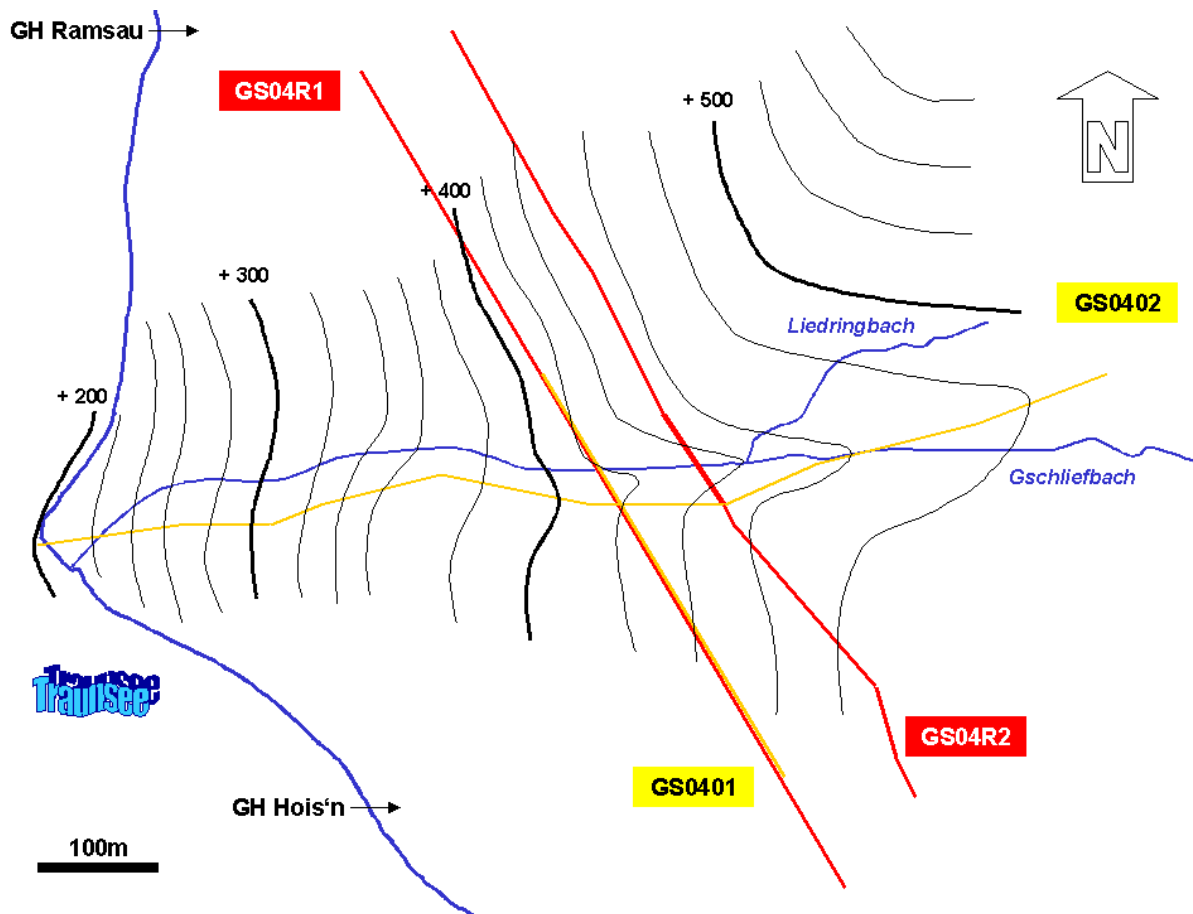


Abb. 15: Strukturkarte der Oberkante des unverwitterten Anstehenden („hardrock“);  
Angaben in Metern Meereshöhe  
(Stand: Mai 2007, ergänzt Februar 2008, F. Weber)

### 5.5. Die reflexionsseismischen Messungen im Jahre 2004

Von Beginn der reflexionsseismischen Messkampagne waren berechtigte Zweifel vorhanden, ob diese Methode unter den gegebenen Voraussetzungen sinnvoll zur Lösung der anstehenden Probleme angewendet werden kann.

- 1) Für eine sichere Geschwindigkeitsanalyse war das Datenmaterial im Zeitbereich der Massenbewegungen qualitativ unbefriedigend, so dass die angegebenen RMS- und Intervallgeschwindigkeiten mit entsprechender Vorsicht zu betrachten sind. Bei den ersten Versuchen zu einer Tiefenumrechnung wurde daher auch auf die Durchschnittsgeschwindigkeiten der Refraktionsseismik zurückgegriffen.
- 2) Die geologische Interpretation der Reflexionselemente ist ohne Anschluss an Bohrungen in hohem Maße spekulativ; ziemlich sicher dürften sich die Reflexionen in den älteren Erströmen befinden und möglicherweise auf grobklastische Einschaltungen hinweisen.

## 6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Messkampagne 2004

Die wichtigsten Ergebnisse der Übersichtsmessungen aus dem Jahre 2004 können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- i) Im Gebiet der Massenbewegungen sind seismische Horizonte mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ausgebildet, die die Anwendung konventioneller refraktionsseismischer Auswertungsverfahren zur Bestimmung der Geschwindigkeiten und der Lagerungsverhältnisse gestatten.
- ii) Im Akkumulationsgebiet der Rutschmassen ist von einem seismischen 5-Schichtfall auszugehen, wobei stärkere laterale Änderungen stattfinden. Es ist durchgehend eine oberflächennahe Verwitterungsschicht ( $V_1$ -Horizont) ausgebildet, bestehend aus den jüngsten, ausgewaschenen oder verschwemmten Erdstrommassen und jungen, trockenen Alluvionen (Wildbachschotter), in denen die Geschwindigkeiten bis auf ca. 350 m/s abnehmen können.
- iii) Zur Erfassung der oftmals komplexen Lagerungs- und Geschwindigkeitsverhältnisse ist die Methode der Mehrfachüberdeckung unerlässlich, wobei unter den gegebenen Geländebedingungen die praktische Eindringtiefe der Refraktionsseismik bei ca. 60-80 m liegt.
- iv) Die Geschwindigkeiten der unverwitterten Buntmergel liegen in situ im Bereich von 2700-2800 m/s und könnten sich mit den Werten von verfestigten älteren Rutschmassen oder grobklastischen Sedimenten überschneiden.
- v) Die reflexionsseismischen Messungen sollten im Hinblick auf Reflexionsqualität und Auflösungsvermögen mit mindestens 60facher Überdeckung durchgeführt werden, wobei Schusspunktabstände kleiner als 20m und Geophongruppenabstände unter 5m zu empfehlen sind.
- vi) Mangels eines durchgehenden reflexionsseismischen Leithorizonts an der Quartärbasis wurde versucht, diese durch indirekte Kriterien größenordnungsmäßig zu erfassen. Unter Annäherung eines Anstiegs der Quartärbasis gegen den Uferbereich und einer RMS-Geschwindigkeit von 2800m/s könnte sich für den interpretierten Reflektor eine Tiefe von 220m ergeben, und zwar am Westende des Profils. Die Reflexionen aus dem Beckenuntergrund scheinen durch teilweise größere Längserstreckung, ebenere Ausbildung der Reflexionselemente, größere Reflexionsamplitude und mehr konstantes regionales Einfallen gekennzeichnet zu sein. Die Reflexionen aus den Rutschmassen haben vielfach eine unebene Ausbildung, kurze Längserstreckung und variable, meist schwache Amplituden. Es bedarf unbedingt weiterer Profile, um die Möglichkeiten und Chancen einer seismofaziellen Analyse beurteilen zu können.
- vii) Wegen der ungenügenden Geschwindigkeitsdaten wurde noch von der Umrechnung der Zeitprofile in Tiefenprofile Abstand genommen. Die refraktionsseismischen Daten zeigen beachtliche laterale Geschwindigkeitsänderungen an, die auf eine Geschwindigkeitsanisotropie zurückzuführen sein könnten. Die beim reflexionsseismischen Prozessing ermittelten Geschwindigkeiten sind wegen der Kürze der Profile mit Unsicherheiten behaftet. Geschwindigkeitsmessungen in Bohrungen wären daher für die seismische Interpretation von großem Erkenntniswert (Soniclog, Aufzeitschießen).
- viii) Vorläufig konnten zu den an der Geländeoberfläche auskartierten, vier unterschiedlich alten Erdströmen noch drei weitere, relativ ältere Erdstromsysteme am Schuttkegel des Gschlifgraben erfasst werden.

## Danksagung

Gedankt sei Herrn Prof. Dipl. Ing. Dr. Dr. h. c. F. Ziegler (ÖAW), Mag. Dr. H. Grassl, Ing. R. Morawetz and Prof. DI Dr. Ch. Schmid (Joanneum Research Leoben) für die Durchführung der seismischen Untersuchungen, den Österreichischen Bundesforsten und anderen privaten Grundbesitzern (Familien Alexa, Möslinger, Pilz, Pointl, Schallmeiner, Scharmüller und Schützingler) sowie der Wildbach- und Lawinenverbauung (DI M. Schiffer, DI Ch. Pürstinger, Dr. W. Bitterlich and DI W. Gasperl).

## Literatur

- Baumgartner, P. & Sordian, H. (1982): Zum horizontalen und vertikalen Aufbau des Erd- und Schuttströme-Kegels des Gschlifgrabens am Traunsee bei Gmunden (Oberösterreich). – Jb. Oö. Mus.-Ver. 127: 227-236.
- Daurer, A. & Schäffer, G. (Hrg.) (1983): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983. – Eigenverlag Geologische Bundesanstalt, Wien, 65pp.
- Egger, H. (1997): Das sinistrale Innsbruck-Salzburg-Amstetten-Blattverschiebungssystem: eine weiterer Beleg für die miozäne laterale Extrusion der Ostalpen. Jb. Beol. B.-A. 140/1, 47-50.
- Egger, H. (Hrg.) et al. (2007): Erläuterungen zu Blatt 66 Gmunden (Geol. Karte der Rep. Österr. 1:50.000). – Eigenverlag Geologische Bundesanstalt, Wien, 66pp.
- Egger, H. & Peresson, H. (1997): The 300km-long Innsbruck-Salzburg-Amstetten (ISAM) fault system: A major displacement line in the northern Eastern Alps. – Przeglad Geol., 10 (Pancardi 97): 1072-1073.
- Eichkitz, Ch.G., Schreilechner, M.G., Amtmann, J. & Schmid, Ch. (2009): Shallow seismic reflection study of the Gschlifgraben landslide deposition area – interpretation and three dimensional modelling. – Austrian Journal of Earth Sciences 102/2: 52-60.
- Gasperl, W. (2008): „Monitoring“ Gschlifgraben. In: Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein (Eds.), Monitoring Methods – Systems behind a safer environment, 117-123, Irdning/Styria.
- Geyer, G. (1917): Über die Querverschiebung am Traunsee. – Verh. d. k.k. geol. Reichsanstalt Wien 4 and 5: 67-102.
- Gunzel, S. & Lackner, S. (2009): Der Einfluss von Tonmineralien auf Massenbewegungen am Beispiel des Gschlifgrabens. Bakk.-Arbeit, BOKU Wien, 121pp.
- Husen, D. van (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. – Jb. Geol. B.-A. 120: 1-130.
- Jedlitschka, M. (1990): Analyse von Massenbewegungen in Verwitterungsdecken auf Flysch und Buntmergel und deren Stabilitätsverbesserung am Beispiel des Gschlifgrabens bei Gmunden. – Ph.D. Thesis, BOKU University, 158p., Vienna (unpublished).
- Jongmans, D., Garanbois, St. (2007): Geophysical investigations of landslides: a review. Bull. Soc. Geol. Fr., t.178, no 2, 101-112.
- Kröll, A., Meurers, B., Oberlercher, G., Seiberl, W., Slapansky, P., Wagner, L. & Wessely, G. (2006): Molassezone Salzburg – Oberösterreich. – Geologische Themenkarte der Republik Österreich 1 : 200.000 mit Erläuterungen, Wien.
- Linzer, H.-G., Ratschbacher, L. & Frisch, W. (1991): Strike-slip faulting in orogen parallel motions, II: Displacement transfer and accommodation at different structural levels in the late-stage history of the Alps. – Geo. Soc. Amer. Abstr. Prog., 23, A 197, Washington.

- Mauritsch, H.J., Seiberl, W., Arndt, R., Römer, A., Schneiderbauer, K., Sendlhofer, G.P. (2000): Geophysical investigations of large landslides in the Carnic region of southern Austria. – *Eng. Geol.*, 56:373-388.
- McCann, F.M. & Forster, A. (1990): Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations. *Eng. Geol.* 29: 59-78.
- Militzer, H. & Weber, F. (Hrg.) (1985): Einführung in die Angewandte Geophysik, Bd. 2. – Springer, Wien, ISBN 3-211-81797-2.
- Militzer, H & Weber, F. (Hrg.) (1987): Angewandte Geophysik, Bd. 3 (Seismik), 420 S, 239 Abb., 4 Tab., Springer Vlg./Akademie Vlg., Wien-Berlin.
- Millahn, K., Grassl, H., Hyden, W., Kerschner, F., Morawetz, R., Niesner, E., Schmid, Ch., Weber, F. & Weidinger, J.T. (2008): Geophysical research in the Gschlifgraben near Gmunden/Upper Austria featuring its mass-movement-system (in German language). – *J. Geol. B.-A.* 148/1: 117-132.
- Niesner, E. & Weidinger, J.T. (2008): Investigation of a historic and recent landslide area in Untrahelvetic sediments at the northern boundary of the Alps (Austria) by ERT measurements. – *The Leading Edge* 27/11 (Special Section: Near-surface): 1498-1509.
- Niesner, E. (2010): Surface resistivity changes and triggering influences detected by continuous geoelectric monitoring. – *The Leading Edge* (August 2010): 952-955.
- Palmer, D. (1980): An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation (GRM). – *Geophysics*, 46 (11): 1508-1518.
- Prey, S. (1983): Das Ultrahelvetikum - Fenster des Gschlifgrabens südsüdöstlich von Gmunden (Oberösterreich). – *Jb. Geol. B. A.* 126: 95 -127.
- Prey, S. (1984): Das Helvetikum von Ohlsdorf – Oberweis an der Traun nördlich von Gmunden (OÖ). – *Jb. Geol. B. A.* 127: 497 - 511.
- Ratschbacher, L., Frisch, W., Neubauer, F., Schmid, S.M. & Neugebauer, J. (1989): Extension in compressional orogenic belts: the Eastern Alps. – *Geology* 17, 404-407, Boulder.
- Tollmann, A. (1985): Geologie von Österreich, Bd. II. – 177ff., Franz Deuticke, Wien.
- Weber, F. (1958): Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal. – *Mitt. Geol. Ges. Wien* 51: 295-352.
- Weidinger, J.T. (2009): Das Gschlifgraben-Rutschgebiet am Traunsee-Ostufer (Gmunden/OÖ) – ein Jahrtausende altes Spannungsfeld zwischen Mensch und Natur. – *Jb. Geol. B. A.* 149/1: 195-206.
- Weidinger, J. T. & Niesner E. (2009): Die Rolle der Geomorphologie bei der Sanierung der Gschlifgraben-Erdströme – Pilotprojekt zur nachhaltigen Untersuchung katastrophaler Massenbewegungen im Salkammergut. In: Weingartner H. (ed.): *Landschaft und nachhaltige Entwicklung*, Bd. 2 (Dachstein und Salzkammergut): 39-54; Selbstverlag der Arbeitsgruppe Landschaft und Nachhaltige Entwicklung der Universität Salzburg.
- Weidinger, J.T., Niesner, E. & Millahn, K. (2011): Chronicle of an earth-flow foretold – The 2008 Gschlifgraben event, Austria. *Zeitschrift für Geomorphologie* Vol. 55, Suppl. 3, 375-407.

# Beiträge und Möglichkeiten der Geophysik zur Erkennung und Beobachtung von rutsch-gefährdeten Hängen

– Analyse der Ereignisse im Gschlifgraben aus geophysikalischer Sicht.

Erich Niesner<sup>(1)\*</sup> & Johannes T. Weidinger<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup> Lehrstuhl für Geophysik, Montanuniversität Leoben, Peter Tunner Str.25-27, A-8700 Leoben; Tel.: +43/(0)3842/402-2603, Fax -2602, <sup>\*</sup>korrespondierender Autor: e-mail: [niesner@unileoben.ac.at](mailto:niesner@unileoben.ac.at)

<sup>2)</sup> Erkudok © Institut/K-Hof Museen Gmunden, Kammerhofgasse 8, A-4810 Gmunden; Tel. +43/7612/794-422; Fax. +43/7612/794-429, e-mail: [J\\_weidinger@hotmail.com](mailto:J_weidinger@hotmail.com)

mit 9 Abbildungen

## Zusammenfassung

Katastrophale Ereignisse vermehren sich und bedrohen Siedlungen und Menschen. Eine der Ursachen liegt in den erdklimatischen Änderungen; aber auch besondere geologische Konstellationen, wie z.B. im Gschlifgraben stellen ein permanentes Gefahrenpotential dar. Besonders die Höhe der Wassersättigung, deren lokale Verteilung im Untergrund und das örtliche Wasserangebot bestimmen neben anderen Gesteinseigenschaften wesentlich die Stabilität der Formationen. Der Untergrund stellt normalerweise ein träge reagierendes System dar, das sich langsam einer kritischen Grenze nähert. Die eigentlichen Trigger für die Auslösung von Ereignissen können Starkniederschläge, die Schneeschmelze aber auch Felsstürze sein. Um die Empfindlichkeit des Systems auf derartige Triggerereignisse zu kennen, ist es von enormer Bedeutung, Informationen über längerfristige systematische Änderungen, z.B. der Wassersättigung im Untergrund, zu erhalten. Viele dieser Informationen können durch den Einsatz geophysikalischer Messmethoden erhalten werden, mit denen nichtinvasiv der Aufbau des Untergrundes sowie die petrophysikalischen Parameter bzw. deren Änderungen erhalten werden können. Die Geophysik bietet eine breite Palette von Verfahren an, wobei jedoch immer eine sinnvolle Auswahl in Hinblick auf die Problemstellung und die Umgebungsbedingungen getroffen werden muss. Jede Methode hat Vor- und Nachteile und auch Grenzen. In diesem Aufsatz werden die Möglichkeiten, die die Geophysik bietet, an Hand der aktuellen Ereignisse im Gschlifgraben analysiert und die Aussage-möglichkeiten an Ergebnissen geophysikalischer Messungen in diesem Gebiet erläutert.

