© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 112	S. 75–90	Graz 1982

Geophysikalische Untersuchungen an der Großhangbewegung Wörschachwald (Ennstal, Steiermark)

Von Ernst K. HAUSWIRTH, Roman LAHODYNSKY, Karl-Heinz ROCH und Adrian E. SCHEIDEGGER

Mit 3 Tabellen und 8 Abbildungen (im Text)
Eingelangt am 2. Juli 1981

Zusammenfassung

Die im Süden der Nördlichen Kalkalpen in Juragesteinen angelegte Großhangbewegung Wörschachwald bei Liezen (Oberalmer Kalk auf Fleckenmergel abgleitend) wird von der Bruchtektonik vorgezeichnet. An ihrem Ostrand ereignete sich am 14. Mai 1967 ein großer Erdrutsch. Daneben konnte im unteren Hangabschnitt eine weitere aktive Bewegung von durchschnittlich 5 cm/a gemessen werden; die Bewegungsvektoren deuten auf einen Talzuschub hin. Die seismische Erkundung erbrachte keine oberflächennahe Auflockerung.

Einleitung

Aufgrund geologischer Kartierungen (ab 1959) waren im Gebiet Hochtor–Stoiringalm–Bärenfeichtmölbing (Südrand des Toten Gebirges) alte Großhangbewegungen erkannt worden.

Am Pfingstsonntag 1967 ging abends eine große Rutschung aus dem Bereich SW der Stoiringalm nieder (Abb. 1), erreichte sehr rasch den Wörschachbach und bewegte sich dann murenförmig im Schrittempo nach Osten. Während des ganzen Tages wechselten ständig weitere Nachschübe mit Verklausungen ab, so daß bereits mit einer Teilevakuierung der Ortschaft Wörschach im Ennstal begonnen worden war. Die Mure kam jedoch noch vor Erreichen der Klamm zum Stillstand, hatte jedoch einen Güterweg und zweimal die Straße Tauplitz–Wörschach (auf einer Länge von ca. 140 m bzw. 80 m) unterbrochen, die Forstschäden betrafen über 1000 m^3 Holz. Auf der Suche nach den Ursachen dieser Massenbewegung stellte W. JANOSCHEK fest, daß die Rutschung am Ostrand einer alten Großhangbewegung erfolgte, und äußerte den Verdacht, diese wäre möglicherweise heute noch aktiv.

Im Rahmen des Internationalen Geodynamik-Projektes wurden daher in diesem Gebiet vom Institut für Geophysik der TU Wien in einem Zeitraum von mehreren Jahren geomorphologische, seismische und geodätische Untersuchungen durchgeführt, über deren Ergebnisse hier berichtet wird.

Geologische Position

Das Untersuchungsgebiet liegt im Süden der Nördlichen Kalkalpen, im Bereich der zum Tirolikum gehörenden Warscheneckdecke. Eine südvergente Aufschuppung mit Werfener Schiefer-Einklemmung des Hauptteils dieser Decke bedingt eine tektonische Abgrenzung gegen Norden, im Süden trennt die Pyhrnlinie, ein bedeutendes bruchtektonisches Lineament, die Wörschacher Scholle ab. Dazwischen bildet der Bergzug Gwönlistein–Bärenfeichtmölbing die Hechlsteinmulde, eine Synklinale aus Juragesteinen (Allgäu-, Chiemgauer und Oberalmer Schichten). Einen Großteil des Gebietes verhüllt die Wörschacher Gosau, deren Schichtfolge sich durch reichlich vorhandene grobklastische Sedimente auszeichnet.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 1: Erdrutsch vom 14. 5. 1967, oberer Abschnitt (Stand 1975).

Morphologie des instabilen Geländes

MIKLAU, 1959, spricht von einer „auffallend lebhaften Tektonik" südlich des Hochtors und stellt einen Quell- und Moorhorizont sowie mehrere an Störungen gebundene Dolinenketten fest. JANOSCHEK, 1965–1968, betont die starke tektonische Zerhackung des Gebietes und weist auf die Schwierigkeit hin, hier echte Tektonik von Hangtektonik zu unterscheiden. Im Zuge einer Detailkartierung grenzt er den Bereich der Großhangbewegung ab und klärt ihren internen geologischen Aufbau. Abbildung 2 zeigt eine durch den Bergzug Gwönlistein–Bärenfeichtmölbing im Bereich der Hangbewegung gelegte geologische Profilserie. Die Großhangbewegung Wörschachwald (einige Millionen m^3) setzt am Kamm Hochtor–Feldl in knapp 1600 m Höhe mit langem Scheitel in Oberalmer Schichten an. Dort manifestiert sich die Bergzerreißung sehr eindrucksvoll in mehreren subparallelen Gräben und Kämmen, die hauptsächlich in Richtung WSW–ENE streichen (Abb. 3). Die westliche Begrenzung läuft in einem Graben unterhalb der Lokalität Siebenbrunn (SE des Hechlsteins) aus. Der Ausstrich der Bewegungsbahn im Osten zieht in einer breiten Rinne an der Grenze zwischen Allgäuschichten (= Fleckenmergel) und zerrütteten Oberalmer Schichten westlich der Stoiringalm in den Pichlergraben hinunter. Wie an den seitlichen Ausstrichen ersichtlich, scheinen

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

von der Bewegung nicht nur Oberalmer Schichten, sondern auch noch hangende Teile der Fleckenmergel erfaßt zu sein, was eher für eine tiefgreifende Bewegung spricht. Die Schichtflächen fallen meist mittelsteil bergwärts ein. Weiter hangabwärts gelegene Risse ziehen oberhalb der Rutschung bis in eine Höhe von 1520 m hinauf und sind vermutlich weniger tiefgreifend (z. B. nahe Punkte E auf Abb. 6). Im steileren Hangabschnitt (Kriechgebiet) läßt sich ein Sichelwuchs der Bäume beobachten. Ein typisches Kennzeichen für langsames Kriechen ist auch das Auftreten von Sackungsbuckeln. Eine Vielzahl kleinerer Gräben und Rinnen, in denen sich das Wasser in feuchten Wiesen sammelt, durchziehen das locker bewaldete Kriechgebiet. Mitunter ist nur eine Aneinanderreihung von Rasenbuckeln erkennbar. Auffallend ist die unruhige Hangmorphologie westlich der großen Rutschung von 1967. Talwärts vorgewölbte Hangzonen wechseln mit flacheren Abschnitten ab, in denen versumpfte Wiesen häufig auftreten. Neben klaffenden Spalten im Boden sind Nackentälchen, stark durchfeuchtete Rinnen und auch kleinere Steilstufen zu beobachten, an denen in jüngster Zeit Absitzbewegungen erfolgt sind (Abb. 4). Anzeichen instabiler Hänge sind auch außerhalb der oben beschriebenen Großhangbewegung zu bemerken. So zergliedern mehrere Gräben und Spalten das Gelände am Dürrneck. Das Rutschgebiet der Stoiringalm tritt morphologisch als konkav gewölbter Hangabschnitt in Erscheinung. Diese Depressionszone ist das Verbreitungsgebiet der Allgäuschichten und durch Quellhorizonte und außerordentlich nasse Wiesenböden gekennzeichnet. Erst unterhalb der Stoiringalm treten in einer talwärts vorgewölbten Hangzone wieder Oberalmer Schichten auf, allerdings als Schuttmaterial des Hangfließens. Nach Meinung W. JANOSCHEKs sind hier die Oberalmer Schichten bereits abgeglitten.

