



# Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1984 — VILLACH

Festveranstaltung „100 Jahre Wildbachverbauung“  
Beiträge und Diskussion zu INTERPRAEVENT 1984  
Band 3, Seite 157—166

## Gebirgsspannungen und Massenbewegungen im Raum Bad Goisern, Oberösterreich

### Rock stresses and mass movements in the region of Bad Goisern, Upper Austria

F. Kohlbeck, R. Lahodinsky, A.E. Scheidegger  
Abteilung Geophysik Technische Universität Wien

#### Zusammenfassung

In situ Spannungsmessungen im tiefsten Stollenniveau des Ischler Salzberges wurden nach dem Bohrkernentlastungsverfahren in massigem Oberjurakalk durchgeführt. Sie ergeben eine NNW-SSE gerichtete Hauptdruckspannungsrichtung. Der Verlauf tektonischer Lineamente, Kluftstellungen und die Orientierung von Wandabbrüchen, von denen seit der postglazialen Entlastung bis in jüngste Zeit immer wieder Felsstürze, Rutschungen und Erdströme ihren Ausgang genommen haben, stützen die Vermutung, daß hier rezente tektonische Kräfte am Werk sind.

#### Summary

In situ stress measurements by the stress relief method have been made in the lowest drive of the salt mine at Bad Ischl. The rock was massive limestone from the Upper Jurassic period. These measurements yielded a maximum pressure direction oriented NNW-SSE. The contention that tectonic forces are presently active is supported by the orientation of tectonic lineaments, joint planes and rockwalls on which rock falls, slides and debris flows have originated since the end of the last ice age.

#### 1. Einleitung

Angesichts des gewaltigen Ausmaßes der Massenbewegungen im Gebiet der Salinarzone von Ischl-Aussee drängt sich die Frage nach tektonischen Ursachen auf. Um dies überprüfen zu können, war vom Institut für Geophysik an der Technischen Universität Wien im Lauffener Erbstollen eine Gebirgsspannungsmessstelle eingerichtet worden. Sie liegt ungefähr 500 m unterhalb dieses zu verschiedenen geologischen und historischen Zeiten von Felsstürzen und Murabgängen (Goiserer Lindwurmsage!) heimgesuchten Gebietes.

#### 2. Geologische Übersicht

Auf dem Salzgebirge, durch tektonische Vorgänge eingespannt und an vielen Stellen an die Erdoberfläche durchbrechend, liegen ausgedehnte Mergelareale (Zlambachmergel und Allgäuschichten) und verschiedene Trias- und Jurakalkschollen. Die Zwerchwand, eine riesige Tressenstein-Kalkscholle (ein Riffkalk des Malm), steckt eingekippt im Salzgebirge. Der massige Tressensteinkalk baut auch die Umgebung der Meßstelle auf. Diese liegt jedoch wesentlich tiefer, nämlich 510 m unterhalb der Reinfalzalpe, etwa 250 m lotrecht unterhalb und 150 m nordwestlich der Salzgrenze (Abb. 1).

