

## Untersuchungen eines Talzuschubes bei Lesach (Kals, Osttirols)

Von E. K. HAUSWIRTH, H. PIRKL, K. H. ROCH und A. E. SCHEIDEGGER \*)

Mit 24 Abbildungen und 4 Tabellen

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 179

Schlußschwörter  
Kristallin der Schobergruppe  
Sackung  
Massenbewegung  
Klüfte  
Tektonisches Spannungsfeld

### Zusammenfassung

An einem Talzuschub im Lesachtal bei Kals (Osttirol, Österreich) wurden geologische, morphologische, geodätische und geophysikalische Untersuchungen vorgenommen. Es wurde festgestellt, daß die Massenbewegungen durch das neotektonische Spannungsfeld vorgezeichnet und durch die Erosion am Hangfuß ausgelöst werden. Die Bewegungsvektoren entsprechen denen einer Sackung; die Absolutwerte sind von der Größenordnung von Millimetern (maximal 7) pro Jahr. Die mittlere Bewegungsrichtung entspricht fast genau einer aus Klüftmessungen abgeleiteten geotektonischen Hauptspannungsrichtung, die Verstellung der Schieferung in den bewegten Massen bestätigt die Existenz einer Kippung. Die Mächtigkeit der durch die Massenbewegung aufgelockerten Zone ergibt sich aus seismischen Experimenten als zu etwa 100 m.

### Summary

Geological, morphological, geodetic and geophysical investigations were made on a valley closure in the Lesach Valley, near Kals (Eastern Tyrol, Austria). It is shown that the mass movements are predestined by the neotectonic stress field and triggered by the erosion at the valley floor. The displacement vectors correspond to those of a slump and are of the order of mm/year (max. 7 mm/yr). The mean displacement direction coincides closely with one of the principal stress directions of the neotectonic stress field as deduced from joint orientation measurements. The change in the orientation of the schistosity surface in the displaced masses indicates a tilting of the strata. The thickness of the layers loosened up by the mass-movements is of the order of 100 m as determined by seismic experiments

### 1. Einleitung

Der Lesachbach (Kals, Osttirol), der in den Dreitausendern der Osttiroler Schobergruppe seine Quellflüsse hat, bestätigte bei den noch nicht lang zurückliegenden Murenkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 erneut seine Gefährlichkeit als Wildbach. Er vermurte unter Vernichtung einiger Mühlen am Ausgang des Bachlaufes und Verwüstung großer Waldbestände an seinen Uferabhängen die Straße, die von Kals nach Huben führt. Die Geschiebefracht, die zu einer bedeutenden Vergrößerung des Schwemmkegels führte, entstammt zur Hauptsache den rechtsufrigen Abhängen des

\*) Anschriften der Autoren: Dr. E. K. HAUSWIRTH, Dr. K. H. ROCH, Prof. Dr. A. E. SCHEIDEGGER, Technische Hochschule Wien, Institut für Geophysik, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien; Dr. H. PIRKL, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1030 Wien.

Lesachbaches, von der Lesach Hütte (1828 m) talauswärts. Dieser Bereich steht unter dem Einfluß eines Talzuschubes, der den ganzen Lesacher Riegel bis Kote 2614 erfaßt hat und sich am Rücken selbst durch Bergzerreißung äußert, während der Hangfuß konvex übersteilt erscheint.

Einer der markantesten dieser im Rahmen des gesamten Talzuschubes eigenbeweglichen Böschungsteile hat sich aus einer Felsnische unterhalb Kote 2614 (südwestlich der Schönleitenspitze, 2810 m) gelöst, seine westliche Begrenzung bildet die wasserführende Erosionsrinne, die westlich der Kote 1888 vorbeiziehend, oberhalb Kote 1485 den Lesachbach trifft. Die Begrenzung gegen Osten ist unscharf und scheint mit dem neben Kote 1925 vorbeiziehenden Wasserlauf übereinzustimmen.