Der Abriß des Erdrutsches 1967 (Abb. 1) befindet sich oberhalb eines jahrhundertealten Karrenweges, auf dem der Viehtrieb von und zur Stoiringalm erfolgte, und legt Moränenmaterial und Gosaukonglomeratblöcke bloß. Die Begrenzung der Plaike kündigte sich schon in Rissen lange vor dem Ereignis an (Luftbilder des Waldstandsfluges 1953).

Außer der großen Plaike lassen sich am Ostrand der Großhangbewegung, aber auch an der westlichen Begrenzung, weitere kleinere Rutschungen beobachten.

Hydrogeologie und Massenbewegungen

Die Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes ist durch das Auflagern verkarsteter und mitunter stark zerrütteter Oberjurakalke auf den als Stauhorizont fungierenden Allgäuschichten charakterisiert. Diese sind in den höchsten Partien härter und kompakter und von zahlreichen Klüften und Sprüngen durchzogen, die eine starke Durchbewegung anzeigen (MIKLAU 1959). Die im Bereich der Bergzerreißung die Oberalmer Schichten durchsetzenden Kluft- und Spaltenzonen bilden die wichtigsten Wegsamkeiten für die unterirdischen Wässer.

Häufig treten Quellen am unteren Ende eines meist aus Oberalmer Schichten bestehenden steileren Hangabschnittes in den Allgäuschichten oder in darüber lagernden Moränen aus, so z. B. eine zur Wasserversorgung von Stainach beitragende Quelle. In dieser Hanglage (Quell- und Moorhorizont) setzen die meisten Abrisse der relativ seichten Massenbewegungen an, so auch der Abriß der großen Rutschung von 1967. Als bevorzugter Gleithorizont der Rutschung fungierten bläuliche tonige Moränensedimente, in der Anbruchsfläche trat außerdem Gips zutage.

Auslösend für diese Massenbewegung waren der Zusammenfall der starken Schneeschmelze (Schneefall bis Ende April) mit im Vergleich zu den vorangegangenen Katastrophenjahren relativ geringen Niederschlägen sowie der zu diesem Zeitpunkt nicht mehr gefrorene Boden. Die Abbildung 5 zeigt die Niederschlagskurven der Beobachtungsstationen Mitterndorf und Aigen. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß über eine Woche vorher und auch am Tag des Murenabganges kein Niederschlag verzeichnet wurde.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

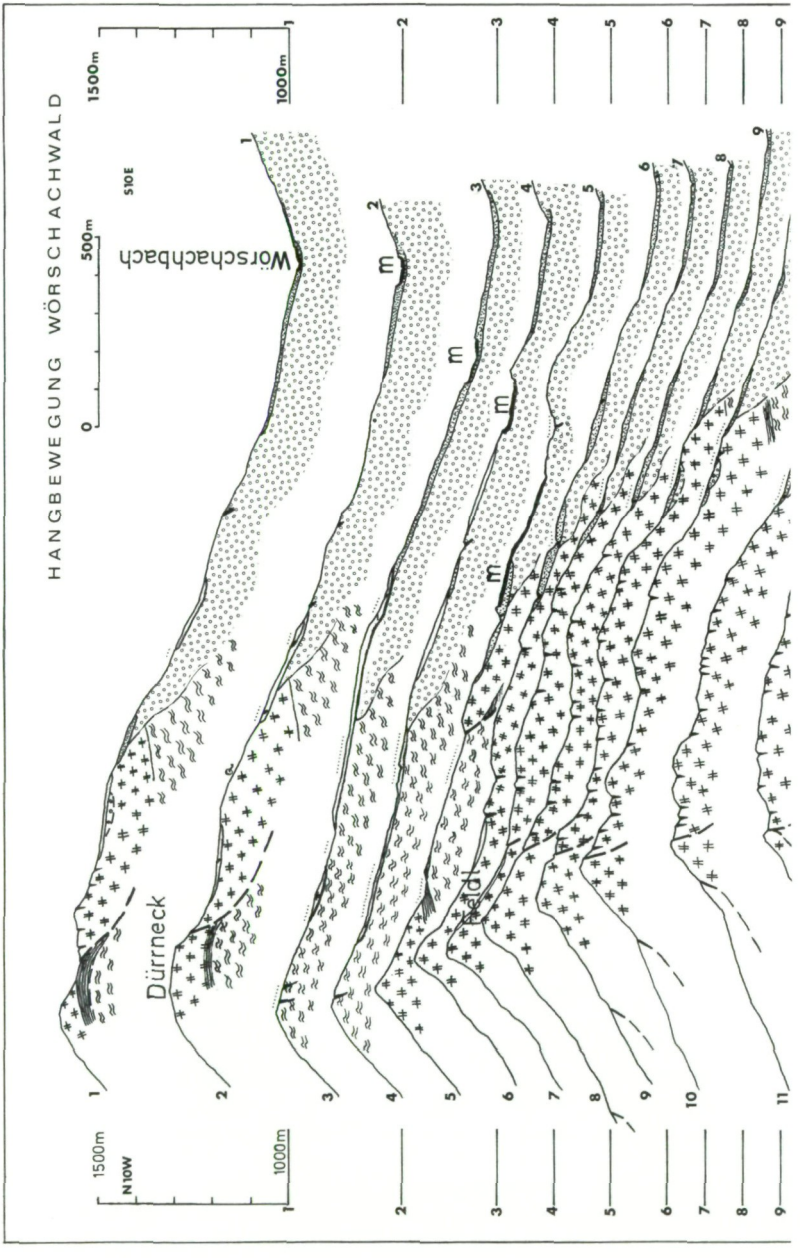

Abb. 2: Geologische Profilserie durch die Großhangbewegung (Basislinien jeweils 1000 m Seehöhe); Legende siehe Abbildung 3.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

