

Interpretation angewandt geologisch-geoelektrischer Untersuchungen in der Gschliefgraben-Rutschung am Traunsee-Ostufer (Gmunden/Oberösterreich)

Johannes Thomas WEIDINGER, Erich NIESNER & Karl MILLAHN

Zusammenfassung

Der Lehrstuhl für Geophysik im Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik der Montanuniversität Leoben sowie das Erkudok[®]-Institut im Stadtmuseum Gmunden untersuchen in den Jahren 2004–2007 im Rahmen eines von der Österr. Akademie der Wissenschaften geförderten Forschungsprojekts die Großmassenbewegung im Gschliefgraben am Traunsee-Ostufer bei Gmunden/Oberösterreich. Dabei sollen sowohl die gegenwärtige Struktur der Rutschung als auch die fossilen Rutschmassen und ihre Bewegungsbahnen mit einer ingenieurgeologischen Neukartierung des Gebietes sowie mit geophysikalischen Messungen an Land und im Traunsee erfasst werden. Das Forschungsprojekt ist in erster Linie der Grundlagenforschung zuzuordnen, nichtsdestoweniger sind diese Untersuchungen auch von hohem öffentlichem Interesse, da durch sie Grundlagen für weiterführende geotechnische Maßnahmen geschaffen werden, die in erster Linie Antworten auf die Fragen geben sollen: a) welche prä-existierenden Strukturen liegen vor, b) was sind die auslösenden und c) was die dynamischen Faktoren sowie d) was ist der interne Mechanismus der Massenbewegung des Gschliefgrabens, die sich im geo-technischen System „Hart auf Weich“ abspielt. Vorläufig sollen in dieser Publikation erste, gut übereinstimmende Ergebnisse der angewandt geologischen Kartierung und der geoelektrischen Messungen präsentiert werden, die in kombinierter Form auch als Prognosemethode für rasch auftretende Murereignisse Bestätigung fanden.

Abstract

New geologic mapping of the mass movements in the Ultrahelvetetic tectonic window of the Gschliefgraben and its Rhenodanubian and Calcareous Alpine frame (east shore of lake Traunsee, Gmunden/Upper Austria) should serve as base information for the interpretation of geophysical measurement profiles. These geo-electric measurements are part of a research project of the Austrian Academy of Science in the years 2004–2007 (project manager: Univ. Prof. Dr. Karl Millahn, University of Leoben/Styria). For the interpretation of shallow (up to 50–100m of depth) sedimentation processes within the mass movement area, a correlation of data analysis of the engineering geologic field mapping and the geo-electric measurement has proved to be a helpful tool. A presented case study shows that this method has also proved for the prediction of spontaneously occurring debris flows. Further investigations including refraction and reflexion seismic measurements should provide an analysis of all geologic-geo-technical processes and subsequent consequences, which should give answers to questions such as a) what are the pre-existing structures, b) the triggering effects, c) the dynamics and d) the internal mechanisms of all mass movement processes of the Gschliefgraben in the geo-technical system called „hard-on-soft-rocks“.

I. Einführung

Verheerende Ereignisse aus dem Rutschgebiet im ultrahelvetischen Fenster des gesamten Liedring- und Gschlifgrabengebiets (Geol. B.-A. 1996; Abb. 1) sind bereits seit dem 15. Jhd. dokumentiert (K.k. Forst- ... 1630–1634; ELSSNER 1792–1856; KRACKOWIZER 1898–1900). Daneben liegen bereits eine Reihe von geologisch-geotechnischen Kartierungen und Gutachten vor, deren Schwerpunkte vor allem auf einer Beschreibung des Ist-Zustandes in den Erd- und Schuttströmen sowie auf einer Übertragbarkeit daraus gewonnener Erkenntnisse auf mögliche Sanierungsmaßnahmen im Rutschgebiet waren (BAUMGARTNER, 1981, 1985; BAUMGARTNER & MOSTLER, 1978; BAUMGARTNER & SORDIAN, 1981, 1982; DAURER & SCHÄFFER, 1983; die.wildbach, 2000; JEDLITSCHKA, 1990; KOCH, 1892, 1898; MOJSISOVICZ & SCHLOENBACH, 1868; POKORNY, 1894; WEIDINGER, 2003, 2004; WEIDINGER & die.wildbach, 2005; WEIDINGER & VORTISCH, 2006; WEINBERGER, 1975). Eine Ausnahme stellt die Arbeit von PREY (1983) dar, in der (neben der Übersicht in WEBER, 1958) der einzige umfassende Überblick über Lithologie, Stratigraphie (samt Paläontologie) und Tektonik – die Grundlage für alle geotechnischen Überlegungen – gegeben wird. Vorrangig soll die sich in Arbeit befindliche Neukartierung im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen des oben genannten Projekts als Grundlage für die Auswertung und Interpretation geophysikalischer Messprofile (Reflexions- und Refraktionsseismik, Multielektroden-Geoelektrik) dienen (WEIDINGER, 2005/06; WEIDINGER, NIESNER & MILLAHN, 2006, 2007), die NW–SE, also quer über den Gschlifgraben, gerichtet sowie E–W, also längs des Grabens, gerichtet sind. Zur Interpretation der oberflächennahen Sedimentations- und Bewegungsprozesse (bis in ca. 50–100m Tiefe), wie Konsolidierung, Kompaktion, Durchfeuchtungsgrad sowie Verteilung von Fest- und Lockergesteinen, eignet sich diese Geländekartierung vor allem in Kombination mit den Ergebnissen der geoelektrischen Messungen; diese wird im Folgenden abgehandelt.

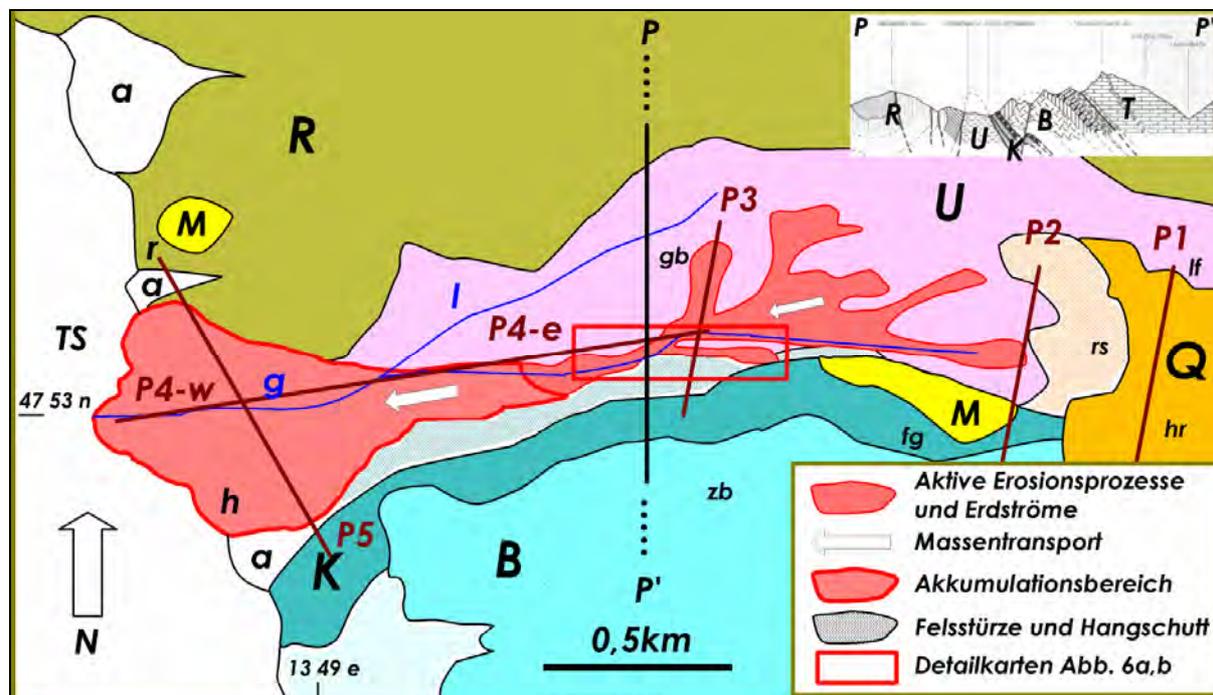


Abb. 1.: Geologische Übersichtskarte des Gschlifgraben-Rutschgebiets: B: Bajuvarikum, K: Kalkalpine Randzone, M: Moräne der Würm-Eiszeit, Q: Ältere Quartäre Hangschuttbrekzie, R: Rhenodanubikum, U: Ultrahelvetikum; a: Schwemmfächer, fg: Farngrube, g: Gschlifgraben, gb: Gaisbühel, h: Gasthof Hois'n, hr: Hochkampriedel, l: Liedringbach, lf: Laudachsee-Forststraße, r: Gasthof Raumsau, rs: Reißete Schütt, TS: Traunsee, zb: Zirlerberg; P1–P5: Messprofile der geoelektrischen Tiefensondierung; Insert: N–S-Profil aus DAURER & SCHÄFFER (1983).

2. Methodik und Auswertung der Multielektroden-Geoelektrik

Bei dieser Methode wird der elektrische Widerstand des Untergrundes gemessen (BECK, 1981; KOEFOED, 1979; MILITZER & WEBER, 1985; NIESNER, 1990, 1996; REYNOLDS, 1997), der im Wesentlichen von der Lithologie und deren Wasserführung beeinflusst wird¹. Über zwei Elektroden wird Strom in den Untergrund geschickt und an zwei weiteren Elektroden die Spannung gemessen. Unter Anwendung des Ohmschen Gesetzes und unter Berücksichtigung der Geometrie kann der spezifische elektrische Widerstand des Untergrundes und dessen räumliche Verteilung berechnet werden². Durch Verschieben der Elektrodenanordnung können auch laterale Veränderungen und damit 3D-Messungen durchgeführt werden; durch Wiederholungsmessungen können auch die zeitlichen Veränderungen der Widerstände, sogenannte 4D-Messungen, durchgeführt werden.

