

# MASSENBEWEGUNGEN IM SYSTEM HART-AUF-WEICH ZWISCHEN TRAUNSTEIN UND DACHSTEIN (OÖ, STMK) UND IHRE ANTHROPOGENE BEEINFLUSSUNG

Johannes Thomas Weidinger<sup>(1)</sup> und Walter Vortisch<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup> j\_weidinger@hotmail.com, Erkudok® Institut im Stadtmuseum Gmunden, Kammerhofgasse 8, A-4810 Gmunden, Austria

<sup>2)</sup> Walter.Vortisch@unileoben.ac.at, Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik, Lehrstuhl Prospektion und Angewandte Sedimentologie, Montanuniversität, A-8700 Leoben.

## ZUSAMMENFASSUNG/ ABSTRACT

Die Bereiche des Gschlifgraben am Traunsee-Ostufer bei Gmunden, der Zwerchwand östlich von Bad Goisern, des Plassen westlich von Hallstatt (OÖ) und des Sandling im Steirischen Ausseerland gehören zu den eindrucksvollsten Felssturz- und Rutschgebieten Österreichs. Ihre außergewöhnliche geologisch-tektonische Position sowie ihre Lithostratigraphie zwischen Ultra-Helvetikum bzw. Hallstätter Zone und Kalkalpinen Decken machen sie zu Musterbeispielen der Angewandten Geologie, der Ingenieur- und der Umweltgeologie. Die Rekonstruktion ihrer prä-quartären und quartären Geologie und Paläogeographie ermöglicht sowohl eine Beleuchtung natürlicher Faktoren und Parameter für die Genese von Massenbewegungs-Systemen als auch ein Erkennen des Zusammenhangs mit anthropogener Beeinflussung als Auslöser von Naturkatastrophen, wie z. B. der Salzbergbau sowie die damit in Verbindung stehende Holz-Kahlschlagwirtschaft für die Salzproduktion und den Bau von Transportschiffen. Daher sorgten nicht nur in historischer Zeit unterschiedliche Auffassungen von Anrainern und Behörden für soziologische und ökonomische Konflikte; auch der seit den späten 80er Jahren des 20. Jhdts. in Kraft gesetzte Gefahrenzonenplan liefert immer wieder Diskussionsstoff in Fragen der Flächenwidmung. Geologische Basisforschung stellte die Grundlage für geo-biologische Maßnahmen und technische Einrichtungen dar, die bisher als Abhilfe gegen diese außergewöhnlichen Phänomene geschaffen wurden.

Aufgrund aller vorliegenden Fakten und der einmaligen Positionierung dieser Rutschgebiete kommt diesen aber auch ein großer didaktischer Wert zu. Im Rahmen von Exkursionen kommt es sowohl von seiten der Studenten als auch von seiten der Lehrenden praktisch ständig zu neuen Erkenntnissen, die unmittelbar im Gelände erfahren und diskutiert werden können. Deshalb wollen die Autoren, die sich im Rahmen ihrer wissenschaftlichen Forschung u. a. mit den kulturgeologischen Auswirkungen von Gebirgskatastrophen in den Alpen, in den Südamerikanischen Kordilleren, im Himalaya, im Tien Shan und im Qin Ling Gebirge beschäftigen, einen wissenschaftlichen Überblick über dieses Phänomen geben. Dieser soll als Exkursions-Begleitschrift für eine ihrer Lehrveranstaltungen an der Montanuniversität Leoben (Steiermark) in Zusammenarbeit mit dem Erkudok© Institut im Stadtmuseum von Gmunden (OÖ) verstanden werden.

*The areas of the Gschlifgraben on the eastern shore of lake Traunsee near Gmunden, the Zwerchwand east of Bad Goisern, the Plassen west of Hallstatt (all in Upper Austria) and the Sandling in the Styrian Ausseerland are home of some of the most impressive rock-avalanche and landslide processes in Austria. Their extraordinary geologic-tectonic position as well as their litho-stratigraphy between the Ultrahelvetic resp. the Hallstätter Zone and the Northern Calcareous Alps made them to special examples of Applied Geology, Engineering- and Environmental Geology. The reconstruction of their pre-quaternaly and quaternary geology and paleogeography provides not only the opportunity for understanding natural factors and parameters for the genesis of mass-movement-systems but also the recognition of involved anthropogenic influences as triggers for natural catastrophes; such as the salt mining as well as the connected de-forestation for salt production and the construction of ships for the salt-transport. That is why different opinions of local people and the authorities have produced sociologic and economic conflicts not only in the past; since the late eighties of the 20<sup>th</sup> century new hazard-zone-maps have been the reason for various discussions. Geologic research has been the base for geo-biologic measures and technical constructions as stabilizing input against these extraordinary phenomena.*

*Due to all mentioned facts and the exceptional positions of these landslide areas they also serve as perfect study objects for university training courses in geology. During excursions not only students but also their teachers come to new perceptions – these scientific findings are the product of the contact with the phenomenon in the field and can be discussed instantaneously. The authors, who have done scientific research on the cultural-geologic effect of mountain catastrophes in the Alps, in the North- and South-American Cordilleras, in the Himalayas, in the Tien Shan and in the Qin Ling mountains, want to give a scientific overview of these mentioned areas. The paper should serve as an excursion guide for one of their lectures at the Montanuniversität of Leoben (Styria) in cooperation with the Erkudok© Institute in the museum of Gmunden (Upper Austria).*

# 1. LEBEN MIT DEN GEBIRGSGEFAHREN IM OÖ-STEIRISCHEN SALZKAMMERGUT

Das Salzkammergut gehört aufgrund seiner komplexen geologischen Verhältnisse in Bezug auf mehr oder weniger katastrophale Felssturz- und Rutschereignisse im Gebirge zu den in dieser Hinsicht am stärksten betroffenen Gebieten der Ostalpen (Abb. 1a).



Abb. 1a: Geologische Position des Untersuchungsgebiets (schwarzer Punkt und südlich davon).

Dieser Umstand wird durch die klimatische Lage und das sehr früh erfolgte Eingreifen des Menschen in die Naturlandschaft verstärkt. Den Bewohnern ist daher ein Leben mit den Gefahren der sie umgebenden Berge nichts Fremdes. So reicht auch die Kunde von katastrophalen Ereignissen weit zurück. Sie hat sich im Gedächtnis der Bewohner eingepreßt und ist oftmals in Form von volkstümlichen Überlieferungen erhalten. Wenn auch das gesamte Gebiet von diesen Vorkommnissen betroffen war und ist (Abb. 1b), so sind es besonders vier Bereiche, die nicht zuletzt aufgrund ihrer Aktualität im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses und der angewandten geologischen Forschung stehen: i) der Gschlifgraben (Abb. 1c) am Traunsee-Ostufer bei Gmunden, ii) die Zwerchwand östlich von Bad Goisern, iii) der Sandling im Ausseerland und iv) der Plassen westlich von Hallstatt.



Abb. 1b: Relief-Modell des Salzkammerguts mit der geologisch-tektonischen Gliederung vom Traunstein (1.691m) am Nordrand der Kalkalpen zum Massiv des Hohen Dachsteins (2.995m) nach den Geol. Karten der Rep. Österr. Blatt 66 Gmunden (Geol. B.-A. 1996) und Blatt 96 Bad Ischl (Geol. B.-A. 1982); U – Ultra-Helvetikum, R – Rhenodanubikum od. Flyschzone, KR – Kalkalpine Randschuppe od. Randcenoman, B – Bajuvarikum (Langbathzone, Zirler Scholle), T – Tirolikum (Höllengebirgsdecke, Haslergupf-Deckscholle), H – Hallstätter Zone, TD – Totengebirgsdecke, D – Dachsteindecke, J – Jura, K – Kreide (Gosau); Lage der Untersuchungsgebiete: G – Gschlifgraben, Z – Zwerchwand, S – Sandling, P – Plassen, (---) Exkursionsroute (links); 1c: Geologisch-tektonische Situation im Gschlifgraben und am Nordfuß des Traunsteins (Modell 1:2000 im Stadtmuseum Gmunden nach Geol. B.-A. 1996; rechts).

## 2. GEOLOGIE, TEKTONIK UND LITHOSTRATIGRAPHIE DES GSCHLIEFGRABEN AM TRAUNSEE-OSTUFER BEI GMUNDEN

Das dem NW-Fuß des Traunsteins vorgelagerte Gschlifgrabengebiet stellt eine komplexe geotektonisch-lithostratigraphische Einheit dar (Abb. 1c). Am Rande der Kalkalpen gelegen überlagern harte und spröde Gesteine des Kalkalpins (triadischer Plattenkalk 79 und Hauptdolomit 80) samt der lokalen Ausbildung ihrer Randschuppe (Randcenoman), dem „Kalkofenzug“ (Rhätkalke, Lias-Kieselkalke und Lias-Fleckenmergel 71) eine steil aufgefaltete Antiklinalstruktur („Schlitzfenster“, Abb. 3b) ultra-helvetischer Gesteine (vornehmlich Buntmergel 50), die sich tektonisch und lithostratigraphisch in einen dominanten, stark mergeligen Anteil (Nord-Ultrahelvetikum) und einen untergeordnet in Erscheinung tretenden Bereich mit Klippengesteinen (Süd-Ultrahelvetikum) unterteilen lassen. Mit Ausnahme kleinerer Deckenreste konnte das zwischengelagerte Rhenodanubikum (Flyschzone) zum Traunstein hin – wo es vermutlich während der tektonischen Überschiebungsvorgänge völlig ausgequetscht wurde – bisher nicht nachgewiesen werden. Dahingegen bilden ihre Sandsteine und Mergel (59, 60) gegen Norden die Umrahmung des Ultra-Helvetikums. Anstehend sind die Gesteine dieses tektonischen Fensters auf einer Fläche von maximal 1km<sup>2</sup> aufgeschlossen. Während sie an ihrem Ostende von einer älteren quartären Hangschuttbrekzie (22) überlagert werden, sind sie in ihrem Zentralteil vom Lockermaterial relativ geringmächtiger, „gletscherartig“ fließender Erd- und Schuttströme (13) überdeckt und durchzogen, ehe sie völlig unter dem etwa 1km<sup>2</sup> großen Schuttkegel des Grabens am Ostufer des Traunsees verschwinden (Abb. 2a-c).



Abb. 2a-c: Flugaufnahmen des Gschlifgrabengebiets (a, b: Luftbilder Max Wojacek; c: J.T. Weidinger) sowie Blick vom Westufer des Traunsees auf das Rutschgebiet; ah – Adlerhorst, e – Erdströme, f – Farngrube, hk – Hochkamp, h – Hoisn, k – Katzenstein, KA – Kalkalpin, l – Laudachsee, rs – Reissete Schütt, s – Steineck, t – Traunsteingipfel, tn – Traunstein Nordwand, ts – Traunsee, UH – Ultrahelvetikum, zb – Zirlerberg.

### 2.1. MASSENBEWEGUNGEN IM GSCHLIEFGRABEN UND DESSEN RANDBEREICH

Für die Umwandlung der anstehenden, ursprünglich festen helvetischen Buntmergel des Gschlifgrabens zu einem plastischen Tonbrei spielen folgende Umstände eine wesentliche Rolle: i) Lithologie und Bodenbeschaffenheit, ii) Hohe Niederschlagsjahressummen (bis 2500mm), iii) Hohe Niederschlagstagesummen (bis 200mm), iv) Dauerregenperioden von 2-3 Wochen in der Staulage der Traunstein-Nordwand, v) flächenhaftes Versickern des Wassers im Einzugsfächer, vi) Infiltration von Kluftwässern aus der überlagernden Hangschuttbrekzie und den angrenzenden Kalken, vii) sowie Waldbestand, Forst- und (ehemalige) Weidewirtschaft.