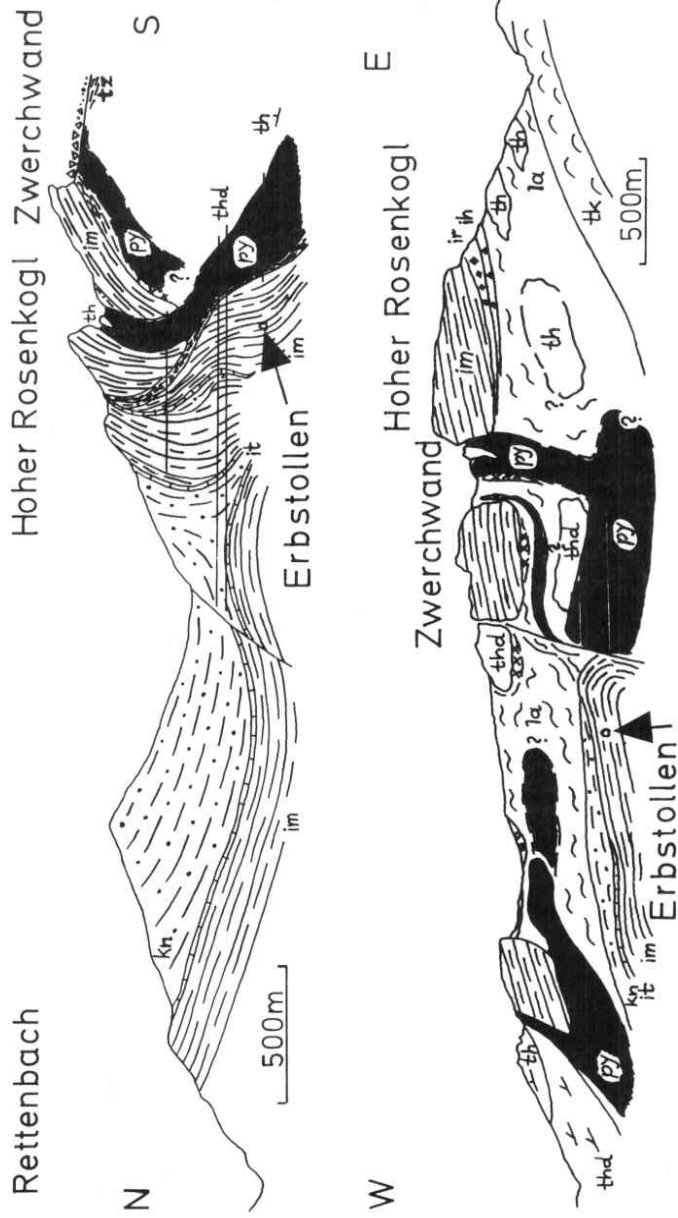


Abb.1 : Geologische Profile durch den Ischier Salzberg nach Schadler 1949,1950 (unveröff.),ergänzt  
 Fig.1 : Geological sections through the Bad Ischl salt mine

- ▲ = Bergstürze, kn= Ischler Brekzie, it= Tithonkalk, im= Tressensteinkalk, ir= Radiolarit, ih= Kieselkalk
- la= Allgäuschichten, tk= Dachsteinkalk, tz= Zlambachmergel, th= Hallstätter Kalk, thd= Hallst. Dolomit,
- x= Werfener Schichten, py= Haselgebirge

### 3. In situ-Spannungsmessungen

Die Spannungsmessungen wurden nach dem Bohrkernentlastungsverfahren ausgeführt. Dabei werden die Dehnungsmeßstreifen von Triaxialzellen an die Bohrlochwand geklebt. Nach der ersten Messung wird die mit dem Gestein schlüssig verbundene Meßzelle konzentrisch überbohrt und der Gesteinshohlzylinder gezogen. Dieser dehnt sich, da nicht mehr dem Gebirgsdruck unterworfen, geringfügig aus, wobei die Längenänderung des Gesteins der gemessenen Widerstandsänderung des Dehnmeßstreifens proportional ist. Aus den gemessenen Dehnungen und im Laborversuch bestimmten Dehnungsmodul und Querszahl kann der Spannungszustand des Gebirges berechnet werden. Die größte Hauptspannung beträgt 13,6 MPa (= Mega-Pascal) mit 48 Grad in Richtung NNW geneigt, die kleinste Hauptspannung ( 7 MPa) verläuft parallel zum Salzgebirge.