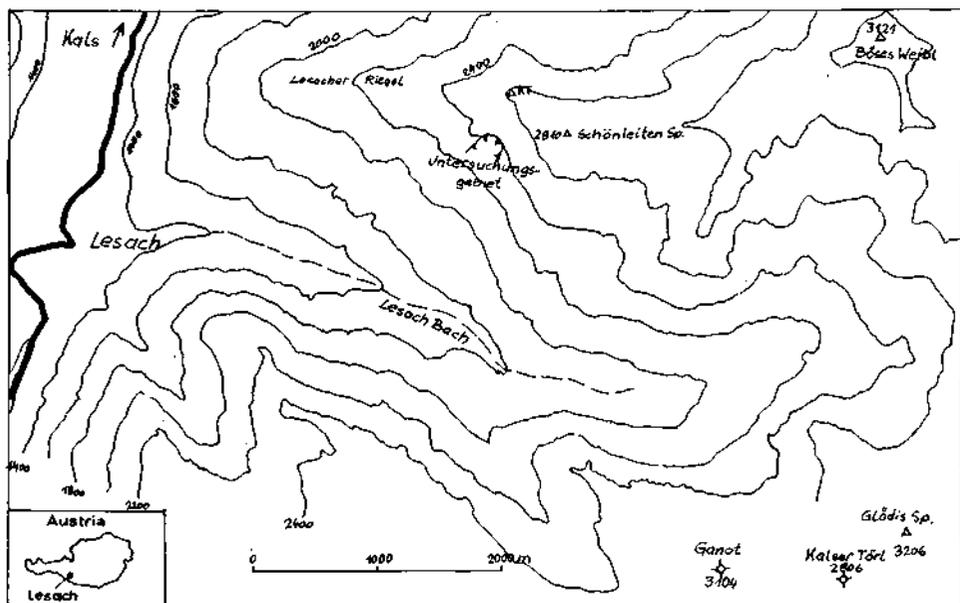


Abb. 1: Planskizze des Gebietes

Im Lesachbach wurden durch die mit der Hangfußerosion verbundenen Böschungübersteilungen große Rutschungen des aufgelockerten Felsmaterials ausgelöst. Nach einer von BUNZA (1975) beschriebenen Untersuchung durch MOSTLER sind insgesamt etwa 3,5 Millionen m<sup>3</sup> Gestein in Bewegung geraten, wobei sich zum Teil der natürliche Böschungswinkel wieder eingestellt hat oder einzelne Rutschmassen im steilen Gehänge mehr oder weniger konsolidiert liegen blieben.

Die noch ungebrochene Erosionskraft des nicht verbauten Lesach-Baches sowie eine anlässlich der Unwetterereignisse von 1965—1966 frischen Entblößung eines Teils der Abrissnische oberhalb Kote 2251 geben Anlaß zur Erwartung weiterer Hangbewegungen dieses offenbar aktiven Talzuschubes.

Aus diesen Gründen wurde der beschriebene Bereich im Sommer 1972 erstmals einer genauen geodätischen Beobachtung unterworfen, die 1973 bei gleichzeitiger Erweiterung des Netzes wiederholt wurde. Im Jahre 1976 wurde eine weitere Messung durchgeführt. Gleichzeitig wurden refraktionsseismische Untersuchungen, die sich

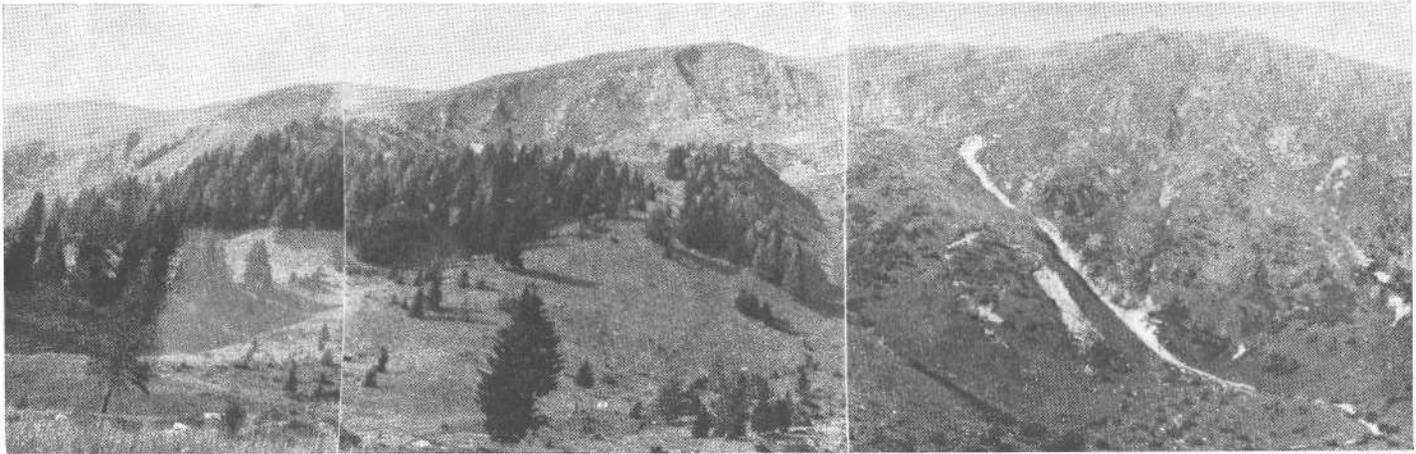


Abb. 2: Panorama des Rutschgebietes

vom Anriß bis hinab auf eine Höhe von 1850 m erstreckten, angestellt. Abb. 1 zeigt eine Planskizze des Untersuchungsgebietes.

## 2. Morphologie

Wie erwähnt, befindet sich das von uns untersuchte Gebiet am Südhang des Lesacher Riegels und der Schönleitenspitze. Es ist ein steiles, meist mit Gras überwachsenes



Abb. 3: Seitlicher Abrißhang

Gebiet, das allenthalben Rutschungserscheinungen erkennen läßt. Morphologisch äußern sich die Bewegungen in starken Zerreibungen der Gratregion, Nischenbildung mit Entblößung von Abrißbahnen, Vorwölbung der tieferliegenden Böschungsbereiche sowie ungewöhnlich starker Anrißentwicklung im zerrütteten Fels der Uferabhängen. Diese, durch die zeitweise starke Erosionskraft des Lesachbaches in Gang gehaltenen Anbrüche beschränken sich nicht auf eher flachgründige ufernahe Anbrüche, sondern