Auf 2,8km<sup>2</sup> Niederschlagsgebiet (Abb. 3a), das vom Gschlifbach und dem in ihn einfließenden Liedringbach entwässert wird, kommt es daher zur rückschreitenden Erosion und Auflösung der überlagernden, älteren quartären Hangschuttbrekzie am Hochkampriedel (Reissete Schütt) im oberen Bereich des Grabens sowie zur Ablösung des Bodens an Blattanbrüchen im Lockergestein des gesamten oberen Einzugsbereichs. Die Verwitterungsdecke wird dabei fächerförmig gesammelt und gleitet in Form von zehn, 20-70m breiten, gletscherähnlichen Erd- und Schuttströmen mit Geschwindigkeiten von bis zu 20 m/Jahr in Richtung Traunsee. Da die Buntmergel selbst nur oberflächlich aufweichen, bewegt sich der Tonbrei zäh-viskose in mit Altholz durchmischter Form je nach Durchfeuchtungsgrad an 3-12m tiefen Gleitschichten auf dem festen Muttergestein. Die Auflasten von Fels- und Bergsturzböcken aus der Reisseten Schütt und/oder der Traunstein-Nordwand lösen diese Vorgänge aus, beschleunigen sie oder stauen Erdströme kurzzeitig zurück, wobei diese im Laufe der Zeit in den Erdströmen versinken (Abb. 4a, b). Auf einer talwärts folgenden Flachstrecke im mittleren Bereich des Grabens lagert sich das Material auf einem langgestreckten Akkumulationsrücken von mehreren 100.000m<sup>3</sup> Masse zwischen, wird von dort in Abständen von 80-100 Jahren durch einen Scherbruch mobilisiert und überfährt dabei in Form von sekundären Erd- und Schuttströmen den Schwemmkegel. Aus diesem unteren Bereich des Grabens ist auch jenes Lockermaterial verfügbar, das im Zuge von Starkniederschlägen mobilisiert wird und zu häufigen Vermurungen am Schwemmkegel führen kann.

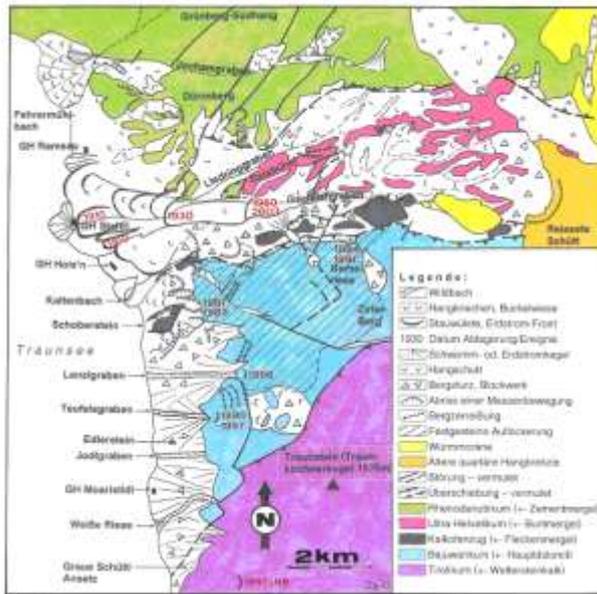


Abb. 3a (oben): Die Massenbewegungen des Gschlifgraben und der Traunstein-NW-Flanke (links, nach Daurer, Schäffer 1983, Prey 1983, Baumgartner 1981 und Weidinger 2003).

Abb. 3b (unten): N-S Profilschnitt durch Grünberg (Rhodanubikum), Gschlifgraben (Ultra-Helvetikum) und Traunstein (Kalkalpin), aus Daurer, Schäffer 1983; Legende: 18 – Mürlsandsteinführende Oberkreide, 19 – Obere Bunte Schiefer, 20 – Zementmergelerde, 21 – Reiselberger Sandstein, 22 – Gaultflysch, 23 – Helvetikum, 26 – Rossfeldschichten, 27 – Neokom, 32 – Fleckenmergel, 33 – Kieselkalk, 36 – Kössener Kalk, 37 – Kössener Mergel, 38 – Plattenkalk, 39 – Hauptdolomit, 43 – Wettersteinkalk, 44 – Gutensteiner Kalk, 45 – Haselgebirge.

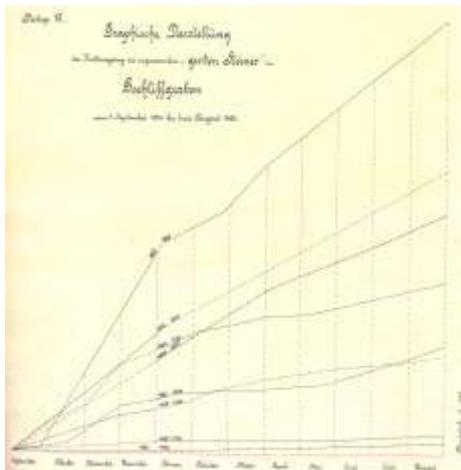
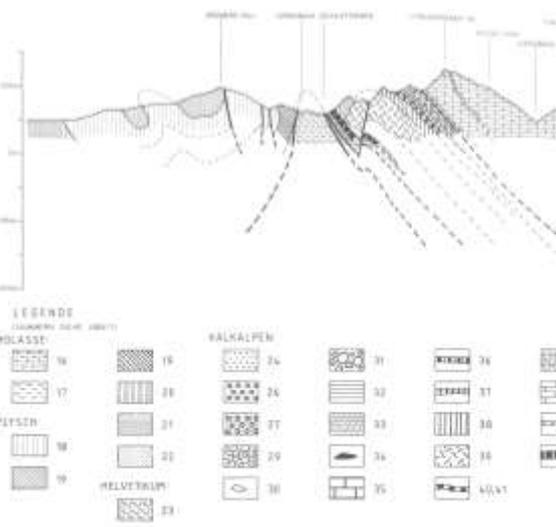


Abb. 4a, b: Die Bewegung des sogenannten „Große Stein“, ein ehemals 18m hoch aus dem Schuttstrom ragender Sturzblock aus Hangschuttbrekzie vom Hochkamptiedel. Er legte in einem Zeitraum von 80 Jahren (ca. 1850-1930) an die 450m Weg in Richtung Traunsee zurück (Höllner 1854-1893). Heute ragt er nur mehr 3m aus den Erdstrommassen; ← A4 Blatt als Maßstab (Foto: J.T. Weidinger 2004).

## 2.2. QUARTÄRGEOLOGISCHE MORPHOGENESE DES GSCHLIEFGRABEN UND DES NAHEN TRAUNSEE-OSTUFERS

Der das Ultra-Helvetikum an seinem Ostende überlagernde Rücken des Hochkamptiedels, der aus älterer quartärer Hangschuttbrekzie aufgebaut ist, stellt mit seinem über 1km Länge, von S nach N aufgebauten Gefälle zwischen 1100m und 900m Seehöhe den Rest der Geländeoberfläche der Schotterfluren am Nordfuß des Traunsteins in der Riss-Würm-Zwischeneiszeit dar. Am Anstehenden kann gezeigt werden, dass dieses, vornehmlich aus Komponenten des Wettersteinkalks aufgebaute Material zumindest fallweise fluviatil vom Traunstein in Richtung Norden transportiert worden war. 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. 20.000 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. Mit der Erwärmung im Postglazial und der allmählichen Einstellung der rezenten klimatischen Verhältnisse setzte der Bewegungsmechanismus des heute bekannten Phänomens im Gschlifgraben ein; d. h. der Schutt- und Schwemmkegel baute sich langsam aus einer Vielzahl von katastrophalen Erd- und Schuttstromgängen sowie Wildbachschottern an jener Stelle des Traunsee-Ostufers auf, wo der eiszeitliche Gletscher zuvor eher eine Bucht nach E geformt hatte. Durch den kontinuierlichen Massentransport in E-W Richtung zum Traunsee hin entstand allmählich ein Massendefizit, das zur rezenten Eintiefung des oberen Gschlifgrabens führte.

### 2.3. DOKUMENTIERTE KATASTROPHEN IM GSCHLIEFGRABEN UND AM NAHEN TRAUNSEE-OSTUFER

Das erste geschichtliche Dokument über die Erd- und Schuttstromtätigkeit im Gschlifgraben stammt aus der 2. Hälfte des 15. Jahrhunderts (Elßner 1792-1856, k.k. Forst- und Domänen... 1630-1634). Es wird berichtet, dass Kulturgründe, Wohn- und Wirtschaftsgebäude durch das völlig in Bewegung geratene 200ha große Einzugsgebiet des Gschlifgraben verwüstet wurden. 1660 oder 1664 wurde von einem – durch einen Felssturz im oberen Gschlifgraben ausgelöst – Schuttstrom das „Harschengut“ (heutige Sepp Stahl Talherberge des ÖAV auf dem Schemmkegel) in den Traunsee geschoben. Nach einem weiteren Erdstromereignis um 1700 ließ ein Schuttstrom 1734 einen Großteil des Schwemmkegels des Gschlifgraben samt 4 Wohnhäusern bzw. Grund von 6 Anrainern im Traunsee versinken (Schultes 1809). Nachdem es 1825 und 1836 erneut zu Grundumwälzungen südlich des Dürrnbergs (er bildet die nördliche Umgrenzung des Grabens) gekommen war, geriet das Gschlif zuletzt im Jahre 1910 abermals stark in Bewegung. Dabei wurden nicht nur 1000 Lärchen und 100 Obstbäume beim heutigen Gasthof Hois'n durch einen linken Seitenarm des Erdstroms vernichtet, sondern auch ein etwa 20-70m breiter Waldstreifen niedergewalzt. Auch die damals noch ebene Liegenschaft Gschlifort wurde von einem 10-15m hohen Erdstromwall überfahren, der nur 50m vor dem gleichnamigen Haus stoppte. Erst jüngst, in den Jahren 2000-2005 konnte im Gschlifgraben von Seiten der Autoren eine Vermehrung morphologischer Prozesse beobachtet werden. Vor allem nach den wochenlangen Niederschlägen im August 2002, nach dem regenreichen Sommer des Jahres 2004 und im Frühling des schneereichen Jahres 2005 kam es zu vermehrter Rutschungsaktivität (Abb. 5a). Die daraus resultierende Mobilität im Bereich des rezenten Akkumulationsgebietes (fächerförmige Vereinigung mehrerer Erdströme auf der Flachstrecke zwischen 650 und 700m Seehöhe) mit max. Bewegungsraten von 20cm/Woche verdeutlicht weiter, dass der Ausbruch der Massen über das momentane Stauegebiet wieder bevorstehen könnte und damit der geschichtlich belegte Zyklus einer 80-100jährigen Wiederkehr der Erdstrom-Katastrophen Bestätigung findet.

Anders verhält es sich mit den Hinweisen auf wildbachartige Vermurungen am Schuttkegel des Gschlif- und des Liedringgrabens im Zuge von sommerlichen Starkniederschlägen. Diese sind vor allem aus dem 20. Jhd. dokumentiert, da man ihnen zuvor wohl nur in Ausnahmesituationen Aufmerksamkeit widmete. So kam es im



Abb. 5a, b: Die zwei Phänomene des Rutschgebiets; im Jahre 2002 konnten auf 720m Seehöhe an der Geißbühel-Südseite (das ist der trennende Rücken aus anstehenden Buntmergel zwischen Gschlif- und Liedringbach) junge Versetzungsbeträge (< 10m) beobachtet werden, was bis 2005 ein weiteres Rückschreiten der Erosionskante und Abrißnische des darunterliegenden Erdstroms von ca. 30m zufolge hatte (links, Foto: J.T. Weidinger 2002); Die Vermurung des ehemaligen Campingplatzes am Schuttkegel des Gschlifgraben unweit der heutigen Sepp Stahl Talherberge des ÖAV im Jahre 1987 führte zur amtlichen Schließung desselben (rechts, Foto: M. Jedlitschka 1990).