## Abstract

Landslides and earthflows are major dangers in Alpine areas. The danger is increasing, likely in part influenced by the global warming process, but also special geological situations like in the Gschlifgraben cause permanent hazards. Especially the water saturation and distribution in the subsurface determine beside other parameters of the sediments the stability of the formation. The subsurface is normally a slow reacting system which approaches slowly a critical point. The final trigger of a fatal event can be due to high precipitation, melting of snow or rock falls. To get informations on the sensitivity of the earth system to such events a detailed knowledge of the changes in the subsurface, especially the changes in the water saturation is necessary. With geophysical measurements it is possible to determine the petrophysical parameters of the subsurface by non-invasive methods. A lot of different methods are available but the appropriate methods had to be chosen depending on the problem and the environmental situation. Each method has advantages and disadvantages. In this report the possibilities of geophysical measurements on the specific problem of the Gschlifgraben is analysed by using and presenting actual measurement results.



## 1. Einführung und Geologie

Der südlich von Gmunden, am Fuße der Nordwände des Traunsteins (1691m) gelegene Gschlifgraben steht seit Ende 2007, mit Beginn einer katastrophalen Rutschung (3.8 Millionen m<sup>3</sup>), die eine besiedelte Zone am Ufer des Traunsees (423m) bedrohte, im Mittelpunkt des Medieninteresses. Abbildung 1 zeigt die Situation im Jahre 2008. Erst gegen Ende dieses Jahres hat sich die Situation – beschleunigt durch Maßnahmen der WLV – weitgehend beruhigt. Im Zuge dieser Sanierungsmassnahmen wurden ca. 270 Bohrungen abgeteuft und 250 000 m<sup>3</sup> Material abtransportiert. Die potentielle Gefahr, die vom Gschlifgraben ausgeht, ist schon seit mehreren 100 Jahren bekannt. Im Schnitt kommt es, nach historischen Aufzeichnungen, die bis in das Jahr 1660 zurückgehen, im Abstand von 70 bis 100 Jahren zu Großrutschungen, die bereits große Sachwerte aber auch Menschenleben gekostet haben. Ganze Gehöfte (z.B. 1660 - das große „Harschengut“ oder 1734 - 4 Wohnhäuser) und landwirtschaftlicher Grund verschwanden mit den Rutschmassen im Traunsee. Allen bisher durchgeführten Sanierungsversuchen war kein längerfristiger Erfolg beschieden. Die Ursache liegt in der speziellen geologischen Situation im Gschlifgraben.



Abb. 1: Der Gschlifgraben von W mit den tektonischen Großeinheiten und dem gewaltigen postglazialen Schuttkegel

Das Ultrahelvetikum des Gschlifgrabens, das größtenteils aus der Buntmergelserie (Alp-Eozän) aufgebaut ist, liegt fensterartig zwischen der Flyschzone (Rhenodanubikum) im Norden (Grünberg, 984m und Dürrnberg, 587m) und den aufgeschobenen Nördlichen Kalkalpen (Bajuvarikum und Tirolikum) im Süden (Traunstein 1691m). Auf Grund der besonders interessanten Lage wurde dieses Gebiet für ein 3-jähriges Forschungsprojekt ausgewählt, das von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) finanziert wurde. Ziel sollte es sein, die Gschlifgrabensedimente, die bis dahin nur geologisch kartiert waren, mittels geophysikalischer Messungen genauer zu untersuchen und Einblicke in die Struktur und die

Rutschmechanismen zu gewinnen. Die Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes endeten knapp vor dem Eintritt der Großrutschung im Sommer 2007. Abbildung 2 zeigt eine geologische Detailkarte des Gschlifgrabens samt der Lage der geophysikalischen Messprofile.

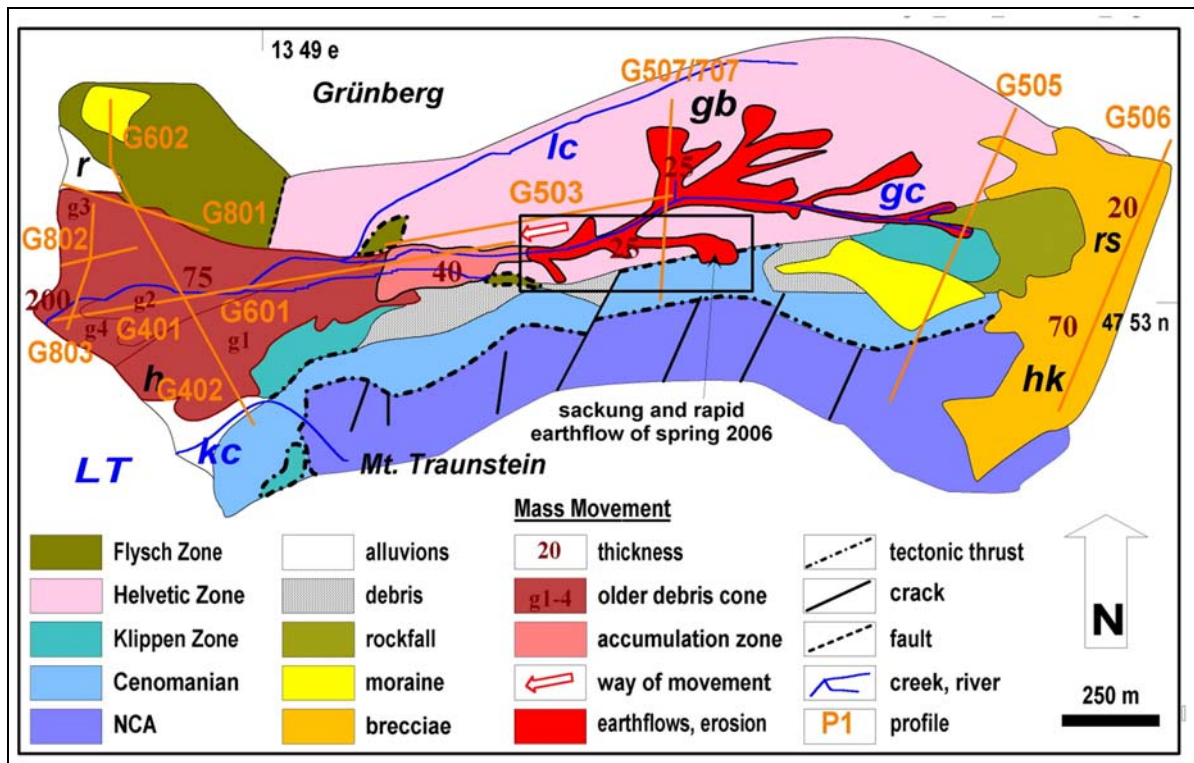


Abb. 2: Geologische Übersicht über den Gschlifgraben; gb = Gaisbühel, gc = Gschleifbach, H = GH Hois'n Wirt, hk = Hochkampriedl, Kc = Kaltenbach, lc = Liedringbach, LT = Traunsee, r = GH Ramsau, rs = Reissete Schütt (aus Niesner & Weidinger 2008).

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes konnten wichtige Ergebnisse, speziell in Hinblick auf die Erkennung von Veränderungen im Untergrund, die in einem möglichen Frühwarnsystem Hinweise auf die aktuelle Gefahrensituation geben können, erhalten werden. Wie in diesem Artikel gezeigt wird, können diese Veränderungen mit Hilfe geophysikalischer Messungen bereits sichtbar gemacht werden, bevor Bewegungen an der Oberfläche gemessen werden können. So konnten Veränderungen im Untergrund, die auf eine Zunahme der Wassersättigung zurückgeführt werden konnten, mittels der Geoelektrik bereits 1 Jahr vor dem Eintritt des Großereignisses festgestellt werden. Die Möglichkeiten der Geophysik, wichtige Informationen in Bezug auf Hangrutschungen zu liefern, werden an Hand der aktuell durchgeführten Messungen im Gschlifgraben im Folgenden erläutert.

## 2. Geophysikalische Messungen - Allgemeine Überlegungen und Methoden

Geophysikalische Messungen bieten die Möglichkeit, die physikalischen Parameter des Untergrundes, wie zum Beispiel die elektrische Leitfähigkeit, die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schallwellen, u.w.m. nichtinvasiv zu erfassen. Da die meisten Messungen von der Erdoberfläche durchgeführt werden, müssen die gemessenen Werte noch entsprechend mathematisch bearbeitet werden (Inversion), um die räumliche bzw. zeitliche Verteilung der Parameter im Untergrund zu erhalten. An der Erdoberfläche wird ein, entsprechend der Eindringtiefe und Sensitivität gewichteter Summeneffekt der einzelnen Bereiche im Unter-

grund gemessen. Mittels der mathematischen Inversion können diese Einflüsse wieder getrennt und lokalen Bereichen zugeordnet werden.

Mittels der Ergebnisse der Petrophysik – Messung der physikalischen Gesteinsparameter im Labor – kann eine Zuordnung der physikalischen Parameter zu petrophysikalischen Parametern, wie z. B. Lithologie, Porosität, Wassersättigung, etc., die für die Beurteilung der Gesteinseigenschaften im Zusammenhang mit einer aktuellen Problemstellung wichtig sind, durchgeführt werden. Wichtig ist, dass sich das Untersuchungsobjekt in zumindest einer Eigenschaft von der Umgebung unterscheidet. Dies bestimmt auch, welche Methode für eine spezifische Problemstellung am sinnvollsten eingesetzt werden kann. Zu beachten ist weiters, dass es bei der Zuordnung der petrophysikalischen Parameter zu Überschneidungen der Parameterbereiche kommen kann, wodurch der Lösungsraum nur eingeschränkt werden kann und die Zuordnung dadurch mehrdeutig bleibt. Einen Ausweg bietet die Kombination und integrative Betrachtung mehrerer Messverfahren.

Auch hinsichtlich des erzielbaren Auflösungsvermögens gibt es Unterschiede bei den Messverfahren. Weiters müssen auch die Umgebungsbedingungen bei der Wahl einer geeigneten Methode berücksichtigt werden.

Im Gschlifgraben kamen Eigenpotentialmessungen, Seismik, Induzierte Polarisation und Geoelektrik zum Einsatz.

### **3. Geophysikalisches Messprogramm**

Das geophysikalische Messprogramm im Gschlifgraben wurde so konzipiert, dass ein möglichst guter Überblick über die Struktur und Eigenschaften des potentiellen Rutschbereiches erhalten werden konnte.

Die Lage der Messprofile sind in Abbildung 2 zu sehen. Das höchstgelegene Profil liegt am Hochkampriedel (hk) und endet in einer Seehöhe von 1090 m. Weitere Profile überdecken den mittleren und unteren Teil des Gschlifgrabens. Ergänzt wird dieses Messprogramm durch Tallängsprofile. Bei einigen dieser Profile wurden, um auch zeitliche Veränderungen zu erfassen, Wiederholungsmessungen durchgeführt. Diese Wiederholungsmessungen sind besonders wichtig in Bezug auf die Analyse der Möglichkeiten einer Vorhersage von Rutschereignissen. Die Ergebnisse der einzelnen Messungen werden nachfolgend vorgestellt.

#### **3.1. Eigenpotentialmessungen**

Bei Eigenpotentialmessungen (SP) wird das natürlich auftretende elektrische Potential entlang eines Profils gemessen. Dieses Potential ist von den elektrochemischen Eigenschaften des Untergrundes und den Grundwasserströmungsbedingungen abhängig. Bei Abwesenheit von Vererzungszonen und Graphit dominieren die Strömungspotentiale. SP-Messungen bieten daher die Möglichkeit, Strömungsvorgänge im Untergrund zu erfassen. Ein Ausschnitt der Ergebnisse der SP-Messungen im oberen Profilverteil von GE601 entlang eines Tallängsprofils im Gschlifgraben ist in der Abbildung 3 dargestellt. Dieser Profilverteil erfasst im Wesentlichen die temporäre Akkumulationszone der Rutschmassen, oberhalb des ehemaligen Holzplatzes. Die Messungen stammen von einer eher trockeneren Periode im Juli 2006.

Entsprechend der allgemeinen Theorie zur Entstehung von Strömungspotentialen wird das Potential in Strömungsrichtung positiver. Die über den gesamten Profilverteil berechnete Trendlinie zeigt deutlich diesen zu erwartenden positiven Trend in den vorliegenden Messergebnissen. Die SP-Messungen zeigen somit eine generelle Grundwasserströmung an.

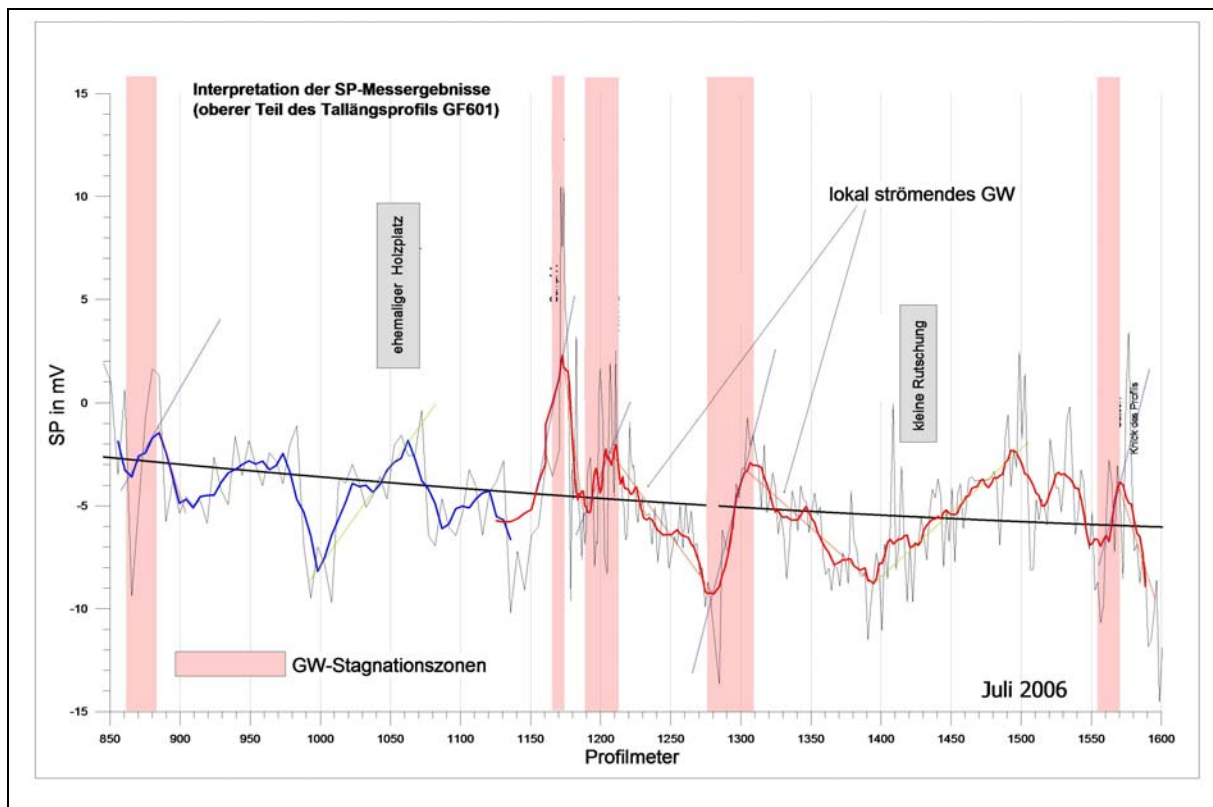


Abb. 3: Ergebnisse der Eigenpotentialmessungen (SP) im oberen Teil des Tallängsprofils GE601

Eine detaillierte Betrachtung zeigt in der SP-Kurve lokale Anomalien, die dahingehend interpretiert werden können, dass eine lokale stärkere Spannungszunahme auf eine stärkere lokale Strömung hindeutet, und die darauf meist folgende stärkere Abnahme zeigt Stagnationszonen an. Dies war auch vor der Großrutschung 2007-08 im Gelände sehr gut erkennbar, da an diesen Stellen häufig Wassertümpel anzutreffen waren. In der Akkumulationszone kam es zur Überlagerung kleinerer Schwemmkegel, die im zentralen Bereich flach waren und zur Tümpelbildung neigten, während der Übergangsbereich zum nächsten lokalen Schwemmkegel steiler war. Diese lokalen Trends sind ebenfalls in der Abbildung 3 eingezeichnet. Die Eigenpotentiale reagieren daher – wie die Messungen zeigen – sehr empfindlich auf Strömungsvorgänge bzw. deren Änderungen im Untergrund. Die Erfassung des Gradienten des Eigenpotentials bietet sich daher bereits als einfache Möglichkeit an, das generelle Grundwasseraufkommen über die Grundwasserströmungsvorgänge als Eingangsparameter für ein Frühwarnsystem zu erfassen. Leider konnten innerhalb des Projekts, dessen Schwerpunkte mehr in Richtung Seismik und Geoelektrik gelegt waren, keine SP-Wiederholungsmessungen durchgeführt werden.