### 4. Das groß- und kleinmaßstäbliche Trennflächengefüge

Die im Erbstollen von Meter 2450 bis 2480 und im Zentralschachtzubau (m 2740) im Tressensteinkalk beobachtbaren Tonflatschen und mit Mergelletten gefüllte Zerrklüfte verlaufen hauptsächlich in Richtung WSW-ENE (Abb. 2/ 1, 2). Aufgrund von darin enthaltenen Sporen liegt für diese tektonische Unruhe ein Malm-Alter vor (Geol. B.-A., 1976). Ein weiteres NW-SE und WSW-ENE streichendes Kluftsystem von vermutlich jüngerer Anlage zeichnen die bis 0,2 m langen Glaubersalz-Stalaktiten im Tressensteinkalk nach (Erbstollen, m 2510 - 2550). Dieses diagonale Kluftnetz ließe sich mit einer gegen NE gerichteten Beanspruchung erklären (Abb. 2 / 3, 4). Im Tressensteinkalk können weiters Vertikalstyrolithen beobachtet werden, das sind offenbar durch den Salzauftrieb verursachte Drucklösungsstrukturen. Kleinklüfte in der Umgebung der Meßstelle bzw. an der Kehre hinter dem Zentralschacht gemessen (Abb. 2/ 5, 6) streichen NNE-SSW bzw. WNW-ESE bis NW-SE und sind als jüngste Trennfugen aufzufassen. Die Interpretation ihrer maximalen Besetzungsdichten als Pole von Scherflußlinien (Scheidegger, 1979) ergibt eine NNW-SSE verlaufende Richtung des größten Druckes.

Schadler (1949) sieht den Aufstieg der Salzdiapire am Schnittpunkt von W-E bis NW-SE verlaufenden Schwächezonen des Gebirgsbaues (Hallstätter Zone) mit SW-NE in das Tote Gebirge hinein streichenden Störungszonen situiert. Mit gleicher Orientierung verlaufen auch die erst in jüngster Zeit erkannten großtektonischen Linamente am Satellitenbild (Tollmann, 1977)-z.B. die WNW-ESE Richtung als Wolfgangseestörung in Fortsetzung der Landshuter-Neuöttinger Hochzone in der Molasse Bayerns und die SSW-NNE Richtung als Trauntalstörung. Die Winkelhalbierende dieses konjugierten Störungs-paares weist in die selbe Richtung wie  $\sigma_1$  der in situ-Spannungsmessung, sodaß man diese Störungen für möglicherweise aktive Scherzonen halten kann. Es verwundert daher nicht weiter, daß bei einer Analyse der Streichrichtungen von Wandstufen im Raum Ischl-Aussee (445 Meßwerte) die gleichen Richtungen hervortreten, bei deren Interpretation als Scherlinien man als Winkelhalbierende die gleiche 160 Grad verlaufende Hauptspannungsrichtung erhält, wie sie im Lauffener Erbstollen von uns gemessen wurde (Abb. 3 u. Tab. 1 Nr. 7).

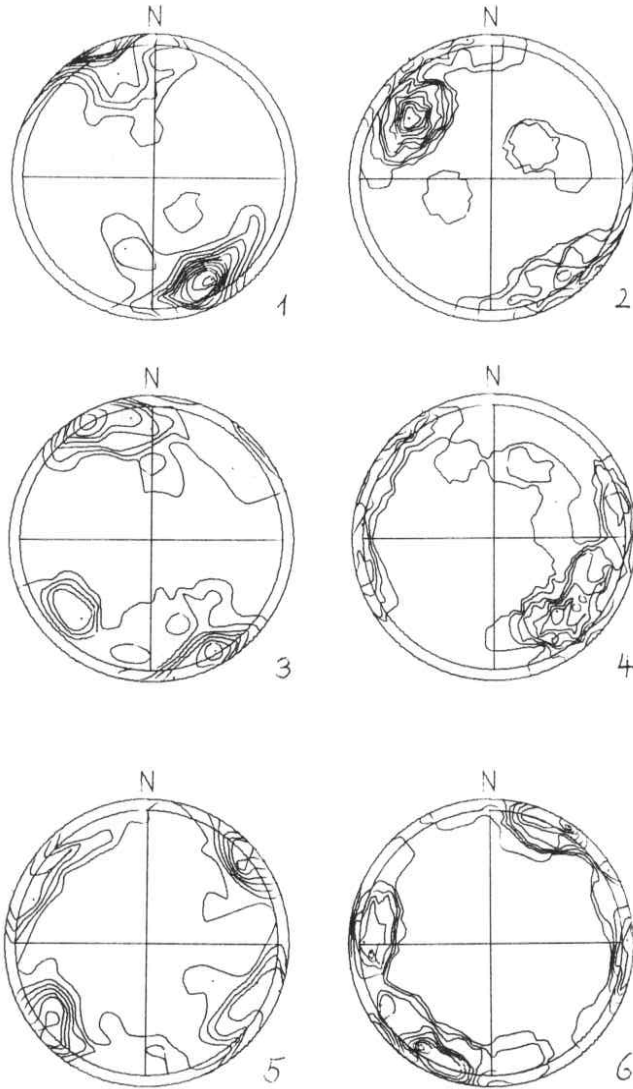


Abb. 2: Poldichtediagramme von verschiedenen Trennflächen in Lambert'scher Projektion; vergleiche Tab. 1