Jahre 1860 zu einem Schlammstrom aus dem Liedringgraben ohne Schaden am Schuttkegel. 1897 und 1899 vermuten zwei Hochwasserereignisse des Gschlifgrabens das Gehöft der Eisenau (heutige Sepp Stahl Talherberge des ÖAV), wobei der gesamte Besitz 1m hoch aufgeschottert wurde. Auch 1920 und 1947 kam es zu Ausbrüchen des Liedringgrabens gegen die Ramsau hin. 1955 wurde der ehemalige Campingplatz am Schuttkegel bis zu 1m Höhe und 1987 durch eine Verklausung im Hals des Schwemmkegels während eines 2-stündigen Gewitterregens bis zu 2,5m Höhe mit einer Wildbachschuttlage vermurt (Abb. 5b).

## 2.4. STAND DER ANGEWANDT GEOLOGISCHEN FORSCHUNG IM GSCHLIEFGRABEN

Nicht nur seine besondere tektonische Position und seine teils recht Makrofossil-reichen Schichten sondern vor allem der wirtschaftliche Schaden der betroffenen Anrainer und des Salzamts von Gmunden führte bereits früh zu einer angewandten geologischen Untersuchung des Gschlifgrabens. Deshalb sollen hier vor allem jene Arbeiten zur Sprache kommen, die eine derartige Zielsetzung verfolgten und damit maßgeblich zum heutigen Stand der Gefahrenverminderung beitrugen:

Mojsisovics und Schloenbach (1868) sahen in der Lithologie des Gschlif die Ursache für die Rutschungen und deuteten die Depression desselben als Folge der Auswaschung der Kreidemergel.

Sueß (1886) gab vom Traunstein eingepresstes Wasser als Bewegungsmotor im Gschlifgraben an und hielt die Rutschungen für nicht stoppbar.

Koch (1892, 1898) riet von technischen Verbauungen ab und empfahl eine Ablöse der betroffenen Häuser. Zur Verlangsamung der Erdströme sollte eine Bannlegung des Gschlif (Einstellung von Holzkahlschlägerungen sowie der lokal betriebenen Waldweidewirtschaft) erfolgen, oberflächliches Wasser abgeleitet und überständiges Holz gefällt werden. Darauf aufbauend empfahl Pokorny (1894) die Drainage des Gschlifgrabens mittels eines komplexen Kanalsystems, das jedoch nie verwirklicht wurde (siehe Abb. 9a, b).

Nach jungen Rutschungen im Bereich des Gschlifgrabens-Südrandes (beim sog. Schoberstein) machte Prey (1982) darauf aufmerksam, dass sich Kahlschläge und damit der fehlende Wasserentzug durch die Bewaldung äußerst negativ auf den Bodenwasserhaushalt auswirken und sie der Hauptgrund für die Rutschtätigkeit seien. Prey (1983) lieferte auch die erste umfassende litho-tektonische Kartierung samt Stratigraphie.

Gleichzeitig erarbeiteten Baumgartner (1976, 1981, 1985) sowie Baumgartner et al. (1978, 1981, 1982) zusätzliche ingenieurgeologische und hydrogeologische Erkenntnisse und eine Rekonstruktion der Erosionsdynamik, wobei die Aufzeichnungen vom k.k. Oberförster Höller aus den Jahren 1854-1893 herangezogen wurden. Weiters lieferte die Analyse des lokalen Mikroklimas eine mittlere Fließgeschwindigkeit der Erdströme von 5m/Jahr, welche in Kombination mit der Sondierung des Haupterdstroms (120m<sup>2</sup> im Querschnitt) die Berechnung der jährlichen Massenzuwächse im Akkumulationsgebiet mit 600m<sup>3</sup> ermöglichte. Diese Ergebnisse sowie jene von Weinberger (1975) dienen als Grundlagen für Stabilisierungsmaßnahmen und den Gefahrenzonenplan der Wildbach und Lawinenverbauung (heute die.wildbach) aus dem Jahre 2000.

Aufbauend auf die bekannten geologischen Gutachten lieferte Jedlitschka (1990) eine Analyse des Gesamtphänomens Gschlifgraben, beginnend vom Auslösemechanismus, über eine Ausweisung der Gefahrenbereiche am Schwemmkegel bis hin zu einer möglichen Stabilisierung durch ein Drainage- und Waldbau-Konzept. Weiters konnte er mit einer Aufschlussbohrung am Schwemmkegel des Gschlifgrabens den Beweis erbringen, dass dieser innerhalb der letzten 220 Jahre zweimal von Schuttgängen überfahren worden war – zuletzt 1910 mit geschätzten 200.000m<sup>3</sup>. Damit war also der Umstand einer 100-150jährigen Wiederkehr des Bemessungsereignisses für die Gefahrenzonenabgrenzung gegeben, wobei er indirekt Koch bestätigte, der bereits 1892 einen immer wiederkehrenden Scherbruch im Akkumulationsgebiet samt Schuttstrom über den Schwemmkegel prognostizierte. Das Massenpotential, also die am konvex aufgebauten Schwemmkegel (Abb. 6a, b) seit Jahrzehnten deponierte Schuttmasse, für ein derartiges Großereignis, im Zuge dessen es zu schweren Zerstörungen am gesamten Schwemmkegel kommen könnte, wurde von Jedlitschka mit 1 Mio. m<sup>3</sup> angegeben.

Im Jahre 2000 lieferte die.wildbach (ehem. WLV) den neuen Gefahrenzonenplan der Stadtgemeinde Gmunden auf der Basis der vorangegangenen Untersuchungen. Demzufolge ist das gesamte Gschlifgrabengebiet zwischen dem Kaltenbach im Süden und dem Gasthaus Ramsau im Norden als roter Gefahrenzonenbereich ausgedehnt, jener, in dem es in Abhängigkeit von der Topographie zu Randwirkungen eines Murgangs, wie Verschlämmungen etc., kommen kann, mit der gelben Gefahrenzone erfasst – dies bedeutet theoretisch u. a. den Stopp jeder weiteren Bautätigkeit in diesem Bereich.

Erst jüngst untersuchen Geowissenschaftler der Montanuniversität Leoben unter der Leitung von K. Millahn im Rahmen zweier Forschungsprojekte der Österr. Akademie der Wissenschaften die interne Struktur der Gschlifgraben-Massenbewegung vom Festland bis hinein in den Traunsee. Die dabei durchgeführten Methoden, wie Reflexions- und Refraktionsseismik sowie Multielektroden-Geoelektrik setzen an der geotechnischen Neukartierung des Gebiets von J. T. Weidinger (2004-2005) an.



Abb. 6a, b: Der Erdstrom- und Schwemmkegel des Gschlifgrabens zwischen den Gasthöfen Hois'n (H) und Ramsau (R) und der Ausfluss (→) des Gschlifbaches vom Hernlersteig auf den Traunstein aus gesehen (links); konvexer Aufbau des Schwemmkegels aus NW vom Traunsee (T) aus gesehen (rechts, Fotos: J.T. Weidinger 2003, 2005)

## 2.5. DER VERSUCH EINER VERBESSERUNG DER GELÄNDESTABILITÄT, SANIERUNGSMASSNAHMEN UND TECHNISCHE VERBAUUNGSGESCHICHTE IM GSCHLIEFGRABEN

Jene technischen Maßnahmen, die zur Eindämmung oder gar Verhinderung der rezent aktiven Erd- und Schuttströme im Gschlifgraben führen sollten, hatten relativ wenig Erfolg (Jedlitschka 1990). So wurden etwa 1974 110 Laufmeter hufeisenförmiger Sickerschlitz zur Stabilisierung eines Blattanbruches auf einer Seehöhe von 910m gebaut. Uranineinspeisungen und Schlagbohrsondierungen im Schuttgang folgten, um Wasserwegigkeit und Mächtigkeit der bewegten Massen zu ergründen. 1978 schloss ein Detailprojekt zur Untersuchung des Gschlifgrabenphänomens samt Stabilisierungsmaßnahmen an. Im Zuge dieses Projekts kam es von 1979 bis in die späten 1980er Jahre zur Grundlagenerhebung, zu umfangreichen Drainagemaßnahmen, zur Errichtung von Kontroll- und Wildschutzzäunen sowie zu Verbiss- und Pflegeschutzmaßnahmen. Vor allem die Maßnahmen zur Drainage des oberen Gschlifgraben aber haben bis heute wenig Wirkung. In nahezu allen Fällen kann gezeigt werden, dass die vom sogenannten Radmoos zum Traunsteinfuß hin oder von letzterem in den Graben hinein angelegten Stichstraßen für den Einbau von Drainagerohren oder die Anlage von Sickerschlitz zu weiterer Wasserinfiltration geführt haben und damit aktive Rutschkörper geschaffen wurden (Abb. 7a). Auch die Funktion der Drainagerohre selbst war aufgrund der Mobilität des Terrains nur von kurzer Dauer (Abb. 7b).



Abb. 7a, b: Rutschung durch Wasserinfiltration an einer für den Drainagerohreinbau neu angelegten Stichstraße (links); Nicht mehr funktionelle und völlig zerstörte Drainagerohre (rechts) im aktiven Bereich des Gschlifgraben (Foto: J.T. Weidinger/W. Vortisch 2005).

Auch die Aktivierung von Hangschuttkörpern am Fuße der Traunstein-Nordwand, im Liegenden des Kalkalpins (Randcenoman, Kalkofenzug) am Kontakt zu den Buntmergel und lokal ausbeißendem „Haselgebirge“ (es könnte sich auch um jüngere Gipse, z. B. aus dem Karn, handeln?), ist in vollem Gange. Hangwässer, die dort vor allem während und nach der Schneeschmelze unmittelbar aus dem Kalkofenzug dem talwärts vorgelagerten Hangschuttkegel aus Liaskieselkalk, Liasfleckenmergel, dunklem Rätalk und unterlagerndem Buntmergel zufließen, aktivieren denselben auf einer Seehöhe von ca. 700m zu einem noch vor der Hauptbewegungszeit (Ende Herbst) aktiven Schuttstrom. Auch dieser gewaltige Schuttstrom wurde durch einen künstlichen Geländeanriss entlang einer Mitte der 70er Jahre des 20 Jhdts. errichteten Forststraße ausgelöst, deren Trasse nie vervollständigt werden konnte und die heute wieder von der Natur zurückgewonnen wurde (Abb. 8a, b).



Abb. 8a, b: Der über 200m lange und ca. 20m breite aktive Schuttstrom an der Basis des Kalkofenzugs im Kontakt zum unterlagernden Buntmergel gehört bis heute zu den aktivsten im randlichen Bereich des gesamten Gschlifgraben-Rutschgebiets. Im Unterschied zu den zentralen Rutschkörpern aus aufgeweichtem auf festem Buntmergel handelt es sich hier um grobblockige Kalke auf Buntmergel (links); durch Wasserinfiltration kam es auch an dieser Stichstraße (-.-) zu einer 2m tiefen Absenkung des Geländes (---) im Laufe von wenigen Jahren (Fotos: J.T. Weidinger/W. Vortisch 2005).