Bei den im Folgenden präsentierten Messprofilen handelt es sich um 2D-Messungen mit einer STING/SWIFT Multielektroden-Geoelektrik-Apparatur der amerikanischen Firma AGI (www.agiusa.com, LOKE, 2002), die ein automatisches Erfassen unterschiedlicher Elektrodenkonfigurationen (per Computersteuerung zu verändern) erlaubt, sodass sowohl die tiefenabhängigen als auch die lateralen Widerstandsänderungen des Untergrundes in relativ kurzer Zeit mit hoher Datendichte erfasst werden können.

Da bei den Messungen von tiefer liegenden Schichten durch Vergrößerung der Elektrodenabstände auch die der Geländeoberfläche näheren Zonen noch immer einen Beitrag zum Messsignal liefern, müssen die Messdaten entsprechend invertiert werden, um diese einzelnen Einflüsse zu trennen. Durch Inversion der Messdaten kann die 2- bzw. 3-dimensionale Verteilung der elektrischen Widerstände im Untergrund berechnet werden.

3. Das Einzugsgebiet des Gschlifgrabens (Abb. 1, Abb. 2)

3.1. Geologische Interpretation des NNE–SSW-Messprofils PI am Hochkamriedel

Der das Ultrahelvetikum an seinem Ostende überlagernde Hochkamriedel, auf dem das Messprofil PI liegt (Abb. 1, 2, 3), ist aus älterer quartärer Hangschuttbrekzie aufgebaut, von der man nach ihrer Genese³ und ihrem morphologischen Erscheinungsbild annehmen darf, dass ihre Mächtigkeit von 0m im N (nahe der Laudachsee-Forststraße) auf max. ca. 100m im Süden des Ablagerungsraums (nahe dem Traunsteinfuß) zunimmt.

¹ Eine derartige Messung erlaubt also Rückschlüsse auf die genannten Parameter. Dabei sind vor allem Änderungen in der Wasserführung für die Dynamik einer Rutschung von besonderer Bedeutung.

² Die Eindringtiefe einer solchen Messung lässt sich über den Abstand der Elektroden steuern. So geben große Elektrodenabstände Informationen über tiefer liegende Schichten, da der Strom tiefer in den Boden eindringt.

³ Der aus Hangschuttbrekzie aufgebaute Hochkamriedel stellt mit seinem über ca. 1km Länge, von S nach N aufgebauten Gefälle zwischen SH 1100m und SH 900m den Rest der Geländeoberfläche aus Schotterfluren am Nordfuß des Traunsteins im Mindel-Riss-Interglazial (?) dar. Seine Untersuchung gibt also Anhaltspunkte bezüglich der quartärgeologischen Morphogenese des Gschlifgrabens. Am Anstehenden kann gezeigt werden, dass dieses vornehmlich aus Komponenten des Wettersteinkalks aufgebaute Material zumindest fallweise fluviatil vom Traunstein in Richtung N transportiert worden ist. Man kann also davon ausgehen, dass auch der gesamte Gschlifgraben zu dieser Zeit mit einer ähnlichen Schuttdecke überlagert war. Während und vor allem mit dem letzten Hochstand der Würm-Eiszeit vor ca. 21.000 Jahren wurde diese Schuttmasse mit Ausnahme des genannten Aufschlusses durch den Ostzweig des Trauntalgletschers, der den Traunsee erfüllte, und den Farngruben-Lokalgletscher an der Nordwand des Traunsteins erodiert (VAN HUSEN, 1977).

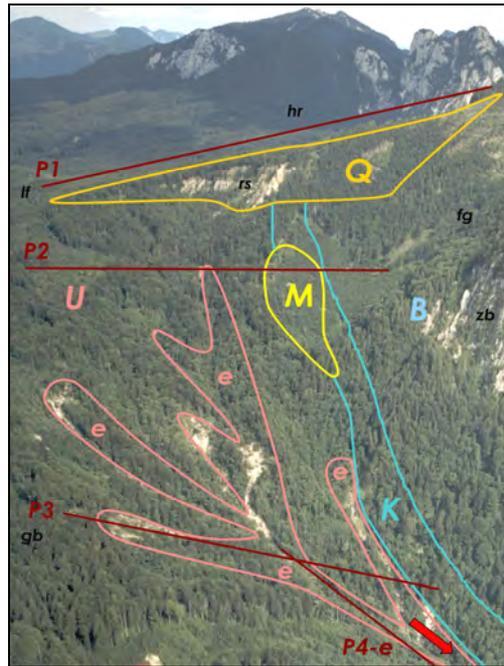


Abb. 2. Luftaufnahme des oberen Gschlifgrabens mit dem Hauptansatzgebiet der Erosion und der Erdströme (e); Legende siehe Abb. 1 (Foto: Luftbilder Max Wojacek, Gmunden).

Vom Beginn des Messprofils (ca. 100m NE der Quelle Siebenbründel) bis zu Profilmeter 180 wird der weiter westlich entlang der Laudachsee-Forststraße gut aufgeschlossene Buntmergel vom verschwemmten aus S kommenden Hangschutt überlagert. Dieser ist aufgrund seiner Porosität gut drainiert und relativ trocken. Die unregelmäßig auftretenden Aufschlüsse des Buntmergels könnten durch eine prä-quartäre Reliefierung des Untergrunds hervorgerufen worden sein. In größerer Tiefe könnten stauende Horizonte im Buntmergel auch zu einer größeren Wassersättigung geführt haben, wie die Widerstandstiefensektion erkennen lässt.

Ab Profilmeter 180 (SH 940m) beginnt sich, von einer markanten Geländestufe begrenzt, die klüftig/poröse Hangschuttbrekzie mit bergwärts zunehmender Mächtigkeit zu entwickeln, wobei die Überlagerung über Buntmergel bis zu Profilmeter 300 ca. 30m nicht übersteigen dürfte⁴. Diese Geländebeobachtungen decken sich recht gut mit der Widerstandstiefensektion.

Von Profilmeter 300–350 (SH 975m–1000m) kündigt sich mit einem treppenartigen Sackungsbereich an der Geländeoberfläche das „untertägige Auskeilen“ der Buntmergel gegen S und deren Ablöse durch Klippengesteine an⁵. Der wasserarme Zustand dieser porösen, oft konglomeratischen Sandsteine und sandigen Schiefer (Grestener Arkosen) wird auch aus der Widerstandstiefensektion deutlich.

Mit Profilmeter 480–520 (auf SH 1030m–1040m) werden am Hochkampriedel abermals zwei deutliche Sackungstreppen erkennbar, die den Übergang von der Klippenzone zu den Kieselkalken und Fleckenmergeln des Kalkofenzugs markieren könnten. Auch in der Widerstandstiefensektion zeigt sich ab hier ein relativ rasches Angleichen der Parameter zwischen überlagernder Brekzie und unterlagernden Kalken. Weiter bergwärts bis zum Ende des Profils (Profilmeter 800, SH 1100m) könnte das aufgrund geringerer Transportweite äußerst grobblockige und gut verkittete Brekzienmaterial bzw. das in recht geringer Tiefe unterlagernde Kalkalpin (Hauptdolomit) für die hohen Erdwiderstände verantwortlich sein.

⁴ Dies errechnet sich aus dem relativen Höhenunterschied von den Buntmergelaufschlüssen am Fuße der Reißeten Schütt bis zum höchsten Punkt der Abrisswand.

⁵ Diese stehen weiter im W am Fuße des Hochkampriedels an, wo sich die aus der Wasserarmut resultierende geringere Rutschfreudigkeit dieser Unterlage durch diesen wesentlich stabileren, mit Feinschutthalde gesäumten Hangbereich manifestiert.

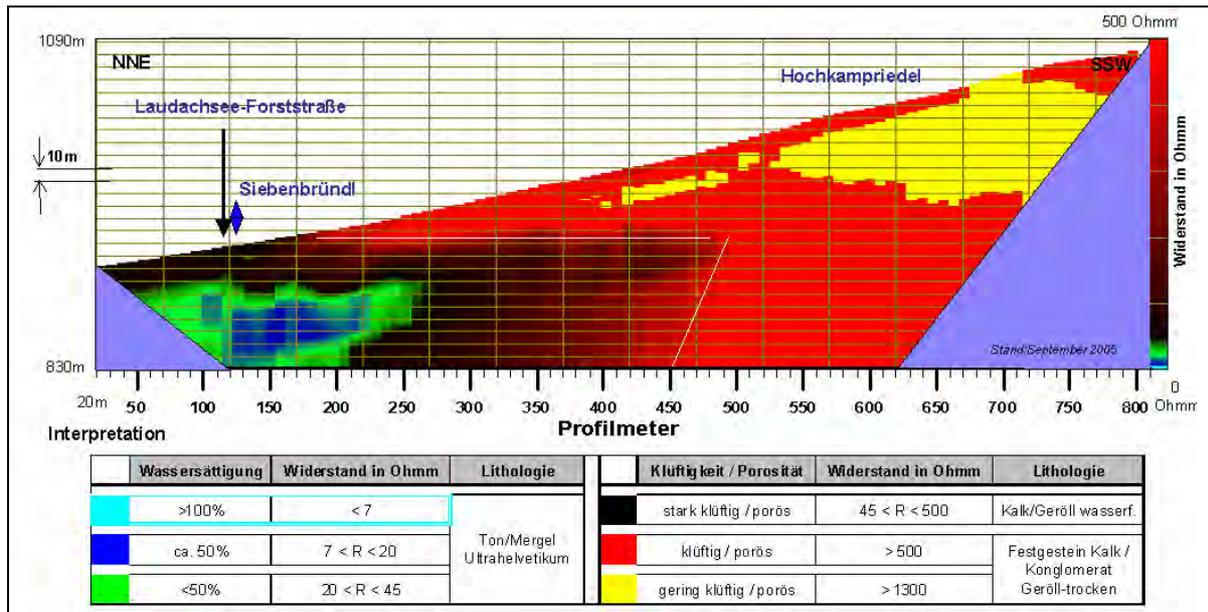


Abb. 3: Geoelektrische Tiefensondierung entlang des Messprofils P1.