Fig. 2: Pole density diagrams of different discontinuities in Lambert-projection; See Table 1

Tabelle 1: Polhäufungen von Trennflächen und Interpretation der Hauptdruckrichtung

Table 1: Preferred orientation of discontinuities and interpretation of the maximum pressure direction  $\sigma_1$

No.	Locus	n	Max 1	Max 2	$\chi$	$\sigma_1$	$\sigma_3$
1	Mergelletten Erbst.	34	335+12/84+12				
2	- " - Zubau	24	124+19/66+22				
3	Glaubersalzzapfen	27	340+25/88+25	049+16/72+16	111°	194/13	287/14
4	- " - Zubau	28	314+20/73+15				
5	Klüfte Kehre	46	303+17/84+16	051+12/85+13	73°	177/09	087/01
6	- " - Zentr.Sch.	21	094+17/82+15	024+15/85+14	70°	330/03	239/08
7	Wandstufen (Ischl - Aussee)	445	116+04/90+04 (Max 3:	206+02/90+02 251+03/90+03)	90°	341	251

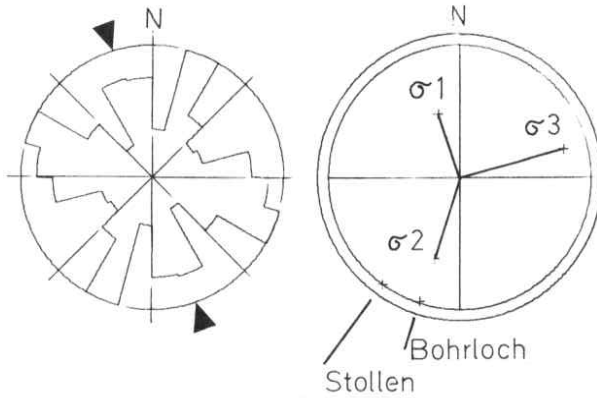


Abb. 3: Vergleich zwischen den Streichrichtungen von Wandstufen und der Hauptspannungsrichtung

Fig. 3: Orientation of rock walls compared with the maximum pressure direction



Abb.4 : Bergstürze von der Zwerchwand

Fig.4 : Zwerchwand rock falls

## 5. Tektonik und Massenbewegungen

Obwohl heute jurassische Gleitbewegungen als prägender Akt des morphologischen Landschaftsbildes zwischen Ischl und Aussee - von Mergelarealen umgebene Kalkschollen - angesehen werden, gibt es viele Hinweise auf eine heute noch aktive transversale Tektonik. Von vielen, den Mergeln auflagernden oder "auf nicht ganz unansehnliche Tiefe eingesunkenen" (Aigner, 1904), im plastischen Salzgebirge steckenden starren Kalkschollen gehen seit dem Rückzug des Eises vor ca. 17 000 Jahren bis in jüngste Zeit Bergstürze ab. Dabei zeigt sich nicht nur, daß Felsstürze an konjugierten Kluftflächen ausbrechen, sondern auch Großhangbewegungen von einigen Millionen  $m^3$  vom tektonischen Trennflächengefüge vorgezeichnet werden (Hauswirth, Lahodinsky, Roch & Scheidegger, 1982). An ein in Verbindung mit der alpidischen Orogenese entstandenes Bruchstörungenetz, das sich vom kristallinen Untergrund bis ins höchste tektonische Stockwerk durchpaust, knüpft sich, nach seiner Hauptbewegungsphase im Jungtertiär, anhaltende, schwache seismische Aktivität. Nach Schauburger (1955) kommt von der jungtertiären Bruchtektonik der Hauptimpuls für die Diapirbildung.