### 3.2. Seismik

Die seismischen Messungen und Auswertungen im Gschlifgraben wurden in enger Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Geophysik und der Joanneum Research GmbH durchgeführt. Bei den seismischen Untersuchungen wurde sowohl die Refraktions- als auch die Reflexionsseismik eingesetzt. Bei der Seismik wird die Refraktion (das Ausbreiten der Wellen entlang von Schichtgrenzen) und die Reflexion von akustischen Wellen, die meist durch kleine Sprengungen erzeugt werden, verwendet, um Informationen über den Untergrund zu gewinnen. Die Refraktionsseismik ist für die Erkennung von oberflächennahen Schichtgrenzen, an denen ein



deutlicher Geschwindigkeitskontrast auftritt, geeignet, wobei eine notwendige Bedingung die Geschwindigkeitszunahme der Schichten mit der Tiefe ist, da ansonsten kein Signal registriert werden kann. Die Auslagenlänge beträgt ein Vielfaches der erzielbaren Eindringtiefe. Eine kontinuierliche Auswertung der Geschwindigkeitsänderungen im Untergrund stellt die Refraktionstomographie dar. Einen Vergleich der Auswertung eines Refraktionsseismikprofils nach der Standardmethode von Palmer (1980) bzw. der Tomographie entlang der Tallängsachse zeigt die Abbildung 4.

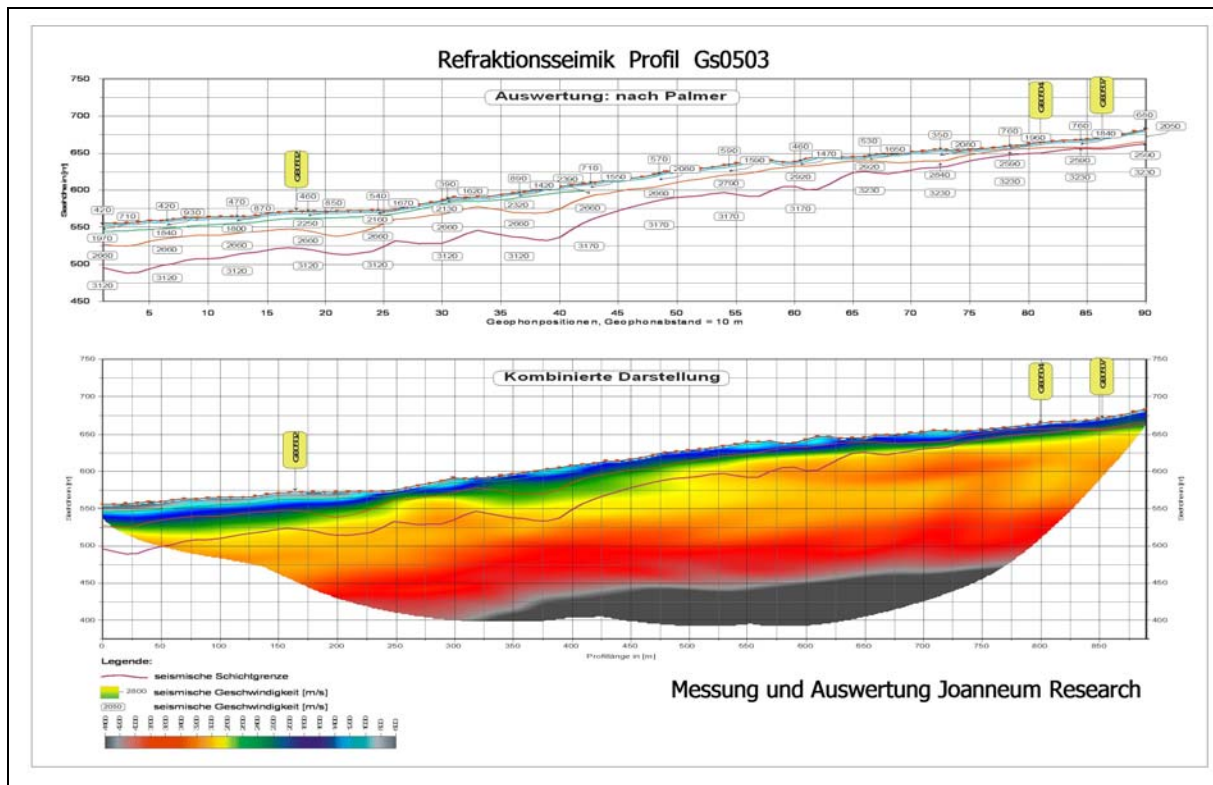


Abb. 4: Ergebnisse der refraktionsseismischen Messungen am Profil GS0503 (2005) mit tomographischer Auswertung im Vergleich mit der Standardauswertung nach Palmer

Die für die Gschlieffgrabensedimente ermittelten Geschwindigkeiten liegen für kompakten Buntmergel bei 2800 m/s. Durch Verwitterung kann sich dieser Wert bis auf 2000 m/s reduzieren. In den Erd-, Schutt- und Schlammströmen wurden Geschwindigkeiten von 1500 m/s gemessen.

Während die Refraktionsseismik auf Grund der großen Auslagenlängen eher für oberflächennahe Untersuchungen geeignet ist, kann die Reflexionsseismik vorteilhaft für die Erkennung tiefer liegender Schichtgrenzen verwendet werden. Deutliche Kontraste der akustischen Impedanz (Geschwindigkeit x Dichte) an den Schichtgrenzen sind notwendig, um gute Ergebnisse zu erzielen. Graduelle Übergangszonen und stärkere Signaldämpfung können die Auswertung erschweren. Für die Tiefenberechnung aus der Reflexionsseismik ist ein Geschwindigkeitsmodell notwendig.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis der reflexionsseismischen Messungen auf dem Tallängsprofil GS0402, wobei für die Tiefenberechnung eine Geschwindigkeit von 2000 m/s verwendet wurde.

Das rechte Bild in dieser Abbildung zeigt die Interpretation dieses Profils von F. Weber (siehe dazu auch Millahn et al. (2008).



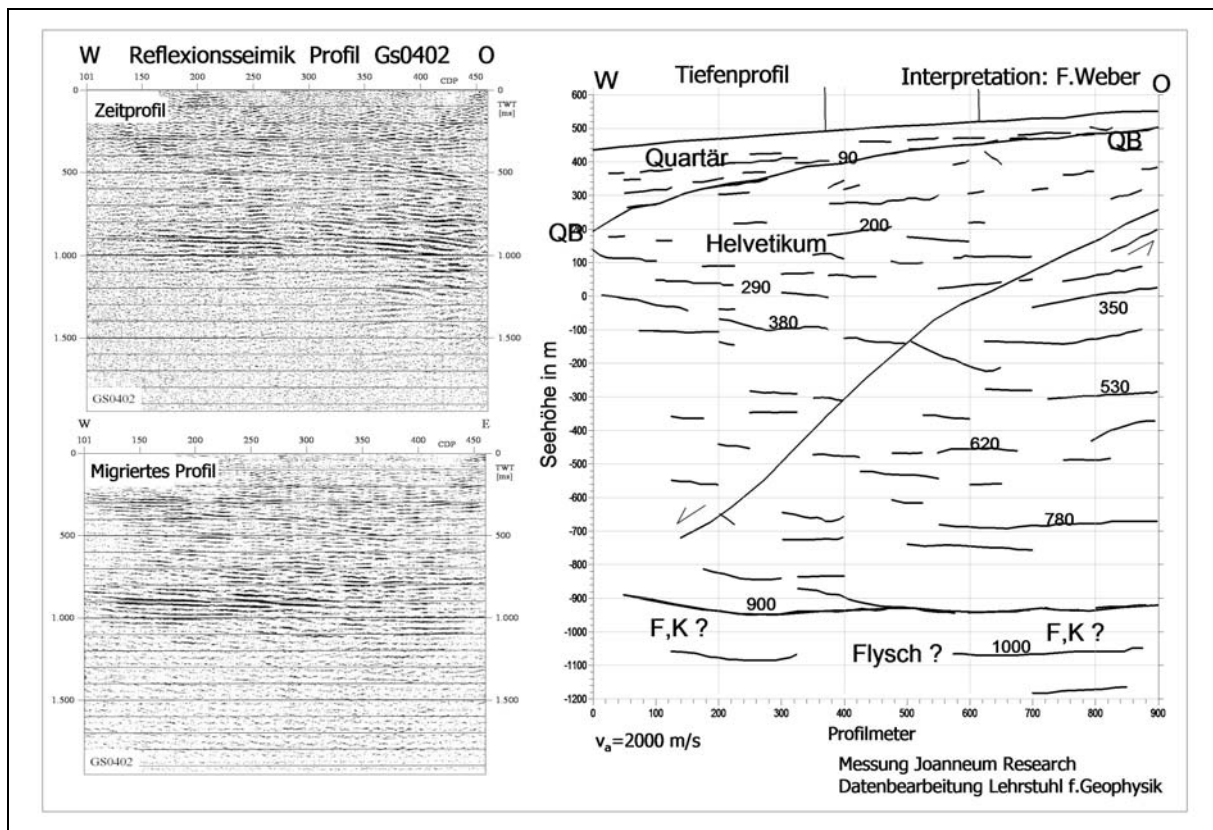


Abb. 5: Ergebnis der reflexionsseismischen Messung am Tallängsprofil GS0402; Darstellung des Zeitprofils, der migrierten Zeitsektion und als Tiefenprofil ( $v_a=2000$  m/s) mit Interpretation der tektonischen Verhältnisse.

### 3.4. Geoelektrik

Bei der Geoelektrischen Methode wird die Verteilung des elektrischen Widerstandes im Untergrund gemessen, wobei zumeist Multielektrodensysteme zum Einsatz kommen. Diese Elektrische-Widerstands-Tomographie (ERT) erlaubt die detaillierte Erfassung der elektrischen Widerstände im Untergrund.

Das Geoelektrikverfahren zeigt nach den im Gschlifegraben erhaltenen Ergebnissen die stärksten Kontraste in Bezug auf Veränderungen der Wassersättigung in den Mergeln und daraus generierten Sedimenten. Die Ergebnisse der in situ Kalibration wurden in Niesner & Weidinger (2008) bereits ausführlich dargelegt. Wassergesättigte, bereits verflüssigte Mergel zeigen Widerstandswerte von unter 7 Ohmm. Anhand der Ergebnisse der geoelektrischen Messungen im Jahr 2005 konnte eine instabile Zone am Nordhang des Traunsteins erkannt werden. Ein Teil dieses Bereiches in der Größenordnung von  $100\,000\text{ m}^3$  ist dann im Frühjahr 2006 innerhalb kürzester Zeit in den temporären Akkumulationsbereich abgerutscht und dort vorläufig zum Stillstand gekommen (Weidinger et al. 2011). Es wurde allerdings von Anfang an vermutet, dass diese plötzliche zusätzliche Auflast dieser Masse im Mittelteil des Gschlifegrabens eine Reaktivierung weiter talwärts liegender Bereiche auslösen könnte. Dies war mit eineinhalbjähriger Verspätung, Ende November 2007, der Fall, als sich die Großrutschung innerhalb weniger Tage in Bewegung setzte. In diesem Zusammenhang soll das Hauptaugenmerk besonders auf die frühen Indikatoren der späteren Großrutschung gelegt werden.

Auf dem im Jahr 2006 gemessenen Querprofil über den Rutschkegel können Schwächezonen erkannt werden. Das Ergebnis dieser Messungen zeigt die Abbildung 6. Die Ausdehnung der

späteren Rutschung von 2007-08 ist in dieser Abbildung ebenfalls zu erkennen (bereits Baumloser, orographisch rechter Bereich). Im geoelektrischen N-S Querprofil (links oben) tritt der Rutschbereich bereits 2004 als niederohmige (dunkelblaue) Zone hervor; bei einer Wiederholungsmessung 2006 war er noch deutlicher zu sehen (Niesner & Weidinger 2008). Auch der Widerstand der oberflächennahen Zone bis zu der Schichtgrenze in ca. 20 m Tiefe, der späteren Rutschfläche war dann bereits deutlich erniedrigt (Abb. 7).

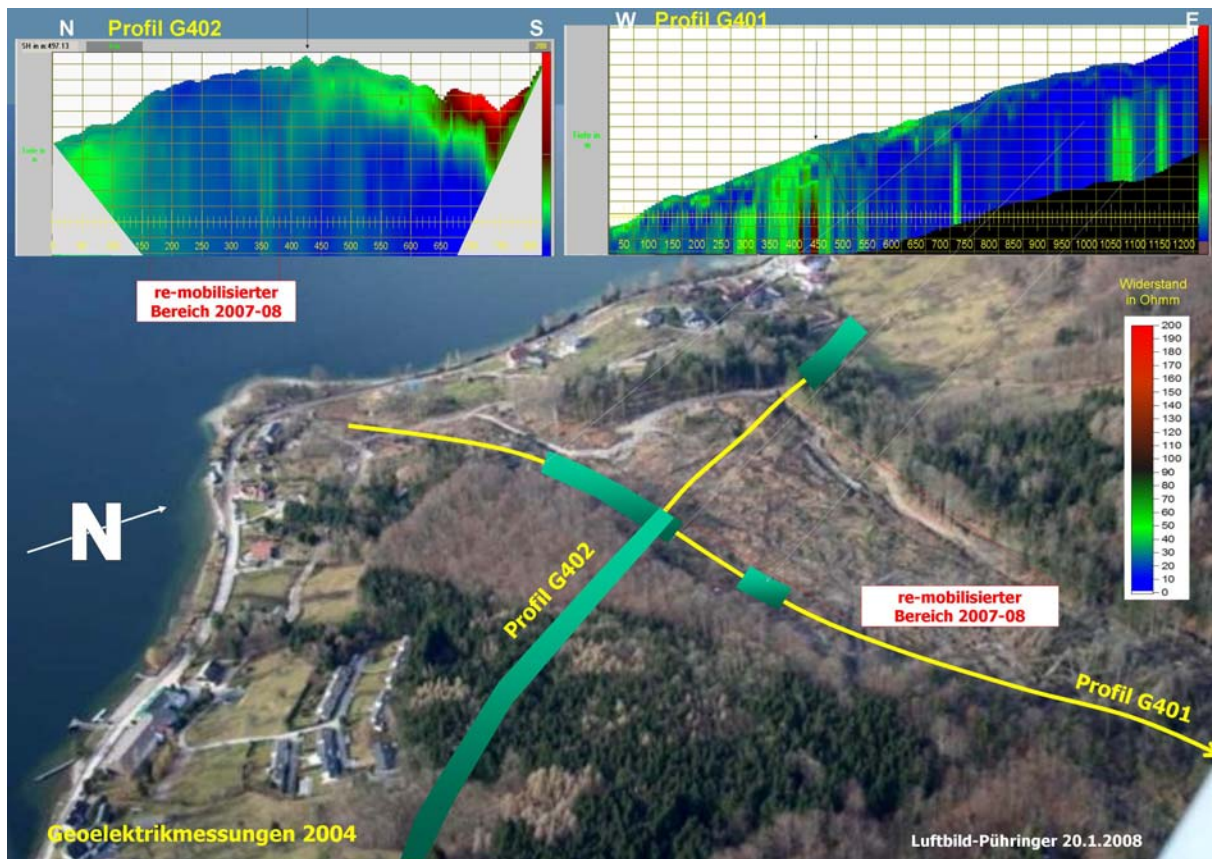


Abb. 6: Geoelektrikprofile G401 und G402 (2004) über den Gschlifgraben-Schwemmkegel

Zu beachten ist, dass diese Messungen bereits drei Jahre bzw. ein Jahr vor dem Eintreten des Großereignisses durchgeführt wurden. Zu diesem Zeitpunkt waren noch keinerlei Bewegungen an der Oberfläche erkennbar – im Widerstandsbild zeichnete sich allerdings schon die drohende Katastrophe ab.

Noch deutlicher sind die Widerstandsänderungen im Bereich der, bei den ersten Messungen im Jahr 2004 interpretierten Barrierenzone (Abb. 6, rechts oben). Im Geoelektrikprofil G401 von 2004 konnte in diesem Bereich eine deutliche Widerstandszunahme erkannt werden, die wahrscheinlich auf eine höhere Stabilität dieser Zone hinwies. In den Wiederholungsmessungen, die 2 Jahre später durchgeführt wurden, ist die Ausdehnung der niederohmigen wassergesättigten Zone über den Bereich der ehemaligen Barrierenzone hinaus erkennbar (siehe Niesner & Weidinger, 2008). Die Katastrophe hat sich also langsam und unbemerkt (außer von den geophysikalischen Messungen!) angebahnt.







**Geoelektrik – Monitoring System**

Abb. 8: Geoelektrische Monitoringanlage im Feldeinsatz über den oberen Gschlifgraben; im Anhänger befinden sich die geoelektrische Messapparatur samt automatischer Steuerung und ein Motor-Generator zur Stromversorgung.