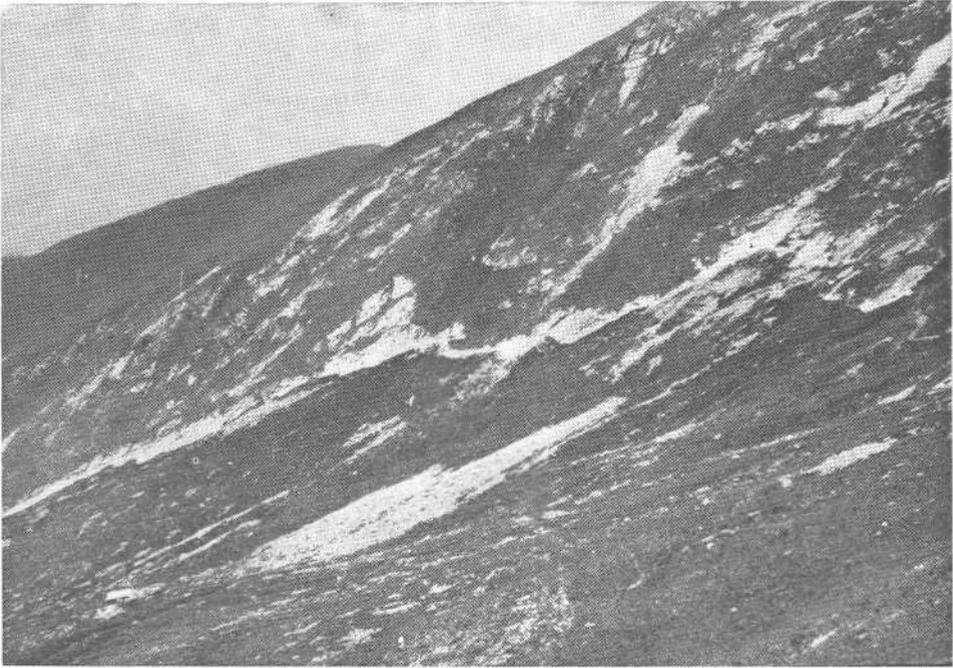


Abb. 4: Abriß quer zum Hang



Abb. 5: Absteigender Ast (Westseite) des Abrißgrabens



Abb. 6: Zerreißgraben inmitten des Rutschhanges

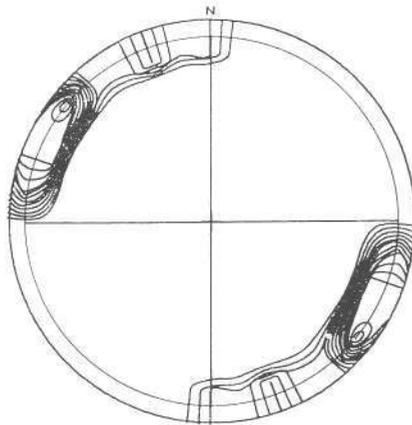


Abb. 7: Poldichtediagramm der Gräben

reichen tief in die Felsmasse eingreifend, hoch in den Böschungskörper hinauf. Sie betreffen etwa das untere Drittel der gesamten Böschungshöhe. Ein zusammengesetztes Panorama des oberen Teils des Gebietes ist in Abb. 2 gezeigt. Man erkennt daraus, daß sich um eine Gleitmuschel herum ein kontinuierlicher Abriß zieht (dieser Abriß ist als Wellenlinie auch in Abb. 1 gezeigt). Auf der rechten (östlichen) Seite beginnt

dieser (von unten aufsteigend) als ein Graben. Ein Detail davon ist in Abb. 3 gezeigt. An seinem Scheitel zieht sich der Abriß quer über den Hang (Abb. 4), um dann als seitlicher Bruch wieder abzusteigen (Abb. 5).

Das Gebiet unterhalb des beschriebenen Anrisses hat den Anschein, in Bewegung zu sein. Man erkennt Sackungsbuckel, krummen Baumwuchs und lokale Plaiken. Vorkommen von Rasengleiten im untersuchten Gebiet wurden schon anderswo beschrieben (BRUNNER und SCHEIDEGGER, 1975). Allenthalben finden sich im vermuteten Rutschungsgebiet auch sogenannte Zerreißgräben. Ein typisches Beispiel zeigt Abb. 6. Die Richtungen dieser Gräben liegen meist in der Fallgeraden des Hanges. Um die Orientierung der Gräben numerisch festzulegen, wurden die Streichrichtungen mit einem Kompaß anvisiert und aufgenommen. Um einen späteren Vergleich mit Kluftdaten zu erleichtern, wurden aber dann die Gräben sozusagen als „senkrechte Flächen“ dargestellt; diese sind dann durch Fallrichtung (Azimuth N→E) und Fallen ( $90^\circ$ ) gekennzeichnet. Tabelle 1 zeigt die numerischen Werte einiger solcher Gräben, Abb. 7 das entsprechende Poldichtediagramm. Nach der für die statistische Auswertung von Flächendaten von KOHLBECK und SCHEIDEGGER (1977) entwickelten Methode kann auf die Daten von Tabelle 1 eine Dimroth-Watson Verteilung angewandt werden; nach Ausführung der Rechnung wurde ein bevorzugter Wert von  $N 128^\circ \pm 9^\circ E/90^\circ$  erhalten. Die diesem Wert entsprechende Streichrichtung ist normal dazu; sie ist  $N 38^\circ E \pm 9^\circ$  und liegt, wie gesagt, ungefähr in der Fallrichtung des Hanges.