Heftige Niederschläge - bisweilen zeitgleich mit der Schneeschmelze - und eine starke oberflächennahe Durchfeuchtung des sich plastisch verhaltenden Haselgebirges oder der Mergel, denen Schädler (1949) eine gewisse Eigenmobilität zwischen starren Karbonatplattformen zuspricht, sind der unmittelbare Anlaß der Massenbewegungen. Zum Einfluß des Salzbergbaues auf die Massenbewegungen gibt Gattinger (1978) für den Hallstätter Salzberg ein durch den gesamten bisherigen Abbau entstandenes Massendefizit von 10 Millionen  $m^3$  zu bedenken.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen rezenten tektonischen Vorgängen und den Massenbewegungen (Gattinger, 1978 & 1981), da diese in einigen Fällen gar nicht gravitativ erklärt werden können. Ihre Bewegungsvektoren weichen vom rechten Winkel zu den Isohypsen oft weit ab.

### 5.1. Massenbewegung Plassen - Hallstatt

Vermessungsarbeiten durch das Institut für Geophysik weisen für den Hallstätter Salzberg beachtliche Bewegungsbeträge nach. Diese Meßdaten liefern Hinweise auf eine neotektonische Aktivität: Die Nachmessungen eines Triangulierungsnetzes aus dem Jahre 1954 am Hallstätter Salzberg (Brunner & Hauswirth, 1976; Kobaschitz, 1977) ergaben zwischen 1954 und 1976 für die im Salzgebirge steckende Kalkscholle "Rotes Kögel" einen Verschiebungsvektor von 5,6 m gegen SE und eine Vertikal-komponente von 2,08 m. In Zusammenhang mit dem plastischen Fließen des Salzgebirges steht neben der markanten Bewegung des Roten Kögels eine Senkung des Plassen und eine geringfügige seewärts gerichtete Hebung des Rudolfsturmes.

Bedeutsam für eine tektonische Interpretation ist die Horizontalverschiebung des, dem nördlichen Rahmen des Salzberges angehörenden, Punktes Steingraben - Schneid im Beobachtungszeitraum 1974 - 1976 um 0,15 m nach NE. Der Lahngangkogel (südliches Widerlager) bewegte sich zwischen 1954 und 1976 horizontal um 0,87 m gegen NE und senkte sich um 2,04 m. Beobachtungen im Hallstätter Salzbergbau (Hauswirth & Scheidegger, 1976; Gattinger, 1981) weisen darauf hin, daß die größte Kompression in SW-NE Richtung quer zur Fließbewegung im Salzgebirge (vom Plassen in Richtung ESE zum Rudolfsturm) gerichtet ist (Hauswirth, 1976).

## 5.2. Massenbewegungen am Sandling

Massenbewegungen von der erwähnten Größenordnung (Großhangbewegung Plassen - Hallstatt, Wörschach, Sandling) setzen an Störungszonen und Brüchen an. Der Sandling-Bergsturz vom September 1920 (Zusammenbruch des Sandlingturmes, Rutschung und Erdstrom; Lehmann, 1926) mobilisierte 6 - 9 Millionen m<sup>3</sup> und erfolgte am Schnittpunkt zweier Störungslinien. Über mehrere Störungsbereiche gelegte Konvergenzmeßstrecken (Schäffer, 1978) ergaben zum Beispiel am Sandling-Plateau Dehnungsbeträge von 2,1 bis 61,25 mm pro Jahr (Friedel, 1980). Das Auseinanderbrechen des Sandlings als Folge einer im Zusammenhang mit dem Salinar stehenden aktiven rezenten Tektonik läßt sich weiters am Ablösen des Felsturmes "Usinni Kirra" (Salzer, 1938) beobachten - was den Salzbergbau am Michlhallbach katastrophal beendet hat - sowie am von N nach S progressiv aufreißenden "Brochener Kogl" am Sandling-Ostfuß (Friedel, 1980). Im Eisbergstollen darunter öffnen sich Zugspalten nach unten, es kommt zum Versetzen von Verzimmerungssteinen und zu bruchhafter Verformung des Salzgebirges.