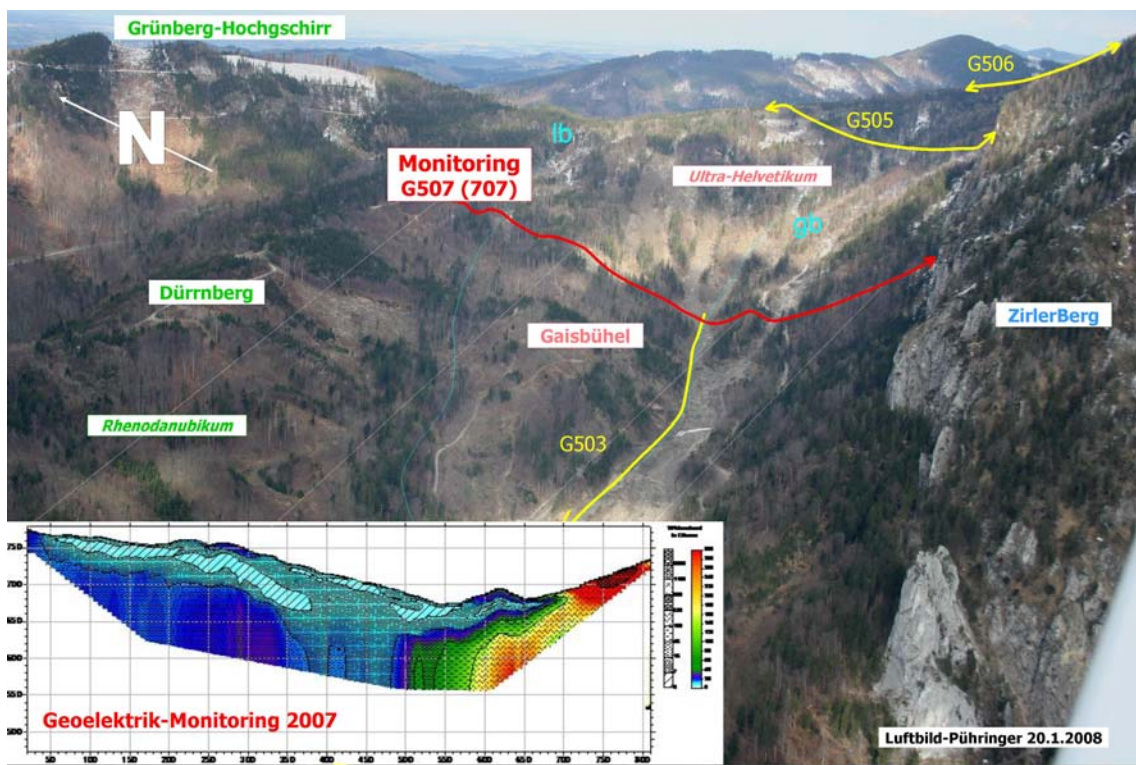


Abb. 9: Blick in den oberen (östlichen) Gschlifgraben mit der Lage der geoelektrischen Messprofile und jenem Profil, auf dem über einen Zeitraum von 10 Tagen das Monitoring lief.

#### 4. Schlussbemerkungen

Wie die vorliegenden Messergebnisse zeigen, sind geophysikalische Messungen und im Besonderen die geoelektrische Methode gut geeignet, Informationen über die Untergrundstruktur und das Ausmaß bzw. die Änderungen der Wassersättigung im Bereich von potentiell rutschgefährdeten Hängen zu erfassen. Diese Ergebnisse sind daher besonders wichtig in Hinblick auf mögliche Sanierungsmaßnahmen und in Bezug auf die Möglichkeiten, ein Frühwarnsystem zu erstellen.

#### 5. Danksagung

Die Autoren danken der österreichischen Akademie der Wissenschaften für die Finanzierung der Projekte, in deren Rahmen die vorgestellten Messungen durchgeführt wurden, den österreichischen Bundesforsten (DI J. Kerschbaummayr und OF J. Schallmeiner), den Landbesitzern im Untersuchungsgebiet (den Familien Alexa, Möslinger, Pilz, Pointl, Schallmeiner, Scharmüller und Schützing), der österreichischen Wildbach und Lawinenverbauung (DI M. Schiffer, Dr. Bitterlich, DI Ch. Pürstinger und HR DI. W. Gasperl) für die Unterstützung und der zur Verfügungstellung von ALS-Daten und anderer Unterlagen sowie den Herren M. Pühringer ([www.flugplatz-scharnstein.at](http://www.flugplatz-scharnstein.at)) und A. Sternberger, die uns freundlicherweise die Luftbilder, die in dieser Publikation verwendet wurden, zur Verfügung gestellt haben.

#### 6. Literatur:

- Millahn, K., Grassl, H., Hyden, W., Kerschner, F., Morawetz, R., Niesner, E., Schmid, Ch., Weber, F. & Weidinger, J.T. (2008): Geophysical research in the Gschlifgraben near Gmunden/Upper Austria featuring its mass-movement-system (in German language). – J. Geol. B.-A. 148/1: 117-132.
- Niesner, E. & Weidinger, J.T. (2008): Investigation of a historic and recent landslide area in Untrahelvetic sediments at the northern boundary of the Alps (Austria) by ERT measurements. – The Leading Edge 27/11 (Special Section: Near-surface): 1498-1509.
- Niesner, E. (2010): Surface resistivity changes and triggering influences detected by continuous geoelectric monitoring. – The Leading Edge (August 2010): 952-955.
- Palmer, D. (1980): An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation (GRM).-Geophysics, 46 (11): 1508-1518.
- Weidinger, J.T., Niesner, E. & Millahn, K. (2011): Chronicle of an earth-flow foretold – The 2008 Gschlifgraben event, Austria. Zeitschrift für Geomorphologie Vol. 55, Suppl. 3, 375-407.





# Katastrophenbewältigung und Maßnahmen im Gschlifgraben (Gmunden/Oberösterreich)

Wolfgang Gasperl <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> die.wildbach (WLV)-Sektion Oberösterreich, Schmidtorstraße 2, A-4020 Linz;  
Tel. +43/732/771348-12; Fax. +43/732/771348-4;  
korrespondierender Autor: wolfgang.gasperl@die-wildbach.at

mit 24 Abbildungen

## 1. Historische Rückblende

### RGBl. Nr. 117

Die Wildbach- und Lawinenverbauung wurde 1884 mit dem „Reichsgesetz zur unschädlichen Ableitung der Gebirgswässer“ gegründet. Bereits wenige Jahre später musste sie sich in Oberösterreich mit dem Gschlifgraben beschäftigen. Am 14.8.1891 erging eine Weisung des Ackerbauministeriums an die Section Linz „... sich der Ereignisse im Gschlifgraben anzunehmen“.

### Protokolle

Die genaue Analyse des folgenden Schriftverkehrs, der Motivenberichte und der Verhandlungsprotokolle zeigt deutlich, dass jenes Ereignis, welches allgemein als das „Ereignis 1910“ in die Geschichte des Gschlifgrabens einging, eine viel längere Dauer hatte: nämlich dokumentiert durch Anrainermeldungen bereits 1893 im oberen Einzugsgebiet spürbar wurde und 1910 den untersten Schwemmkegelbereich erreichte. Das damalige Initialereignis war vermutlich der Felssturz in der Gamsriese, der 1891 aufgezeichnet wurde.

### Besiedlungsgeschichte

Weiters zeigt die Chronik der Ereignisse im Gschlifgraben neben anderen interessanten Fakten insbesondere, dass die Meinung „früher waren die Menschen klüger und haben nicht in Gefahrenzonen gebaut“ nichts weiter als ein gut gepflegtes Vorurteil ist. Trotz wiederholter Zerstörungen wurde der Schwemmkegel des Gschlifgrabens hartnäckigst immer und immer wieder besiedelt!

Der Grund lag in der phänologischen Besonderheit des Ortes: bedingt durch die klimatische Beeinflussung durch den Traunstein als Windschutz und Wärmespeicher und die sanfte SW-Exponiertheit konnte man am Gschlifgraben um 14 Tage früher ernten als in Gmunden und Altmünster. Dies war ein schlagendes Argument zu einer Zeit, als man von dem Leben musste, was der eigene Grund und Boden hergab.

Hinzu kam, dass die Ereignisse nicht schlagartig und damit lebensbedrohend abliefen, sondern jedes Mal in überschaubarer Langsamkeit (1893 bis 1910!).

## Ablöse- Absiedelung

Ebenso überraschend und rechtlich interessant ist die wechselhafte Attitüde hinsichtlich der Entscheidung für Gegenmaßnahmen oder der oft diskutierten Möglichkeit der Absiedelung: 1905 wurde den Anrainern vom Ackerbauministerium eine Ablöse ihrer Liegenschaften angeboten, die diese jedoch ausschlugen (Protokoll vom 5.10.1905).

1910 ersuchten die Anrainer das Ärar um Ablöse ihrer Liegenschaften. Dies wurde jedoch dieses Mal mangels finanzieller Mittel vom Ackerbauministerium abgelehnt. Aus demselben Grund kam es trotz ausführlicher Planungen und mehrfacher Verhandlungen nicht zur Umsetzung aller geplanten Maßnahmen. Dies, obwohl die Anrainer bereit waren, einen nicht unerheblichen Teil der Kosten mitzutragen (1.350.- von 20.000.- Kronen lt. Protokoll der BH Gmunden vom 4.1.1913).

Auch heute bietet unser Rechtssystem (zu recht) keine Möglichkeit einer Absiedelung gegen den Willen der Eigentümer.

## Gefahrenzonenplanung

Um eine weitere Zunahme von Gebäuden und Werten im gefährdeten Bereich zu verhindern, erstellte die Wildbach- und Lawinerverbauung durch M. Jedlitschka bereits 1974 den ersten und bis heute gültigen Gefahrenzonenplan<sup>3</sup> für den Bereich des Gschlifgrabens (Abb. 1). Jedlitschka war es auch, der für die Erstellung des Gefahrenzonenplanes die umfangreiche Sammlung verfügbarer Chronikdaten erstellte.

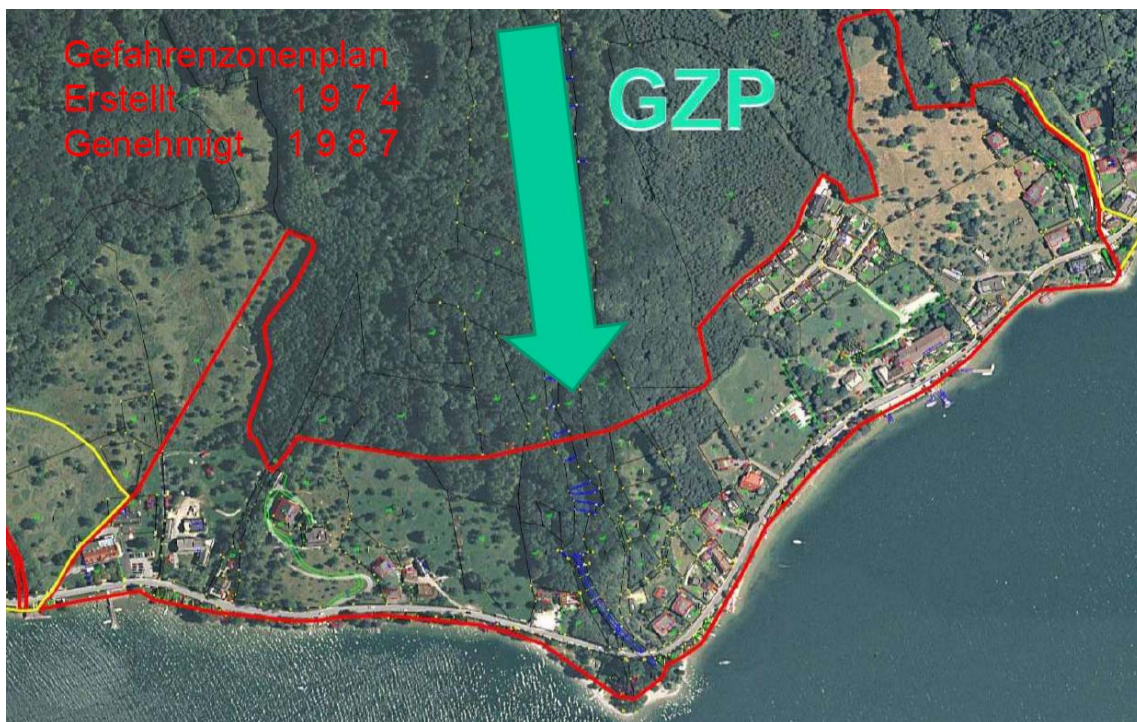


Abb. 1: Der Gefahrenzonenplan des Gschlifgrabens, dessen „Rote Gefahrenzone“ den gesamten Schwemmkegelbereich umfasst.

<sup>3</sup> Der Gefahrenzonenplan ist ein Instrument des passiven Schutzes vor Naturgefahren und seit 1975 im Forstgesetz verankert. Rechtsverbindliche Wirksamkeit in der Raumordnung und im Bauverfahren erhält er erst durch seine Übernahme in den Flächenwidmungsplan. Dies wurde im Fall des Gschlifgrabens durch die Stadtgemeinde bereits bei der Erstellung des allerersten Flächenwidmungsplanes beachtet.

Jedlitschka legte der Ausweisung der „Roten Gefahrenzone“ (Bauverbotszone) die Berichte der Chronik aber auch die zu dieser Zeit bereits vorhandenen geologischen und geomorphologischen Beurteilungen zu Grunde. Die „Rote Gefahrenzone“ erstreckt sich über 960 m entlang des Traunseeufers vom Gasthaus Ramsau bis zum Kaltenbach. Sie umschließt die Summenlinie der möglichen Schadereignisse und wurde durch das jüngste Ereignis eindrucksvoll bestätigt!

Nicht nur Rutschungen wie die jüngst abgelaufene wurden bei dieser Beurteilung berücksichtigt, sondern alle anderen Gefährdungsfaktoren, wie Bachausbrüche und Vermurungen, wie sie zuletzt 1987 stattgefunden haben.

Zu Beginn der jüngsten Erdbewegungen war im Bereich Krebsenbach ebenso mit einem Ausbruch in Richtung Hoisnsiedlung zu rechnen, wie noch bis Mai 2008 der später durch die Entwässerungsbrunnen stabilisierte Nordbereich in der unmittelbaren Zielrichtung der Bewegung stand. Aus diesem Grund wurden auch zu Beginn sämtliche Häuser innerhalb der Roten Gefahrenzone evakuiert. Erst mit fortschreitender Bewegung nach mehr als einem Monat konnte man die erwartbare Stoßrichtung genauer eingrenzen.

## 2. Aktuelles Ereignis 2007-2008

### Die Initialzündung

Bereits in der Karwoche des Jahres 2006 stellten E. Niesner, K. Millahn (Montanuniversität Leoben) und J. T. Weidinger (Erkudok Institut Gmunden) bei ihren geophysikalischen Erhebungen im oberen Einzugsgebiet des Gschlifgrabens eine Massenbewegung aus dem südlichen Grabeneinhang im Ausmaß von circa 70.000 m<sup>3</sup> fest, bestehend aus Hangschutt und unterliegendem Lias-Fleckenmergel (Prey 1982), Abbildung 2.



*Abb. 2: Die auslösende Massenbewegung am 21. April 2006*



Die ergiebigen Niederschläge und die hohe, lang anhaltende Schneebedeckung des Winters 2005/2006 wurden als Auslösefaktoren dieser Initiative identifiziert. Die Masse belastete die durchnässten Buntmergel, welche einen 25.000 m<sup>3</sup> großen Blockschuttstrom im Nährgebiet des Gschlifgrabens aktivierten. In der Schneedecke zeigten sich Rutschungs-parallel verlaufende Scherrisse, ein deutliches Zeichen für eine Mobilisierung nach dem „undrained loading“-Modell. Die bewegte Zone endete 2006 noch ca. 100 m oberhalb der Forststraße Schoberstein.

### Der Beginn der Katastrophe

Am 28. November 2007 meldete der zuständige Förster E. Lasser die Zerstörung der Schoberstein-Forststraße. Sie quert den Gschlifgraben rund 1,1 km oberhalb seiner Mündung in den Traunsee und 900 m oberhalb der Häuser. Die seit April 2006 akkumulierten Erdmassen hatten sich in Form eines Erd-Schuttstromes in Bewegung gesetzt. Die dabei registrierten Bewegungsraten erreichten in diesem Bereich anfangs 4,0 m - 4,7 m/Tag. Durch die hohen Bewegungsraten kam es zu einer progressiven Massenverlagerung (Geländedepressionen von bis zu 7,0 m im Oberlauf bei der Forststraße; Geländeerhöhungen oberhalb des Dauersiedlungsraumes mit Höhen bis zu 5,0 m, Abb. 3), wobei in weiterer Folge im Mittellauf und am Schwemmkegelhals alte Erdstromablagerungen vergangener Ereignisse (vor allem von 1910 und 1734) in einem Ausmaß von zunächst ca. 5 ha remobilisiert wurden. Am Höhepunkt des Ereignisses waren ca. 22 ha Oberfläche in messbarer Bewegung.