Tabelle 1: Lesach, Gräben

112/90
120/90
114/90
118/90
148/90
170/90

### 3. Geologische Grundlagen

Der betrachtete Bereich wird aus altkristallinen Gneisen, Glimmerschiefern und Amphiboliten aufgebaut, die im Rahmen des Bewegungskörpers eine steil bis mittelsteil S bis SSE fallende Schieferung aufweisen. Diese Gesteine haben eine hohe Teilbeweglichkeit und sind dadurch für tiefgreifende Hangbewegungen geradezu prädestiniert. Das Gebiet wurde geologisch aufgenommen; die resultierende Karte ist in Abb. 8 dargestellt.

Die Teilbewegungen der Massen werden durch Verstellung der Schieferung angezeigt. Die Schieferung zeigt entlang des Hangprofils charakteristische Veränderungen. Abgesehen von einer oberflächennahen großblockigen Zerlegung in „geordnetes und anstehendes Blockwerk“ am Grat von Kote 2614 zur Schönleitenspitze (2810 m) fällt die als deutlichstes Gefügeelement ausgeprägte Schieferung mit etwa  $75^\circ$  gegen S ein. Diese steil südlich fallenden Schieferungsflächen prägen wesentlich die Form der Abrißbahn des Talzschubes, indem sie mit hangparallelen Platten den westlichen Rand der Sackungsmasse (W Kote 2251) umsäumen. Eine mit  $30^\circ$ — $40^\circ$  gegen SW abtauchende, in die schieferungsparallelen Platten des entstehenden Felsrahmens eingeritzte Rutschungsstriemung bezeichnet die Bewegungsrichtung in den westlichen Randpartien. Abb. 9 zeigt ein Poldichtediagramm für die Schieferungsflächen des „Rahmens“ der Bewegung. Es wurde numerisch die bestpassende Dimroth-Watson

Verteilung für die Rahmenschieferungsdaten (nach KOHLBECK und SCHEIDEGGER, 1977) berechnet. Diese ergab als Parameterwerte (Azimuth N→E/Fallen):

$$N 175^{\circ} E \pm 7^{\circ} / 74^{\circ} \pm 8^{\circ}$$

Im bewegten Gebiet hat sich die Schieferungsstellung durch Kippen so weit von der generellen Stellung entfernt, daß sie flach gegen SE fällt. Die Trennfugen im Fels sind weitgehend geöffnet, die Felsmasse ist damit entfestigt. Diese Entfestigung findet in deutlicher Kluftöffnung und beträchtlicher Verbiegung von Gesteinspaketen ihren