3.2. Geologische Interpretation des NNE–SSW-Messprofils P2 am Fuße der Reißeten Schütt

Dieses von der Laudachsee-Forststraße bis zum Fuße der Farngrube verlaufende Messprofil quert den obersten (östlichsten) Ausgangsbereich der Gschlifgraben-Rutschmassen unweit westlich der Reißeten Schütt⁶ und ist deshalb von großem Interesse (Abb. 1, 2, 4).

An der Geländeoberfläche entlang des Messprofils tritt von Profilmeter 0–150 eine blockige und gut wasserdurchlässige Moränenaufgabe zutage, die von einem in geringer Tiefe durch Buntmergel (daher feuchter) unterlagerten Bereich mit verglittene und verschwemmtem Moränenmaterial unterbrochen wird. Die geringmächtige Überlagerung des Moränenmaterials bis max. 10m und der unterlagernde, mit der Tiefe immer wasserreichere Buntmergel werden durch die Widerstandsmessungen exakt erfasst.

Die nun folgende Messstrecke quert bis Profilmeter 350 jenen Bereich, der in den späten 1970er Jahren stark aktiv in Bewegung war und in den frühen 1980er Jahren durch umfangreiche Drainagemaßnahmen zumindest oberflächlich stabilisiert werden konnte. Diese geringere Wasserführung bis in eine Tiefe von ca. 10m kommt im Messprofil gut zum Ausdruck, während die Wassersättigung in tieferen Lagen wieder merklich zunimmt. Mit dieser von E (siehe Messprofil P1) gegen W hin raschen

⁶ Bei der Reißeten Schütt handelt es sich um den nach W exponierten Bereich des Hochkamriedels, der vom mechanisch plastisch und duktil reagierenden Buntmergel unterlagert wird. Aufgrund daraus folgender, rückschreitender Erosion in der auflagernden Hangschuttbrekzie neigt diese zu Auflösungstendenzen und wird somit zum Ausgangspunkt für die Rutschungen. Das anzutreffende Massenbewegungs-System ist mit „Hart auf Weich“ (POISEL & EPPENSTEINER, 1989) zu vergleichen, d.h. der unmittelbare Auslöser für Kriechbewegungen in tonigen Materialien des Ultrahelvetikum war meist eine vorausgegangene (oft sturzartige) Massenbewegung in der spröde reagierenden und blockartig zerfallenden Deckplatte aus konglomeriertem „Fels“ des Hochkamriedels. Zudem wird in mehreren Fällen von großen Felsstürzen in der Reißeten Schütt (so etwa im Jahre 1660) berichtet, die in nahezu allen Fällen die Auslöser für schwere Schuttgänge im Gschlifgraben waren. Aufgrund der abnehmenden Mächtigkeit der überlagernden Hangschuttbrekzie von S nach N kommt es in ihrem morphologisch wesentlich unscheinbareren, äußersten N eher zu Blockkriechen, während es in ihrem zentralen Teil zu echten Fels- und Bergstürzen kommen kann. Weiter gegen S, wo die Hangschuttbrekzie von wesentlich festeren Klippengesteinen und Kalkalpin unterlagert wird, treten diese Phänomene stark zurück und die Flanken des Hochkamriedels sind dort nur von Hangschutt bedeckt. Gegen W in den Gschlifgraben hinein sind die massiv auftretenden Ablagerungen von Hangschuttbrekzie der Reißeten Schütt etwa bis auf SH 870m zu verfolgen. Vereinzelt finden sich die Blöcke allerdings bis zum Ostufer des Traunsees in ca. 3km Entfernung (siehe dazu „Großer Stein“, Punkt 4.2.).

Vergrößerung des Querschnitts der wasserübersättigten Buntmergel in einer Tiefe von 10–30m unter GOK bei einer Breite von über 200m mehrten sich auch die Anzeichen auf das Vorhandensein eines aus E gespeisten, wasserzügigen Horizonts auf einer stauenden Rutschfläche (?), wie die Widerstandstiefensektion zeigt. Diese könnte dem W-fallenden Relief des Buntmergels talab Richtung Traunsee folgen.

Zwischen Laufmeter 350 und 400 des Messprofils wird mit dem südöstlichsten, rezenten Erdstrom am Rande der Klippengesteinszüge⁷ der motorisch stark aktive Gschlifgraben verlassen. Dass der Untergrund bis zu Profilmeter 500 auch hier noch stark durchfeuchtet ist, zeigt sich nicht nur durch oberflächliche Sackungen in den Sandsteinen, sondern vor allem durch die geringen Erdwiderstände. Was im Messprofil PI bereits angedeutet wurde, bestätigt sich nun auch in diesem Profil, und zwar die Tatsache, dass keine eindeutigen S-fallenden Strukturen und/oder Überschiebungsflächen zwischen Ultrahelvetikum und Kalkalpin zu erkennen sind. Stattdessen gewinnt man aus der Widerstandstiefensektion und an Geländeaufschlüssen den Eindruck, dass das Ultrahelvetikum im Zuge tektonischer Bewegungen „diapirartig“ emporgedrückt wurde und vom Kalkalpin durch eine steil N-fallende Diskontinuität (!) getrennt wird, die etwa im Bereich unter dem Moränenhauptkamm des Farngrubengletschers bei Profilmeter 520 ausbeissen dürfte.

Von Profilmeter 500 bis 620 der Messstrecke überlagert die in diesem Bereich max. 10m mächtige Moräne des ehemaligen Farngrubengletschers die darunter anstehende, kalkalpine Randzone (Kalkofenzug) mit teils recht klüftigen und tektonisch stark beanspruchten Kieselkalen und Fleckenmergeln. Erst danach, bis zum Ende der Messstrecke bei Profilmeter 800 (SH 950m), steht unter gut drainierter Hangschuttbedeckung der Hauptdolomit an.

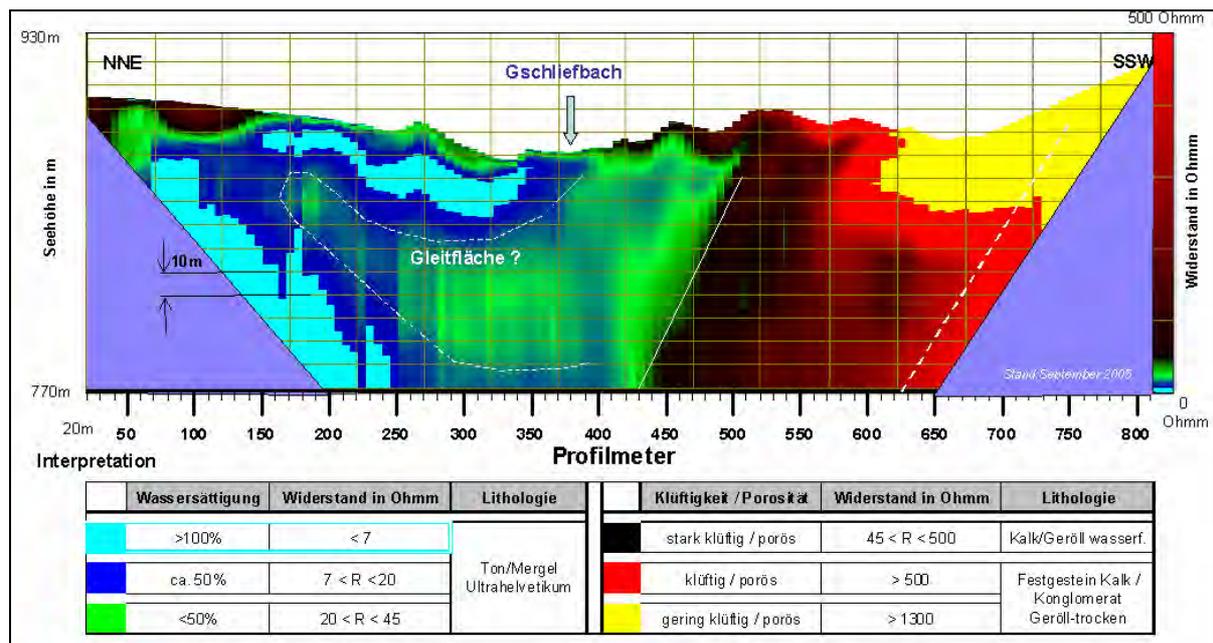


Abb. 4: Geoelektrische Tiefensektion entlang des Messprofils P2.

⁷ Das Gschlifgrabengebiet wird orogr. linksufrig, d.h. südlich der aktiven Rutschmassen, von kalkalpinen Einheiten begrenzt. Das sind die lokale Ausbildung der Kalkalpinen Randzone (Kalkofenzug, PREY, 1983) und das im Hangenden folgende Bajuvarikum (Hauptdolomit). Zudem findet sich an den Hochkammpriedel in Richtung SW anschließend am Fuße der Traunstein-Nordwand das eiszeitliche Farngruben-Kar mit Resten einer Grund- und Endmoräne aus dem Glazial bzw. Spätglazial. Großflächige Aufschlüsse des Kalkalpins und des Kalkofenzugs sind in diesem Bereich daher selten. Nördlich an die Endmoräne anschließend folgt der südliche Randbereich des Ultrahelvetikum, der durch Klippengesteine (Grestener Arkosen) des Südultrahelvetikum gebildet wird. Durch die überlagernden Schuttmassen am steilen Hang unter der Karschwelle, einen deutlichen Endmoränenwall und das Auftreten dieser weniger rutschfreundigen, relativ kompakten Grestener Arkosen wird der aktive Rutschbereich des Gschlifgrabens stabilisiert bzw. leicht nach N abgelenkt; das heißt, dass die Grenze der oberflächlich erkennbaren Rutschmassen häufig mit diesem Bereich zusammenfällt.