Wesentlich erfolgreicher waren jene Maßnahmen, die die relativ häufigen Vermurungen und Schuttgänge während Starkniederschlägen im Bereich des Gschlifgraben-Schwemmkegels einzudämmen versuchten. So wurde in den Jahren 1913-1923 die Mündungstrecke des Gschlifgraben in den Traunsee in Form einer steingemauerten Rinne ausgebaut. Die Einbindung und dammartige Abdichtung des Liedringbaches in den Gschlifbach war eine weitere wichtige Maßnahme zur Vermeidung von Bachausbrüchen und Schuttgängen während Starkniederschlägen gegen die Liegenschaft Ramsau hin. Nach einem schweren Wolkenbruch im Jahre 1947 errichtete die Feuerwehr an der gegen die Ramsau hin erfolgten Durchbruchstelle des Liedringbaches im Bereich dieser Einbindung einen Damm, der in den Jahren 1948 und 1955 weiter verstärkt wurde und bis dato wertvolle Dienste leistete. Erst 1957-1958 wurde die Mündungstrecke des Baches als trapezförmiges Schlepgerinne in Bruchsteinmauerwerk ausgebaut. 1961, 1963 und 1976 folgte die Abstufelung des Gschlifbaches am Kopf des Schwemmkegels mit zuletzt insgesamt 21 Betonsperren, um sowohl die Fließgeschwindigkeit der Wässer bei extremen Niederschlagsereignissen zu reduzieren als auch zusätzliche Sedimentationsräume zu schaffen, die heute allerdings weitgehend aufgefüllt sind. Andere technische Vorschläge, wie die völlige Drainage des gesamten Grabens mittels eines komplexen Kanalsystems, wurden nie verwirklicht (Abb. 9a-d).

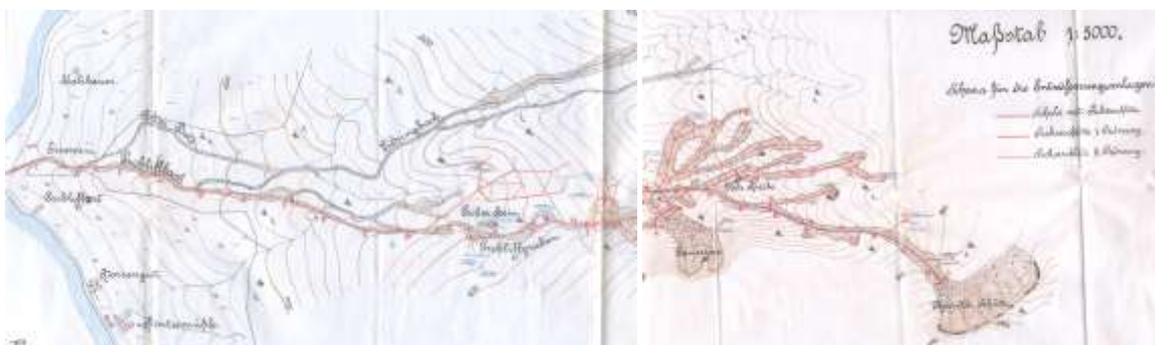


Abb. 9a, b: Der Projektentwurf eines flächenhaften, allerdings nie verwirklichten Drainagesystems im Gschlifgraben nach Vorschlägen von Koch (1892, 1894) und Pokorny (1894).

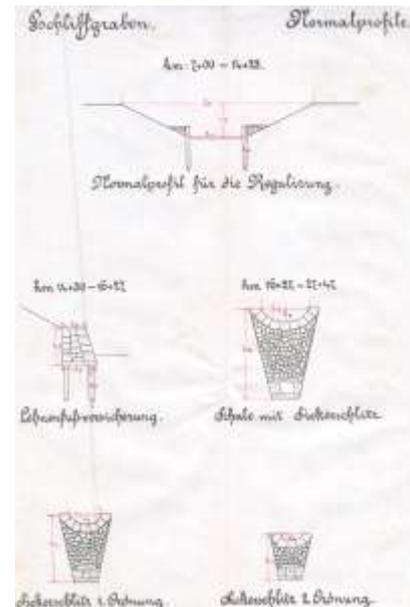


Abb. 9c, d: Die Flachstrecken des Gschlifbaches zwischen den Sperren dienen auch als Auffang- und Sedimentationsbecken für Schuttfracht und sollten daher regelmäßig ausgebaggert werden (links, Foto: J.T. Weidinger 2005); Profilschnitte der in Abb. 9b gezeigten Drainagekanäle (rechts, nach Pokorny 1894).

## 2.6. WALDBAULICHE MASSNAHMEN ZUR STABILISIERUNG DER ERD- UND SCHUTTSTRÖME IM GSCHLIEFGRABEN

Die bis zum Jahre 1895 praktizierte Form der Holz-Kahlschlagwirtschaft im Zuge der Salzwirtschaft im Salzkammergut wurde von den Anrainern im Gschlifgrabenbereich, die auch Waldweide betrieben, schon früh als eine der Hauptursachen für die Schuttgänge gesehen. Geschichtlich sind auch mehrmals Kahlschlägerungen im oberen Bereich des Gschlifgrabens als Ursachen für vermehrte Bewegungen dokumentiert. Deshalb gilt heute als gesichert (Jedlitschka 1990), dass neben den geologischen Verhältnissen auch diese ungünstigen Vegetations- und Bewirtschaftungsverhältnisse eine hohe Abflusssspende sowie regressive Tiefenerosion in den Hauptgräben des Gschlif verursachen, worauf ein flächenhaftes Nachböschen der übersteilten Flanken folgt, was zu Blattanbrüchen und weiterer Verfügbarkeit von Erd- und Schuttstrommassen führt.

Seit 1895 bzw. 1910 wurden daher einige Abteilungen des Einzugsgebietes des Gschlifgrabens zu Bannwald erklärt, wengleich dem Bestand im gesamten Einzugsgebiet eine Bannwaldfunktion zukommt. Deshalb sollte dieser Wald unter keinen rein ertragswirtschaftlichen Gesichtspunkten bewirtschaftet werden, sondern zum Schutz des Siedlungsraumes am Schwemmkegel des Gschlifgrabens unter der Zielsetzung kontinuierlicher, permanenter und größtmöglicher Entwässerung des Bodens und des Untergrundes auf großer Fläche (Jedlitschka 1990).

Für eine sturmefeste Hangstabilisierung eignen sich Fichte, Tanne, Buche, Bergahorn, Esche und Bergulme. Dabei ist auf ein ausgewogenes Mischverhältnis von Laub- und Nadelholz zu achten. Laubholz stabilisiert in der Hauptvegetationszeit zwar durch höhere Transpirationswerte besser; in der Herbst-, Winter und zeitlichen Frühjahrszeit kommt allerdings nur dem Nadelholz die Funktion der biologische Entwässerung zu.

Wie wiederum Jedlitschka (1990) mit seinen Vorschlägen und Langzeit-Pilotversuchen (22 Jahre) zur Sanierung der Rutschmassen durch ein neues Waldbau-Konzept zeigen konnte, ist die regelmäßige Wiederkehr von katastrophalen Schuttgängen auch im Zusammenhang mit den Waldentwicklungsphasen zu sehen. Die sogenannte „Kühle Rotbuchenstufe“ nimmt mit Erlen ihren Ausgang, und findet über das Eschenstadium im Fichten-Buchen-Tannenwald ihre Schlussgesellschaft. Dabei sind Kahlschlaggesellschaften sowie, durch rückläufige Transpirationskraft und ausgesetzte Windeinwirkung, auch die ältesten Waldbestände besonders erosionsanfällig. Er schlägt deshalb Stabilitätsverbesserung durch intensive Durchwurzelung und ein Höchstmaß an Evaporation vor. Dies soll durch eine rasche und kontinuierliche Bestandsverjüngung bei Minimierung der Abflusszunahme während des Verjüngungsprozesses nach dem Femelschlagverfahren erreicht werden. Weiteres soll in fortgeschrittenen Waldentwicklungsreihen durch Unterbau von wasserziehenden Schattholzarten eine Überleitung in die stabilere Eschen-Bergahorn-Phase oder die Eschen-Fichten-Phase folgen, wozu auch eine Kontrolle des Wildstandes (Verbissschäden!) notwendig ist. Diese waldbaulichen Sanierungsmaßnahmen, die auf das gesamte hydrologische Einzugsgebiet (auch auf den Kampriedel) ausgedehnt werden müssten, sollten allmählich (im Laufe von 30-40 Jahren) zu einer Verringerung des Massenpotentials führen.

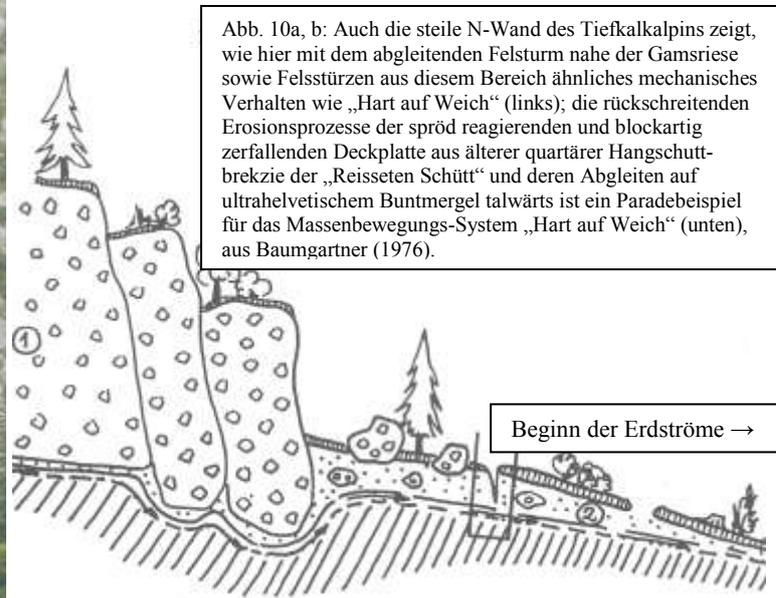
## 2.7. „TRAUNSTEIN-KALKE AUF GSCHLIEFGRABEN-BUNTMERGEL“ – EIN BEISPIEL FÜR DAS MASSENBEWEGUNGS-SYSTEM „HART AUF WEICH“ IM ÄUSSEREN SALZKAMMERGUT

Daurer und Schäffer (1983) postulierten für den gesamten NW-Fuß des Traunsteins neotektonische Erscheinungen, wie Bergzerreibungen und Auflockerungen im Fest- und Lockergestein. Diese sollen durch die tektonische Position, vermehrte seismische Aktivität entlang des Traunsee-Bruchsystems (Geyer 1917) sowie hohen Überlagerungsdruck und morphologische Übersteilung zustande kommen. Sie betreffen in diesem Bereich daher die gesamte Überschiebungsfront der Nördlichen Kalkalpen und deren Randschuppe (Randcenoman, Kalkofenzug) über Flyschzone und Ultra-Helvetikum.

Die Arbeiten von Weidinger (2001, 2003, 2004, 2005) konnten aufbauend auf die Erkenntnisse von Daurer und Schäffer (1983) zeigen, dass tatsächlich ein wesentlich größeres Areal als der Gschlifegraben von Massenbewegungen betroffen ist – und zwar ein Gebiet mit einer Flächenausdehnung von ca. 5 km<sup>2</sup> (siehe Abb. 3a). In vielen Bereichen gilt vermutlich das chronologische Prinzip:

*Tektonik → Seismizität → Auflockerung → Steinschlag, Fels- und Bergstürze → Mobilisierung von Erd- und Schuttströmen → Verfügbarkeit von Lockersedimenten für Wildbachschuttgänge → Vermurungen.*

Das Massenbewegungs-System am NW-Fuß des Traunsteins ist also wesentlich komplexer, vergleichbar dem System „Hart auf Weich“, das aus Massenbewegungen des Inneren Salzkammerguts bekannt ist (Poisel, Eppensteiner 1989). So kann im gesamten Gebiet gezeigt werden, dass der unmittelbare Auslöser für Kriechbewegungen in tonigen Materialien eine vorausgegangene sturzartige Massenbewegung im Fels war. Zudem wird nach der historischen Überlieferung in mehreren Fällen von großen Felsstürzen mit bis zu mehreren 1000m<sup>3</sup> in der sogenannten „Gamsriese“ (Abb. 10a) zwischen Traunstein-Nordwand und Gschlifegraben (in den Jahren 1740, 1884, 1891) sowie in der „Reissten Schütt“ (Abb. 10b) am Oberlauf des Gschlifegraben (im Jahre 1660) berichtet, die in nahezu allen Fällen die Auslöser für schwere Schuttgänge im Gschlif waren.