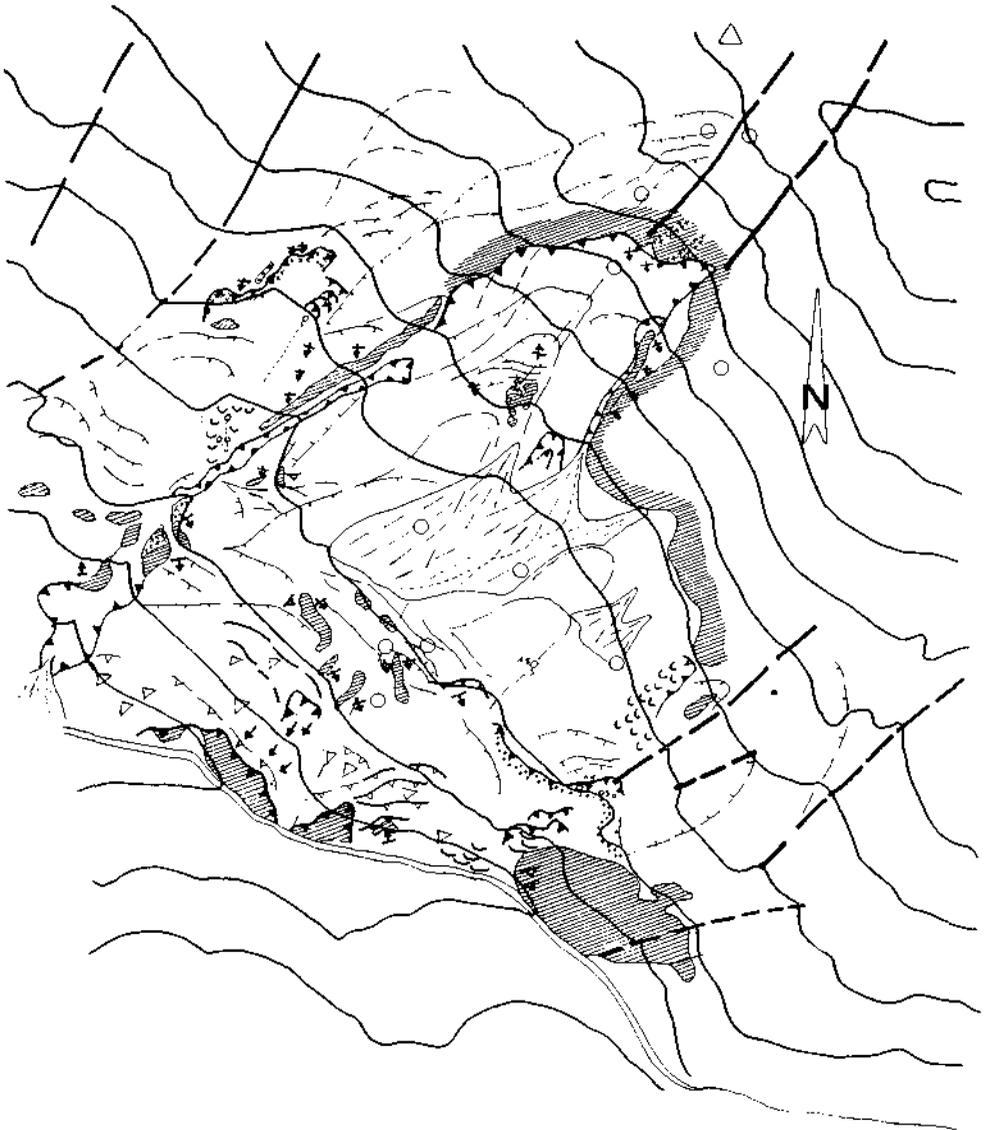


Abb. 8: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes

Ausdruck und dokumentiert sich weiter bachwärts in den schon erwähnten tiefgreifenden Uferanbrüchen. Abb. 10 zeigt das Poldichtediagramm für die Schieferungsflächen im bewegten Gebiet. Die best-passende Dimroth-Watson Verteilung hat die Parameterwerte  $N 141^{\circ}E \pm 13^{\circ}/45^{\circ} \pm 9^{\circ}$ . Ein Vergleich der Werte für den Rahmen mit denen für das bewegte Gebiet bezeugt die erwähnte Kippung.

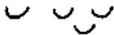
#### 4. Geodätische Messungen

Im Untersuchungsgebiet wurden geodätische Vermessungen in den Jahren 1972, 1973 und 1976 durchgeführt. Es wurden die Triangulation und Trilateration als Meßmethoden für die Lagebestimmung gewählt. Für die Höhenmessung wurde die Methode des trigonometrischen Nivellements angewandt.

Vermarktet wurden die Meßpunkte mit 1 m langen, 1 Zoll starken, verzinkten Eisenrohren. Lediglich ein Punkt (M 1a) wurde (als Versicherungspunkt gedacht) mit einer Meißelmarke auf der freiliegenden Anrißfläche oberhalb des Punktes M1 stabilisiert. (Siehe Abb. 11).

Im Jahre 1972 stand als Winkelmeßgerät ein Sekundentheodolit WILD T2-E und zur Entfernungsmessung ein elektrooptischer Nahbereichsentfernungsmesser WILD D110 zur Verfügung. Die horizontalen Richtungen wurden in zwei Sätzen mit Beobachtungsschirm gemessen und ergaben einen mittleren Fehler für eine daraus gemittelte Richtung von  $3^{\circ}$ . Da steile Visuren unumgänglich waren und eine Reiterlibelle damals nicht

#### ZEICHENERKLÄRUNG ZUR GEOLOGISCHEN KARTE DES UNTERSUCHTEN GEBIETES:

	BIOTITGNEISE BIS BIOTITGLIMMERSCHIEFER
	AMPHIBOLIT
	STÖRUNG
	AUSSTREICHEN VON HANGBEWEGUNGSFLÄCHEN MIT AKUTEN BEWEGUNGEN (FRISCHE ANRISSSE)
	AUSSTREICHEN VON HANGBEWEGUNGSFLÄCHEN MIT TEILWEISE AKUTEN BEWEGUNGEN BZW. ÄLTEREN SICHTBAREN BEWEGUNGEN
	ÄLTERE BEWEGUNGSFLÄCHEN, BEREITS BEGRÜNT
	SCHIEFERUNGSRICHTUNG A) FLACH BIS ZU $30^{\circ}$ , $35^{\circ}$ B) MITTELSTEIL BIS ZU $65^{\circ}$ C) STEIL BIS ZU $85^{\circ}$
	BEWEGUNGEN AKUT IN LOCKERSEDIMENTEN, RASENDECKE
	AKUTE BEWEGUNGEN IM FELS
	MORÄNENAUFSCHLÜSSE
	ABGEGRENZTER MURSCHUTT
	BLOCKWERK
	QUELLE, WASSERAUSTRITT: FLIESSMENGE 1,5L/SEK.

zur Verfügung stand, wurde auf eine gut justierte und einspielende Alhidadenlibelle besonders geachtet. Die Zenitdistanzen wurden durchwegs gegenseitig mit allen drei Fäden des Fadenkreuzes in zwei Kreislagen beobachtet. Mit dieser Methode erhielt man den mittleren Fehler des Mittels mit  $8^{\circ}08$ . Die Entfernungen wurden mit dem WILD DI 10 nur einseitig, jedoch mit viermaliger Wiederholung gemessen. Die vier Messungen jeder Serie unterschieden sich um nie mehr als 1 cm. Die Entfernungsmessung wurde getrennt von der Winkelmessung von einer Wippe aus durchgeführt. Nur die Seite M 1a—M 1 wurde mit Stahlmaßband gemessen.