3.3. Das Haupterosionsgebiet des Gschlifgrabens

Das zentrale Einzugsgebiet der transportierten Massen mit den aktiven Rutschungen des Gschlifgrabens folgt vom Messprofil P2 in Richtung W (Abb. 1, 2). Es strukturiert sich morphologisch in mehr oder weniger N–S (vom Gaisbühel kommend) bis E–W (parallel des Gschlifbaches) kriechende, passive oder aktive Erdströme und in die sie trennende, anstehende und relativ stabile Rücken. Dieser Bau ist durch die komplizierte Tektonik sowie durch die damit in Verbindung stehenden, unterschiedlich erosions- und rutschungsanfälligen Lithologien zu erklären⁸. Dies wird auch durch das Ausbeiben einer Reihe von tektonisch eingeschuppten, zum Teil sowohl morphologisch als auch lithologisch recht „exotisch“ anmutenden Gesteinsaufschlüssen (wie z.B. die Paläozän-Eozän-Rippen) verdeutlicht. Alle Erdströme dieses motorisch aktivsten Bereichs im Gschlifgraben kriechen (normalerweise mit Geschwindigkeiten von m/a) auf einer Länge von ca. 700m und einer Breite von max. 200m zwischen SH 870m und 615m (Beginn des Akkumulationsgebiets) als Gesteinsbrei zu Tal. Dieser zeigt über weite Bereiche starke Wasserführung in Form von oberflächlichen Gerinnen und hat allgemein einen extrem hohen Durchfeuchtungsgrad. Die hohe Mobilität des Materials wird oftmals beiderseits der Erdströme durch Striemungen an den Seitenwänden und mit bis zu mehr als 2m hoch aufragenden Randwällen dokumentiert, in denen sich außenseitig ansammelnde Wässer, wie ein Umfließungsgerinne, ablaufen und z.T. durch seitliche Rutschungen zu kleinen Tümpeln gestaut werden.

3.4. Das Massenbewegungssystem an der orogr. linken Begrenzung des Gschlifgrabens

Das aus dem oberen Bereich des Gschlifgrabens bekannte Phänomen „Hart auf Weich“ mit den rutschungsauslösenden Felsstürzen tritt auch an den steilen Rhät- bzw. Kieselkalk- und Fleckenmergelwänden des Kalkofenzugs (Abb. 1, 2) sowie in der noch steiler überlagernden bajuvarischen Decke des mittleren Gschlifgrabens, am N-Fuß des Traunsteins (Zirlerbergs), in Erscheinung. In diesem Bereich setzten Steinschlag und Felsstürze vor allem dort an, wo Störungen, Verwerfungen und Querbrüche das Gestein durchziehen, deren Genese im Allgemeinen mit der großen Querverwerfung am Traunsee (GEYER, 1917) in Zusammenhang steht. Diese Diskontinuitäten stehen meist saiger und streichen NNE–SSW. Natürlich spielen dabei auch die intensive Verschuppung des Kalkalpenrandes in einer Art Boudinage, die Auflagerung fester Gesteine auf einem Polster aus Haselgebirge sowie jene zerrissenen Falten eine wichtige Rolle, aus der die Tirolische Überschiebung des Wettersteinkalks hervorgegangen ist. Ansonsten ist dieser Teilbereich des Rutschgebiets aufgrund geringerer Rutschfreudigkeit der Gesteine im allgemeinen wesentlich stabiler und oftmals von Hangschutt bedeckt. Trotzdem sind auch Felsstürze (so etwa um 1730 und 1891) nicht auszuschließen.

⁸ Die orogr. rechte Begrenzung des Gschlifgrabens wird bereits von seinem Ursprungsbereich im E, am N-Fuß der Reißeten Schütt, von einem relativ fest anstehenden, nach WSW streichenden Rücken (Gaisbühel) gebildet. Dieser aus nordultrahelvetischem Buntmergel aufgebaute Rücken trennt den eigentlichen Gschlifgraben vom spitzwinkelig dazu laufenden Liedringgraben. Wie die Profilschnitte der Arbeiten von PREY (1983) zeigen, bedingt der tektonische Bau des Gschlifgraben-Fensters durch Anschoppung und Aufpressung der Buntmergel eine steile, faltenförmige Aufwölbung, deren ehemaliger Scheitel (vor der Abtragung) etwa im Bereich dieses Gaisbühel-Rückens zu liegen kam. Daraus ergibt sich ein oft steiles S- bis SW-Fallen der Schichten südlich dieses Rückens zum Gschlifgraben hin und ein oft steiles N-Fallen nördlich dieses Rückens zum Liedringgraben hin. Während der nördlich angrenzende Liedringgraben wesentlich ärmer an Rutschungen und nahezu frei von Erdströmen ist, wurde dieses S- bis SW-Fallen gegen den Gschlifgraben hin die präexistierende Struktur für die geomorphologische Entwicklung des Gaisbühels. Durch die fortschreitende Tiefenerosion entlang des eigentlichen Gschlifgrabens im morphodynamisch wesentlich aktiveren Süden bedingt, entstand die relativ steile Neigung seiner Hänge nach S und die damit verbundene Instabilität derselben in Richtung Gschlifgraben. Dadurch entwickelte sich aber auch diese sukzessive Auflösung der Gaisbühel S-Hänge zum größten Einzugsgebiet von Erdströmen, nicht zuletzt aufgrund der sich in diesem Gebiet gut sammelnden Niederschläge als Motor für Massenbewegungen. Diese zugleich größte Verfügbarkeit von Rutschmaterial in Form von tributärer Massenbewegung mit Transportrichtung von N nach S ist flächen- und volumsmäßig zumindest gleich bedeutend wenn nicht bedeutender als jene, die durch die Erdströme des E–W-transportierenden Gschlifgraben-Haupterdstroms entsteht. Dabei ist der östliche Bereich des Gaisbühels aufgrund seines Reliefs in bezug auf rezente Massenbewegungen wesentlich aktiver als der westliche, der zwar alte, inaktive Rutschkörper erkennen lässt, weiter talwärts aber immer stabiler erscheint.

3.5. Geologische Interpretation des N–S-Messprofils P3 über die Gaisbühel-Rutschung zum Kalkofenzug und die Vorhersage der Großrutschung im Jahr 2006

Die geoelektrische Tiefensondierung aus dem Jahre 2005 beginnt am Rücken des Gaisbühels (Abb. 1, 2, 5), verläuft nach S entlang der zentralen Achse der aktiven Gaisbühel-Rutschung, quert den Haupterdstrom des Gschlifgrabens, dann wallartig aufragendes Bergsturzmaterial (aus dem Jahre 1730) und den einzigen Erdsturm mit kalkalpinem Material vom Kalkofenzug⁹ kommend, ehe sie im Felssturzmaterial, Hangschutt und dem Anstehenden der Kalkalpinen Randzone (Kalkofenzug) endet.

Bis zu Profilmeter 80 befindet sich die Messstrecke auf dem anstehenden Buntmergelrücken des Gaisbühels, der gerade in den letzten 10 Jahren durch große Sackungen und daran ansetzende, rückschreitende Erosionsprozesse eine Destabilisierung und tiefgreifende Aufweichung des Untergrundes erfahren hat, die in der Widerstandstiefensektion zu erkennen ist.

Nach dem ca. 30 Profilmeter langen Hauptabriss der Gaisbühel-Rutschung dokumentieren zwischen Profilmeter 110–240 extrem starke oberflächliche Vernässung, breiige Auflösung des Grundgebirges (mit viel Altholz) sowie große Bewegungsraten die Auflockerung und die im Messprofil der Geoelektrik bis zu ca. 25m tief liegende Gleitfläche der Massenbewegung.

Zwischen Profilmeter 240–300 mündet die Gaisbühel-Rutschung in den talwärts unmittelbar daran anschließenden obersten Rand des Akkumulationsbereichs (Flachstrecke) entlang des Gschlifgraben-Haupterdstroms. Hier kommt es zu einer nur geringfügigen Verringerung der Wasserkonzentration im Anstaubereich.

Bis zu Profilmeter 370 kann man aus der Widerstandstiefensektion recht gut die Dimensionen jener relativ kleinräumigen Rutschmasse erkennen, die das auf Buntmergel aufgelagerte Bergsturzmaterial (aus dem Jahre 1730) in S–N-Richtung zergleiten lässt. In ca. 30–50m Tiefe scheint sich zudem im Liegenden der Blockschuttmassen und des Kalkofenzugs ein stark wassergesättigter Herd aus Buntmergel (?) zu befinden, der von Profilmeter 350 bis mind. 420 reicht und eine der Ursachen für die extreme Destabilisierung dieses Hangbereichs sein könnte (dort befindet sich nämlich der einzige Erdsturm des Gschlif mit kalkalpinem Material; siehe oben). Die geoelektrischen Messungen verdeutlichen hier nicht nur die hohe Wassersättigung und die Rutschungsaktivitäten im ultrahelvetischen Buntmergel, sondern auch die tiefgreifende Aufweichung und Instabilität des kalkalpinen Randes im S davon, denn erst ab Profilmeter 450 stellen sich weiter bergwärts höhere Erdwiderstände ein, die auf geringen Durchfeuchtungsgrad und aus der Kartierung bekannte, anstehende Kalke hinweisen (Abb. 6a).

In der Karwoche 2006 verdeutlichte die seit Jahrzehnten größte, spontan aufgetretene Massenbewegung an dieser zuletzt genannten Stelle die Gefahr aus dem Gschlifgraben für besiedeltes Gebiet und die Wichtigkeit der im gegenständlichen Projekt zu testenden Forschungsmethoden zur Überwachung der Rutschungsaktivitäten.