Das Salzgebirge ist in trockenem Zustand als standfest anzusehen, auf Wassereinbrüche reagiert es jedoch äußerst empfindlich. Deshalb soll hier eine unterirdische Massenbewegung erwähnt werden: Im Ausseer Salzberg bildete sich zu Folge eines Laugwerkseinbruches an der Kreuzungslinie zweier Störungen ein wasserführender Niederbruchsclot von anfangs 6, später 22 m Durchmesser, der rasch nach oben ausgriff, zuletzt 300 m<sup>2</sup> Querschnittfläche und mit 340 m Kaminhöhe durch Allgäu - und Oberalmer Schichten hindurch die Oberfläche erreichte, dort einen Bergsturz auslöste und zur Zeit der Schneeschmelze einen Wildbach mit 200 l/sec in das Salzgebirge leitete. Anfängliche Sanierungsversuche, ausgehend von holzverzimmerten Umfahungsstrecken, scheiterten. Erst umfangreiche Drainagen und die Bildung eines Dichtepropfens aus Polyurethanschaum und anschließender Bentonit-Zement-Injektion verhalfen den Sanierungsmaßnahmen zum Erfolg (Donei und Feder, 1981). Die Kosten der Sanierung betragen 20 Millionen Schilling. Die Gefahr weiterer katastrophaler Wassereinbrüche aus der zerbrechenden Kalkscholle des Sandlings bleibt jedoch bestehen.

## 5.3. Massenbewegung Zwerchwand - Stambach

Von der Zwerchwand-SW-Seite stürzten im September 1978, Februar 1980 und März 1981 ungefähr 130 000 m<sup>3</sup> aus der 120 m hohen Felswand, wobei die bis hausgroßen Felsblöcke aus Tressensteinkalk auf Haselgebirge und Mergel talwärts flossen. Diese Rutschung ging im März 1982 in einen den oberen Ortsteil Bad Goiserns bedrohenden Erdstrom über. Die Massenbewegung hat insgesamt etwa 11 Millionen m<sup>3</sup> Gesteinsmassen mobilisiert. Im Bergerzerreißungsgebiet der Zwerchwand, im Kreuzungsbereich zweier tektonischer Störungen gelegen, sind weitere Felsstürze zu erwarten ( Abb. 4).

Neben den klaffenden Felsspalten am Predigstuhl und der Zwerchwand (Salzer, 1937) sind die erwähnten Bergstürze, weiters die mit Laugwerkniederbrüchen im Ischler Salzberg verbundenen Felsstürze an der Zwerchwand-NW-Seite 1980 (Tischler, persönl. Mitt.), und die beim Abteufen des Zentralschachtes im Tressensteinkalk vom dritten Tiefbau allmählich nach unten abnehmende Gebirgsschlagfähigkeit (Blamberger, persönl. Mitt.) nur die auffälligsten Erscheinungsformen, in denen sich gebirgsbildende Kräfte äußern.



## Dank

Finanzielle Zuwendungen des "Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich", Projekt 3887, ermöglichten diese Arbeit. Der Generaldirektion der Österreichischen Salinen, besonders Herrn Gen. Dir. Stv. Dr. Thomanek und Herrn Hofrat Neuholt, danken wir für die Erlaubnis, den Erbstollen zu befahren und unsere Messungen auszuführen. Herrn Betriebsleiter Stv. Tischler danken wir für die Betreuung, die er uns angeeignet ließ, und sowohl ihm als auch Herrn Oberbergmeister i.R. "Blalois" Blamberger für fachliche Diskussionen. Tatkräftige Mithilfe bei den Bohrarbeiten verdanken wir den Kollegen Ai Nan-Shan und Sepp Werner Roth, dem Rechenzentrum der TU Wien kostenlose Rechenzeiten.