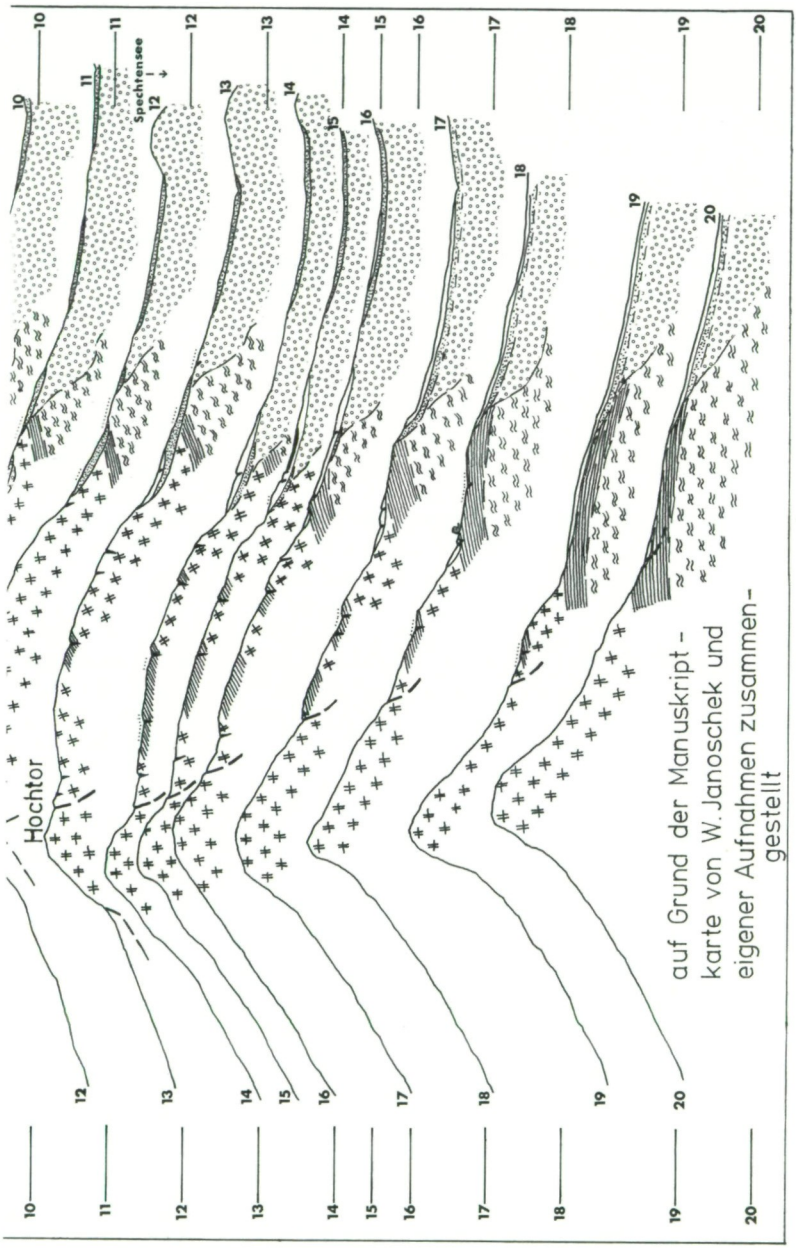

Abb. 2: Geologische Profilserie durch die Großhangbewegung (Basislinien jeweils 1000 m Seehöhe); Legende siehe Abbildung 3.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Vermessung

Bei der Untersuchung von vermeintlichen Geländebewegungen ist es von großem Interesse, die Richtungen und Größe von Bewegungsvektoren zu erfassen. Leider ist dies bei einer Vielzahl von Untersuchungen aufgrund des umfangreichen technischen und des notwendigen Zeitaufwandes und damit auftretender finanzieller Probleme nicht möglich.

Im vorliegenden Fall konnten Vermessungen in den Jahren 1973 und 1976 durchgeführt werden. Im Jahre 1973 wurden insgesamt neun Meßpunkte vermarkt, wovon acht im vermuteten bewegten Gelände wie folgt situiert sind: die Punkte E, G und H auf der Großhangbewegung Wörschachwald westlich der Plaike – und zwar E auf einer Malmkalkrippe inmitten von Bergzerreißungsspalten, G am Karrenweg westlich der Plaike und H auf dem markanten Geländebuckel oberhalb des Güterweges – die Punkte A bis D von der Stoiringalm zum Feldl hinauf über rutschungsanfälligen und von stark durchnäßten Wiesen gekennzeichneten Fleckenmergel und der Punkt F im Gebiet von Buckelwiesen östlich der Plaike unterhalb der Stoiringalm. Die Situierung der Meßpunkte ist auch der Abb. 6 zu entnehmen. Der neunte Punkt (I) liegt im Tal auf einer kleinen Anhöhe nächst dem Spechtensee, sollte auf keinen Fall Bewegungen anzeigen und stellt daher ähnlich wie die Punkte Mölbing-Pyramide KT 163-98, Hochtausig-Kreuz KT 162-98 und ein im Jahre 1973 neu vermarkter Punkt am Feldl ein „Fernziel" dar.

Das Meßkonzept wurde von BRUNNER 1973 entwickelt. Aufgrund der dichten Bewaldung, die eine direkte Ausmessung eines Bewegungsnetzes über die gewünschte Ausdehnung nur mit stark erhöhtem Aufwand (Errichtung von Hochzielen und Beobachtungstürmen) möglich gemacht hätte, wurde die Messung mittels Polarmethode mit dem Pol am gegenüberliegenden Hang gewählt. Zu Kontrollzwecken wurden sämtliche Messungen von zwei ca. 75 m voneinander entfernt vermarkten Standpunkten durchgeführt.

Die Standpunkte P1 und P2 sowie die Meßpunkte A–I wurden mit 1 m langen, ¾ Zoll starken verzinkten Eisenrohren vermarkt, der Punkt „Feldl" mittels eines vertikal einbetonierten Bolzens stabilisiert. Weiters wurden im Jahre 1973 nächst des Punktes P2 ein Versicherungspunkt durch einen horizontal einbetonierten Messingbolzen und zwei Höhenpunkte durch horizontal einbetonierte Eisen-Höhenbolzen mit aufgenieteter Halbkugel in der Wegböschung vermarkt. Durch Teilabrutschung dieser Böschung ging bis zur Nachmessung 1976 allerdings ein Höhenpunkt (HB 1) verloren.

Die eigentliche Vermessung fand 1973 mit einem Sekundentheodolit (WILD T2-E) für die Winkelmessung und einem elektronischen Entfernungsmeßgerät (WILD DI 60) für die

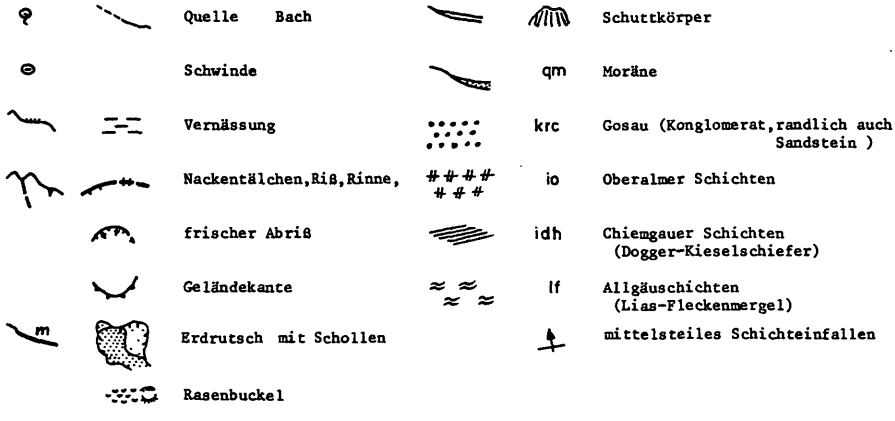

Abb. 3a: Zeichenerklärung zu Abb. 2 und Abb. 3.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