Durch die seit mehreren Jahren zu beobachtenden erhöhten Niederschläge im Sommer (etwa im August 2002 und August 2005) und durch die Schneeschmelze des vorangegangenen, schneereichen Winters ausgelöst, sackte auf einer Seehöhe von 730–745m über eine Länge von 75m der Hangschuttkörper samt anstehendem Liasfleckenmergel bzw. -kalk und unterlagerndem Haselgebirge am Nordfuß des Traunsteins mehr als 25m zum Gschlifgraben hin ab. Diese initiale Gesteinsmassenbewegung ($V = \text{ca. } 70.000\text{m}^3$) löste eine Kettenreaktion von murartigen Rutschungen auf dem nach der Schneeschmelze völlig durchweichten Buntmergeluntergrund aus: der talwärts anschließende Blockschuttstrom ($V = \text{ca. } 25.000\text{m}^3$) wurde instabil und glitt mit hoher Geschwindigkeit ($v = \text{m/s}$) ca. 250m talwärts in den Haupterdstrom des Gschlifgrabens und den bis dato noch stabilen Rückstaubereich der gesamten Massenbewegung. Mit diesem Ereignis (Abb. 6a,b) bestätigten sich die oben

⁹ Am Fuße des Zirlerbergs sind es vor allem Straßenanschnitte und die damit verbundene Wasserinfiltration, die die Aktivierung einst passiver Rutschbereiche zwischen ultrahelvetischem Buntmergel und der kalkalpinen Randzone (Kalkofenzug) fördern. Auch laterale Erosion und Unterschneidung der Ablagerungen am Fuße des Traunsteins durch die aktiven Erdströme ist von entscheidender Bedeutung für die ständige Neubildung von Massenbewegungen.

erläuterten Messergebnisse aus dem Jahre 2005 eindrucksvoll: wie Quellaustritte an der frisch entstandenen Abschiebungsfäche zeigen, kommt die hohe Wassersättigung dieser Flanke auch durch Zutritte von Bergwässern aus dem Kalkofenzug zustande (vergleiche dazu SUESS, 1886); d.h. es handelt sich bei der am Ende von Messprofil P3 zu erkennenden, niedrigohmigen Zone im Untergrund um stark wassergesättigte Fleckenmergel des Kalkofenzugs.

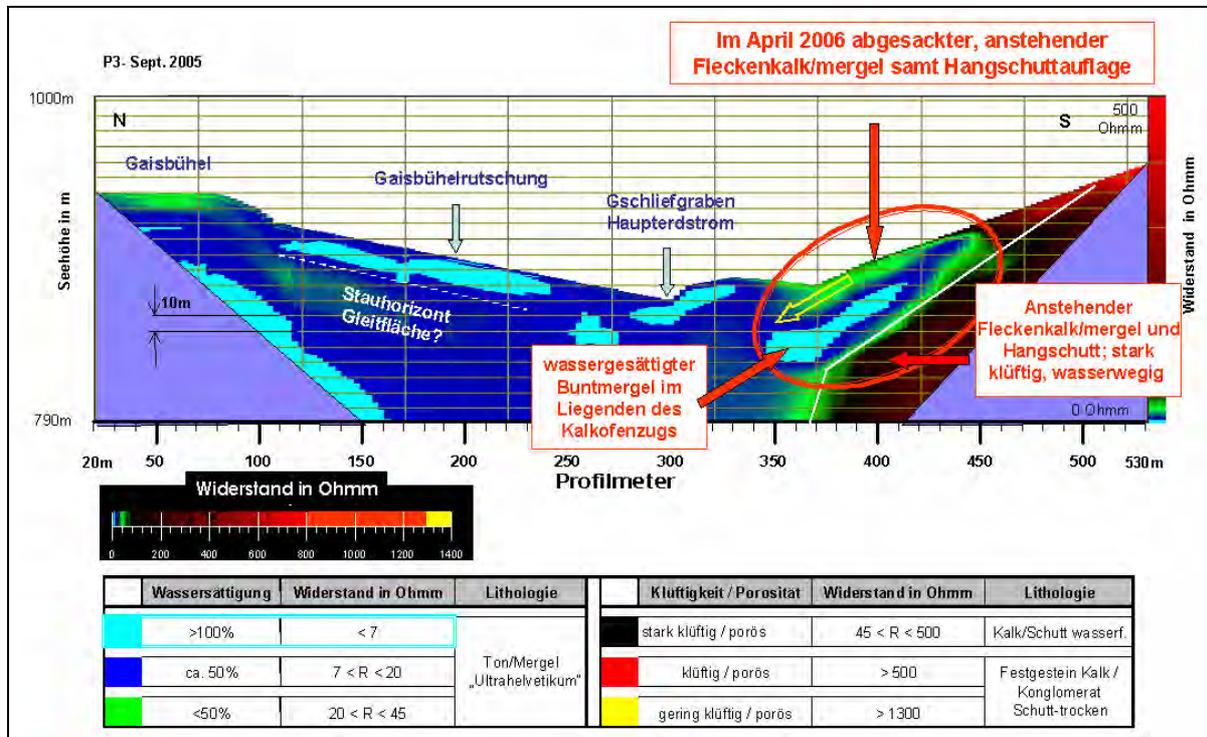


Abb. 5: Geoelektrische Tiefensondierung entlang des Messprofils P3.

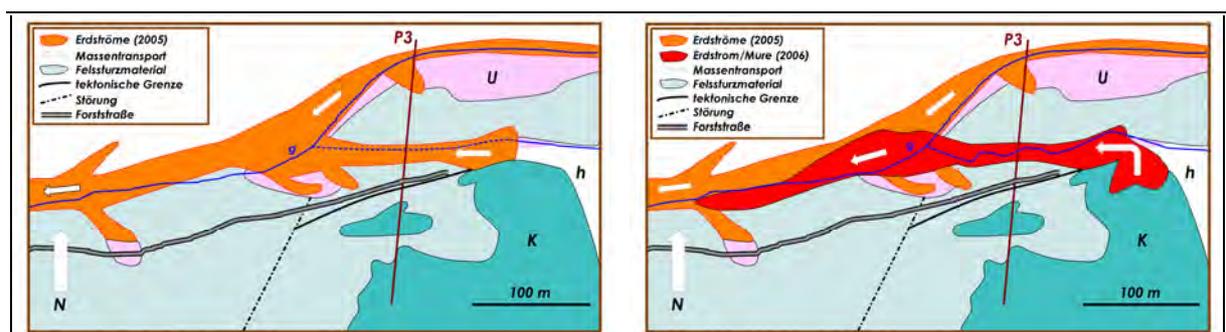


Abb. 6a, b: Geologische Übersichtskarten vor und nach der katastrophalen Kettenreaktion von Massenbewegungen im Gschlifgraben; Legende siehe Abb. 1; h: Hangschutt.

4. Das Akkumulationsgebiet des Gschlifgrabens

Vom Ende des aktuell aktiven Rutschbereiches im Gschlifgraben an talwärts folgt bis zur künstlichen Einbindung des Liedringbaches in den Gschlifbach ein Übergangsbereich, in dem alte, bereits konsolidierte Ablagerungen fallweise remobilisiert wurden. Von dort ausgehend weiter talwärts können über den gesamten Schuttkegel des Grabens mindestens 4 Generationen von Erd- und Schuttstromsystemen mit relativ unterschiedlichem Alter ausgeschieden werden¹⁰. Diese sind zumindest oberflächennahe gering oder kaum durchfeuchtet, zeigen oberflächlich keine Wasserführung und machen im Gelände insgesamt einen relativ verfestigten Eindruck, weshalb sie als aktuell inaktiver Bereich zusammengefasst wurden (Abb. 1, Abb. 7).

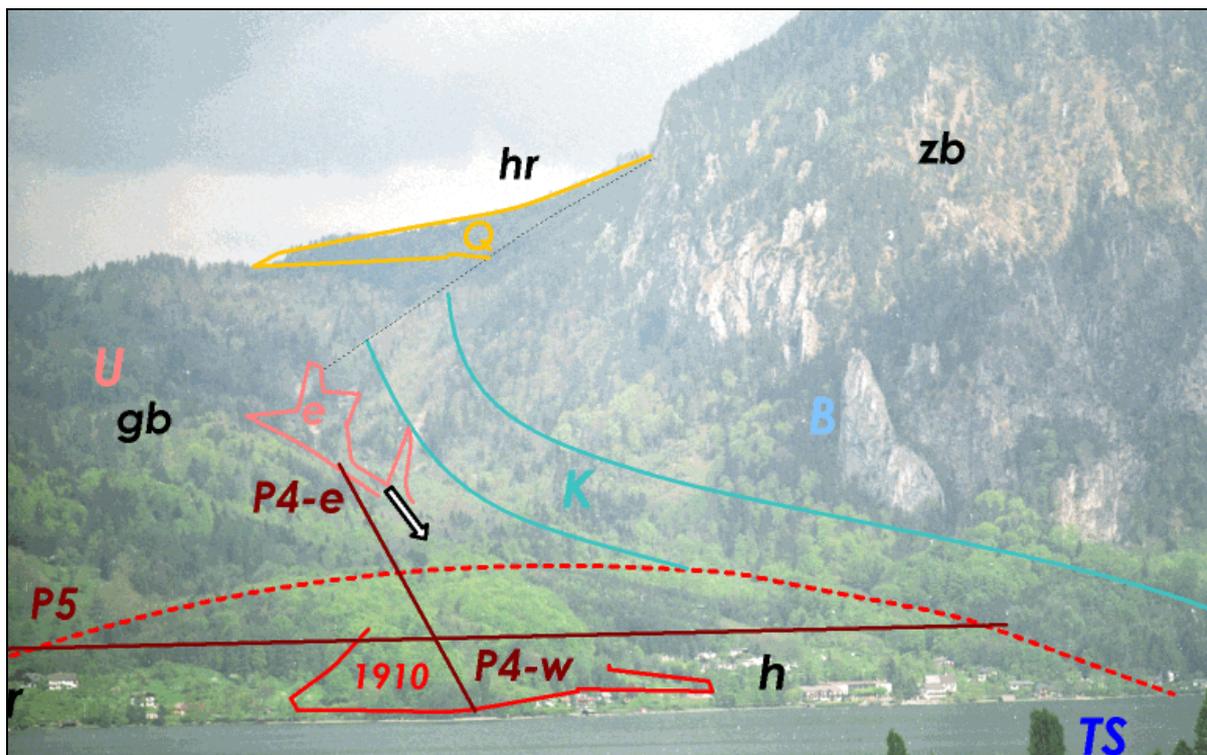


Abb. 7: Blick vom Traunsee-Westufer (nahe Pühret bei Altmünster) auf den Gschlifgraben. Legende siehe Abb. 1.

E: aktive Erdströme, \Rightarrow : Massentransport, ----: Akkumulationszone der Rutschmassen, 1910: Front der Erdströme dieses Jahres, P4/P5: Lage der Messprofile; TS: Traunsee, h: Gasthof Hois'n, r: Gasthof Ramsau.