Im Jahre 1973 wurde das Netz etwas erweitert und zum Hanggrat verlängert und damit ein Anschluß der Punkte an das Festpunktfeld in Punkt KT 62/179 erreicht. Der Messungsvorgang des Jahres 1973 war dem des Jahres 1972 im wesentlichen gleich,

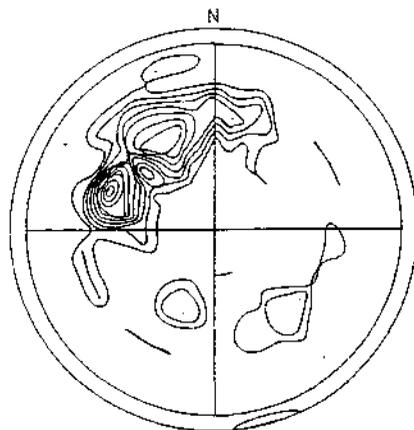
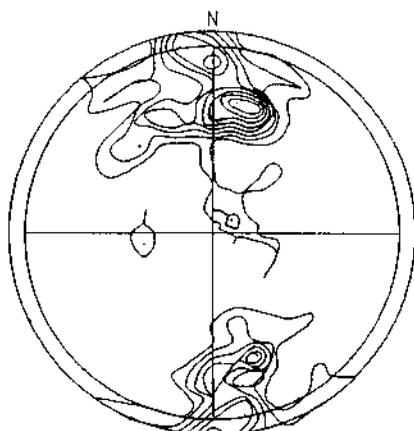


Abb. 9: Poldichtediagramm der S-Flächen im Rahmen der Bewegung (links)

Abb. 10: Poldichtediagramm der S-Flächen im bewegten Gebiet (rechts)

nur daß bei den horizontalen Richtungsbeobachtungen eine Reiterlibelle Verwendung fand. Die Punktanordnung sowie die 1972 und 1973 durchgeführten Richtungs- und Seitenbeobachtungen sind Abb. 11 zu entnehmen.

Die Vermessungsarbeiten wurden im Jahre 1976 parallel zu sprengseismischen und geologischen Untersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit von IRNBERGER (1977) durchgeführt und fielen in die Trockenperiode dieses Jahres mit teilweise starkem Windaufkommen und beträchtlichen Luftflimmererscheinungen.

Die Winkelmessungen erfolgten wie in den Jahren vorher mit dem Sekundentheodolit WILD T2-E, wobei die Horizontalwinkel in zwei vollständigen Sätzen zwangszentriert gemessen wurden. Bei Steilvisuren wurde wohl auch die Reiterlibelle abgelesen, aber die Werte wurden bei den späteren Berechnungen als Korrekturgrößen nicht berücksichtigt. Die Zenitdistanzen wurden ebenfalls nach der Dreifadenmethode beobachtet.

Die Entfernungen wurden mit vier Ausnahmen, bei welchen der Zielkopf auf dem Theodolit aufgesetzt worden war, von einer Wippe aus mit mindestens viermaliger Wiederholung gemessen. War das Signal schlecht, wurden bis zu acht Messungen durchgeführt. Die vier Messungen einer Strecke unterschieden sich meistens nicht mehr als um einen Zentimeter. Trat eine größere Differenz als ein Zentimeter auf,

wurden sechs oder acht Messungen durchgeführt und der Mittelwert aller Messungen gebildet.

Zufolge geologischer Überlegungen wurden zusätzlich zwei Neupunkte eingemessen (M8, M9). M9 liegt außerhalb der Verebnungsfläche der Tschamper Alpen in steilerem Gelände, das zum Lesachbach abfällt. M8 wurde als Zwischenpunkt