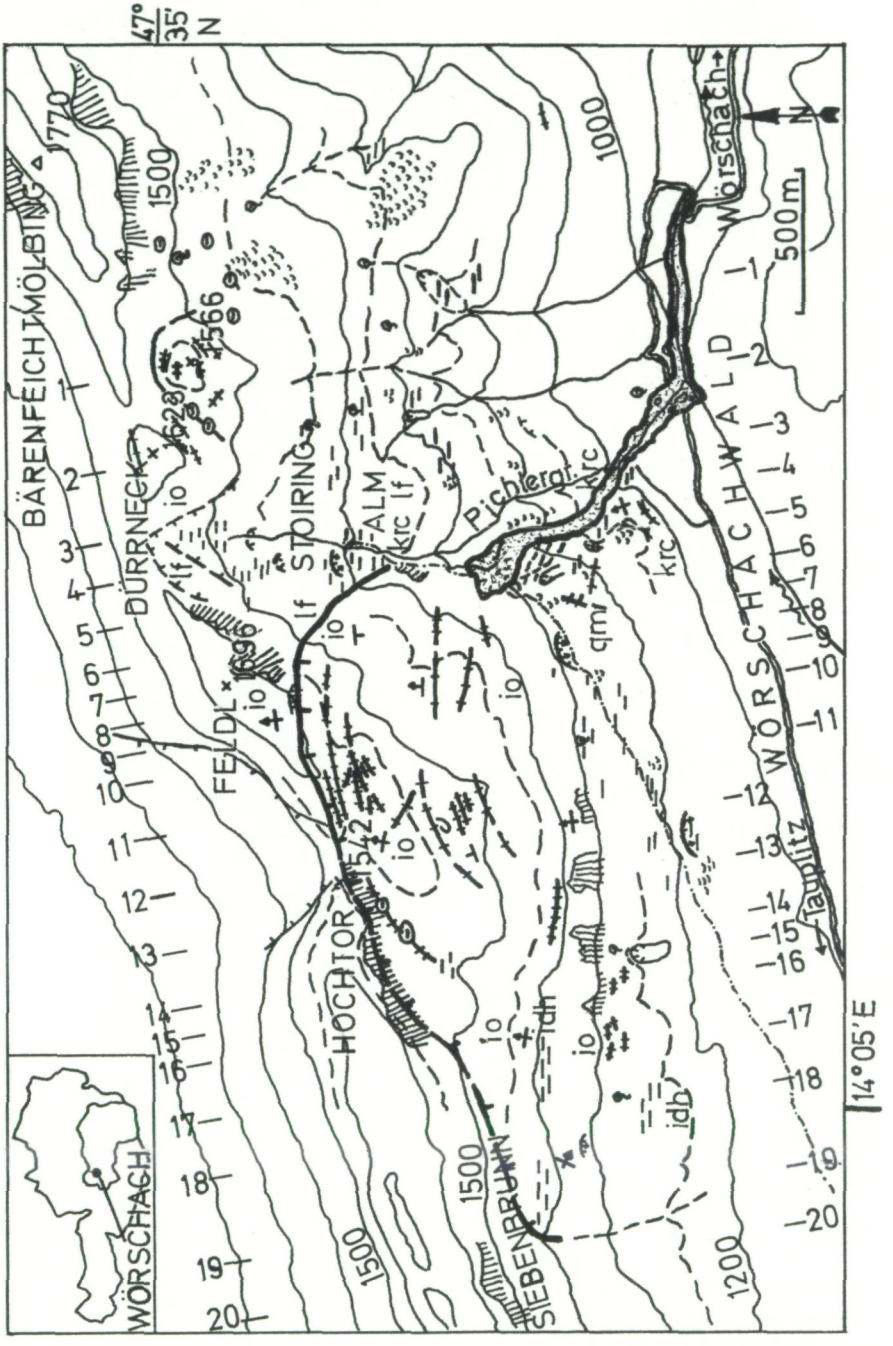

Abb. 3: Morphologie des instabilen Geländes, Lage der Großhangbewegung, der Rutschung und der Profilserie; Legende nebenstehend.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

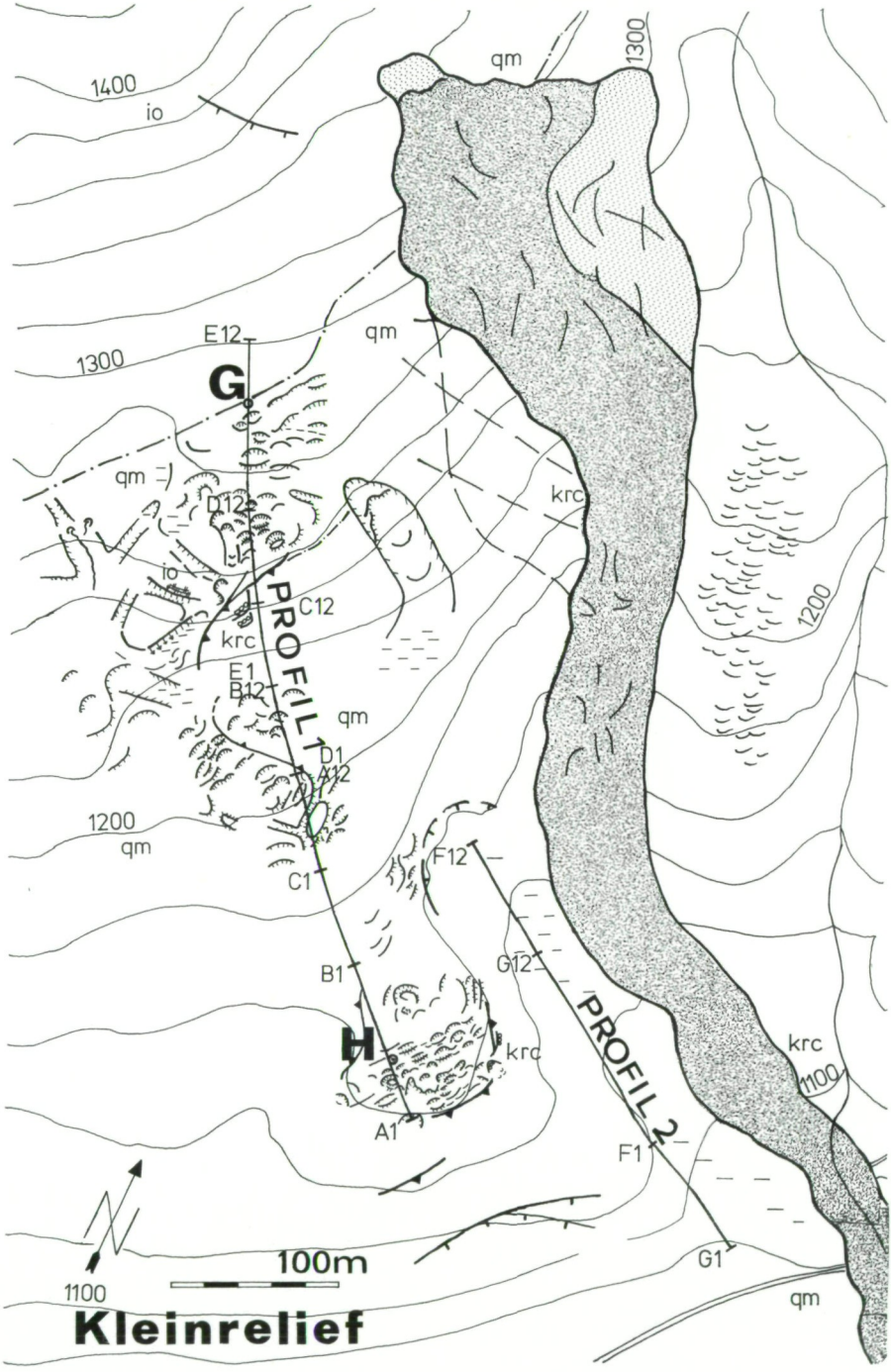

Abb. 4: Kleinrelief, Lage der seismischen Profile und der bewegten Punkte westlich der Rutschung.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Seitenmessung statt. Die Nachmessung erfolgte im Jahre 1976 im Rahmen einer Diplomarbeit (HOLLER 1977). Für die Seitenmessung wurde bei der Nachmessung ein Gerät der Type AGA 6B verwendet.