¹⁰ Das relativ älteste System ist jenes, auf dem der Gasthof „Hois'n“ liegt; es wurde am orogr. linken Flügel des Schuttkegels abgelagert; dieses wird vom relativ jüngeren System „Ramsau“ überlagert, das in einem Streifen beiderseits des Gschlifbaches deponiert wurde; wiederum jünger ist das aus dem Jahre 1734 stammende System „Kalibauer“, das den orogr. rechten Flügel des Schuttstroms erfüllt, während das „Schuttstromsystem 1910“ durch Remobilisierung aus dem System „Ramsau“ hervorging (vergleiche dazu auch BAUMGARTNER, SORDIAN 1981, 1982).

4.1. Geologische Interpretation des ENE-WSW-Messprofils P4-ost von der Gaisbühelrutschung zum Holzlagerplatz (Ende der Flachstrecke)

Die geologische Analyse dieser Widerstandstiefensektion (Abb. 1, 7, 8) hat gezeigt, dass diese nur in ihrem oberen Anfangsbereich im Haupterdstrom des Gschlieffgrabens liegt. Weiter talwärts verläuft diese Messstrecke ca. 100m nördlich parallel zum Gschlieffbach und erfasst somit auch tributäre Bewegungsphänomene aus dem nordwestlichen Gaisbühelbereich.

Die stark durchfeuchtete, breiige Masse bis zu Profilmeter 160, deren Mächtigkeit von ca. 10m auch mit der Geoelektrik gut erfasst werden konnte, stellt den an dieser Stelle sehr schmalen Haupterdstrom des Gschlieffgrabens dar. An diesem Zusammenfluss des Haupterdstroms mit der Gaisbühelrutschung scheint auch der unterlagernde, mehr oder weniger anstehende, aber bereits aufgelockerte Buntmergel bis in eine Tiefe von ca. 50m durchfeuchtet zu sein, weshalb im Profil eine fragile Gleitfläche talwärts angenommen wurde.

Die weiter talwärts folgenden 200 Profilmeter von 170–370 lassen in der Widerstandstiefensektion eine ca. 10–20m mächtige Schicht mit geringerer Wassersättigung erkennen, während in tieferen Lagen (ca. 30–50m), zwischen Profilmeter 230–350, erneut stark wassergesättigte Bereiche anzutreffen sind. Dabei könnte es sich um wasserzügige Horizonte im Buntmergel handeln, die mit dem tektonischen Internbau (Verfaltung, Verschuppung) des Nordultrahelvetikum in Zusammenhang stehen könnten. Oberflächlich bedingt dieser Wasserkörper eine gravitative, von N nach S voranschreitende Auflösung des Gaisbühelrückens zum Haupterdstrom des Gschlieffgrabens hin.

Mit den Messungen zwischen Profilmeter 370–490 bzw. verstärkt zwischen 490–570 werden jene mäßig bis stark durchfeuchteten Rutschungsherde durchleuchtet, die sich in den Staubereichen im N eines aus der Kartierung bekannten Nummulitenkalkzuges (Eozän) gebildet haben. Dass diese tektonisch eingeschuppten, oberflächlich ausbeißenden Kalkrippen nur geringe räumliche Ausdehnung haben, wird durch die Widerstandsmessung ebenfalls verdeutlicht.

Diese seitlichen Rutschherde haben auch eine hoch wassergesättigte Verbindung zum Haupterdstrom des Gschlieffgrabens in bis zu mehr als 50m Tiefe. Dies verdeutlicht das Gefahrenmoment in diesem Bereich und beweist, dass die nachfolgende Zone bis Profilmeter 810 nur oberflächlich bis zu einer Mächtigkeit von gut 10m verfestigt und somit nur temporär beruhigt ist.

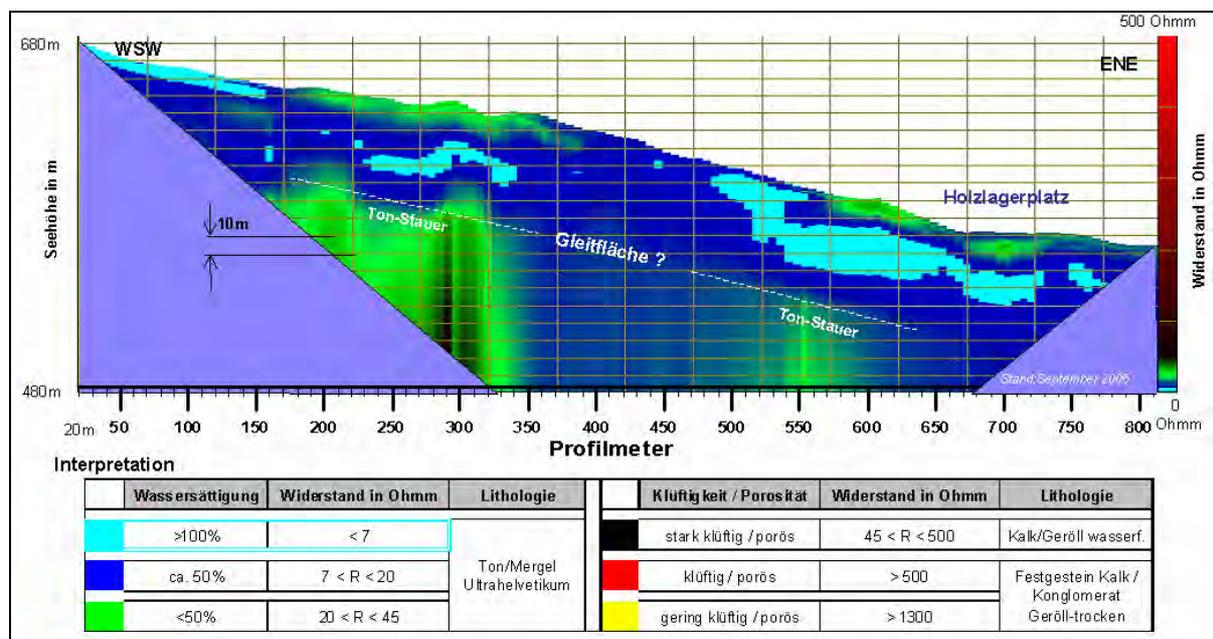


Abb. 8: Geoelektrische Tiefensektion entlang des Messprofils P4-ost.

4.2. Geologische Interpretation des ENE–WSW-Messprofils P4-west vom Holzlagerplatz zur Traunsteinstraße

Dieses Messprofil (Abb. 1, 7, 9) zeigt mäßig hohe Widerstände bis maximal 50 Ohmm, wobei diese hangabwärts wesentlich zunehmen. Dies liegt zum einen daran, dass das Profil in seinem obersten Bereich (von Profilmeter 1250–900) noch im aktiven, stark durchfeuchteten Rutschbereich (durchschnittlich ca. 10 Ohmm) der Buntmergel liegt, während es talwärts im Wesentlichen entlang des alten, bereits konsolidierten Erdstromsystems „Ramsau“ verläuft. Dieses zeichnet sich ganz allgemein durch einen höheren Anteil an großen Sturzblöcken der älteren quartären Hangschuttbrekzie (von der Reißeten Schütt ?) aus, so dass zur unterschiedlichen Durchfeuchtung des Materials entlang des Messprofils auch noch eine lithologische Komponente hinzukommt.

Der blockige Bereich kündigt sich mit einer leicht höher ohmigen Schichte zwischen Profilmeter 900–550 an. In dieser liegt heute auch der „Große Stein“¹¹. Weiter in Richtung Traunsee ist das Erdstromsystem „Ramsau“ als Blockwall ausgebildet, wobei der Gehalt an großen Brekzienblöcken talwärts stetig zunimmt. Dass sich diese Blöcke vermutlich auch weiter in die Tiefe fortsetzen, zeigt sich in der geoelektrischen Tiefensektion etwa um Profilmeter 450–300 mit einem höher ohmigen Bereich, der innerhalb der abgelagerten Massen auch als Barriere fungieren könnte. Auch in seinem untersten Bereich (ab etwa Profilmeter 300) finden sich beiderseits des Gschlifbaches zwei feinstoffarme, extrem blockige Rücken, deren Blockgehalt (Einzelblöcke bis zu 5m Durchmesser) talwärts zunimmt und die auf Sh 440m, im Bereich der Sperrenstaffel, in einer steilen wallartigen Front enden bzw. entlang des Profils noch etwa 70m weiter bis auf Sh 425m zu verfolgen sind. Dies lässt sich aus den diffus verteilten, höher ohmigen Bereichen am Ende des Messprofils erahnen.