## 3. „TRIAS- UND JURA-KALKE AUF HALLSTÄTTER-ZONE“ – EIN BEISPIEL FÜR DAS MASSENBEWEGUNGS-SYSTEM „HART AUF WEICH“ IM INNEREN SALZKAMMERGUT

Der Raum nördlich des Dachstein Massivs, ca. 50-60km vom Traunsee die Traun aufwärts nach Süden gelegen (siehe Abb. 1b), weist geotechnisch und kulturgeologisch eine Reihe von Parallelen zum Gschlifegrabengebiet auf, weshalb sich dieser Bereich des Salzkammerguts als ideale Ergänzung für Exkursionen und Studienzwecke anbietet.

Die Landschaft rund um den Hallstätter See ist geologisch-tektonisch sehr kompliziert gebaut (Mandl 1984, 2000) und durch die eiszeitliche Vergletscherung morphologisch stark überprägt (Moser 1997, Van Husen 1977). Daraus resultieren nicht nur die extrem übersteilten Felswände im Umfeld des Trauntal-Trogchlusses, die meist aus spröden Trias-Kalken der Dachsteindecke und des Jura aufgebaut sind, sondern auch die Auflagerung dieser Gesteine über weichen, flach geneigten und hügeligen Bereichen der Hallstätterzone, die u. a. aus Haselgebirge, Allgäuschichten und Zlambachmergel bestehen.

Diese besondere geo-technische und gesteinsmechanische Konstellation wird als „Hart auf Weich“ bezeichnet (Abb. 11). Ähnlich wie im und am Rande des Gschlifgraben am Traunsee, ist sie nicht nur durch ein Instabilwerden der spröden und kluffreichen Deckplatte aus Kalken in Form von Fels- und Bergstürzen gekennzeichnet, sondern auch durch Kriech- und Gleiterscheinungen in der sich plastisch verformenden Unterlage. Bei besonderen geologischen und/oder klimatischen Bedingungen (z. B. niederschlagsreiche Perioden, Schneeschmelze) kann diese Unterlage durch das Herabstürzen von Felsmassen mobilisiert werden. Daraus entwickeln sich dann große, gletscherähnlich fließende Erd- und Schuttströme. Diese stellen nicht nur ein landschaftsbildendes Element um den Hallstätter See dar, sondern führen in ihrer aktiven Phase meist auch zu erheblichen Beeinträchtigungen bzw. zu massiven Zerstörungen von Infrastruktur, Siedlungs- und Kulturraum (Salzer 1937, 1938).



Abb. 11: Mögliche Bewegungen der spröden Deckplatte auf einem duktilen Untergrund am Rande des Systems „Hart auf Weich“ – Abgleiten, Muschelbruch, Kippen und Abstürzen (nach Poisel, Eppensteiner 1989).

### 3.1. DIE ZWERCHWAND UND DER SCHUTTSTROM STAMBACH BEI BAD GOISERN

Die lokal bis zu 80 m hohe und in W-E Richtung bis zu 1km lange, aus Tressensteinkalken (Malm, Oberjura) aufgebaute Zwerchwand östlich von Bad Goisern (Abb. 1b) wird von Haselgebirge unterlagert (Abb. 12a, b, 15a). An ihrem Fuße erstreckt sich ein beachtliches Felssturzblockfeld (Abb. 13a-c) und noch heute erkennt man in der Wand jene kaum verwitterten, hellen Kluffflächen und zwei keilförmige Bruchstellen, an denen der Kollaps der äußeren Teile ihrer SW-Flanke seinen Ausgang nahm (Kohl 1979). Blickt man von dort talwärts, so erkennt man zudem noch sehr gut die Verwüstungen eines etwa 50ha großen und bis zu 2km langen Erd- und Schuttstroms (auch „Stambach-Mure“ genannt, Abb. 14a-c), der durch diesen Felssturz ausgelöst wurde und der nach intensiven Sanierungsarbeiten im Jahre 1982 gestoppt werden konnte.



Abb. 12a: Geologische Karte östlich von Bad Goisern mit der Lage der Zwerchwand (Z) und der Stambachmure (← S), (aus Geol. B.-A. 1982)

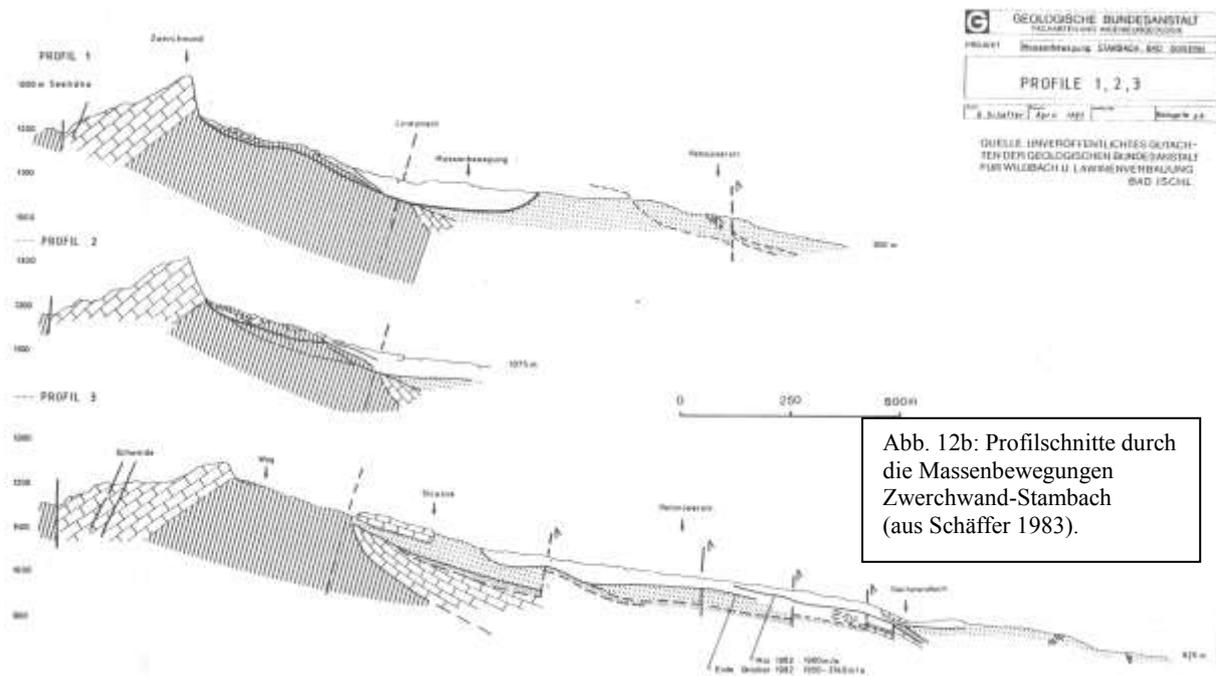


Abb. 12b: Profilschnitte durch die Massenbewegungen Zwerchwand-Stambach (aus Schäffer 1983).



Abb. 13a, b, c: Das Felssturzblockfeld am Fuße der Zwerchwand (offene Kluft, ↓), dessen gewaltige Blöcke heute bereits als Klettergarten verwendet werden (Fotos: J.T. Weidinger 2003).

Der zeitliche Ablauf der Ereignisse stellte sich nach Bammer (1984) und Schäffer (1983) wie folgt dar: am 15. Oktober 1978 ereignete sich aus dem Südabfall der Zwerchwand ein Felssturz mit etwa  $60.000\text{m}^3$  Gestein. Am 22. Februar 1980 folgte aus dem gleichen Bereich ein weiterer Felssturz von ca.  $40.000\text{m}^3$ . Darauf kam es im August desselben Jahres zu Teilbewegungen des Schuttstroms, die sich im Verlauf des Oktobers wieder beruhigten. Dann folgte am 8. März 1981 ein weiterer Felssturz mit etwa  $30.000\text{m}^3$  Gestein. Knapp ein Jahr später, im Februar 1982, kam der gesamte Schuttstrom mit einem Volumen von ca. 14 Mill.  $\text{m}^3$  in Bewegung, wobei seine Geschwindigkeit in der aktivsten Phase bis zu 5 m pro Tag betrug. In der nachfolgenden Ruhephase konnten nur mehr geringfügige Kriecherscheinungen nachgewiesen werden (Moser et al. 2003, Rohn 1991).



Abb. 14a: Die „Stambach-Mure“ in ihrer Fließrichtung gegen Südwesten hin gesehen, während ihrer aktivsten Phase im Frühjahr 1982 (Foto: Salzammerguts-Zeitung 1982)

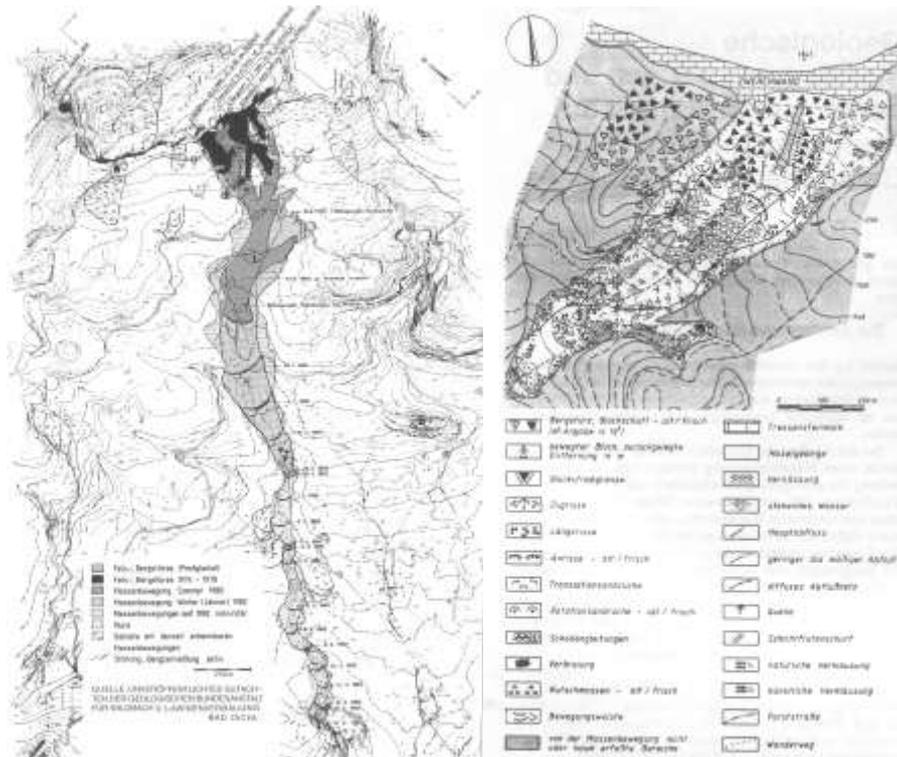


Abb. 14b, c: Zeitablauf der Massenumlagerung Zwerchwand-Stambach (links, aus Schäffer 1983); geol.-hydrogeologische Karte derselben kombinierten Massenbewegung (rechts, aus Baumgartner 1985; Baumgartner, Sordian 1980)

### 3.2. DER BEREICH DES SANDLING UND DES SCHUTTSTROMS MICHLHALLBACH IM AUSSERLAND (STIERMARK)

Die stark zerklüftete Oberjura-Kalkscholle des Sandlings (Ausseer Salzberg, Abb. 1b) ist durch das unterlagernde Haselgebirge und dessen Salzdiapirismus in etliche Teilschollen zergliedert, die durch rasche Absenkung weiter zergleiten. Besonders während der Schneeschmelze dringen Bergwässer durch das Kluftsystern der überlagernden Kalke in das Haselgebirge ein und fördern dessen Fließfähigkeit (Abb. 15). Durch Bergzerreißung, Kriechbewegungen auf dem plastischen Untergrund und randliche Sackungen kommt es zu einer sukzessiven Auflösung dieses Gebirgsstocks. An der S-Fanke des Sandlings, wo an korrosiv erweiterten Kluftsysternen das Niederschlags- und Schmelzwasser bis an die Salzgrenze vordringen kann (Thomanek 1960), kommt es daher zu einer Großhangbewegung mit einer Abrisskante von der Leislingwand bis zum Brochenen Kogel. Friedl (1985) kalkulierte das gesamte, von dieser Massenbewegung erfasste Gesteinsvolumen mit 50 Mill. m<sup>3</sup>. Eine Reihe weiterer Untersuchungen beschäftigte sich neben der Hydrogeologie mit ähnlichen Phänomenen u. a. in den Hallstätter Kalken dieses Bereichs (Döllmann 2000, Höcherl 1991, Kurka 1998, Laimer 2004, Laimer, Schramm 2005, Schneider 1998).