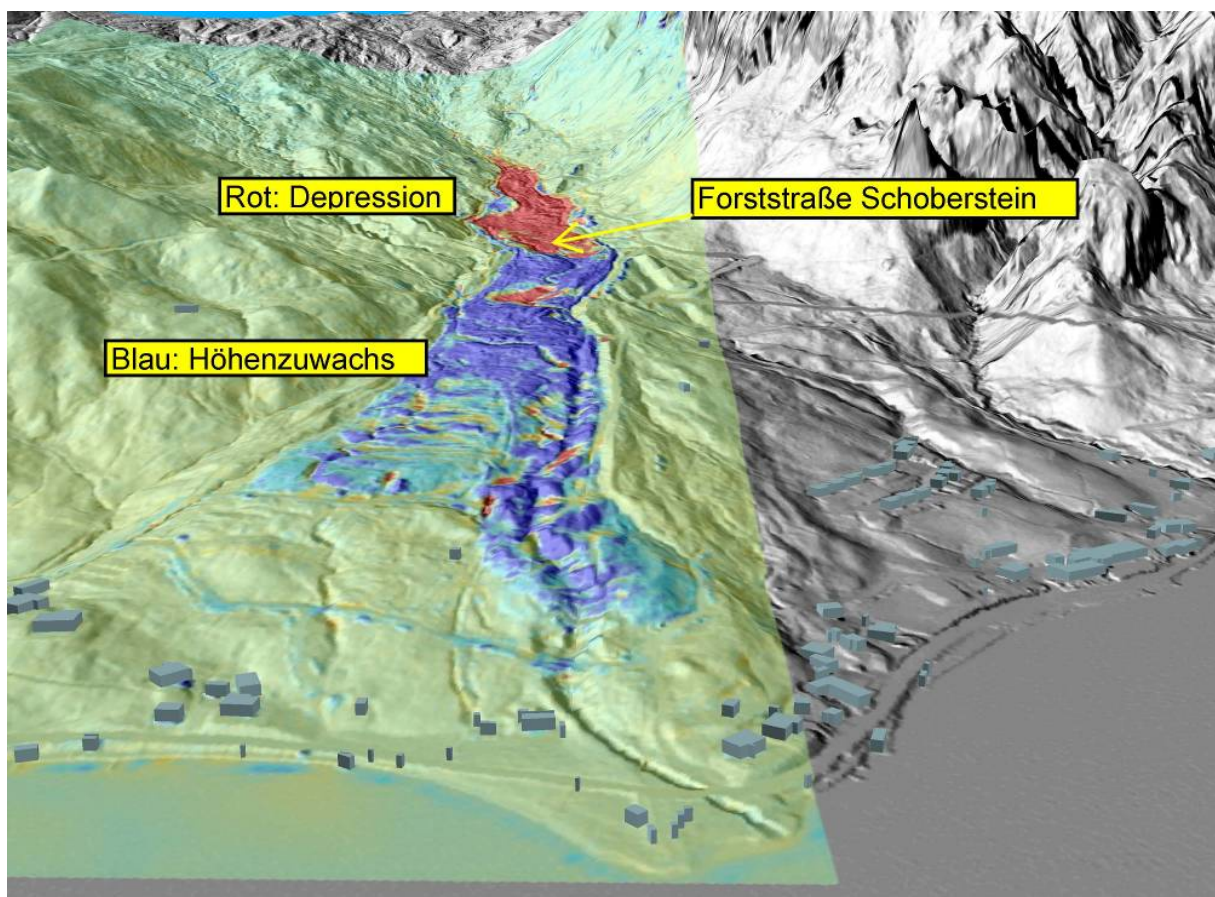


Abb. 3: Differenzmodell aus Laserscanning, Aufnahmen 5. April 2007 und 3. Jänner 2008

### 3. Gegenmaßnahmen

#### Modellvorstellungen

Zu Beginn des Katastropheneinsatzes war die wesentliche Kernfrage jene nach dem Bewegungsmodell. Die besondere Schwierigkeit dabei war, dass zwar der Auslösemechanismus relativ klar umrissen und mit dem System des "undrained loading" vom Grundsatz her klar war, jedoch der eigentliche interne Bewegungsablauf umstritten. Für die Gesamtbeurteilung musste das Untergrundmodell, das Versagensmodell und das Bewegungsmodell ermittelt werden.

Zudem ist eine Rutschung dieser Größenordnung ein vierdimensionales System: Neben den drei räumlichen Dimensionen spielt die Zeit eine wesentliche Rolle, da sich jede Schichtung und Materialeigenschaft in Abhängigkeit von der Zeit wesentlich ändern kann.

Zu Beginn der Krisenbewältigung waren im Krisenstab auch Experten, deren rasch gezeichnetes Bewegungsmodell völlig unplausibel war, ebenso wie die darauf basierenden Maßnahmenvorschläge. Die Wildbach und Lawinenverbauung rief deshalb bereits am 12. Dezember 2007 einen eigenen Expertenstab, bestehend aus H. Breymann, R. Hofmann, H. Hübl, R. Marschallinger, G. Moser, R. Poisel und Ch. Schmid unter Koordination der Stabstelle Geologie (H. Angerer) zusammen, mit dem Ziel, die Maßnahmensetzung exakt auf den Ablauf und den Bewegungsmechanismus abzustimmen. Schon zu diesem Zeitpunkt war nämlich klar, dass eine derart große in Bewegung befindliche Masse nicht durch beliebige Standardmaßnahmen zu beherrschen war, sondern im Gegenteil die Gefahr bestand, dass mit der Setzung falscher Maßnahmen die Auswirkungen der Katastrophe noch verschärft würden.

#### Untergrundmodell

Nach der Bohrkernanalyse der bis zu 171m tiefen Bohrungen liegt im Gschlifgraben ein lagenweiser Aufbau durch sich über Jahrhunderte wiederholende Ereignisse in Form von Muren, Erdschuttströmen, Felsstürzen und fluviatilen Vorgängen vor. Diese führen im Grabenbereich im Wesentlichen zu übereinander liegenden, im Bereich des Schwemmkegels zufolge fächerförmigem Auffingern der Ströme auch zu nebeneinander liegenden Paketen von weniger bzw. stärker durchlässigem Material und einer Wechsellagerung von bindigen und weniger bindigen Materialien (Moser, 2008).

#### Versagensmodell

Vor allem die durch Riss- und Wulstkartierung dokumentierte und im Bereich unmittelbar rechts und links des Bachbettes vorausseilende Bewegungsfront zeigt, dass hauptsächlich Wasser die Bewegungen auslöst. Die derzeit oberste Schicht aus eher weniger durchlässigem, bindigem Material gleitet auf einer darunter liegenden, stärker durchlässigen Schicht zufolge stärkeren Auftriebes und wird durch Durchfeuchtung entfestigt.

#### Bewegungsmodell

Wo der Widerstand der weiter hangabwärts liegenden, noch eher trockenen Bereiche zu groß wird, kommt es zur Bildung von Scherbrüchen in Form von aufsteigenden Schaufelflächen (Abb. 4 und 5), die zur Auf- bzw. Überschiebung des hangaufwärts liegenden Materials auf

bzw. über das hangabwärts liegende führt (Phase 1). Durch diese Bewegungen werden neue Wasserwege geöffnet (teilweise auch alte verschlossen) und dadurch die hangabwärts liegenden Bereiche intensiv bewässert. Dies löst eine nach unten fortschreitende Wiederholung des Vorganges aus (Phase 2). Im Grabenbereich kann auf Grund des Untergrundmodells im Wesentlichen von einer über die Grabenbreite durchgehenden Gleitbahn ausgegangen werden. Im Bereich des Schwemmkegels kann angenommen werden, dass – zufolge des Auffingerns der einzelnen Ereignisse und der nebeneinander liegenden Pakete – die Ausbildung von seitlich ausgedehnten Gleitbahnen erst nach größeren Scherwegen möglich ist (Poisel, 2008).



Abb. 4 und 5: Links eine aufsteigende Schollen mit gegen die Bewegungsrichtung kippenden Bäumen bestätigt die Modellvorstellung, rechts der Ausbiss einer Scherfläche in einer Schürfrube in Form und Richtung der oben beschriebenen Schaufelfläche und der Modellvorstellung in Abb. 6.

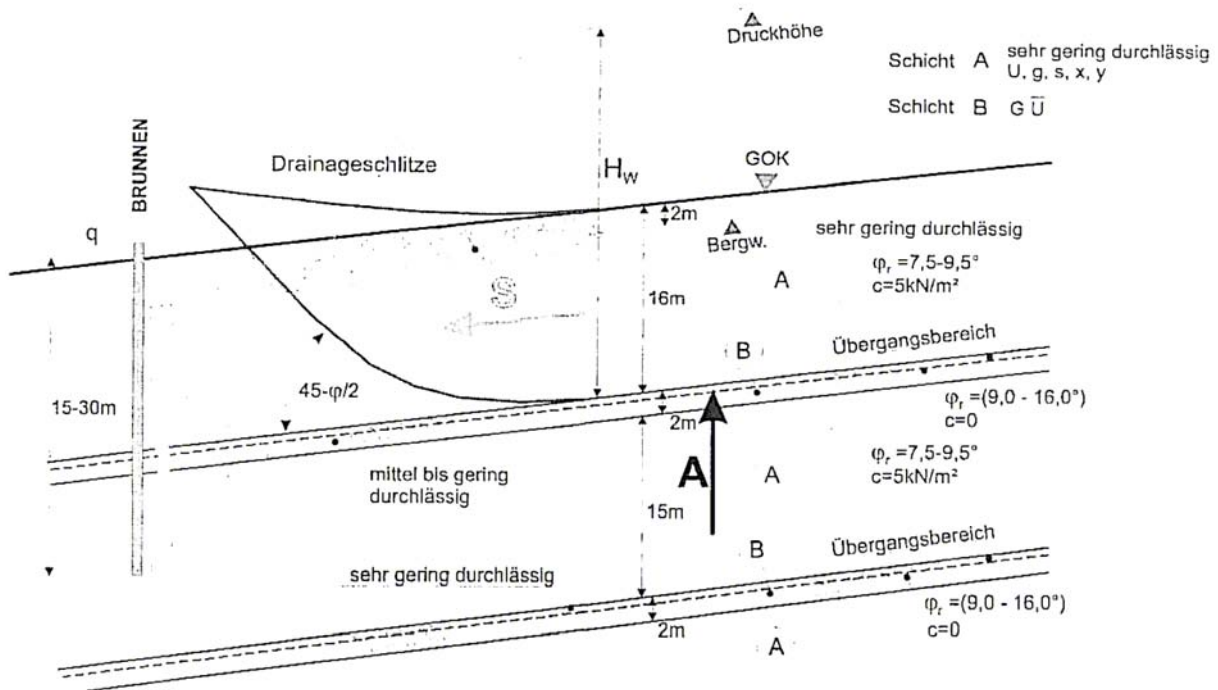


Abb. 6: Schema der Wechselwirkung von Bewegungsablauf, Wasserdruckausweitung und Bodeneigenschaften (Breymann & Hofmann, 2008).

## Laborversuche

Sowohl hinsichtlich der bodenmechanischen und lithologischen Eigenschaften als auch ton-mineralogisch und chemisch wurden mehrere Laborversuche unterschiedlicher Prüfanstalten durchgeführt, um Rückschlüsse auf die Gültigkeit des Bewegungsmodells zu erhalten und um die Möglichkeit und Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen zu prüfen.

Übereinstimmend ermittelten sowohl die Bodenprüfstelle der *Camillo Sitte Lehranstalt* als auch die *Universität für Bodenkultur Wien* im Rahmen einer Bakkalaureatsarbeit einen für Rutschungen typischen sehr hohen Schluff- und Tongehalt sowie eine intermitierende Korngrößenverteilung.

Es stellte sich heraus, dass alle beteiligten Gesteine große Anteile an Smektit aufweisen. In den unverwitterten Gesteinen ist dieser aber durch hohe Anteile an Kalzit gebunden und nicht dispergierbar, daher auch nicht rutschungsrelevant. Bei fortschreitender Verwitterung der Gesteine wird Kalzit aber mehr und mehr gelöst und Smektit dadurch kontinuierlich freigesetzt. Er ist dann bei Wasserzutritt gut dispergierbar und kann seine extreme Wasseraufnahmefähigkeit und dadurch seine Quellfähigkeit in der Matrix der Rutschmasse voll zur Wirkung bringen (Ottner, 2008).

Anhand von Kalkzugaben bei den Laborversuchen in der *Camillo Sitte Lehranstalt*, durch die die Austrocknung des Materials simuliert wurde, konnte einerseits das oben gesagte bestätigt und andererseits die Wirksamkeit von Entwässerung und Belüftungsmaßnahmen zur Verbesserung der Bodeneigenschaften nachgewiesen werden (Breymann & Hoffmann, 2008).

## Messungen und Monitoring

Zu Beginn ebenso wie während der Maßnahmensetzung lag ein Schwergewicht der Tätigkeit auf den verschiedensten Erkundungsmethoden, da jede Maßnahme laufend am Ergebnis der Messungen evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden musste. Folgende Messungen wurden durchgeführt:

<b>Angewandte Monitoringmethoden</b>	
Fernerkundung	Laserscanbefliegungen ALS
	Echolotaufnahmen
Oberflächenaufnahmen	Risskartierungen
	Fluchtstangenmessungen
	Rissbeobachtungen
	Bolzenprofil- und direkte Bewegungsmessungen
	Webcam – Bildaufnahmen (Zeitraffer)
	Terrestrische Vermessungen
	GPS - Messungen
Tiefenaufnahmen	Kernbohrungen
	Inklinometermessungen
	Brunnenpegel- und Piezometermessungen
	TDR – Messungen
	Seismik und Geophysik
	Bodenmechanische Untersuchungen
Hydrologie	Niederschlag, Temperatur, Luftdruck
	Abflussmessungen



## Sofortmaßnahmen

Als erste und einfachste Gegenmaßnahme wurden von Beginn an Wasserausleitung durch offene Gräben und Rohrleitungen vorgenommen. Durch die hohen Tagesraten der Bewegung waren jedoch täglich dieselben Gräben neu zu ziehen und verschobene sowie abgerissene Rohrleitungen wieder neu zu verlegen. Ein ebenso großes Problem ergab sich durch die Temperatur, da sowohl Rohrleitungen (Abb. 7) als auch offene Gräben (Abb. 8) zeitweise durch Vereisung unwirksam wurden.

Ebenso dringend war die Entfernung des auf der Rutschungsmasse mit schwimmenden Waldbestandes. Die schief stehenden und fallenden 100jährigen Buchen und Fichten stellten eine ernsthafte Gefahr für die Arbeiter dar und machten auch das Vorankommen mit Baggern zeitweise unmöglich. Unumgänglich für die Durchführung solcher Maßnahmen wie auch den Abtransport des Holzes war daher auch gleich zu Beginn die Errichtung einer Vielzahl von Baustellenstraßen und Notwegen.



Abb. 7 und 8: Rohrausleitung (links) Baggereinsatz zur Wasserausleitung und Wegerrichtung

## Konzept der Stabilisierung

Aus bodenmechanischer Sicht und belegt durch die Messungen und Laborversuchsergebnisse war daher eine Stabilisierung nur im Vorfeld der Massenbewegung und nicht im bereits bewegten Teil oder im Bereich beginnender Bewegungen möglich.

Aus der Kenntnis der in Bewegung geratenen Massen und der gespannten Hangwasser-Situation durften Entlastungen (Abtransport von Material) nur dort vorgenommen werden, wo der Hangwasserdruck bereits sicher abgebaut war.

War dies nicht der Fall, so konnte es durch die Entlastung auf Grund des Hangwasserdruckes zu einer Reduktion der Scherfestigkeit und zu einer weiteren Beschleunigung der Massenbewegung kommen, die wieder eine Verflüssigung des oberflächennahen Schutt-Stromes (A in Abb. 6) zur Folge hat.

Dass z. B. eine Materialentnahme im Mittelhangbereich eine insgesamt kontraproduktive Maßnahme darstellt, wurde neben den rechnerischen Nachweisen auch beim Ausheben der Probeschürfe für die Errichtung eines hangquerenden, ausgekiesten Schlitzes (Abb. 9) deutlich. Bei den quer zur Fallrichtung des Hanges und in eine Tiefe von bis zu 12 m unter Gelände errichteten Probeschürfen wurde beobachtet, dass sich bereits kurz nach Herstellung des Schurfes bergseitige Gleitflächen in einer Tiefe zwischen 4 und 8 m unter Gelände ausbildeten. Die dabei aufgetretenen Translationsbewegungen zeigten deutliche Beschleunigungen, wobei innerhalb der ersten 4 Stunden der Sedimentkörper oberhalb der Scherfläche eine Bewegung von ca. 5 cm vollzog, nach ca. 8 Stunden waren es bereits etwa 20 cm. Die

fehlende seitliche Einspannung im Falle einer Materialentnahme im Mittelhangbereich hätte somit eine deutliche und rasche Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit bewirkt (Moser, 2008).



*Abb. 9 und 10: Anlegen der obersten Querausleitung; durch Holzpiloten wird die Lage der Folie stabilisiert (links); bis zu 12 m tief wurden die Drainagegräben angelegt (rechts).*

Eine „Vernagelung“ (z. B. Nägel, Anker, Pfahljoche, Pfähle mit kleinem Durchmesser), wie dies bei translatorischen Rutschungen sinnvoll ist, hätte auf Grund des oben beschriebenen komplexen Bewegungs- und Fließmechanismus zu einer Mitnahme tieferer, noch stabiler Schichten und letztlich zu einer Vergrößerung der bewegten Massen geführt.

Diese bodenmechanischen Überlegungen führten dazu, dass der Massenbewegung vorausseilend der gespannte Hangwasser-Zustand durch Brunnenbohrungen abgebaut und so für die talwärts strömenden Massen (Kriechbewegungen) ein Stützfuß geschaffen wurde.