Die Meßanordnung unterschied sich in den beiden Jahren – insbesondere aus Witterungsgründen – ebenfalls. Im Jahre 1973 wurden die 9 Meßpunkte in je drei Sektoren beobachtet (HIG, FBA, DCE), wobei als Fernziele die Punkte Bärenfeichtmölbing-Pyramide (KT 163-98), Hochtausig-Kreuz (KT 162-98) und der neu stabilisierte Punkt Feldl bei jeder Sektorenwinkelbeobachtung als Fernziele anvisiert wurden. An allen drei Horizontalfäden wurden Zenitdistanzen beobachtet, die auf die Rohroberkanten der jeweiligen Punkte reduziert wurden.

Die Nachmessung im Jahre 1976 erfolgte bei sehr ungünstigen Wetterverhältnissen. Die Sicht zu den Fernzielen war meist sehr mangelhaft und oft stundenlang gar nicht gegeben. So wurden die jeweils sichtbaren Punkte und Fernziele anvisiert und die Richtungsspinne durch die Anwendung der Methode der unvollständigen Richtungssätze ermittelt. Die Auswertung der Meßdaten wurde somit durch unterschiedliche Meßmethoden, verschiedene Entfernungsmeßgeräte, aber auch fehlende Anschlußpunkte (HB1) beziehungsweise leicht in der Lage veränderter Standpunkte (P1) erschwert.

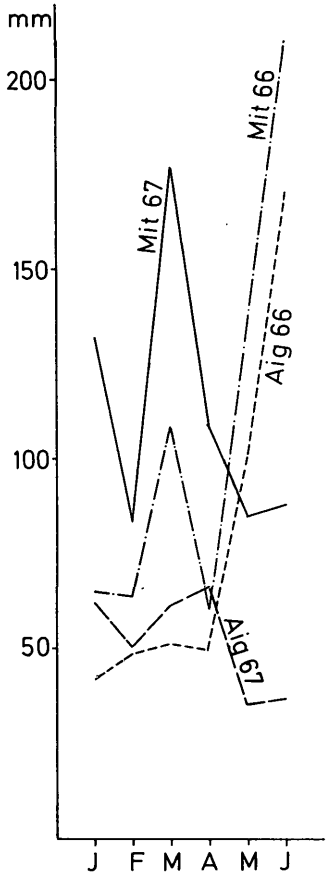

Abb. 5: Monatsmittel der Niederschläge aus der Beobachtungsstatistik der Stationen Mitterndorf/Salzkammergut und Aigen/Ennstal für das erste Halbjahr 1967 und – zum Vergleich – 1966.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Die sich aus den Messungen ergebenden Koordinaten der Meßpunkte wurden in einem kartesischen Koordinatensystem dargestellt, das auch annähernd in das Landeskoordinatensystem eingebunden wurde. Da aufgrund von unvermeidlichen Meßungenauigkeiten und -unterschieden immer Differenzen in den Koordinaten auftreten, wurde noch mittels eines t-Tests (SACHS, 1972) untersucht, ob diese Differenzen so signifikant sind, daß auf Bewegungen im Zeitraum zwischen den Messungen geschlossen werden kann. Statistische Signifikanz wurde nur bei den Lageveränderungen der Punkte G und H festgestellt. Demzufolge ergibt sich ein Bewegungsvektor für den Punkt G in der Länge von ca. 15 cm (Horizontalkomponente ca. 5 cm, Azimut 168°, Zenitdistanz 153° hangabwärts). Der Bewegungsvektor bei Punkt H hat eine Länge von ca. 17 cm mit einer Horizontalkomponente von 7,8 cm, einem Azimut von 167° und einer Zenitdistanz, die mit ca. 27° aufwärts weist (Abb. 6).

Seismik

Zwischen den als bewegt erkannten Vermessungspunkten G und H im unteren Abschnitt der Hangbewegung sowie am W-Rand der Plaike wurden 1978 refraktionsseismische Profile angelegt, die den Aufbau der oberflächennahen Bereiche klären sollten (Abb. 4). Die fünf einander überlappenden Auslagen in Profil 1 waren 180 bzw. 220 m, die Auslagen in Profil 2 je 220 m lang. Zur Aufzeichnung stand eine ABEM-12-Kanal-Apparatur zur Verfügung. Aus den Laufzeitkurven konnten 2–3 Refraktoren ausgewertet werden. Es ergibt sich folgendes Modell: Unter der Verwitterungsschicht, deren Mächtigkeit im Mittel bei etwa 2 m liegt, ist ein Bereich, der durch eine mittlere p-Wellengeschwindigkeit (v_p) von 1800–1900 m/s repräsentiert ist. Dieser Bereich reicht im oberen Teil von Profil 1 im Mittel bis in eine Tiefe von etwa 20 m und ist dann im weiteren Verlauf nur gering mächtig. Darunter kann eine Zone mit v_p = 3000 m/s angenommen werden. Im oberen Teil von Profil 1 ist die Mächtigkeit dieser Zone etwa 20 m. In größerer Tiefe beträgt v_p 3500 m/s. Anders sind die Verhältnisse im mittleren Teil. Hier kommt ein Bereich mit v_p = 3600 m/s bis auf etwa 5 m an die Oberfläche. Er ist hier nur von geringer Mächtigkeit und wird unterlagert von einem Bereich mit v_p = 4200 m/s. Diese Ausbreitungsgeschwindigkeit ist am unteren Ende von Profil 1 schon in sehr geringer Tiefe erreicht. Aufgrund des Geophonabstandes von 20 m (an den Enden der Auslagen B–C 10 m) ist eine genaue Auflösung der obersten Meter nicht möglich.

Bei Profil 2 sind die Verhältnisse ähnlich. Für die obersten 10–15 m Mächtigkeit kann v_p wieder mit 1800–1900 m/s angenommen werden. Darunter ein Bereich mit v_p = 2800 (im oberen Teil) – 3100 m/s (im unteren Teil), der unterlagert ist ab einer Tiefe von 30–40 m von einem Bereich mit v_p = 3600 m/s. Aufgrund der Morphologie muß man allerdings auch damit rechnen, daß die Refraktion seitlich zustandekommt. Abb. 7 zeigt die seismischen Modelle als Hangschnitte dargestellt. Die geringen Geschwindigkeitskontraste im Festgestein erschweren eine Abgrenzung der Gesteinsschichten.