## Literatur

- Aigner, A. (1904): Über den Kaiser-Franz-Josef-Erbstollen in Ischl. Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., 119 - 132, Graz
- Brunner, F.K.,  
Hauswirth, E.K., (1976): Geodätische Untersuchungen einer rezenten Großhangbewegung bei Hallstatt/Oberösterreich. Zeitschr. für Vermess. & Photogramm., 64. Jg., 1 - 17, Baden
- Donel, M.,  
Feder, G., (1981): Sanierung eines wasserführenden Niederbruchkamines mit 300 m<sup>2</sup> Querschnittsfläche im Salzbergbau Altaussee. Rock Mechanics, Suppl. 11, 215 - 236, Wien
- Friedel, W., (1980): Massenbewegungen im Südbereich des Sandlings, Steirisches Salzkammergut. Unveröff. Teil einer Dissertation, Phil. Fak. Univ. Wien, 29 p, Wien
- Gattinger, T., (1978): Aktuelle Krustenbewegungen in den Alpen und ihre Bedeutung für das Baugeschehen. Rock. Mech. Suppl. 6, 17 - 23, Wien
- Gattinger, T., (1981): Summary Report on the IGP - Activities of the Geological Survey of Austria. In: Results of the Austrian Investigations in the International Geodynamics Project 1972 - 1979, 67 - 74, Wien
- Geolog. Bundesanstalt  
(ed.), (1976): Arbeitstagung der Geol. B.-A., Blatt 96 Bad Ischl, Salzkammergut, 48 p, Wien
- Hauswirth, E.K. (1976): Vermessungen als Grundlage geophysikalischer Aufgaben, Geowiss. Mitt. 11, 117 - 129, Wien
- Hauswirth, E.K.,  
Scheidegger, A.E., (1976): Geomechanische Untersuchung der Großhangbewegung Hallstatt - Plassen (Österreich). Riv. Ital. Geofis. Sci. Aff., Bd. III, 85 - 90, Milano

- Hauswirth, E.K.,  
Lahodynsky, R.,  
Roch, K.H.,  
Scheidegger, A.E. (1982): Geophysikalische Untersuchungen an der Großhang-  
bewegung Wörschachwald (Ennstal, Steiermark)  
Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., Bd. 112, 75 - 90, Graz
- Kobaschitz, J., (1977): Beitrag zur Geländeerfassung und Bewegungsbestimmung  
um den Hallstätter Bergbau im Jahre 1976 und dessen  
geophysikalische Bedeutung, Ungedr. Dipl. Arb.,  
127 p, TU-Wien
- Lehmann, O., (1926): Die Verheerungen in der Sandlinggruppe (Salzkammergut)  
durch die im Frühherbst 1920 entfesselten Natur-  
gewalten (Absitzung, Bergsturz und Gesteinsstrom).  
Denkschr. Akad. Wiss., Wien, math. natw. Kl., Bd.  
100, 258 - 299, Wien
- Salzer, H., (1937): Bergschlipfe bei Goisern im Salzkammergut.  
Mitt. Geograph. Ges. Österreich, Bd. 80, 124 - 130,  
Wien
- Salzer, H., (1938): Untersuchungen an Bergschlipfen im Salzkammergut,  
Verh. Geol. B.-A., 1938, 137 - 140, Wien
- Schadler, J., (1949): Die Ergebnisse der geologischen Neukartierung im  
Gebiete des Ischler und Ausseer Salzberges.  
Berg & Hüttenm. Mh., 94, 56 - 60, Wien
- Schauberger, O., (1955): Zur Genese des alpinen Haselgebirges. Zeitschr.  
deut. geol. Ges., 105, 736 - 751, Hannover
- Schäffer, G., (1978): Bericht 1977 über Untersuchungen an Massenbe-  
wegungen auf Blatt 96, Bad Ischl. Verh. Geol.  
B.-A., 1978, A 87 - 88, Wien
- Scheidegger, A.E. (1981): The Enigma of Jointing. Riv. Ital. Geofis. &  
Sci. Aff., Vol. V., 1 - 4, Milano
- Tollmann, A., (1977): Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild.  
N.Jb. Geol. Paläont. Abh., 153, 1 - 27, Stuttgart

Adresse der Autoren:

Doz. Dr. Franz Kohlbeck  
cand. geol. Roman Lahodynsky  
Prof. Dr. Adrian E. Scheidegger  
Abteilung Geophysik, Technische Universität Wien  
1040 Wien, Gußhausstraße 27 - 29