Dieser „Stützfuß“ zwang die Schutt-Strom-Massen zum „Aufreiten“, wodurch Energie vernichtet werden konnte und eine Reduktion der Bewegungen eintrat.

Parallel zu dieser Stabilisierung wurde durch den Einbau von tiefen, mit Kies gefüllten Gräben das gebundene Wasser im Schuttstrom durch Verdunstung reduziert und eine „Verkrustung“ der Gelände-Oberfläche erzielt (Abb. 11 bis 14). Diese „Verkrustung“ der Oberfläche führte dazu, dass die tiefer liegenden weichplastischen Tone, deren Scherfestigkeit sehr gering ist, durch den „steifen Deckel“ stabilisiert wurden (Breymann, Hofmann und Poisel, 2008).



*Abb. 11 und 12: Auffüllen der Drainagegräben mit Kalkgrobschlag 100/300 (links); Drainagegräben wurden so angelegt, dass sie gleichzeitig als Baustellenstraßen dienten (rechts).*





*Abb. 13 und 14: Die untere der beiden Querausleitungen (links); Abb. 14: das Netz von Querausleitungen und Dränagegräben wirkt wie ein Stützrippengefüge*

Durch die Auswertung der Morphologie in der Laser Scan Befliegung war zudem klar zu ersehen, dass eine intensive Durchnässung des Rutschbereiches insbesondere vom Lidringgraben ausging. Es musste deshalb für diesen ein neues und aufnahmefähiges Bachbett in seiner ursprünglichen Tiefenlinie errichtet werden. Erst dann konnte die 1922 geschaffene Beileitung des Lidring- zum Gschlifgraben wieder aufgelöst werden. Durch die schließlich erfolgte Abspundung auch der tieferen Wasser-führenden Schichten des Lidringgrabens gegenüber dem Gschlifgraben wurde erstmals ein deutlich messbarer Bremseffekt in der bis dahin vorwärtsbewegenden Masse erzielt.



*Abb. 15 und 16: Abspundung des Lidringgrabens gegen den Zentralbereich der Rutschung (links); um die Wirksamkeit der Ausleitungen überwachen zu können, wurden hydrologische Messstationen durch die Universität für Bodenkultur in Wien installiert.*

Weiters wurden insgesamt 281 Stück Entwässerungsbrunnen zum Abbau des Bergwasserdrucks und zur Verbesserung der Bodeneigenschaften gebohrt. Die letzte Brunnenreihe war entsprechend der weit voreilenden Überschiebungstirn unmittelbar vor den Häusern am Hangfuß (Abb. 17).

Der Abtransport aufwallender Massen erfolgte mit LKWs bzw. auch mit einer Klappschute (Abb. 18).



Abb. 17 und 18: Brunnenreihe unmittelbar bergwärts der betroffenen Häuser (links); Abtrag der Aufwallungstirn oberhalb der Gebäude und Materialabtransport mittels Klappschute.

## Zusammenfassung Sofortmaßnahmen

Der Maßnahmenkomplex der Entwässerungs- und Stabilisierungsmaßnahmen umfasste:

1. Neuanlage bzw. Ausbau von offenen Ableitungsgräben, Lidringgraben neu.
2. Anlage von Sammelrohrleitungen zur Wasserabfuhr aus sensiblen Rutschbereichen.
3. Anlage von Drainage- und Sickerschlitzen mit Entlüftungs- und Stützfunktion.
4. Anlage und Betrieb von Entwässerungsbrunnen.
5. Materialabfuhr von der Aufwallungstirn unmittelbar oberhalb der Gebäude.

Verworfen wurden nach der oben beschriebenen Prüfung hingegen die Vorschläge der Materialabfuhr aus dem oberen und mittleren Rutschungsbereich sowie die Vernagelung und Verpfählung der oberen mobilisierten Schichten.

Die wesentlichen Bodeneigenschaften, die es damit zu verbessern galt, sind: Wassergehalt, Grobkorn-, Feinkorn- und Schluffanteil sowie der Porengehalt. Da das Material stark hygroskopisch ist, wirken Entwässerungen nicht so einfach wie in einem Schotterboden. Zusätzlich zur klassischen Entwässerung musste daher durch Belüftung dem Material die Möglichkeit gegeben werden, den Wassergehalt auch über die Verdunstung zu verringern.

## Langfristige Maßnahmen und Monitoring

Nach Erreichen einer relativen Konsolidierung und auch schon übergreifend vorher während der Sofortmaßnahmen musste das Hauptaugenmerk auf die Beobachtung und Beurteilung der Gefahrensituation und deren Veränderungen gelegt werden. Auch an ein Aufheben der Evakuierung war erst zu denken, als durch ein Monitoring System (welches derzeit noch als Provisorium besteht und demnächst auf dauerhafte Einrichtungen umgestellt wird) die Möglichkeit geschaffen war, rechtzeitig vor einer möglichen Wiedermobilisierung der Massenbewegung zu warnen.

## Echolotung (Sonar)

Der gesamte Bewegungsbereich fußt auf einem etwa 1000 m breiten und 140 m tiefen Schwemmkegel. Zur Kontrolle und Verifizierung, inwieweit sich Veränderungen an der subaquatischen Schwemmkegeloberfläche ergaben, wurde am 29. 1. 2008 und zu Vergleichs-



zwecken am 12. 2. 2008 sowie am 08. 5. 2008 Echolotmessungen des gesamten Schwemmkegels durchgeführt. Die Aufnahmen erfolgten mit einem Befahrungsstreifenabstand von 10 m und einem Punktabstand von ca. 0,5 m innerhalb eines Befahrungsstreifens. Dies ermöglicht die Erstellung eines digitalen Geländemodells mit einer Rastergröße von ca. 12 m. Der Vergleich der beiden Echolotdatensätze ergab subaquatische Rutschungen im Bereich nördlich der Hauptachse sowie, dass der gesamte Schwemmkegel sich während des jüngsten Ereignisses radial im Meterbereich ausgedehnt hatte (Abb. 19a, b).

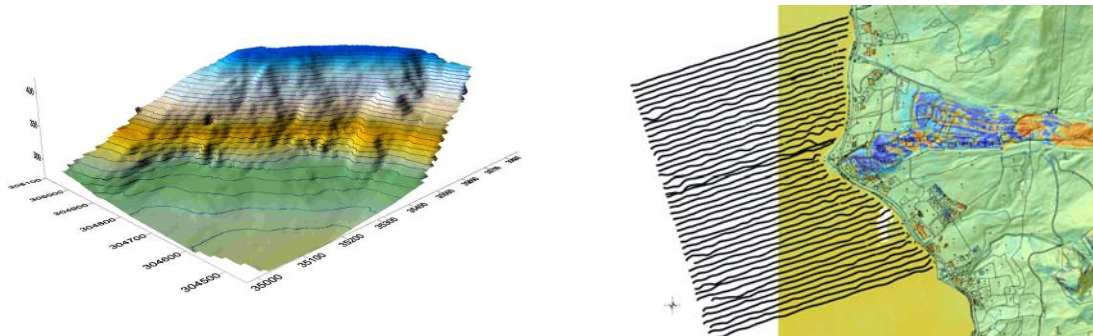


Abb. 19a, b: Echolotaufnahme und Befahrungsmuster des Schwemmkegels.

## Webcam – Bildaufnahmen

Mit 12. 1. 2008 wurden am Haus „Pointl“ zwei Webcams installiert, die in einem Intervall von 15 Minuten Fotos von den südlichen und den nördlichen Rutschbereichen erstellten und automatisiert auf einen FTP-Server speicherten. Durch Aneinanderreihung zeitgleicher Bilder zu einem Zeitrafferfilm konnten mithilfe der Stroboskopanalyse ebenfalls wichtige Aufschlüsse über den Bewegungsablauf und insbesondere seine Reaktion auf verschiedene Maßnahmen gewonnen werden. Aus dem Zeitrafferfilm war u. a. klar ablesbar, dass die Abspundung des Lidringgrabens vom Zentralbereich der Rutschung mit wenigen Tagen Verzögerung einen deutlichen Bremseffekt auf die Rutschungsgeschwindigkeit hatte (Abb. 20a-c).

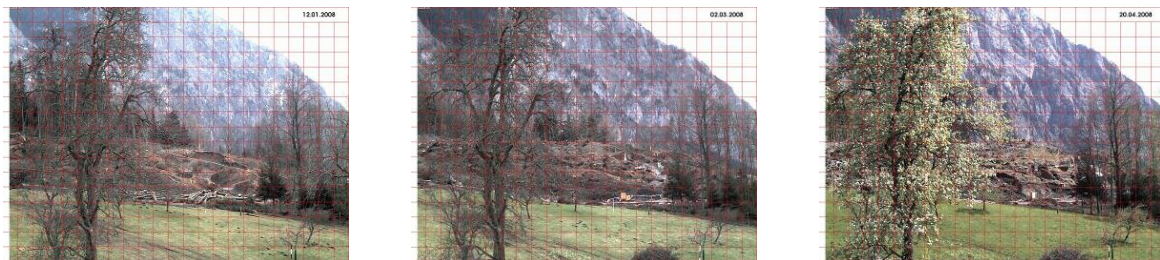


Abb. 20a-c: Zeitrafferanalyse der Webcam- Aufnahmen.

## Stabilisierung des Oberlaufes

Im obersten Einzugsgebiet des Gschlifgrabens wurden mittels ingenieurbioologischer Methoden und vorgeschalteter Schwergewichtsdrainage sowie durch Holzpilotierungen die nachgleitenden Erdstrommassen zurückgehalten und das Nachsacken der Einhangbereiche aufgrund des durch die Materialdepression fehlenden Böschungsfußes verhindert. Konsolidierungsstaffelungen in Lärchenholz mit Weidenfaschinen sollen die Grabeneinhänge stabilisieren und Eintiefungsprozesse hintanhaltend (Abb. 21).

Erosionshemmende Oberflächenausgestaltung und Begrünung mit standortsangepassten Bodenpflanzen sowie Aufforstung mit Schwarzerle und anderen Laubgehölzen sollen nach-

haltig schutzwirksame mittel- und niederwaldartige Mischbestände entstehen lassen und Feinmaterial im oberen Einzugsgebiet zurückhalten (Abb. 22). Obwohl der Waldbestand nicht in der Lage ist, ein Ereignis wie das abgelaufene zu verhindern, kann doch mit standortsgemäßer und dichter Begrünung ein Teil der negativen Nebeneffekte wie Schlammuren verhindert werden und können zumindest im oberflächlichen Wurzelbereich die Bodeneigenschaften positiv beeinflusst werden.



*Abb. 21 und 22: Lärchenpilots und Weidenspreitlagen (links); Erosionssichere Neuanlage von Gerinnen und dichte Aufforstung mit Schwarzerlen sollen den Oberbodenabtrag minimieren (rechts).*

## Das EU Projekt SAFE Land

Im Rahmen des EU Projektes SAFE Land ist der Gschlifgraben gemeinsam mit einem großen Rutschungsbereich in Ancona und einer Felsgleitung in Norwegen als Typusbereich ausgewählt worden. Gemeinsam mit der Geologischen Bundesanstalt in Wien wurden in diesem Rahmen ein Ketteninklinometer (Abb. 23) sowie Messstrecken für permanente Geoelektrik-Messungen (Abb. 24) angelegt. Die Echtzeit- Auswertung dieser Daten und die Entwicklung eines Programms zum Zwecke der Frühwarnung sind derzeit gerade im Gange.



*Abb. 23 und 24: Installation des Ketteninklinometers mittels Helikopter (links); Anlage der Geoelektrik-Messstrecke (rechts).*



## Literaturverzeichnis

- Breymann, H. (2009): Geotechnischer Bericht – Gmunden Großhangbewegung Gschlifgraben, 24p., Radstadt.
- Bunza, G. (1978): Bewegungsablauf und Sanierungsmöglichkeiten von Erdströmen. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck **8**, 209-225, Innsbruck.
- Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik (2008): Prüfbericht GB 08017. 10p., Wien.
- Di Monte, M. (2008): Die Problematik der undrainierten Belastungen von Erd- und Schuttströmen am Beispiel des Gschlifgrabens. – Unveröff. Diplomarbeit am Institut für Ingenieurgeologie der TU Wien, 162p., Wien.
- Gruber, H. & Marschallinger, R. (2008): Erfassung und raum-zeitliche Interpretation von Hangbewegungen. – Beiträge zur COG-Fachtagung Salzburg 2008, 166-182, Heidelberg (Wichmann).
- Hofmann, R., Poisel, R., Breymann, H. (2008): Großhangbewegung Gschlifgraben – Zusammenfassender Bericht Geotechnik. 85p., Wien.
- Joanneum Research (2008): Endbericht geophysikalische Bohrlochmessungen – Teil 1: HB1, KB 1, KB 2, KB 3, KB 5, KB 6, KB 7 – Teil 2: KB 1-DL, KB 2-DL, KB-BL 11. 17p., Leoben.
- Land Oberösterreich (Hrsg.), (1984): Traunsee Geologie, Morphologie, Sedimentologie. – Limnologische Untersuchung Traunsee – Traun 12, 114p., Linz.
- Mojsisovics, E. V. (1891): Aufnahmensbericht aus der Flyschzone. – Verh. Geol. R.-A. 3, Wien.
- Müller & Schneider (1984): Der Taunsee. Bathymetrie, Morphologie und sedimentäre Untergrundstrukturen. – Limnolog. Unters. Traunsee-Traun 12, 53-96, Amt der OÖ Landesrg., Linz.
- Moser, G. (2009): Hangbewegung Gschlifgraben, Fachübergreifender Synthesenbericht, Gmunden.
- Ottner F. (2008): Mineralogische Untersuchungen an der Massenbewegung im Gschlifgraben, Wien.
- Prey, S. (1951): Der Gschlifgraben in der Flyschzone bei Gmunden. – Mitt. Geol. Ges. 44, 263-265, Wien.
- Prey, S. (1983): Das Ultrahelvetikum-Fenster des Gschlifgrabens südöstlich von Gmunden (Oberösterreich). – Jb. Geol. B.-A. 126/1, 95-127, Wien.
- Weber, F. (1958): Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal. – Mitt. d. Geol. Ges. Wien 51, 295-352, Wien.
- Weidinger J.T., Niesner E., Millahn K. 2007b. Interpretation angewandt geologisch-geoelektrischer Untersuchungen in der Gschlifgraben-Rutschung am Traunsee-Ostufer (Gmunden/Oberösterreich). In: Egger H., Rupp Ch. Beiträge zur Geologie Oberösterreichs, 57-72, Verlag der Geol. B.-A. Wien.
- Weidinger J.T. 2003. Massenbewegungen und Gebirgsgefahren am Fuße der Traunstein-Nord- und Westwände, Gmunden, Oberösterreich. In: Weidinger J.T., Lobitzer H., Spitzbart I. (Hrsg.) 2003. Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts, Gmundner Geo-Studien 2, 375-394, Gmunden.
- Weidinger J.T. & Vortisch W. 2005. Massenbewegungen im System Hart-auf-Weich zwischen Traunstein und Dachstein (OÖ, Stmk.) und ihre anthropogene Beeinflussung. In: Weidinger J.T., Spitzbart I. (Hrsg.) – Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts II, Gmundner Geo-Studien 3, 75-94, Gmunden.

# Geo-Management im Katastrophenfall Gschlifgraben

Günter Moser<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Ziviltechniker GmbH Moser/Jaritz, Münzfeld 50, A-4810 Gmunden, Tel. +43/7612/75101

mit 9 Abbildungen

## Grundlagen

Mit dem Erkennen der fortgeschrittenen Bewegung im Mittelhangbereich des Gschlifgrabens Ende November 2007 galt es, in möglichst kurzer Zeit das Gefahrenpotential für die im Unterhang befindlichen Wohnobjekte und die durch die Traunsteinstraße und ihre Einbauten vorhandene Infrastruktur zu bewerten. Aufgrund der Bewegungsdynamik war diese Bewertung laufend - also täglich - zu aktualisieren, um die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen zur Reduzierung der Bewegungen zu evaluieren und die Grundlage für neue Maßnahmen zu schaffen.

Grundlage für das Ergreifen von Maßnahmen zur Reduzierung der Bewegungen ist das Verständnis über die Art und Weise der Bewegung, also ein Bewegungsmodell. Um dieses wiederum erarbeiten zu können, ist die Kenntnis der Systemgrenzen erforderlich, das heißt die seitliche Ausdehnung der Bewegung und die Bewegungstiefe.

## Untersuchungen

Allgemein ist festzuhalten, dass die Untersuchungsmöglichkeiten bei rezent aktiven Bewegungen in Abhängigkeit von der Bewegungsdynamik meist stark eingeschränkt sind. Vom Anbruchbereich bis zum Stirnwulst der Bewegung ist häufig aufgrund der Bewegungsgeschwindigkeit keine Möglichkeit der Herstellung direkter Aufschlüsse, wie etwa Kernbohrungen gegeben. Von dem jeweiligen Stirnwulst hangabwärts können in Abhängigkeit von den Vorfeldbewegungen meist auch direkte Aufschlüsse errichtet werden. Im Gschlifgraben wird der räumliche Untersuchungsumfang zusätzlich durch den Traunsee begrenzt.

Die folgende Grafik zeigt schematisch die Untersuchungsmöglichkeiten im Gschlifgraben.