Bruchtektonik und Hangbewegung

Am Südrand des Toten Gebirges fällt neben dem durch starke Zerrüttungszonen die Talbildung begünstigenden Lineament der Ennstalstörung ein ganzes Bündel zur Pyhrnlinie subparalleler NE bzw. ENE streichender Störungen auf (TOLLMANN 1976:63), die für die Morphologie des Gebietes mit WSW-ENE streichenden Kämmen und dazwischenliegenden, abwechselnd gegen WSW und ENE entwässernden Tälern eine prägende Rolle spielen. Konjugiert dazu, in der Morphologie jedoch nicht so stark hervortretend, ist ein NNW gerichtetes Streichen kleinerer tektonischer Linien, an denen die Durchbruchstäler der Bäche nach Süden zum Ennstal angelegt sind. Hinzu kommt eine Häufung in Richtung NNE. Diese

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

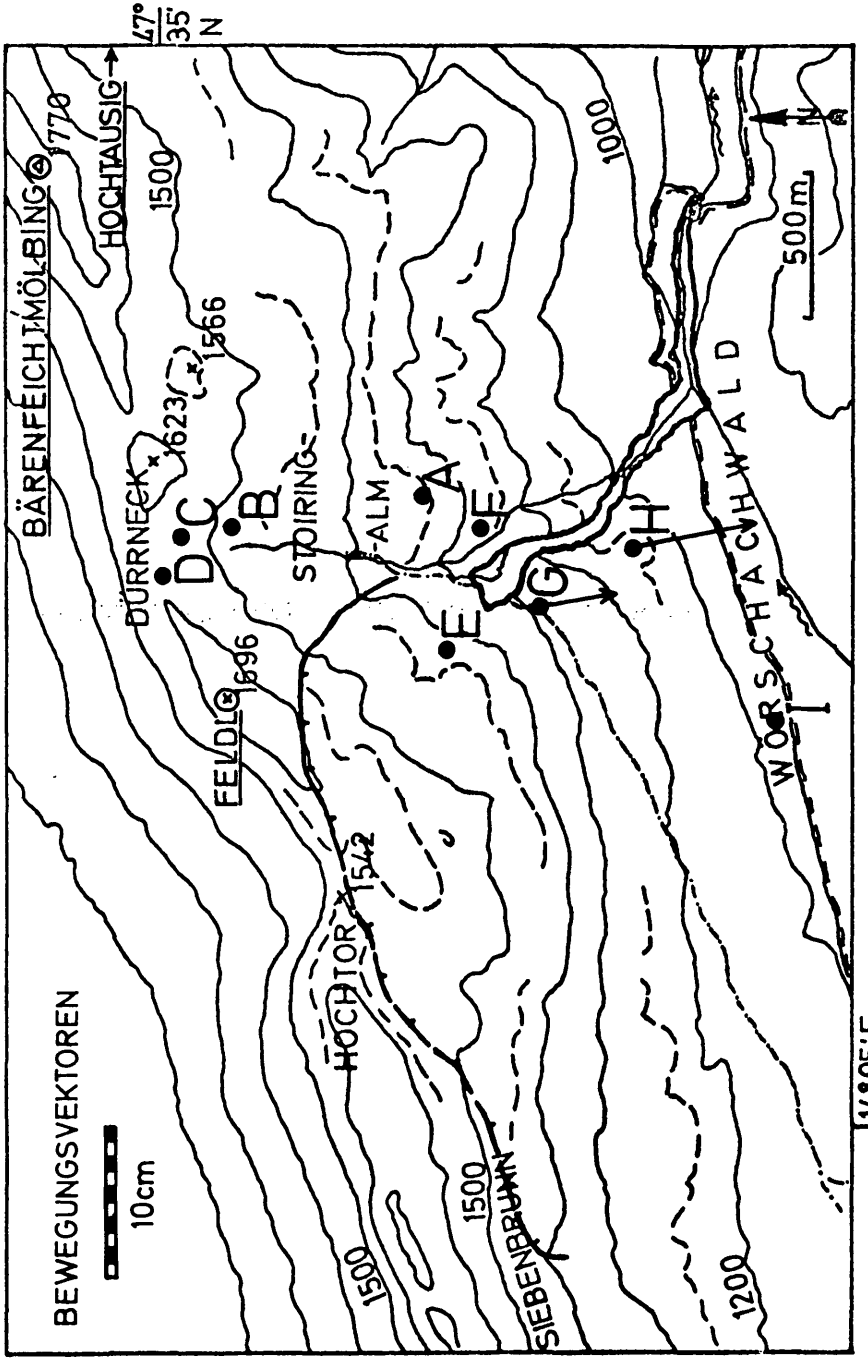

Abb. 6: Vermessungspunkte, Bewegungsvektoren, Fernziele unterstrichen.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

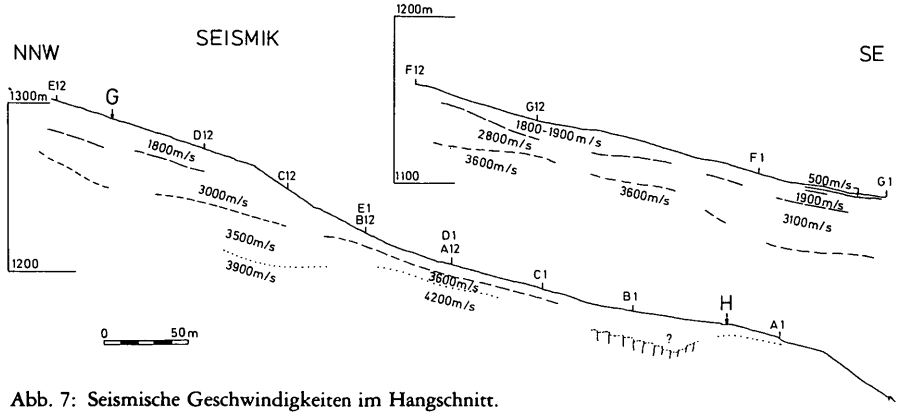

Abb. 7: Seismische Geschwindigkeiten im Hangschnitt.

Störungen zerlegen das ganze Gebiet in verschieden große, morphologisch klar hervortretende Schollen. Das dem kalkalpinen Untergrund transgressiv auflagernde Grundkonglomerat der Gosau ist häufig durch Vertikalbrüche von den Kalkrippen getrennt (JANOSCHEK 1968:140).

Die Vermutung lag nahe, daß die Großhangbewegung vom tektonischen Trennflächengefüge vorgezeichnet wird. So scheint die Anlage der Bewegungsbahn in Verlängerung des Pichlergrabens an eine NNW streichende tektonische Linie gebunden, und das Spaltensystem am Hochtor-Feldl verläuft parallel zur Pyhrnlinie. Um das statistisch zu überprüfen, wurde die Orientierung von Klüften und auch die Richtung von Gräben und Rissen gemessen und nach der Methode von Kohlbeck und Scheidegger 1977 mit einem Computerprogramm ausgewertet. Die Tabellen 1 und 2 enthalten die statistisch bevorzugten Polmaxima (Fallrichtung/Fallwinkel), die sich aus der additiven Überlagerung zweier statistischer Verteilungen (Dimroth-Watson) ergeben. Interpretiert man die bevorzugten Kluftebenen als Scherlinien in einem triaxialen Spannungsfeld nach der Mohr-Anderson'schen Theorie, erhält man als Winkelhalbierende die Hauptspannungsrichtungen. Ebenso können die diagonal zueinander verlaufenden Gräben und Bodenrisse als Ausdruck des Überschreitens der Scherfestigkeit angesehen werden.