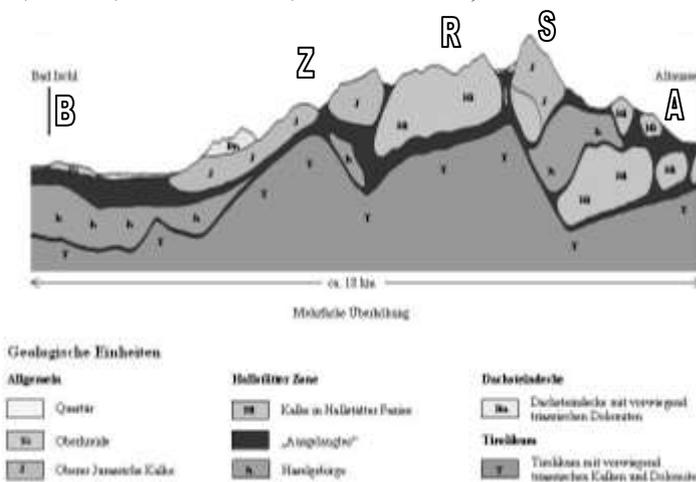


Abb. 15: Geologisches Profil Bad Ischl (B) – Altaussee (A) durch Zwerchwand (Z), Raschberg (R) und Sandling (S), nach Arndt, Mayr 2003.

Zeugen historischer Felssturzkatastrophen finden sich am Fuße des Felsturmes „Uh-sinnig Kira“ (Volksmundausdruck für „Wahnsinns-Schrei“ und Hall in der Kluft) auf dem Weg von der Sandling Alm nach der Ortschaft Luppitsch (Abb. 16a). Nach archäologischen Grabungen kam es dort bereits während der Römerzeit (ca. im 5 Jhdt.) zu einem Felssturzunglück. Historisch gesicherte Angaben gibt es über eine weitere Katastrophe im Frühjahr 1546, bei der die Obertageanlage des kleinen Salzbergwerkes Michlhallbach durch eine Felslawine verschüttet wurde (Abb. 16b; Stadler 1986, 1991). Weitere Bewegungen dieses vom Bergmassiv getrennten Felsturms wurden durch das Einlegen von Holzstangen in Felskerben kontrolliert (Abb. 16c).



Abb. 16a, b, c: Der Felsturm der „Uh-sinnig Kira“ (links; Foto: J.T. Weidinger 1997), Profilschnitt durch diesen Bereich (Mitte) und die Rekonstruktion eines der ältesten geotechnischen Messvorgänge im Salzkammergut – die eingeleigten Messstangen in den Felskerben der weit geöffneten Kluft zwischen dem Felsturm und dem Anstehendem (rechts), b und c aus Stadler 1986, 1991.

Das gesamte Gebiet kam aber auch später nie zur Ruhe. So machte sich im Jahre 1765 ein weiterer Teil des Sandlings selbständig, wodurch sich im Südwesten des Berges das 200m hohe Pulverhörndl bildete. Dieses brach im Jahre 1920 als Felssturz mit einem Volumen von 6-9 Mill. m<sup>3</sup> zusammen (Abb. 17a). Die durch den Aufprall verursachte Belastung des Untergrundes führte unter Mobilisierung des Bodenwassers zur Ausbildung eines 4 km langen Erd- und Schuttstroms (Abb. 17b), der sich einen guten Monat mit einer Geschwindigkeit von bis zu 50m pro Stunde den Michlhallbach talwärts bewegte und zu großen Verwüstungen führte (Lehmann 1926, Marchetti 1991). Abbildung 17c zeigt den Zusammenhang beider Ereignisse.

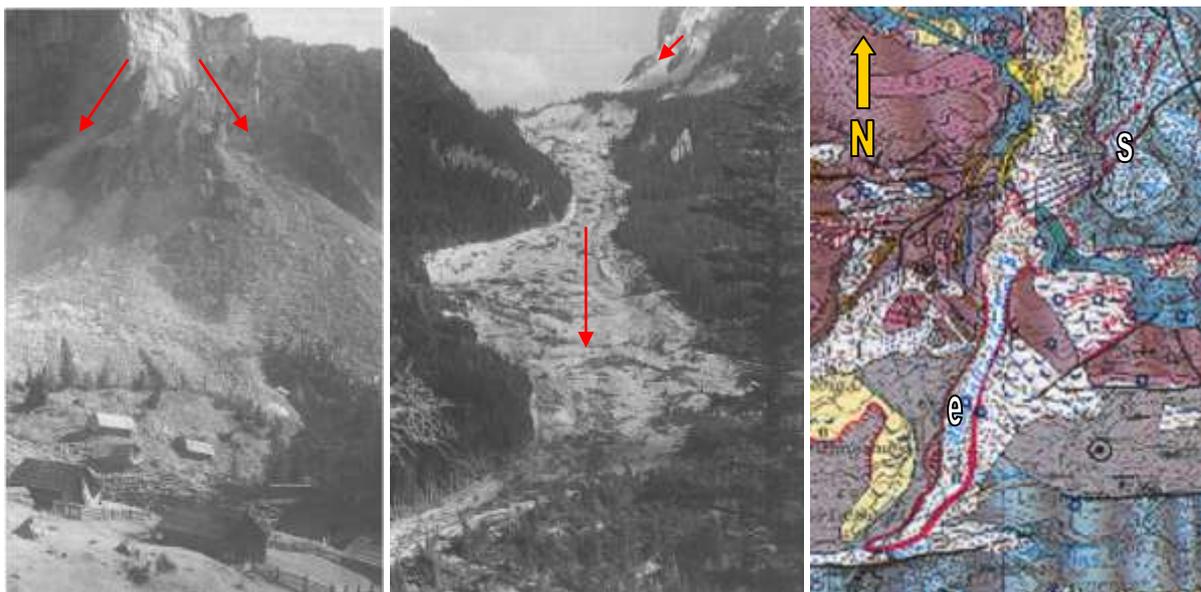


Abb. 17a, b, c: Sandling kurz nach der Felssturzkatastrophe von 1920 (links); der dadurch ausgelöste Erdstrom entlang des Michlhallbachs (Mitte, beides aus Marchetti 1991); Geologische Karte der Westseite des Sandlings (s) mit dem Michlhallbach Erdstrom (e), aus Geol. B.-A. 1982.

### 3.3. DER BEREICH DER PLASSEN OSTFLANKE BEI HALLSTATT

Rutschungen, Felsstürze, Schuttströme und Muren sind aus der gesamten Region westlich von Hallstatt über das Salzberg-Hochtal bis hinauf zum Plassen seit prähistorischer Zeit überliefert. Aus historischer Zeit werden von 1652 bis 1985 9 größere Felsstürze und von 1709 bis 1968 12 bedeutende Murgänge dokumentiert; zudem wurden zwischen den Jahren 1348 und 1994 in Hallstatt 42 Erdbeben registriert (Ehret 2002; Hauswirth, Scheidegger 1988; Lotter et al. 1998; Lotter 2001; Merkl 1989; Moser 2002; Moser et al. 2003; Wirobal 1973, 1994). Vom Natternköpfl, nordwestlich des Hallstätter Salzbergbaueviere, genießt man den Einblick in diesen rund 5km langen, in Richtung von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Bereich, in dem sich die genannten Hangbewegungen und Bergstürze in prähistorischer, historischer und rezenter Zeit ereigneten. Die gewaltigste Rutschung ihrer Art, die Großhangbewegung am Plassen, zerlegt den genannten Berg allmählich in Teilschollen und erstreckt sich über das Gebiet des Hallstätter Salzabbaus hin (Abb. 18a, b, c). Vom Abbruch an der Roten Wand (Rotes Kögele) sind über einen Höhenunterschied von 850m bis zum Gipfel des Plassen verschiedene Stadien großräumiger Bergzerreißen über dem ausgetaugten Verwitterungshorizont des Salzstocks zu beobachten. Von dieser Bewegung, die in den Stollen des Bergwerkes bis in Tiefen von 1000m unter der Geländeoberfläche nachgewiesen werden konnte, werden etwa 60 Mill. m<sup>3</sup> Material erfasst (Schäffer 1976, 1982).

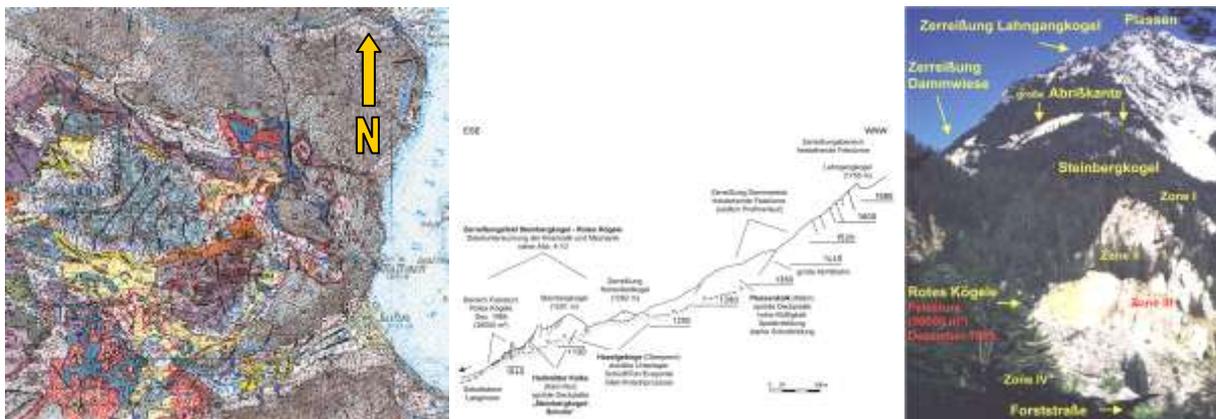


Abb. 18a, b, c: Geologische Karte der Ostseite des Plassen (aus Geol. B.-A. 1982); geotechnischer Längsschnitt durch die Großmassenbewegung der Plassen Ostflanke mit ihren vielfältigen Teilproblemen (aus Moser et al. 2003); E-W Blick auf die Bergzerreißen der Plassen Ostflanke und das Felssturzgebiet der Roten Wand/Rotes Kögele (aus Moser et al. 2003).

In Zusammenhang mit diesen großräumigen Bewegungen stehen kleinere Felsstürze, wie jener vom 8. Oktober 1981 in der Roten Wand (Rotes Kögele) des Steinbergkogels, bei dem 800m<sup>3</sup> Gestein das Gelände der Salzberg-Forststraße verschütteten und damit die Natur einer geplanten Absprengung des gefährdeten Bereiches zuvor kam. Wesentlich größere Massen lösten sich am 3. Dezember 1985, als sich ein weiterer Felssturz von ca. 30.000m<sup>3</sup> durch einen Kippbruch des Roten Kögeles ereignete. Dabei wurde abermals die Forststraße verschüttet eine Aktivierung des talwärts anschließenden Schuttstromes Langmoos blieb aber aus.