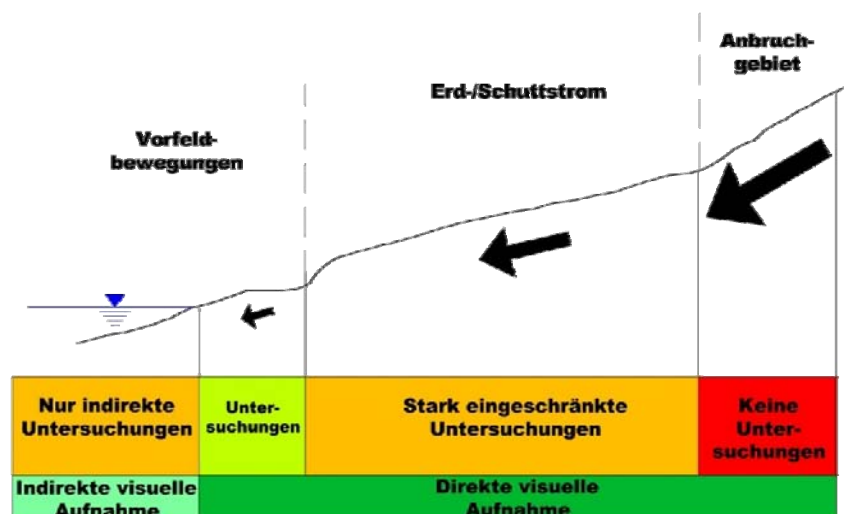


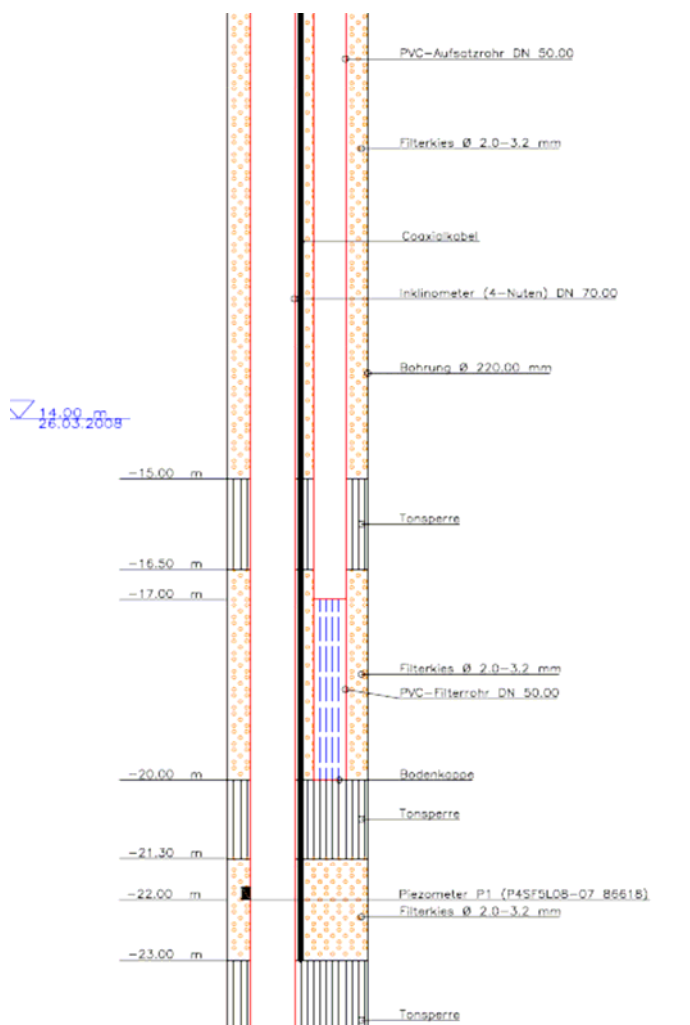
Abb. 1.: Untersuchungsmöglichkeiten Gschlifgraben während einer rezent aktiven Bewegung



Da der Gschlifgraben, wie ja der Name bereits erahnen lässt, eine historisch bekannte Massenbewegung ist, lagen zum Zeitpunkt des Katastropheneinsatzes der rezent aktiven Bewegung auch zahlreiche Grundlagen aus früheren Arbeiten vor, auf welchen aufgebaut werden konnte.

Wie eingangs erwähnt, wurde im Gschlifgraben das Hauptaugenmerk der ersten Untersuchungen auf die Erfassung der Systemgrenzen gelenkt. Während die seitliche Ausdehnung des Erdschuttstromes der rezent aktiven Bewegung aufgrund von Geländebeobachtungen und täglichen Kartierungen rasch zu erfassen war, konnten über die Bewegungstiefe Anfang Dezember 2007 nur Vermutungen auf Basis historischer Ereignisse angestellt werden. Da zu diesem Zeitpunkt, neben dem Bewegungstypus des Erdschuttstromes auch die Möglichkeit eines Versagens des gesamten - überwiegend aus Material früherer Massenbewegungen aufgebauten - Schüttkegels in Form eines Böschungsbruches mit tiefliegender Gleitfläche nicht gänzlich ausgeschlossen werden konnte, war es notwendig, im Bereich der Traunsteinstraße eine tiefere Bohrung mit dem Ziel einer raschen Instrumentierung herzustellen. Diese wurde bis 171 m unter das Niveau der Traunsteinstraße abgeteuft, wobei in dieser Teufe die Basis früherer Erdschuttströme noch nicht erreicht wurde.

Aufgrund der Zeitdauer für die Errichtung von Aufschlussbohrungen wurde zunächst auch eine aus früheren Untersuchungen bestehende, etwa 50 Höhenmeter oberhalb der Traunsteinstraße gelegene Bohrung mit einer Inklinometer-Verrohrung ausgebaut. Parallel dazu wurden mit mehreren Bohrgeräten über die gesamte Breite der möglichen Bewegung, also zwischen den Gasthäusern Ramsau und Hoisn Kernbohrungen abgeteuft und mit umfangreichen Messausrüstungen versehen.



*Abb. 2: Der Ausschnitt aus dem Ausbauprofil der Bohrung HB1 zeigt den Einbau verschiedenster Messeinrichtungen*

Die oben stehende Abbildung zeigt die Ausstattung der tiefen Bohrung HB1 mit verschiedenen Messeinrichtungen, wie Pegelrohr zur Erfassung des Grundwasserspiegels, Piezometer zur Erfassung des Wasserdruckniveaus, TDR-Kabel und Inklinometer zur Verschiebungsmessung.

Auf Basis der ersten Messergebnisse war es schließlich bereits Mitte Dezember 2007 möglich, Aussagen über die Tiefe der Gleitfläche, die Bewegungsgeschwindigkeit im Untergrund und die Breite der Bewegung zu tätigen.

### Untersuchungsmethoden und Ergebnisse in der Katastrophenphase

Gleich den oben beschriebenen räumlichen Einschränkungskriterien gibt die Bewegungsdynamik bzw. die Bewegungsgeschwindigkeit über den Faktor Zeit eine weitere maßgebliche Einschränkung für Untersuchungen und Bewertungen vor.

Schon allein aus den zeitlichen Einschränkungen hinsichtlich Untersuchungen während des Katastrophenzustandes bilden die klassischen Feldmethoden der Geologie eine wichtige Grundlage für die tagesaktuelle Beurteilung der Gesamtsituation. Hierzu zählen zunächst morphologische Aufnahmen, wie Risskartierungen, die Beobachtung von Stirnwülsten und Randwällen, aber auch die Erfassung von Wasseraustritten, Vernässungen und dergleichen. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der tagesaktuell durchgeführten Risskartierung. Diese bildete auch gemeinsam mit den Bohrlochmessungen eine wesentliche Grundlage für die Festlegung von Gegenmaßnahmen und die Evaluierung getroffener Maßnahmen in den täglichen Krisensitzungen der ersten Monate ab Ende November 2007.

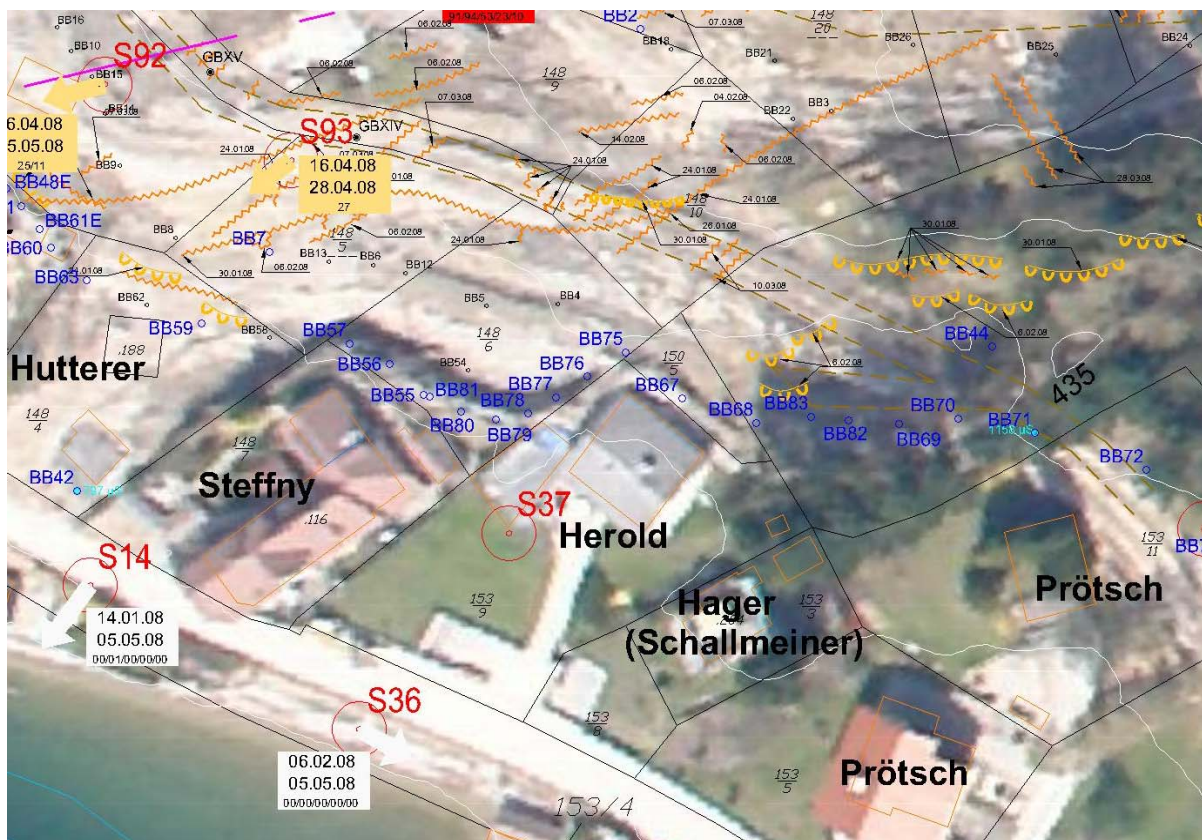


Abb. 3: Ausschnitt aus der täglich aktualisierten Risskartierung



Bei einigen Stirnwülsten konnten vertikale Lageveränderungen im Meterbereich ohne nennenswerte Horizontalverschiebung beobachtet werden. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die Entwicklung eines Stirnwulstes innerhalb von ca. 2 Wochen.



Abb. 4: Stirnwulst im Bereich des Lidringgrabens

Das Bewusstsein der zeitlichen Einschränkungen bestimmt auch die Wahl aller anderen Untersuchungsmethoden. So wurden zusätzlich zu den Inklinometermessrohren in die Bohrungen Messkabel für TDR-Messungen eingebaut, da Erfahrungen aus anderen Projekten gezeigt haben, dass diese Messungen auch nach dem bewegungsbedingten Abscheren des Inklinometerrohres zur Verfügung stehen. Mittels dieser Messungen kann zwar die Orientierung der Bewegung nicht erfasst werden, jedoch ist die Bestimmung der Tiefenlage mit großer Genauigkeit möglich.

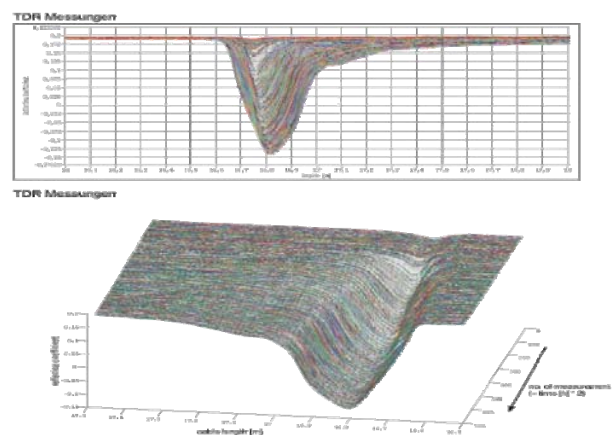


Abb. 5: TDR-Messeinheit und exemplarische Ergebnisse (Grafik Auswertung TU München)



Die oben stehende Abbildung zeigt die Datenerfassung mittels einer mobilen Messeinheit und ein exemplarisches Ergebnis einer TDR-Messung. Aus der Messkurve ist deutlich die Gleitfläche bei etwa 16,8 m unter Gelände und deren Entwicklung im Sinne einer leichten Tieferlegung im Laufe der Messzeit erkennbar. Diese Messungen zeigten auch eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Inclinometermessungen.

Die Visualisierung der Messungen erfolgte durch eine skalierte Darstellung von Bewegungsvektoren, da insbesondere in der Anfangsphase der erfassten Bewegung von Dezember 2007 bis etwa Mai 2008 sehr unterschiedliche räumliche Verteilungen der Bewegungsgeschwindigkeit gegeben waren. So wurden im Ober- und Mittelhangbereich Bewegungen von bis zu 4,7 m pro Tag erfasst, während zur gleichen Zeit im Vorfeld der Stirnwülste Bewegungen im cm-Bereich und bei Objekten an der Traunsteinstraße im Nahbereich des Gschliefbaches in mm pro Tag gemessen wurden. Die Abbildung 6 zeigt die Darstellung aller Bewegungsaufnahmen, sowohl aus der GPS-Oberflächenvermessung, als auch aus den Geländeaufnahmen.

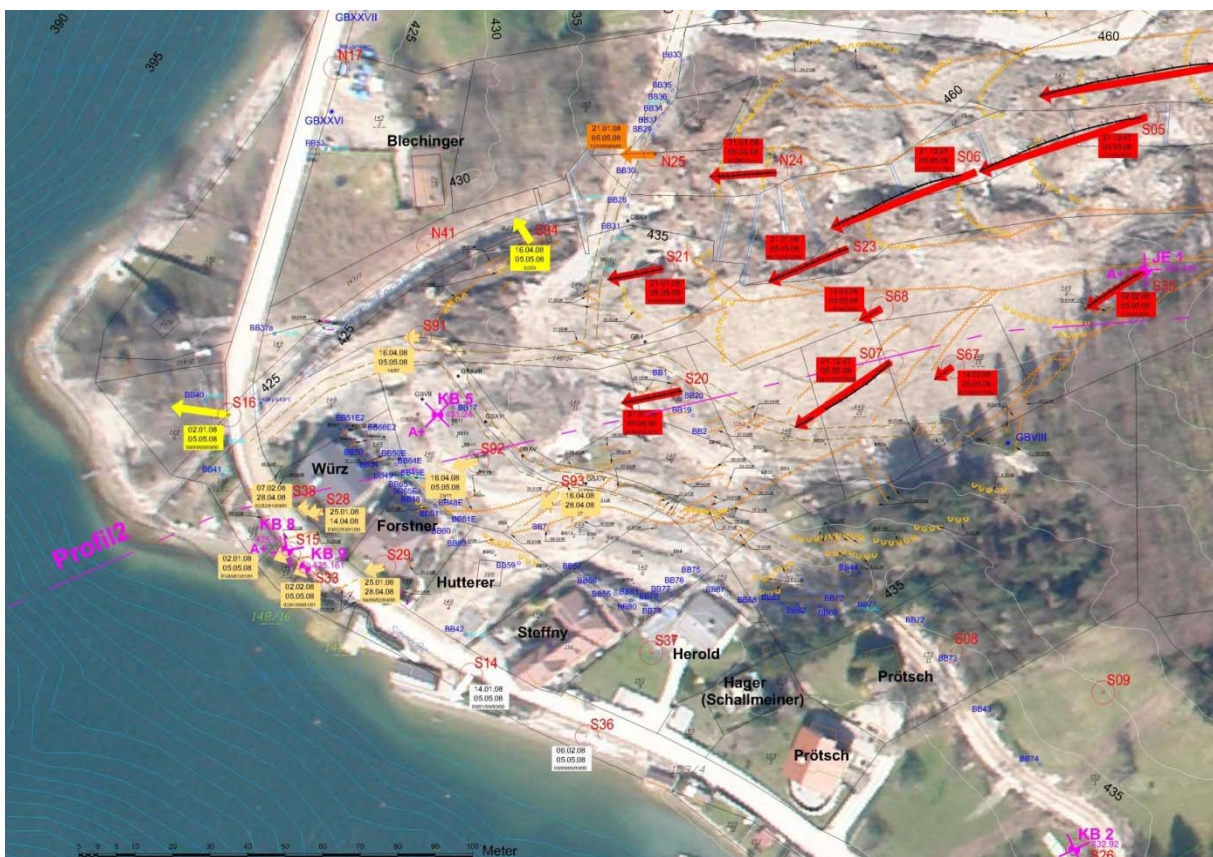


Abb. 6: Skalierte Darstellung der Bewegungsvektoren

Während die roten Vektoren eine 1:1 Länge der Gesamtbewegung im Planmaßstab zeigen, wurde mit verschiedenen Farbgebungen kleinere Bewegungsraten mit Skalierungen bis hin zu 100:1 dargestellt. Die Auflösung der Gesamtvektoren in Wochenvektoren (schwarze Pfeile) zeigt – wie in der rechten oberen Bildhälfte der Abbildung 6 recht deutlich erkennbar –, dass sich eine Änderung der Bewegungsrichtung mit stärkerer Südtendenz ab Ende Jänner 2008 eingestellt hatte.