Ein Vergleich der Poldichtediagramme und Streichrichtungsrosen (Abb. 8) zeigt eine gute Übereinstimmung der Kluftorientierung im Rahmen der Großhangbewegung mit deren Begrenzung. Die Kluftstellungen im instabilen Gelände selbst könnte man als verdreht ansehen; die daraus ermittelte Zugrichtung ist mit der aus Scherrissen abgeleiteten Hauptspannungsrichtung und dem Azimut der Bewegungsvektoren, welche nicht senkrecht zu den Isohypsen verlaufen, identisch (Tabelle 3).

Geomechanische Interpretation

Von W. JANOSCHEK (mündliche Mitteilung) stammt der Gedanke, die Hangbewegung als Gleitung von Oberalmer Schichten im Verband über Allgäuschichten aufzufassen. Er begründet dies mit dem stark aufgelockerten Zustand der unterhalb des Feldl im Bereich der Großhangbewegung aufgeschlossenen Oberalmer Schichten und mit seiner bei der Kartierung häufig gemachten Beobachtung, daß sich an Grabenrändern Oberalmer Schichten befinden, während im Grabeninneren schon Gosaukonglomerat aufgeschlossen ist.

Im Bereich der seismischen Profile konnten diese in größerer Tiefe vermuteten Gleitbahnen aufgrund der zu geringen Schußdistanzen nicht erreicht werden. Die durch die Messung erfaßten Refraktoren zeigen einen welligen Verlauf, der meist bei Sackungsmassen auftritt. Allerdings fällt auf, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit der p-Wellen im gesamten

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

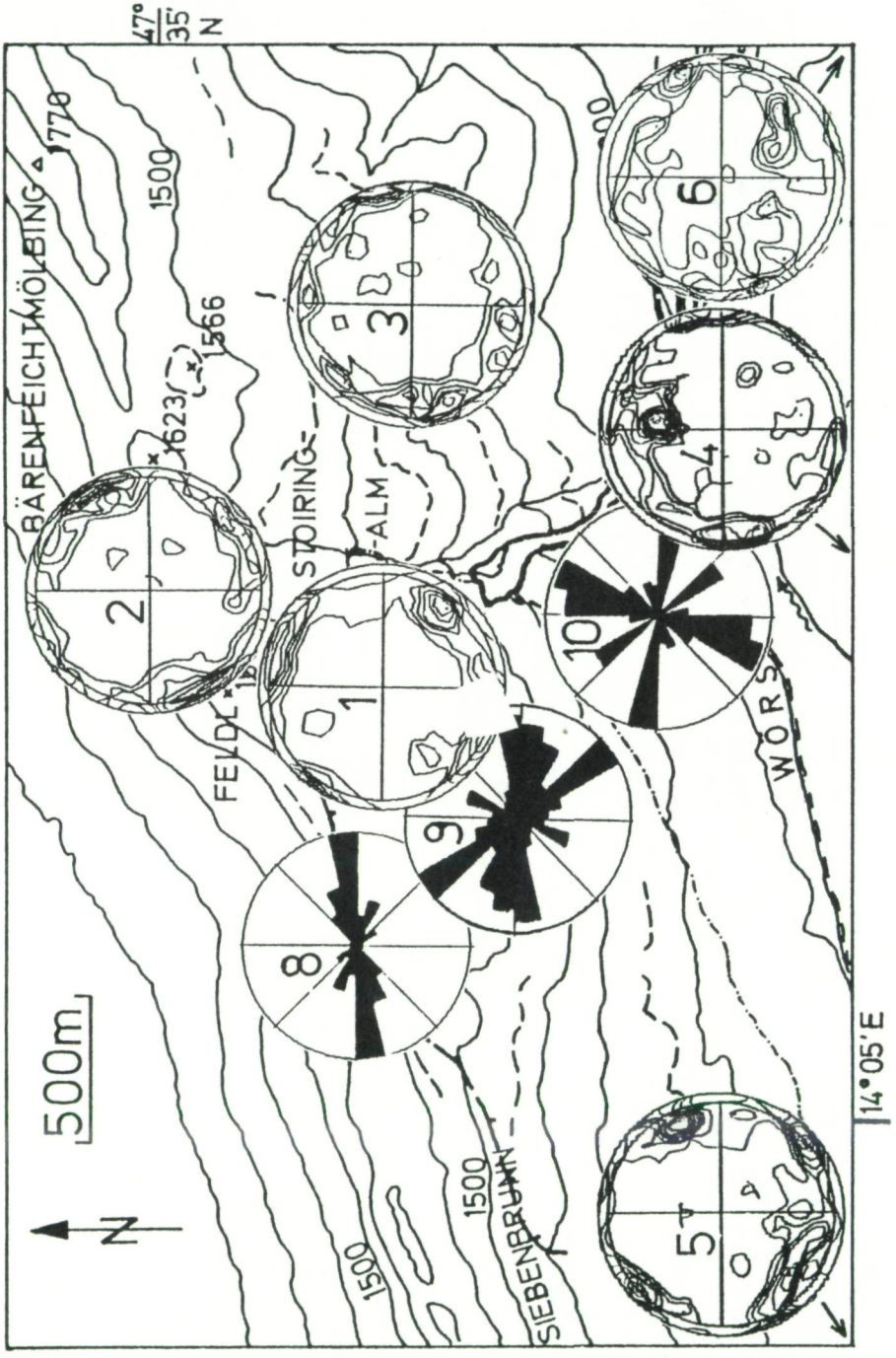

Abb. 8: Poldichtediagramme der Klüfte in der Umgebung der Großhangbewegung (Lambert'sche Projektion) und Streichrichtungsrose von Geländerissen (siehe Tabellen 1 und 2).

Tab. 1: Kluftstatistik

	Lokalität	Anzahl	Max 1	Max 2	∢	σ_1	σ_3
1	Hangbewegung (Pkt. E)	29	018 ± 23/87 ± 21	306 ± 13/76 ± 12	75	071/10	163/11
2	Feldl – Pichlergraben	68	241 ± 15/88 ± 12	327 ± 17/83 ± 13	86	194/04	103/06
3	SE-Stoiringalm	67	068 ± 16/79 ± 13	135 ± 08/82 ± 08	66	192/03	282/10
4	S-Wörschachbach	101	087 ± 15/83 ± 11	187 ± 18/48 ± 16	87	307/36	054/22
5	Lessern	63	245 ± 10/76 ± 10	310 ± 24/82 ± 22	64	007/05	098/13
6	Wörschachklamm	81	073 ± 21/80 ± 19	328 ± 22/55 ± 18	84	207/34	107/16
7	Wörschach (Wolkenstein) (ohne Abbildung)	42	072 ± 18/71 ± 18	131 ± 20/86 ± 18	59	189/15	282/13

Tab. 2: Pole der Gräben und Risse der Hangbewegung

	Lokalität	Anzahl	Scherrisse		Zugrisse	∢	σ_1	σ_3
8	Hochtor-Feldl	104			341 ± 06/90 ± 04			
9	NW der Rutschung	131	048 ± 08/90 ± 07	287 ± 09/90 ± 08	181 ± 05/90 ± 04	59	167/0	077/0
10	Unterhalb Punkt G	106	057 ± 09/90 ± 09	109 ± 05/90 ± 05	003 ± 03/90 ± 03	52	353/0	263/0

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Vergleich der Azimute der Bewegungsvektoren und der Hauptspannungsrichtung an der Hangbewegung.