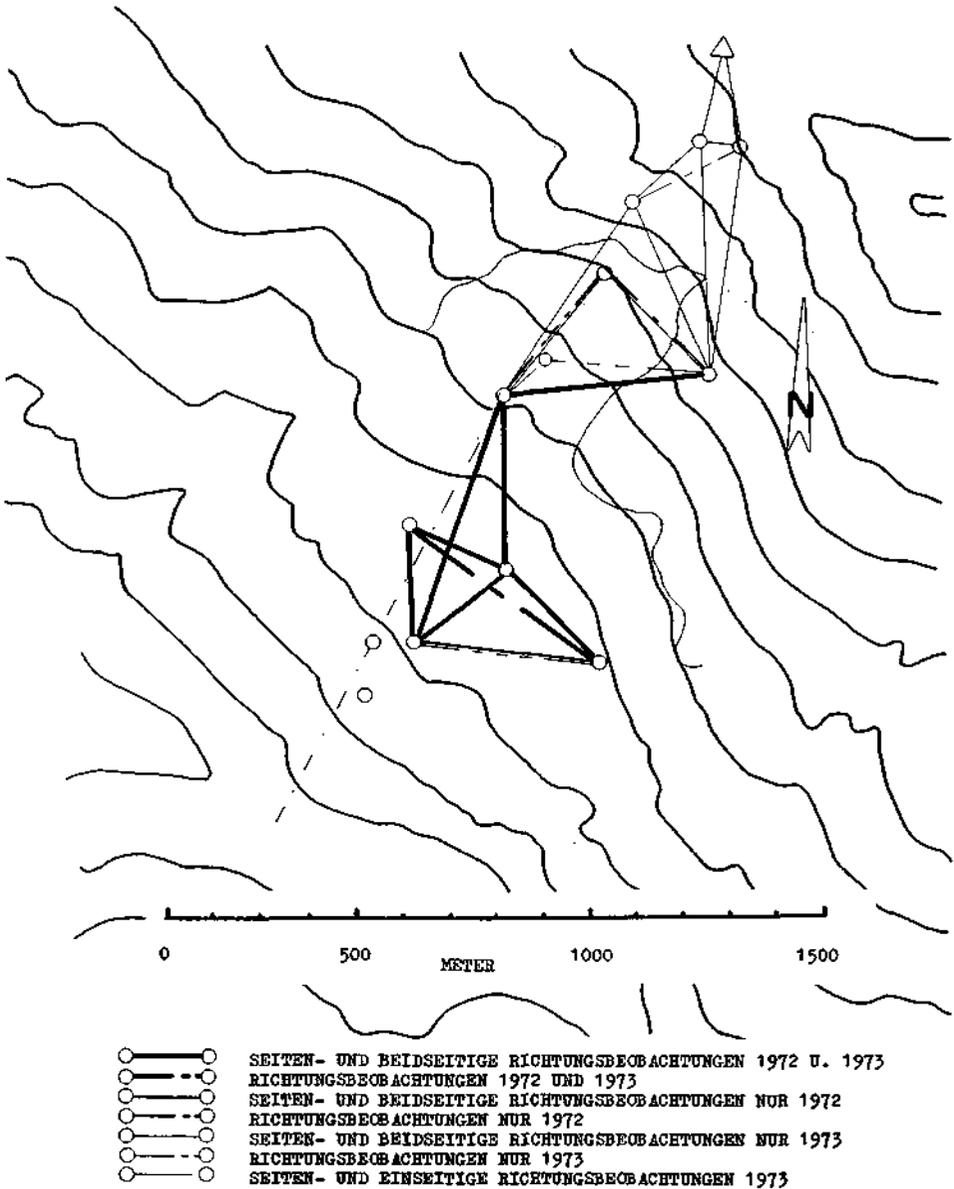


Abb. 11: Punktanordnung und durchgeführte Richtungs- und Seitenbeobachtungen der Jahre 1972 und 1973

eingeschaltet und beim Netzausgleich mitgerechnet. M9, der ohne Überbestimmung gemessen wurde, konnte nachträglich als Polarpunkt mit drei Orientierungsrichtungen berechnet werden. Eine Übersicht über die durchgeführten Richtungs- und Seitenmessungen gibt Abb. 12.

Die Messung des Jahres 1973 erfolgte im wesentlichen aus dem Bedürfnis, das im Jahre 1972 angelegte Punktenetz zu komplettieren und das Untersuchungsgebiet bis zum Hangrat zu erstrecken. Es kann daher diese Messung nicht als Nachmessung

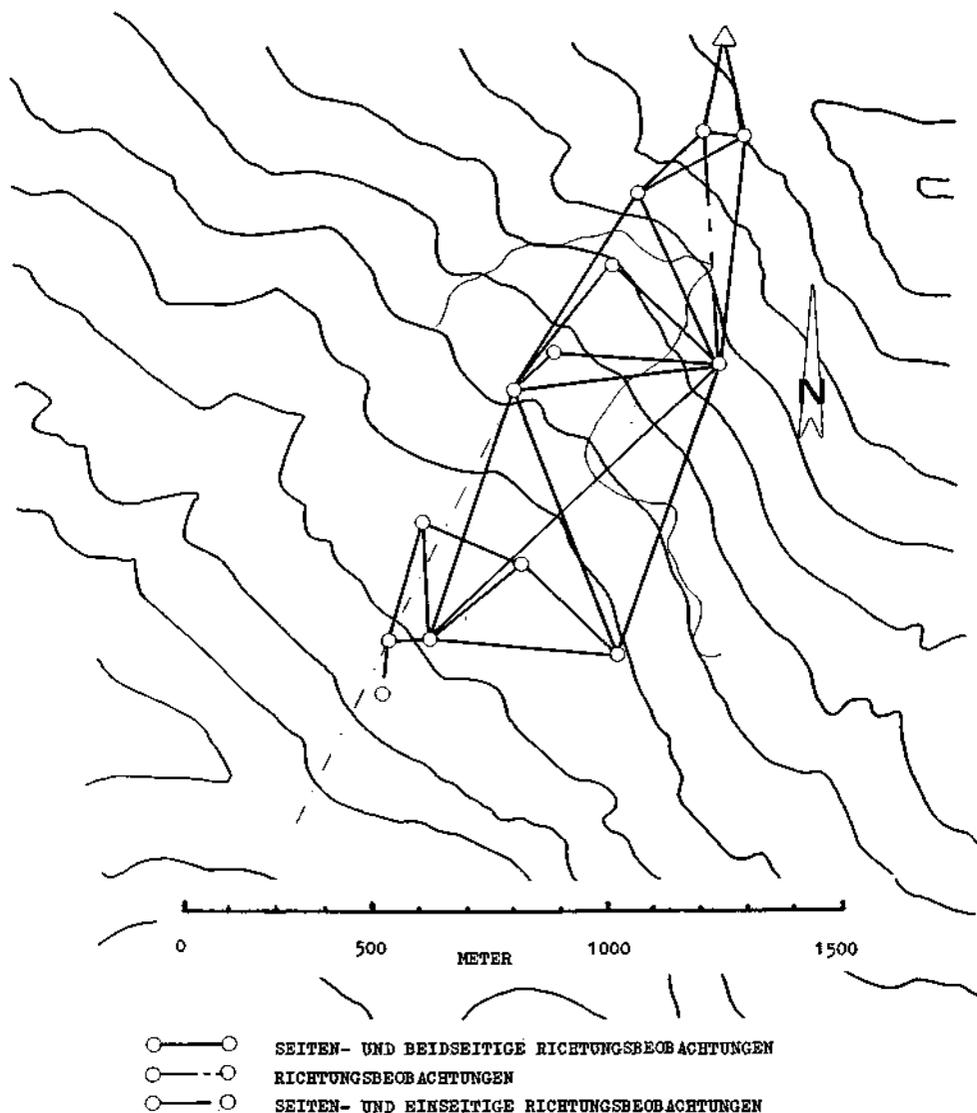


Abb. 12: Punktanordnung und Beobachtungen des Jahres 1976

der im Jahr zuvor erfolgten Vermessung, sondern muß eher selbst als Nullmessung angesehen werden.