## Weitere Untersuchungen

Während die kurzfristigen Untersuchungen der Festlegung von Sofortmaßnahmen dienen, sind zur Beurteilung des verbleibenden Gefahrenpotentials nach der Katastrophenphase und somit zur Festlegung von Langzeitmaßnahmen und raumplanerischen Aspekten intensivere Untersuchungen der Massenbewegung selbst, aber auch ihres Umfeldes erforderlich. Dabei kommen wiederum klassisch geologische Methoden, aber auch das Monitoring system-relevanter Parameter zum Einsatz.

So wurde im Frühjahr 2008 eine komplette Neukartierung des Gschlifgrabens und erstmalig auch der südlichen Randbereiche vorgenommen (Abb. 7). Für die geologischen und geomorphologischen Aufnahmen wurden aus dem von der WLV zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell (aus Laserscan-Befliegung) Höhenlinien mit einer Äquidistanz von 1m sowie eine Reliefkarte („hillshade“) generiert. Aus der Überlagerung der Reliefkarte mit den Höhenlinien wurde eine Karte im Maßstab 1:2000 erstellt, die als topografische Grundlage für die Kartierung diente. Zur genauen Positionsbestimmung im Gelände kamen zusätzlich zur Karte ein Höhenmesser und ein GPS-Empfänger zum Einsatz. Somit konnte einerseits eine sehr genaue Verortung der Kartierung vorgenommen werden, andererseits wurde auch eine hohe Auflösung der Kartierung erreicht.

Bei der Kartierung der Hangbewegungen wurde zwischen verschiedenen Typen von geologischen Massenbewegungen differenziert. Als wichtigstes Kriterium für die Zuordnung dienten dabei morphologische Kennzeichen. Die Unterscheidung zwischen reliktschen und aktuellen Hangbewegungen wurde am Bewuchs (Vegetation) und an der Deutlichkeit der morphologischen Kennzeichen getroffen.

Neben den geologisch-geomorphologischen Aufnahmen wurden zur Beurteilung der Felsstabilität bei den Felsaufschlüssen ingenieurgeologische Trennflächenaufnahmen durchgeführt.

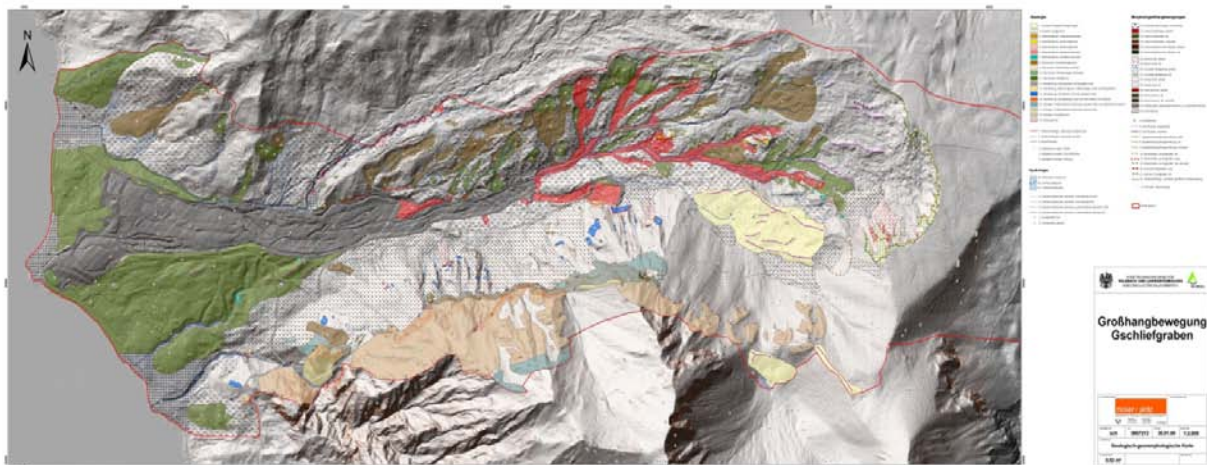


Abb. 7: Geologische Neukartierung des Gschlifgrabens 2008/2009

Die geologische-geomorphologische Aufnahme und die Gefügemessungen führten auch zu neuen Erkenntnissen hinsichtlich der Lagerung im Bereich der südlichen Randbereiche. Diese Ergebnisse sind insbesondere hinsichtlich der Kluftwasserschübe aus den nördlichen Kalkalpen und der Randzone von Bedeutung.

Abbildung 8 zeigt einen Felsturm aus Hauptdolomit südlich der Zierler Schneid mit steilem Nordfallen.



*Abb. 8: Hauptdolomit in Form eines Felsturmes nördlich der Zierler Schneid, Gschlifgraben im rechten unteren Bildbereich*

## **Untersuchungsergebnisse und Arbeitsmodell**

Durch die Vielzahl an Aufschlüssen und Erkundungsmethoden steht für den Gschlifgraben eine ausreichende Datendichte zur Verfügung, anhand derer Abschätzungen getroffen werden, Arbeitsmodelle entworfen und insbesondere Maßnahmen zum Schutz des Siedlungsraumes ergriffen werden können.

Allerdings stellte sich schon bei den Bohrungen heraus, dass der Erd-Schuttstromkörper sehr inhomogen ist, was sich weniger in einer Vielzahl an Bodenschichten, sondern vielmehr in unscharfen und langsam wechselnden Lithologien äußerte. Aus diesem Grund kann beispielsweise das lagig aufgebaute Modell, das zur Erklärung der Rutschungsdynamik verwendet wurde, nur als grobe Näherung betrachtet werden. Die Unsicherheiten bestehen im Wesentlichen darin, dass für einen sehr großen Hangbewegungskörper von etwa 3.8 Mio. m<sup>3</sup> ein vereinfachtes Modell angenommen wird, in der Realität aber die Verhältnisse durch die unscharfen, vertikalen Inhomogenitäten sowie auch dem lateralen Wechsel von Lithologien sehr viel komplizierter sind.

## **Objektbezogene Beurteilung**

Die in Abhängigkeit von der Einschätzung der jeweiligen Gefahrenpotentiale ausgesprochene Evakuierung von Wohnobjekten im Gschlifgraben wurde schließlich im August 2008 wieder aufgehoben. Zu diesem Zeitpunkt war das Sicherheitsniveau, das vor der rezent aktiven Bewegung bestand, noch nicht erreicht, so dass Zusatzmaßnahmen bis zur Einrichtung geeigneter Monitoringsysteme ein gefahrloses Bewohnen der Objekte sicherstellen müssen.

**Weidinger, J.T. & Köck, G. (Hrsg.), (2010): ÖAW-Gschlifgraben-Symposium 2009 – Proceedings 65**

Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien

Online-ISBN 978-3-7001-7022-8, DOI 10.1553/gde2010

Aus diesem Grund wird seit August 2008 eine laufende Beurteilung ehemals evakuierter Objekte im Gefahrenbereich durchgeführt, um bei einer Reaktivierung von Bewegungen, Rissbildung im Bereich der Gebäude oder anderen Auffälligkeiten wiederum Maßnahmen treffen zu können.

Die Basis für die Beurteilung bilden geologisch-geotechnische Profile, in die auch die Objekte einbezogen wurden. Die Beurteilung erfolgte für jedes einzelne Objekt, da sich für die Objekte auch unterschiedliche Risiken ergeben. Neben der Beurteilung des geogenen Risikos werden auch gründungstechnische und infrastrukturelle Belange berücksichtigt. Abbildung 9 zeigt exemplarisch die Erstaufnahme eines der betroffenen Objekte.

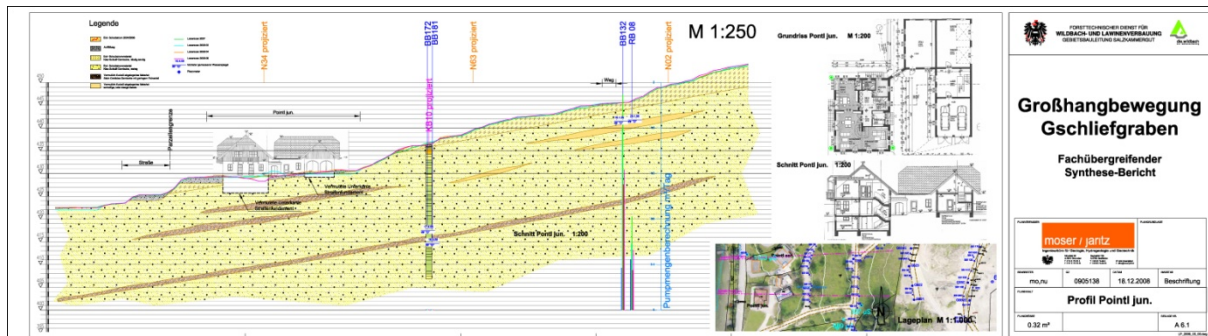


Abb. 9: Ersterhebung der objektbezogenen Beurteilung ehemals evakuierter Objekte

Seit Beginn dieser objektbezogenen Beurteilungen traten keine Ereignisse auf, welche eine Einschränkung der derzeit per Bescheid der Baubehörde definierten Nutzung erfordert hätten. Ab der Inbetriebnahme eines für den Bewegungstypus des Gschlifgrabens maßgeschneider-ten Frühwarnsystems ist die Notwendigkeit der objektbezogenen Beurteilung nicht mehr gegeben.

## Frühwarnsystem

Aufgrund des Hangbewegungstyps und der Erfahrung bis in historische Zeit ist der Gschlifgraben durch wiederkehrende Ereignisse geprägt. Als Langfrist-Monitoring-Maßnahme zur frühzeitigen Erkennung der Reaktivierung von Bewegungen und/oder dem Eintreten von Bewegungsauslösern ist die Einrichtung eines Frühwarnsystems in Bearbeitung. Dabei sollen automatisiert unterschiedliche Daten erfasst werden.

Die im Gschlifgraben relevanten Monitoringparameter sind:

- Neigungsmessungen mittels automatischem Inklinometer
- seismische Messungen zur Erfassung von Felsstürzen
- Abflussmessungen der Oberflächenabflüsse
- Oberflächenbewegungen über automatische GPS Stationen
- Niederschlags- und Temperaturdaten über eine Wetterstation

Alle Daten sollen vollautomatisch erfasst und über eine zentrale Schnittstelle in eine eigene Software eingespielt und an verschiedene Empfänger weitergeleitet werden. Über verschiedene Alarmschwellen werden Aktivitäten ausgelöst, welche von der einfachen Evaluierung der Messergebnisse bis hin zu Evakuierungsmaßnahmen reichen können.

Dieses Frühwarnsystems ist derzeit in Entwicklung, wobei ein EU-Projekt mit dem Titel „Safe Land“ bis 2013 mit einem Methodikforschungsteil unter anderem im Gschlifgraben abgewickelt wird und die dabei gewonnenen Erkenntnisse in die endgültige Gestaltung des Frühwarnsystems eingehen werden.

## Literatur

- Baumgartner, P. (1976): Die Massenbewegung bei Gmunden im Gschlifgraben (Traunsee, Oberösterreich) – eine Analyse aus hydrogeologischer und ingenieurgeologischer Sicht.- unv. Diss. An der Universität Innsbruck, 106p., Innsbruck.
- Baumgartner, P. und Sordian, H. (1982): Zum horizontalen und vertikalen Aufbau des Erd-Schuttströmekegels des Gschlifgrabens am Traunsee bei Gmunden (Oberösterreich). – Jb. Oö. Mus.-Ver., 127/1, 227-236, Linz.
- Breymann, H. (2009): Geotechnischer Bericht – Gmunden Großhangbewegung Gschlifgraben, 24p., Radstadt.
- Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik (2008 a): Prüfbericht GB 08017, 10p., Wien.
- Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik (2008 b): Prüfbericht GB 0805, 19p., Wien.
- Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik (2008 c): Prüfbericht GB 08058, 47p., Wien.
- Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik (2008 d): Prüfbericht GB 0808, 49p., Wien.
- Di Monte, M. (2008): Die Problematik der undrainierten Belastungen von Erd- und Schuttströmen am Beispiel des Gschlifgrabens. – Unveröff. Diplomarbeit am Institut für Ingenieurgeologie TU Wien, 162p., Wien.
- Egger, H. & Husen Van, D. (2007): Die Geologie des Kartenblattes Grünau – ein Überblick. – In: Egger H., Rupp Ch. Beiträge zur Geologie Oberösterreichs, 5-25, Verlag der Geol. B.-A. Wien.
- Geyer, G (1917): Über die Querverschiebung am Traunsee. – Verh. d. k.k. geol. Reichsanstalt, 4 u. 5, 67-102, Wien.
- Gruber, H. & Marschallinger, R. (2008): Erfassung und raum-zeitliche Interpretation von Hangbewegungen. – Beiträge zur COG-Fachtagung Salzburg 2008, 166-182, Heidelberg (Wichmann).
- Hofmann, R., Poisel R. & Breymann, H. (2008): Großhangbewegung Gschlifgraben – Zusammenfassender Bericht Geotechnik, 85p., Wien.
- Joanneum Research (2008): Endbericht geophysikalische Bohrlochmessungen – Teil 1: HB1, KB 1, KB 2, KB 3, KB 5, KB 6, KB 7 – Teil 2: KB 1-DL, KB 2-DL, KB-BL 11, 17p., Leoben.
- Joanneum Reserach (2008): Seismikergänzung Gschlifgraben, 13p., Leoben.
- Joanneum Research (2009): 3 D-Modell Gschlifgraben – Bericht, 34p., Leoben.
- Land Oberösterreich (Hrsg.), (1984): Traunsee Geologie, Morphologie, Sedimentologie. – Limnologische Untersuchung Traunsee-Traun, 12, 114p., Linz.
- MOSER, G. (2009): Hangbewegung Gschlifgraben, Fachübergreifender Synthesebericht. – Unveröff. Bericht, 185p., 45 Beilagen, Gmunden.
- Müller & Schneider (1984): Der Taunsee. Bathymetrie, Morphologie und sedimentäre Untergrundstrukturen. – Limnologische Untersuchung Traunsee-Traun, 12, 53-96, Amt OÖ Landesreg., Linz.
- Prey, S. (1951): Der Gschlifgraben in der Flyschzone bei Gmunden. – Mitt. Geol. Ges. 44, 263-265, Wien.
- Prey, S. (1983): Das Ultrahelvetikum-Fenster des Gschlifgrabens südöstlich von Gmunden (Oberösterreich). – Jb. Geol. B.-A. 126-1, 95-127, Wien.
- Pokorny, A. (1894): Motivenbericht zum Projekte über die Verbauung des Gschlif oder Gschlifgrabens bei Gmunden. – Handgeschriebenes Gutachten, 12p., Linz.
- Pürstinger, C. & Schiffer, M. (2008): Technischer Bericht Projekt 2008/II Gschlifgraben, 81p., Bad Ischl (Forsttechnischer Dienst für Lawinen- und Wildbachverbauung).
- Schäffer, G. (1983): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983 – Blatt 66 Gmunden. – Verh. Geol. B.-A., A92-A93, Wien.



- Singer, J., Festl, J. & Thuro, K. (2008): Computergestützte Auswertung von Time Domain Reflectometry Messdaten zur Überwachung von Hangbewegungen. – Beiträge zur COG-Fachtagung Salzburg 2008, 19-34, Heidelberg (Wichmann).
- Weber, F. (1958): Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal. – Mitt. d. Geol. Ges. Wien 51, 295-352, Wien.
- Weidinger, J.T., Niesner, E. & Millahn, K. (2007): Interpretation angewandte geologisch-geoelektrischer Untersuchungen in der Gschlifgraben-Rutschung am Traunsee-Ostufer (Gmunden/Oberösterreich). In: Egger H., Rupp Ch. Beiträge zur Geologie Oberösterreichs, 57-72, Verlag der Geol. B.-A. Wien.

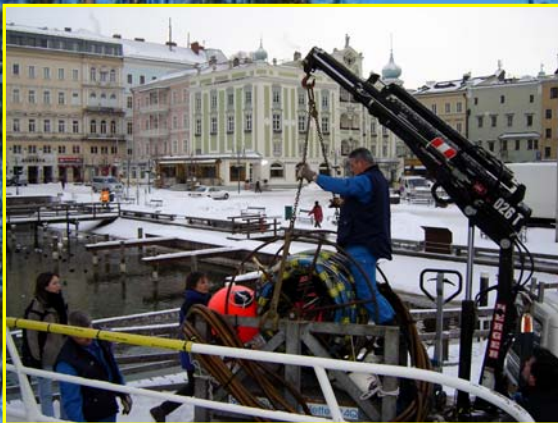




# ÖAW-Gschlifgraben-Symposium Proceedings 1. April 2009



Landseismik - ÖAW-Gschlifgraben-Projekt



Seeseismik - ÖAW-Gschlifgraben-Projekt



Geoelektrik-Monitoring - ÖAW-Gschlifgraben-Projekt



Geländekartierung - ÖAW-Gschlifgraben-Projekt

© Fotos: JT Weldinger