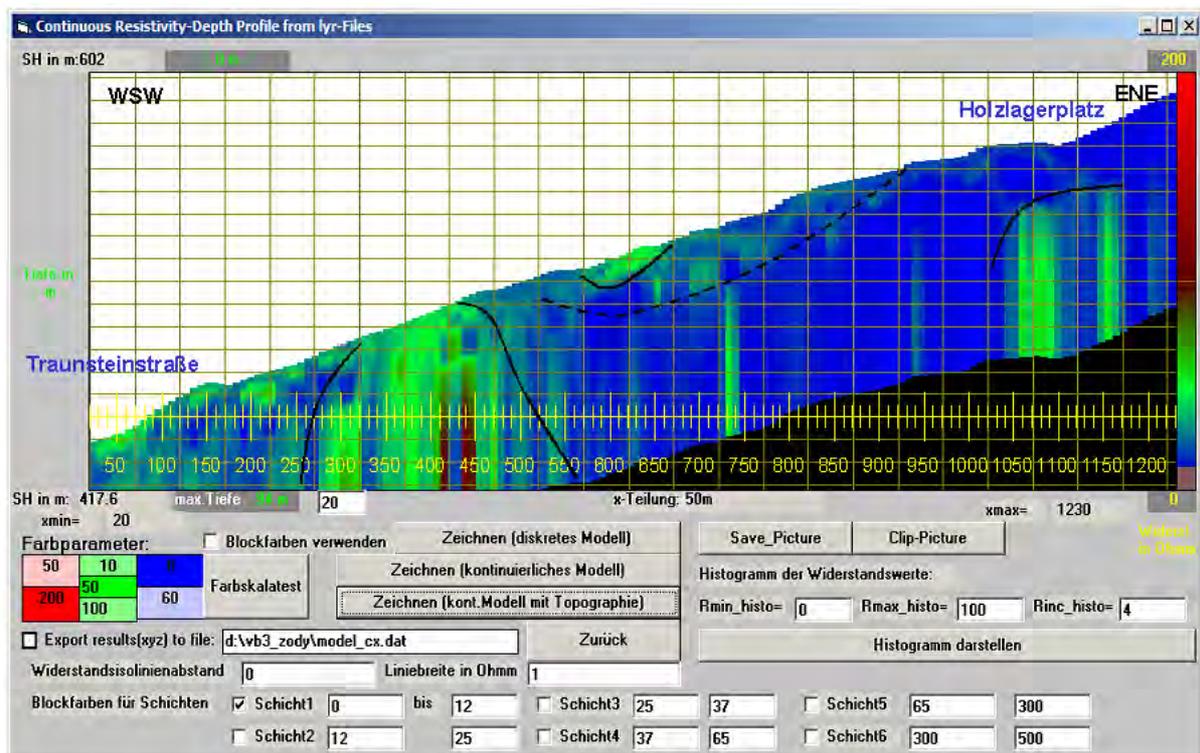


Abb. 9: Geoelektrische Tiefensonndierung entlang des Messprofils P4-west.

¹¹ Dieser einstmals 18m hoch aus den Rutschmassen aufragende Brekzienblock (aus der Reißeten Schütt ?) verlagerte seine Position von 1854–1932 um insgesamt 450m talwärts (davon alleine 200m während der Rutschereignisse von 1910) und diente k.k. Oberförster Höller (1854–1893) als Maß für die Bewegungsraten im Gschlif. Heute ist er in den konsolidierten Massen festgefahren und überragt diese nur mehr um ca. 4m.

4.3. Geologische Interpretation des NW–SE-Messprofils P5 vom Gasthof Ramsau zum Kaltenbach

Wie aus der etwas geringeren Durchfeuchtung ersichtlich, befindet sich dieses Messprofil (Abb. 1, 7, 10) auf den ersten 100m im verglittene Hangschutt aus dem Rhenodanubikum der orogr. rechten Gschlifgrabenbegrenzung¹². Danach quert die Messung bis zu Profilmeter 400 (Gschlifbach) homogene, einem Erdstromereignis zuzuordnende Massen. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Ablagerungen des historisch und aus dem Volksmund¹³ gut belegten Erdstromereignisses „Kalibauer“ des Jahres 1734, das zur Umgestaltung dieses Raumes und zur Vernichtung mehrerer Gutshöfe führte und sich noch heute indirekt nachweisen lässt¹⁴. Aus historischer bis in jüngste Zeit (1950er Jahre) ist zudem überliefert, dass es entlang der ehemaligen Abflüsse des Liedring- und des Gschlifbaches immer wieder zu Wildbachtätigkeit kam. Die damit verbundene morphologische Umgestaltung und starke Durchfeuchtung des Erdstromsystems „Kalibauer“ wird durch die im Messprofil zu sehenden geringen Erdwiderstände dokumentiert.

Orogr. links des Gschlifbaches führt das Messprofil bis zu Profilmeter 500 über das relativ ältere Erdstromsystem „Ramsau“, das sich durch einen höheren Anteil an großen Blöcken auszeichnet, während auf den weiteren 150m Messprofil das relativ älteste Schuttstromsystem „Hois'n“ gequert wird. Der höhere Grad an Konsolidierung und die geringere Durchfeuchtung dieses Bereichs zeigen sich in den abermals leicht höheren Erdwiderständen.

Mit den hohen Erdwiderständen bis zum Ende des Messprofils bei Laufmeter 820 zeigt sich nun bis in eine Tiefe von max. 30m der gut drainierte Keil aus kalkalpinem Wildbachschotter des Kaltenbaches¹⁵.

Mit Ausnahme des letztgenannten Bereichs sind auf diesem Messprofil die niederohmigen Bereiche dominierend. Mit einer Eindringtiefe von mehr als 100m konnte noch kein tiefer liegender, höher ohmiger Horizont erfasst werden. Die Basis der akkumulierten Rutschmassen muss somit noch tiefer liegen. Die Messung zeigt, dass die Erdwiderstände meist unter 20 Ohmm liegen, was auf eine sehr hohe Wassersättigung des gesamten Bereiches hinweist. Es ist auch keine deutliche interne Struktur, die als Gleitfläche interpretiert werden könnte, erkennbar. Die geringen Unterschiede im Erdwiderstand werden auf unterschiedliche Wassersättigung zurückgeführt. Die am Schuttkegel auftretenden Rutschereignisse (wie zuletzt im Jahre 1910) werden mit großer Wahrscheinlichkeit durch lokale Erhöhung der Wassersättigung und des Porendrucks (durch Auflasten), die zu einer Verflüssigung der Sedimente führen, hervorgerufen. Dies konnte auch durch die geologische Kartierung bestätigt werden, im Zuge derer eine ganze Reihe von Wildläufen des Gschlif- und des Liedringbaches festgestellt werden konnten. Die Einbindung des Liedring- in den Gschlifbach (1913–1923) sowie die Verbauung des Letztgenannten (1961–1976) durch die Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) waren demnach nicht nur sinnvolle Maßnahmen gegen Vermurungsereignisse im Zuge von Starkniederschlägen, sondern auch Prävention vor weiteren Erdströmen am Schuttkegel.

¹² Erst mit dem Beginn des Akkumulationsgebiets wird das Ultrahelvetikum orogr. rechts des Gschlifgrabens von einem Flyschdeckenrest überlagert und weiter talwärts längs eines markanten, NNE–SSW-verlaufenden tektonischen Bruchs zur Gänze von Flyschgesteinen abgelöst. Diese sind vermutlich unter Bedeckung von oft kriechenden Hangschuttmassen mehr oder weniger bis zum Ufer des Traunsees aufgeschlossen. Oberflächlich gibt es keine Anzeichen dafür, dass der Flysch unter dem Erd- und Schuttstromkegel in Richtung S, zum NW-Fuß des Traunsteins durchzieht; d.h. er dürfte vermutlich tektonisch völlig ausgequetscht worden sein (TOLLMANN, 1985).

¹³ Aus der mündlichen Überlieferung weiß man, dass man einstmals von der Ramsau bis nach Karbach am südlichen Traunsee-Ostufer sehen konnte, was heute aufgrund des wesentlich weiter in den Traunsee vorragenden Schuttkegels des Gschlifgrabens (um ca. 200m) nicht mehr möglich ist. Ein stiller Zeuge ist auch am Anwesen der Große Ramsau (Fam. Schützinger) zu studieren, wo der Erdstrom das Haus randlich etwa bis zum I. Stockwerk verschüttete.

¹⁴ So wird etwa von den Besitzern der auf dem Erdstrom errichteten Häuser der Familien Alexa und Pilz von Brunnengrabungen ohne Erfolg berichtet. Die Brunnen begannen durch Gasaustritte aus jungen, durch das Ereignis von 1734 überfahrenen Böden zu brennen.

¹⁵ Die Wildbachschotter sind auch durch (erfolglose) Brunnengrabungen der darauf ansässigen Anrainer (z.B. Fam. Hauer) bis in 18m Tiefe belegt.

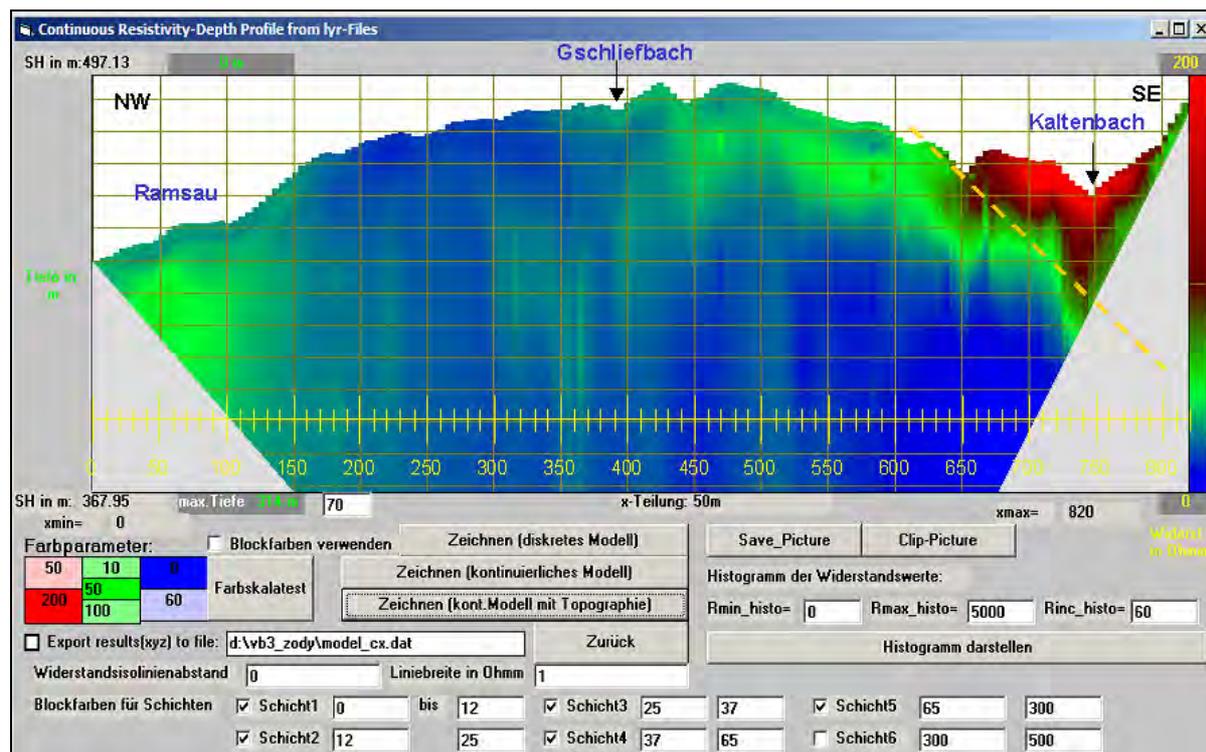


Abb. 10: Geoelektrische Tiefensondierung entlang des Messprofils P5.