Bewegungsvektor bei Pkt. G	168°
Bewegungsvektor bei Pkt. H	167°
σ_3 der Klüfte bei Pkt. E	163°
σ_1 der Risse NW Pkt. G	167°
σ_1 der Risse S Pkt. G	353°

Untersuchungsbereich schon in geringer Tiefe verhältnismäßig groß ist, was gegen eine große Auflockerung des Untergrundes spricht.

Die p-Wellen-Geschwindigkeit von 1800 m/s kann der Moränenbedeckung zugeordnet werden. Eine Steilstufe im Hang (Profil 1, oberer Teil) schneidet diese ab und legt Gosauschichten frei, welche hangaufwärts allmählich auskeilen. Ihnen kommt, je nach Festigkeit des Konglomerates, eine v_p ab 3000 m/s zu. Eine geringere v_p von 2800 m/s in Profil 2 könnte auf eine randliche Sandschüttung in den Gosauschichten deuten.

Die v_p des Liegenden von 4200 m/s dürfte die hornsteinführenden Kalke der Oberalmer Schichten anzeigen. Ein Zurückführen der markanten Geländevorwölbung im untersten Hangabschnitt auf die Bewegung eines Talzuschubes wäre denkbar. Dies stände auch im Einklang mit den Ergebnissen der Bewegungsmessung, wonach sich Punkt H schräg von unten herausbewegt.

Die heutige Morphologie des Gebietes kann man als Ergebnis verschiedener Bewegungsvorgänge ansehen:

1. Störungen zerlegen das Gebiet in Schollen und zeichnen spätere Massenbewegungen vor.
2. Postglaziale Entlastung der Hänge löst das Abgleiten von Oberalmer Schichten auf Fleckenmergel aus. Die Bewegung erfolgt zuerst im Bereich größerer tektonischer Auflockerung (Stoiringalm).
3. Langsamere Bewegung des westlichen Blockes (Großhangbewegung zwischen Hochtor und Wörschachwald) und weitere Kriechbewegung in den Fleckenmergeln in der Mulde der Stoiringalm.
4. Größere „Unruhe" im Hang am Rande des westlichen Blockes führt zu Rissen im Boden und zur Rutschung 1967.
5. Weitere Bewegungen von durchschnittlich 5 cm/a am Südostrand der Großhangbewegung.

Dank

Diese Arbeit wurde durch Zuwendungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Internationalen Geodynamik-Projektes ermöglicht, die Autoren möchten daher Herrn Prof. F. STEINHAUSER ihren Dank aussprechen. Herr Dr. W. JANOSCHEK von der Geologischen Bundesanstalt machte uns mit der geologischen Problemstellung vertraut und stellte uns in großzügiger Weise seine unveröffentlichte Manuskriptkarte 1:10.000 des Gebietes Hechlstein–Bärenfeichtmölbling zur Verfügung. Prof. Dr. F. WEBER vom Institut für Erdölgeologie und Geophysik der Montanuniversität Leoben überließ uns eine ABEM 12-Kanal-Apparatur für die seismische Aufzeichnung, welche Herr Ing. ATZMÜLLER betreute. Von Dr. F. K. BRUNNER stammt das Vermessungskonzept und die Nullmessung. An den Geländearbeiten waren weiters die Herren P. CARNIEL, Dr. H. FIGDOR, K. HOLLER (Diplomarbeit) und S. W. ROTH beteiligt.

Die Forstverwaltung Klachau-Donnersbach, Herrn Dipl.-Ing. KATZENSTEINER und Herrn Oberförster PALATIN sei an dieser Stelle auch für ihre freundlichen Auskünfte über den Erdrutsch gedankt, zeigte viel Verständnis für die Sprengarbeiten, dem Rechenzentrum der TU Wien verdanken die Autoren kostenlose Rechenzeiten.

Literatur

CARNIEL P., HAUSWIRTH E. K., ROCH K.–H. & SCHEIDEGGER A. E. 1975. Geomechanische Untersuchungen in einem Rutschungsgebiet im Felbertal in Österreich. – Verh. Geol. B.–A. 1975: 305–330.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

HAUSWIRTH E. K., PIRKL H., ROCH K. – H. & SCHEIDEGGER A. E. 1979. Untersuchungen eines Talzuschubes bei Lesach (Kals, Osttirol). – Verh. Geol. B.–A. 1979: 51–76.

HOLLER K. 1977. Beiträge zur Bewegungsbestimmung instabilen Geländes und ihre geophysikalische Bedeutung (Teil B: Nachmessung Wörschach). – Unveröff. Diplomarbeit TU Wien.

JANOSCHEK W. 1965. Bericht 1964 über Aufnahmen am Südrand des Toten Gebirges auf Blatt 97 (Mitterndorf) und Blatt 98 (Liezen). – Verh. Geol. B.–A. 1965: A 31–32.

– 1968. Bericht 1967 über Aufnahmen auf Blatt Gröbming (128) und Blatt Liezen (98). – Verh. Geol. B.–A. 1968: A 28.

– 1968. Oberkreide und Alttertiär im Bereich von Wörschach (Ennstal, Steiermark). – Verh. Geol. B.–A. 1968: 138–155.

KOHLBECK F. & SCHEIDEGGER A. E. 1977. On the theory of the evaluation of joint-orientation measurements. – Rock Mech. 9: 9–25.

MIKLAU W. 1959. Neukartierung des Bergrückens Gwönlistein – Bärenfeichtmölbing. – Unveröff. Vorarbeit. Geol. Inst. Univ. Wien.

SACHS L. 1972. Statistische Auswertungsmethoden. – 3. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

TOLLMANN A. 1976. Der Bau der Nördlichen Kalkalpen – orogene Stellung und regionale Tektonik. Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil III. – Deuticke, Wien.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Adrian E. SCHEIDEGGER, Dipl.-Ing. Dr. Ernst K. HAUSWIRTH, Dipl.-Ing. Dr. Karl-H. ROCH, cand. geol. Roman LAHODYNSKY, Institut für Geophysik, TU Wien, A-1040 Wien, Gußhausstraße 27–29, Österreich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 112

Autor(en)/Author(s): Hauswirth Ernst, Lahodynsky Roman, Roch Karl-Heinz, Scheidegger Adrian E.

Artikel/Article: Geophysikalische Untersuchungen an der Großhangbewegung Wörschachwald (Ennstal, Steiermark). 75-90