Wie aktuell Massenbewegungen im Umfeld des Dachsteins sind, wurde durch das Felssturzereignis vom 10.10.1993 an der Bischofsmütze sichtbar. Dabei lösten sich in zwei aufeinander folgenden Phasen mehr als 150.000m<sup>3</sup> Gestein (Abb. 19a-d).

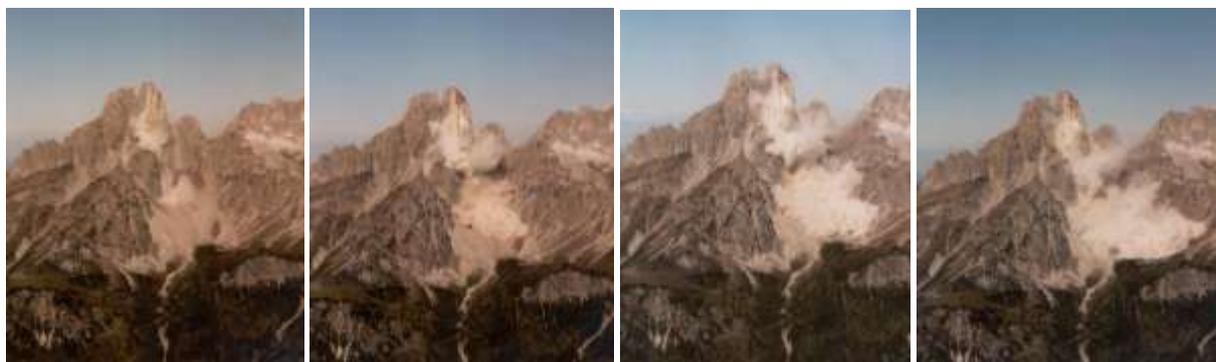


Abb. 19a, b, c, d: Wie es wirklich aussieht, wenn der Teil eines Berges zusammenstürzt, haben bisher nur wenige Menschen gesehen. Der Gmundner Stefan Hanke hielt den Felssturz von der Bischofsmütze im Oktober 1993 mit diesen Fotos fest.

#### 4. KULTURHISTORISCHE BEDEUTUNG DES NATURPHÄNOMENS MASSENBEWEGUNG, RISIKOANALYSE UND AUSBLICK

Natürlich ist die Zeit der „Steinbewahrer“, von denen Prof. Friedrich Simony im 19. Jahrhundert noch berichtete, längst vorbei. Anstelle jener Arbeiter, die durch einfaches Abputzen des Felsens gefährliche Stellen entschärften, traten in den meisten Fällen Metallanker, Spritzbeton, Steinschlagnetze, Lawingalerien und dergleichen mehr. Doch eines ist mit Sicherheit geblieben: jene Menschen, die sich heute mit derartigen Fragen beschäftigen, die Ingenieur- und Umweltgeologen, brauchen das gleiche Einfühlungsvermögen in Prozesse der Natur und eben solche Kreativität und Improvisationsgabe wie damals, um die vielfältigen Probleme zu bewältigen, die beim Schutz und Erhalt des Lebens- und Naturraumes im Salzkammergut zwischen Traunstein und Dachstein auf sie zukommen.

Die moderne Risikoanalyse stellt dabei einen Teil des Risikokonzeptes dar, die durch Risikobewertung und Risikomanagement die Risikobetrachtung von Naturgefahren vervollständigen soll. Am Beispiel Hallstatt-Plassee wurde auch diese Fragestellung nach einer geeigneten Methode zur Durchführung einer Risikoanalyse von Naturgefahren wissenschaftlich durchleuchtet (Rönnau 2003). Allerdings zeigten sich eine Menge von Problemen und Lösungsmöglichkeiten in der Datenerhebung und deren Verwaltung. Aufgrund der Vielzahl beteiligter Institutionen im und am Welterbegebiet Hallstatt-Dachstein wurde ersichtlich, dass in Bezug auf die Erstellung von Gefahrenhinweis- und Gefahrenkarten viele Prozesse und Variablen berücksichtigt werden müssen. Die Modellfindung, Katasteranlage und die Berücksichtigung des sozioökonomischen Faktors müssen noch von den bestehenden theoretischen Ansätzen auf das Arbeitsgebiet angewendet werden, bevor von einer Risikoanalyse als Ganzes gesprochen werden kann.

Trotzdem sind diese rapide erfolgenden Erosionsprozesse und deren internationale Erforschung, Sanierung und Verhinderung nicht nur für Geologen sondern auch für jeden Bewohner zu einem nicht wegzudenkenden Teil des Salzkammerguts geworden. Obwohl es in Ausnahmesituationen zur akuten Gefährdung von Siedlungs- und Kulturraum sowie Verkehrswegen kommen kann, sollen solche Ereignisse Einheimische wie Besucher nicht davon abhalten, die Schönheiten der Landschaften im Bezirk Gmunden zu genießen und bewusst über dieses und manche andere außergewöhnliche Naturphänomene nachzudenken.

#### 5. DIDAKTISCHER NUTZEN UND CHANCEN FÜR DEN LEHRBETRIEB IN DER ANGEWANDTEN GEOLOGIE UND UMWELTGEOLOGIE

Die genannten Lokalitäten und deren mögliche Vernetzung im Rahmen von Lehrveranstaltungen stellen im Salzkammergut als ein ideales natürliches Laboratorium für geologische Prozesse aller Art, ein großes Potential für die universitäre Lehre dar. Was der Student, was der Lehrende aus diesen Phänomenen erkennen kann (Abb. 20a, b) wird praktisch vor Ort durch die natürlichen Vorgänge im Wandel der Jahre und Jahreszeiten bestimmt.

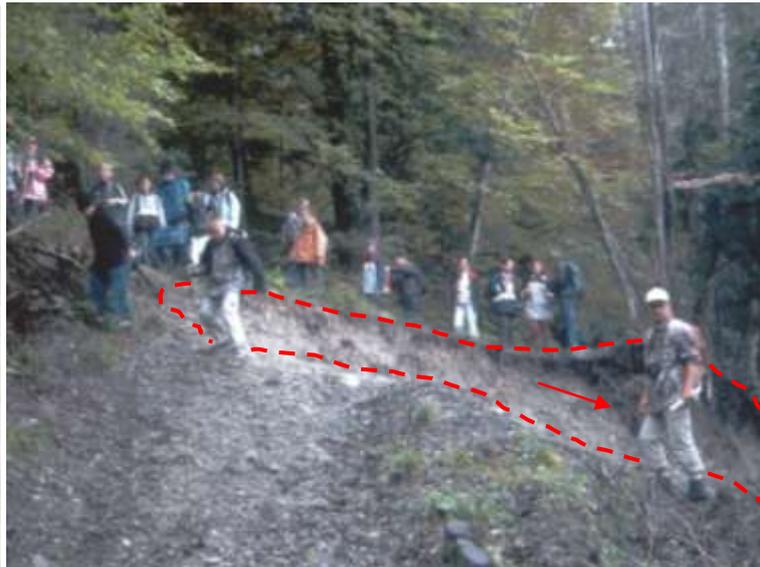


Abb. 20a, b: Prof. Richard Lein mit Studenten der Universität Wien beim Geländestudium im Gschlifgraben (links) sowie Gymnasialschüler im Bereich einer rezenten Rutschung (Anriss, ----) im oberen Gschlifgraben (rechts).

So bietet etwa die im Bereich des Gschlifgrabens überlagernde ältere quartäre Hangschuttbrekzie und ihre Erosion die Möglichkeit der Abschätzung von Abtragungsraten seit der vorletzten Eiszeit (Riss); und Ausbisse von Gips-reichen, tonigen Gesteinen an der Basis des Traunsteins weisen auf rasch ablaufende, tektonische und erosive Bewegungen hin, da das Kalziumsulfat sonst bereits ausgelaugt wäre. Mit welcher relativ hohen Geschwindigkeiten sich die Erd- und Schuttströme bewegen, lässt sich ohne große technische Hilfsmittel an gestriemten Bewegungsflächen verfolgen. Auch ihre Frische kann erkannt werden, wenn noch keine Regentropfen auf ihnen verewigt sind. Solche Schrammen können auch von in den Erdströmen eingeklemmten Baumstämmen erzeugt werden, die durch Hindernisse, wie große Bergsturzböcke, temporär aufgehalten werden können und erst unter dem massiven Druck der Fortbewegung bersten. Das Abgleiten von Schuttauflagen lässt sich auch durch gespannte Wurzeln der Vegetation erkennen (Abb. 21a, b, c). Diese Liste an Beobachtungen ließe sich beliebig fortsetzen.

Nicht zuletzt muss auch die infrastrukturelle Erschließung und relativ leichte Erreichbarkeit dieser Gebiete genannt werden, die für ein Detailstudium im Rahmen von Studentenkursen von entscheidender Bedeutung sind. Alle vier genannten Areale sind in das vorhandene Forststraßen- und Wanderwegenetz eingebunden und können daher von Jedermann inspiziert werden. Zum Vorstudium der geologischen Situation und der Detailphänomene eignen sich das Erkudok© Institut sowie die Schauräume im Stadtmuseum Gmunden in ganz besonderer Weise (Weidinger, Spitzbart 2003).



Abb. 21a, b, c: Zeugen von rasch ablaufenden Bewegungsvorgängen in den Erdströmen des Gschlifgrabens: Gespannte Wurzeln durch Abgleiten einer Blocklast auf Buntmergel (links); Bewegungsfläche zwischen Erdstrom und Anstehendem (Mitte); in bewegtem Erdstrom eingeklemmter Baumstamm, der eine 5m lange Schramme im Anstehenden erzeugte; man beachte die durch Wasser stark eingetiefte, trennende Gleitbahn (rechts).

## LITERATUR

- Arndt R., Mayr M. 2003. Salzsuche im oberösterreichischen Salzkammergut. Gmundner Geo-Studien **2**, 289-296, Gmunden.
- Bammer O. 1984. Massenbewegungen im Raume Bad Goisern, Oberösterreich. Internat. Symp. Interpraevent 1984 – Villach **3**, 167-180.
- 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. 1980. Bergsturz und Rutschung Zwerchwand. Kurzbericht zur geologisch-hydrogeologischen Karte 1:2000 im Auftrag der WLV Gebietsbauleitung Salzkammergut, 3p., Traunkirchen.