5. Anmerkungen

Die laufenden Untersuchungen dieses Projektes werden von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Forschungsprogramme „International Strategy for Disaster Reduction“ – ISDR und „Geophysik der Erdkruste“) finanziell unterstützt. Der Dank der Autoren für die bisherige Unterstützung des Projekts gilt aber auch der Stadtgemeinde Gmunden, insbesondere Herrn BM Heinz Köppl, den Österreichischen Bundesforsten, insbesondere den Herrn Oberforstmeister DI Josef Kerschbaummayr und Oberförster Johann Schallmeiner, allen anderen Grundbesitzern und Anrainern im Messgebiet (Familien Alexa, Möslinger, Pilz, Pointl, Schallmeiner, Scharmüller und Schützinger) sowie der WLV-Gebietsbauleitung Salzkammergut unter der Leitung von DI Michael Schiffer.

6. Literatur

- AGI – Advanced Geoscience Instruments – www.agiusa.com
- BAUMGARTNER, P. (1976): Die Massenbewegung im Gschlifgraben bei Gmunden (Traunstein, Oberösterreich) – Eine Analyse aus hydrogeologischer und ingenieurgeologischer Sicht. – Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck.
- BAUMGARTNER, P. (1981): Erd- und Schuttströme im Gschlifgraben bei Gmunden am Traunsee (OÖ) – Zur Geologie, Entstehung, Entwicklung und Sanierung. – Mitt. d. Ges. d. Geologie- und Bergbaustud. Österreichs 27, 19–38, Wien.
- BAUMGARTNER, P. (1985): Geologische Massenbewegungen und deren Auswirkungen auf kleine und mittlere Bauvorhaben. – Felsbau 3/1, 43–46, Essen – Kray.
- BAUMGARTNER, P. & MOSTLER, H. (1978): Zur Entstehung von Erd- und Schuttströmen am Beispiel des Gschlifgrabens bei Gmunden (Oberösterreich). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 8, 113–122, Innsbruck.
- BAUMGARTNER, P. & SORDIAN, H. (1981): Zur geomorphologischen Karte des Erd- und Schuttstromkegels des Gschlifgrabens 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.
- BECK, A.E. (1981): *Physical Principles of Exploration Methods*. – The Macmillan Press Ltd., London, ISBN 0-26393-6.
- DAURER, A. & SCHÄFFER, G. (Red.) (1983): *Arbeitstagung der Geol. Bundesanstalt 1983* (Hrsg.). – Eigenverlag, 65p., Wien.
- Die.wildbach (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion OÖ, Gebietsbauleitung Salzkammergut) (2000): *Gefahrenzonenplan Gmunden* (1. Revision). – Gemeinde Gmunden, Bezirk Gmunden (nicht publiziert).
- ELSSNER, P. (1792–1856): *Handschriftliche Gmundner Chronik*. – Archiv Stadtmuseum Gmunden.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg.) (1996): *Geologische Karte der Republik Österreich* (Blatt 66 Gmunden). – Wien.
- GEYER, G. (1917): Über die Querverschiebung am Traunsee. – Verh. d. k.k. geol. Reichsanstalt, 4 u. 5, 67–102, Wien.
- HÖLLER (1854–1893): *Handschriftliche Aufzeichnungen über die Bewegungen des „Großen Steins“ im Gschlifegraben*. – Archiv der ÖBF AG-Forstbetrieb Traun – Innviertel.
- HUSEN, D. van (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. – Jb. Geol. B.-A. 120, 1–130, Wien
- JEDLITSCHKA, M. (1990): *Analyse von Massenbewegungen in Verwitterungsdecken auf Flysch und Buntmergel und deren Stabilitätsverbesserung am Beispiel des Gschlifegrabens bei Gmunden*. – Unveröff. Diss. Univ. f. Bodenkultur, 158p., Wien.
- K.k. Forst- und Domänen Direktion in Gmunden (1630–1634): *Waldbüch des Gschliff (Bschliff), Ahonleithen, Farmbgrueb und Khamppegg under dem Traunstein*. – Gmunden.
- KOCH, G.A. (1892): *Geologisches Gutachten über die projektierte Verbauung des Gschlifegrabens bei Gmunden behufs der Hintanhaltung von den bedrohlichen Rutschungen*. – Unveröff. Gutachten, 50 S., 1 Beilage, Wien.
- KOCH, G.A. (1898): *Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Gmunden* (Sonderdruck aus KRACKOWIZER F., 1898–1900). – Eigenverlag des Verfassers, 26 S., Gmunden.
- KOEFOD, O. (1979): *Geosounding Principles I. – Methods in Geochemistry and Geophysics*, 14A. Elsevier, New York, ISBN 0-444-41704-4.
- KRACKOWIZER, F. (1898-1900): *Geschichte der Stadt Gmunden in Ober-Österreich*. Bd. III. – p. 282, 457, Habacher in Commission von Verlag-Mähnhardt, Gmunden.
- LOKE, M.H. (2002): *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imageing surveys*. – www.goelectrical.com.
- MILITZER, H. & WEBER, F. (1985) (Hrsg.): *Einführung in die Angewandte Geophysik*, Bd. 2. – Springer, Wien, ISBN 3-211-81797-2.
- MOJSISOVICZ, E. & SCHLOENBACH, U. (1868): Über das Verhalten der Flyschzone zum Nordrand der Kalkalpen. – Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt, 212ff., Wien.
- NIESNER, E. (1990): *Neue Methode zur Auswertung geoelektrischer Messungen*. – 50. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Leoben.
- NIESNER, E. (1996): *Verbesserte Pseudo 2d Inversionsmethode zur Auswertung von Multielektroden-Geoelektrikmessungen mit Anwendungsbeispielen*. – 5. Arbeitsseminar „Hochauflösende Geoelektrik“, Bucha.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, W. (1989): *Gang und Gehwerk einer Massenbewegung Teil 2: Massenbewegungen am Rand des Systems „Hart auf Weich“*. – Felsbau 7, 1, 16–20.
- POKORNY, A. (1894): *Motivenbericht zum Projekte über die Verbauung des Gschliff oder Gschlifegrabens bei Gmunden*. – Handgeschriebenes Gutachten, 12p., 1 Beilage, Linz.
- PREY, S. (1983): *Das Ultrahelvetikum-Fenster des Gschlifegrabens südsüdöstlich von Gmunden* (Oberösterreich). – Jb. Geol. B. A. 126, 95–127, Wien.
- REYNOLDS, J.M. (1997): *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. – J. Wiley & Sons Inc., NY, ISBN 0-471-96802.
- SUESS, E. (1886): *Gutachten in der Wasserversorgung der Stadt Gmunden*. – Beilage zum Gmundner Wochenblatt, Nr. 46, 1886, 7p., Gmunden.
- TOLLMANN, A. (1985): *Geologie von Österreich*, Bd. II. – 177ff., Franz Deuticke, Wien.
- WEBER, F. (1958): *Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal*. – Mitt. d. Geol. Ges. Wien 51, 295–352, 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.): Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts, Gmundner Geo-Studien 2, 375–394, Gmunden.
- WEIDINGER, J.T. (2004): Das Institut ERKUDOK© im Stadtmuseum von Gmunden – Eine geowissenschaftliche Forschungsstätte im Salzkammergut. – In: CERNAJSEK, T. & SEIDL, J. (Hrsg.): Zwischen Lehrkanzel und Grubenhunt; zur Entwicklung der Geo- und Montanwissenschaften in Österreich vom 18. bis zum 20. Jahrhundert, Jb. Geol. B.-A. 144/1, 141–153, Wien.
- WEIDINGER, J.T. (2005/2006): Kartierungsberichte zu den beiliegenden Manuskriptkarten über die detaillierte geologische Aufnahme der geophysikalischen Messgebiete 2004/2005 im Gschlifgraben am Traunsee-Ostufer/Oberösterreich. – Unveröff. Berichte für die Akademie der Wissenschaften, 34 bzw. 40p.
- WEIDINGER, J.T. & die.wildbach (2005): Earth-, mud- and debris streams in the Ultrahelvetic Nappe of the Gschlifgraben near Gmunden, Upper Austria – a retrospective view on 100 years of research and mitigation measures. – Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 04926 (SRef-ID:1607-7962/gra/EGU05-A-04926, European Geoscience Union 2005).
- WEIDINGER, J.T., NIESNER, E. & MILLAHN, K. (2006): Interpreting Engineering Geologic and Geophysical Research in the Gschlifgraben (Gmunden/Upper Austria) for analyzing Shallow Sedimentation and Mass Movement Processes within Earth-, Mud and Debris-Streams. – Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 03409 (SRef-ID:1607-7962/gra/EGU06-A-03409, European Geoscience Union 2006).
- WEIDINGER, J.T., NIESNER, E. & MILLAHN, K. (2007): Prediction of debris flows with multi-electrode geo-electric method in the Austrian Alps and its possible application in similar mountain regions. – Geophysical Research Abstracts, EGU2007-A-05975, European Geoscience Union 2007.
- WEIDINGER, J.T. & VORTISCH, W. (2006): 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.
- WEINBERGER, P. (1975): Gefahrenzonenplan am Schwemmkegel des Gschliergrabens. – Unveröff. Diplomarbeit, BOKU Wien, 50p.

Mag. Dr. Johannes Thomas WEIDINGER: Erkudok®-Institut Stadtmuseum, Kammerhofgasse 8, A 4810 Gmunden, j_weidinger@hotmail.com.

Prof. Dr. DI Erich NIESNER & Prof. Dr. DI Karl MILLAHN: Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik, Montanuniversität Leoben, Franz-Joseph-Straße 18, A 8700 Leoben.