- 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 Gschlifgrabens 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 (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.
- Döllmann O. 2000. Untersuchung einer Großhangbewegung an der Sandling Südseite (Altaussee/Steiermark). Dipl. Arb. Univ. Karlsruhe, 119p.
- Ehret D. 2002. Geotechnische Untersuchungen und Gis gestützte Erfassung der Massenbewegungen zwischen Hallstatt und Plassen (UNESCO-Weltkulturerbe Hallstatt-Dachsteinregion, Österreich). Dipl. Arb. Univ. Karlsruhe.
- Elßner P. 1792-1856. Handschriftliche Gmundner Chronik, Archiv Stadtmuseum Gmunden.
- Friedel W. 1985. Die Geologie des Sandlinggebietes (Altaussee, steirisches Salzkammergut) mit besonderer Berücksichtigung der rezenten Tektonik. Diss. Univ. Innsbruck, 168p.
- Geologische Bundesanstalt (Hrsg.) 1982. Geologische Karte der Republik Österreich, Bl. 96 Bad Ischl, Wien.
- Geologische Bundesanstalt (Hrsg.) 1996. Geologische Karte der Republik Österreich, Bl. 66 Gmunden, Wien.
- Geyer G. 1917. Über die Querverschiebung am Traunsee. Verh. d. k.k. geol. Reichsanstalt, **4 u. 5**, 67-102, Wien.
- Hauswirth E. K., Scheidegger A. E. 1988. Rockslide on the Red Wall above Hallstatt, Upper Austria. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Symp. Landslides, Lausanne 2, 1333-1338, Rotterdam (Balkema).
- Höcherl A. 1991. Geologische und ingenieurgeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Michlhallbaches zwischen Bad Goisern und Altaussee (Oberösterreich/Steiermark). Dipl. Arb. Univ. Erlangen-Nürnberg. 129p.
- Höllner 1854-1893. Handschriftliche Aufzeichnungen über die Bewegungen des „Großen Steins“ im Gschlifgraben. Archiv der Forstverwaltung Traunstein.
- Jedlitschka M. 1990. Analyse von Massenbewegungen in Verwitterungsdecken auf Flysch und Buntmergel und deren Stabilitätsverbesserung am Beispiel des Gschlifgrabens bei Gmunden. Unveröff. Diss. Univ. f. Bodenkultur, 158p., Wien.
- K.k. Forst- und Domänen Direktion in Gmunden 1630-1634. Waldbüch des Gschüff (Bschliff), Ahonleithen, Farmbrueh und Khamppegg under dem Traunstein, Gmunden.
- Koch G. A. 1892. Geologisches Gutachten über die projektierte Verbauung des Gschlifgrabens bei Gmunden behufs der Hintanhaltung von den bedrohlichen Rutschungen. Unveröff. Gutachten. 50p., 1 Beilage, Wien.
- Koch G. A. 1898. Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Gmunden. (Sonderdruck aus Krackowizer F., 1898-1900), Eigenverlag des Verfassers, 26p, Gmunden.
- Kohl H. 1979. Bergsturz von der Zwerchwand bei der Hütteneck-Alm, OÖ., am 15. Oktober 1978. Jb. Oö. Mus.-Ver., **124/I**, 171-175, Linz.
- Krackowizer F. 1898-1900: Geschichte der Stadt Gmunden in Ober-Österreich. Bd. III, p. 282, 457, Habacher in Commission von Verlag-Mähnhardt, Gmunden.
- Kurka M. 1998. Geologische und geotechnische Untersuchungen von Massenbewegungen östlich des Sandlings (Altaussee, Steiermark). Dipl. Arb. Univ. Wien, 133 + XIIIp.
- Laimer J. 2004. Karstwasserdynamik des Ischler und Ausseer Salzbergs – Karstmorphologie, Karsthydrogeologie und Karstvulnerabilität der Hallstätter Zone von Ischl-Aussee. Diss. Univ. Salzburg, 272p.
- Laimer H. J., Schramm J.-M. 2005. Karstvulnerabilität in der Hallstätter Zone von Ischl-Aussee, Nördliche Kalkalpen (Oberösterreich, Steiermark). 13-23 (in diesem Band).
- Lehmann O. 1926. Die Verheerungen in der Sandlinggruppe (Salzkammergut) durch die im Frühherbst 1920 entfesselten Naturgewalten. Denkschr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., **100**, 257-299, Wien.
- Lehner N. 1982. Die Wildbach- und Lawinenverbauung in OÖ. unter bes. Berücksichtigung des Bezirkes Gmunden. Salzburg.
- Lotter M., Moser M., Glawe U., Zvelebil J. 1998. Parameters and kinematic processes of spreading of mountain ridges. Proc. 8<sup>th</sup> Int. Congress IAEG, Vancouver II, 1251-1257, Rotterdam (Balkema).
- Lotter M. 2001. Geotechnische und kinematische Untersuchungen an instabilen Felshängen im alpinen Raum. Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg, 324+IXp.
- Mandl G. W. 1984. Zur Tektonik der westlichen Dachsteindecke und ihres Hallstätter Rahmens (Nördliche Kalkalpen, Österreich). Mitt. Österr. Geol. Ges. **77**, 1-31, Wien.

- Mandl G. W. 2000. The Alpine sector of the Tethyan shelf – Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. *Mitt. Österr. Geol. Ges.* **92**, 61-77, Wien.
- Marchetti H. 1991. Zum Naturraumrisiko im Bezirk Gmunden und seiner Verminderung. In: Verein zur Herausgabe eines Bezirksbuches Gmunden (Hrsg.: Hufnagl, F. - Obmann, Marchetti H. - Schriftleiter), *Der Bezirk Gmunden und seine Gemeinden*. Eigenverlag, 183-195, Gmunden.
- Merkel M. 1989. Geologische und ingenieurgeologische Untersuchungen im Wildbacheinzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches (Oberösterreich). *Dipl. Arb. Univ. Erlangen-Nürnberg* 95+IVp.
- Mojsisovics E., Schloenbach U. 1868. Über das Verhalten der Flyschzone zum Nordrand der Kalkalpen. *Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt*, 212ff., Wien.
- Moser M. 2002. Geotechnical aspects of landslides in the Alps. *Proc. 1<sup>th</sup> Europ. Conf. on Landslides*, 23-43, Lisse (Balkema).
- Moser R. 1997. Dachsteingletscher und deren Spuren im Vorfeld. *Musealverein Hallstatt*, 143p. Hallstatt.
- Moser M., Lotter M., Meyer H. 2003. Großmassenbewegungen des Hallstätter Raumes – Geotechnik – Kinematik – Bewegungsmechanismus. In: Weidinger J.T., Lobitzer H., Spitzbart I. (Hrsg.), *Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts*, *Gmundner Geo-Studien* **2**, 343-352.
- 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 Gschlieffgrabens bei Gmunden. *Handgeschriebenes Gutachten*, 12p., 1 Beilage, Linz.
- Prey S. 1982. Abholzung rief Erdrutsch „unterm Stein“ hervor. *Salzkammergutzeitung* (zitiertes Leserbrief) Nr. 32 (12.08.1982), p.5, Gmunden.
- Prey S. 1983. Das Ultrahelvetikum - Fenster des Gschlieffgrabens südsüdöstlich von Gmunden (Oberösterreich). *Jb. Geol. B. A.* **126**, 95 -127, Wien.
- Rohn J. 1991. Geotechnische Untersuchungen an einer Großhangbewegung in Bad Goisern (Oberösterreich). *Schr. Angew. Geol. Karlsruhe* **14**, 193+XVIIIp.
- Rönnau Chr. 2003. Massenbewegungen rund um den Plassen – ein Georisiko für das Unesco – Weltkulturerbegebiet Hallstatt Dachstein/Salzkammergut? In: Weidinger J.T., Lobitzer H., Spitzbart I. (Hrsg.), *Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts*, *Gmundner Geo-Studien* **2**, 353-362.
- Salzer H. 1937. Bergschlipfe bei Goisern im Salzkammergut. *Mitt. Geogr. Ges. Wien* **80**, 124-130, Wien.
- Salzer H. 1938. Untersuchungen an Bergschlipfen im Salzkammergut. *Verh. Geol. B.-A.* **6**, 137-140, Wien.
- Schäffer G. 1976. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt (Thema: Blatt 96 Bad Ischl der Geologischen Karte der Rep. Österr. 1:50000) – Exkursionsführer, 48p.
- Schäffer G. 1982. Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000, Blatt 96 Bad Ischl; Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Schäffer G. 1983. 4. Stellungnahme der Fachabteilung Ingenieurgeologie der Geologischen Bundesanstalt zur Massenbewegung Stambach-Zwerchwand/Bad Goisern. *Unveröff. Gutachten f. d. Forsttech. Dienst f. Wildbach- u. Lawinerverbauung Bad Ischl*, 1-9, 22 Beilagen, Wien.
- Schneider H. 1998. Geologische und ingenieurgeologische Untersuchungen der Großhangbewegung am Sandling bei Altaussee (Steiermark). *Dipl. Arb. Univ. Karlsruhe*, 93p.
- Schultes J. A. 1809. *Reisen durch Oberösterreich in den Jahren 1794, 1795, 1802, 1803, 1804 und 1808*, Th. 1, Verlag J. G. in der Cotta'schen Buchhandlung, Tübingen.
- Stadler F. 1986. Das ehemalige Salzbergwerk am Michel-Hallbach – Ein Beitrag zur Ausseer Salinengeschichte. *Da Schau Her – Beiträge aus dem Kulturleben des Bezirkes Liezen*, **7(4)**, 11-15, Liezen.
- Stadler F. 1991. Alte, abgekommene Salinen und die Landesgrenze zur Steiermark, ein Beitrag zur Geschichte der Salinen am Michel-Hallbach. In: Hufnagl F., Marchetti H. (Hrsg.), *Der Bezirk Gmunden und seine Gemeinden - Von den Anfängen bis zur Gegenwart*, Eigenverlag, 273-280.
- Stadtgemeinde Gmunden-Wasserversorgung (Hrsg.) 1999. *Wasserwerk Traunstein-West*. Festschrift anlässlich der Eröffnung des Wasserwerks Traunstein-West, 39p., Gmunden.
- Sueß E. 1886. *Gutachten in der Wasserversorgung der Stadt Gmunden*. Beilage zum Gmundner Wochenblatt, Nr. 46, 1886, 7p., Gmunden.
- Thomanek K. 1960. Die Bedeutung des Erbstollens und der neuen Betriebsanlage für den Altausseer Salzberg. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* **105/5**, 101-105.
- Van Husen D. 1977. Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. *Jb. Geol. B.-A.* **120**, 1-130, Wien
- Weber F. 1958. Zur Geologie der Kalkalpen zwischen Traunsee und Almtal. *Mitt. D. Geol. Ges. Wien* **51**, 295-352, Wien.
- Weidinger J.T. 1999. *Wege in die Vorzeit des Salzkammerguts*. Studienverlag (Edition Löwenzahn), 200p., Innsbruck.

- Weidinger J.T. 2001. Das Institut Erkudok© im Stadtmuseum Gmunden und die bisherigen Projekte von 1998 – 2001. Ber. d. Geol. B. A. **56**, 117-119, Wien.
- Weidinger J.T. 2003. Das Institut Erkudok© im Stadtmuseum von Gmunden – eine geowissenschaftliche Forschungsstätte im Salzkammergut. Ber. d. Geol. B.A. **57**, Wien (in print).
- Weidinger J.T. 2003. Massenbewegungen und Gebirgsgefahren am Fuße der Traunstein-Nord- und Westwände, Gmunden, Oberösterreich. Gmundner Geo-Studien **2**, 375-394, Gmunden.
- Weidinger J.T. 2004. Das Erkudok© Institut im Stadtmuseum von Gmunden – eine geowissenschaftliche Forschungsstätte im Salzkammergut. Jb. Geol. B.-A. **144/1**, 141-153, Wien.
- Weidinger J.T. 2005. Kartierungsbericht zur beiliegenden Manuskriptkarte über die detaillierte geologische Aufnahme des geophysikalischen Messgebiets im Gschlifgraben am Traunsee-Ostufer/Oberösterreich (1. Zwischenbericht über die Arbeiten im Messgebiet des Jahres 2004 mit Manuskriptkarte). Unveröff. Bericht, 34p.
- Weidinger J.T., Spitzbart I. 2003. Erkudok© Institut/Stadtmuseum Gmunden – ein Ausgangspunkt für Geo-Forschung und Geo-Wissensvermittlung im Salzkammergut, Oberösterreich. Gmundner Geo-Studien **2**, 455-460, Gmunden.
- Weinberger P. 1975. Gefahrenzonenplan am Schwemmkegel des Gschlifgrabens. Unveröff. Diplomarbeit, BOKU Wien, 50p.
- Wirobal K. H. 1973. Untersuchung über Streckendeformationen im Salzbergbau Hallstatt. Dipl. Arb. Univ. Leoben, 22p.
- Wirobal K. 1994. Das Klima von Hallstatt. 76p., Musealverein Hallstatt.
- Wühl A. 1980. Die Wildbäche und Lawinen Oös. In: Amt der OÖ Landesregierung Abt. Wasserbau (Hrsg.); Hochwasserabwehr (Hrsg.), 157 – 168, Linz.
- Zeitschrift Ver. Diplomingenieure Wildbach- u. Lawinenverbauung Österreichs 1975. Sommerstudienreise in Oberösterreich vom 14.-18. Okt. 1974. Sdh. Mai 1975, Salzburg.