Wie sich allerdings bei den späteren Arbeiten offenbarte, war eine Erweiterung des Nullmessungsnetzes 1973 erforderlich. Diese erfolgte bei der Nachmessung im Jahre 1976 und es entstand so eine neue — erweiterte — Netzkonfiguration, die zweckmäßigerweise als Basisbewegungsnetz bezeichnet wird. Als Basisbewegungsnetz seien daher alle jene Punktkonfigurationen zu verstehen, die alle Punkte eines Bewegungsnetzes umfassen. Diese Basisbewegungsnetze sollten auch als Grundlage zur Erfassung von Bewegungswerten herangezogen werden.

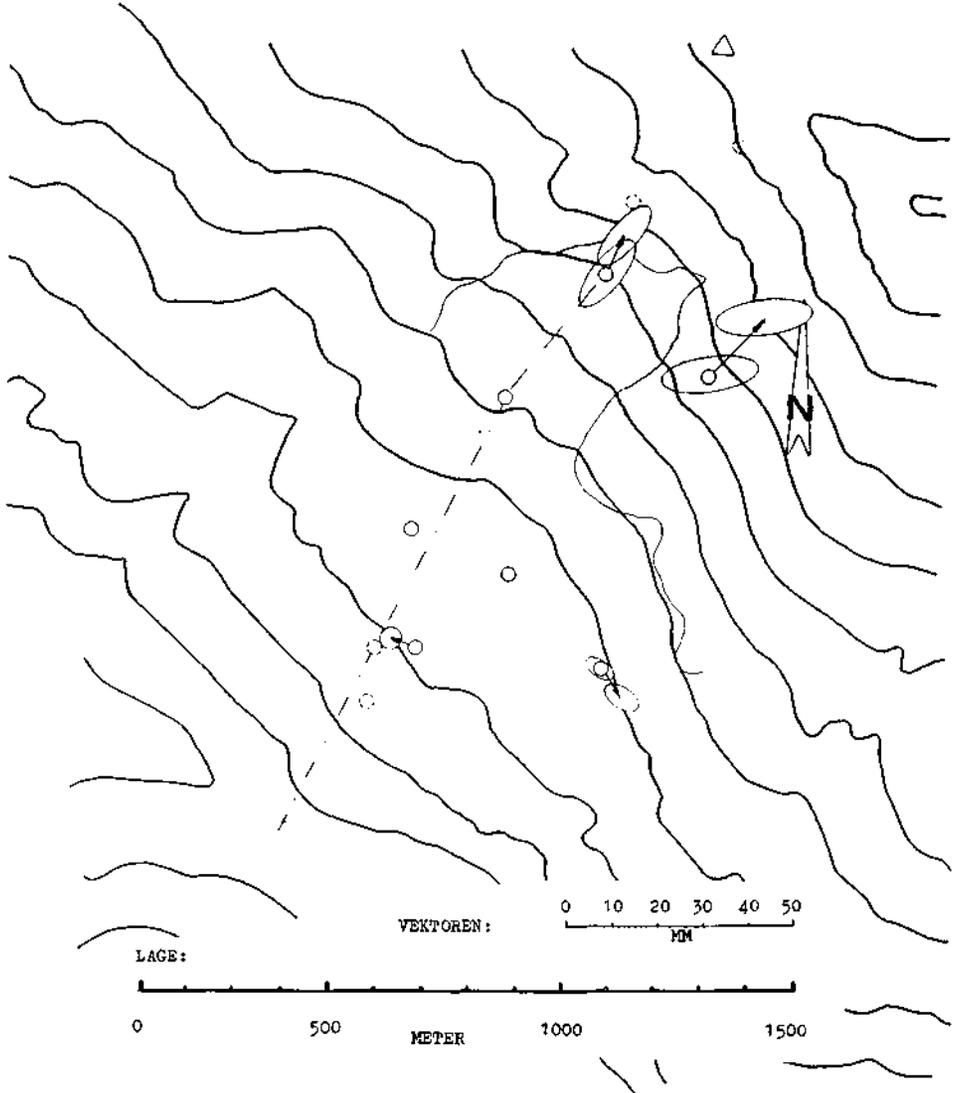


Abb. 13: Ergebnis des Vergleichs der Messungen von 1972 und 1973

Die Messungen aus 1972 und 1973 wurden bereits einmal in HAUSWIRTH (1975) einem Vergleich mit der dort beschriebenen Methode unterworfen und zwar vornehmlich der Lage nach. Das Ergebnis ist der Abb. 13 zu entnehmen. Eine signifikante Lageänderung konnte nicht festgestellt werden. Darüber hinaus wurden auch die Höhen einem vergleichenden Test unterzogen. Auch hier waren keine Signifikanzen feststellbar.

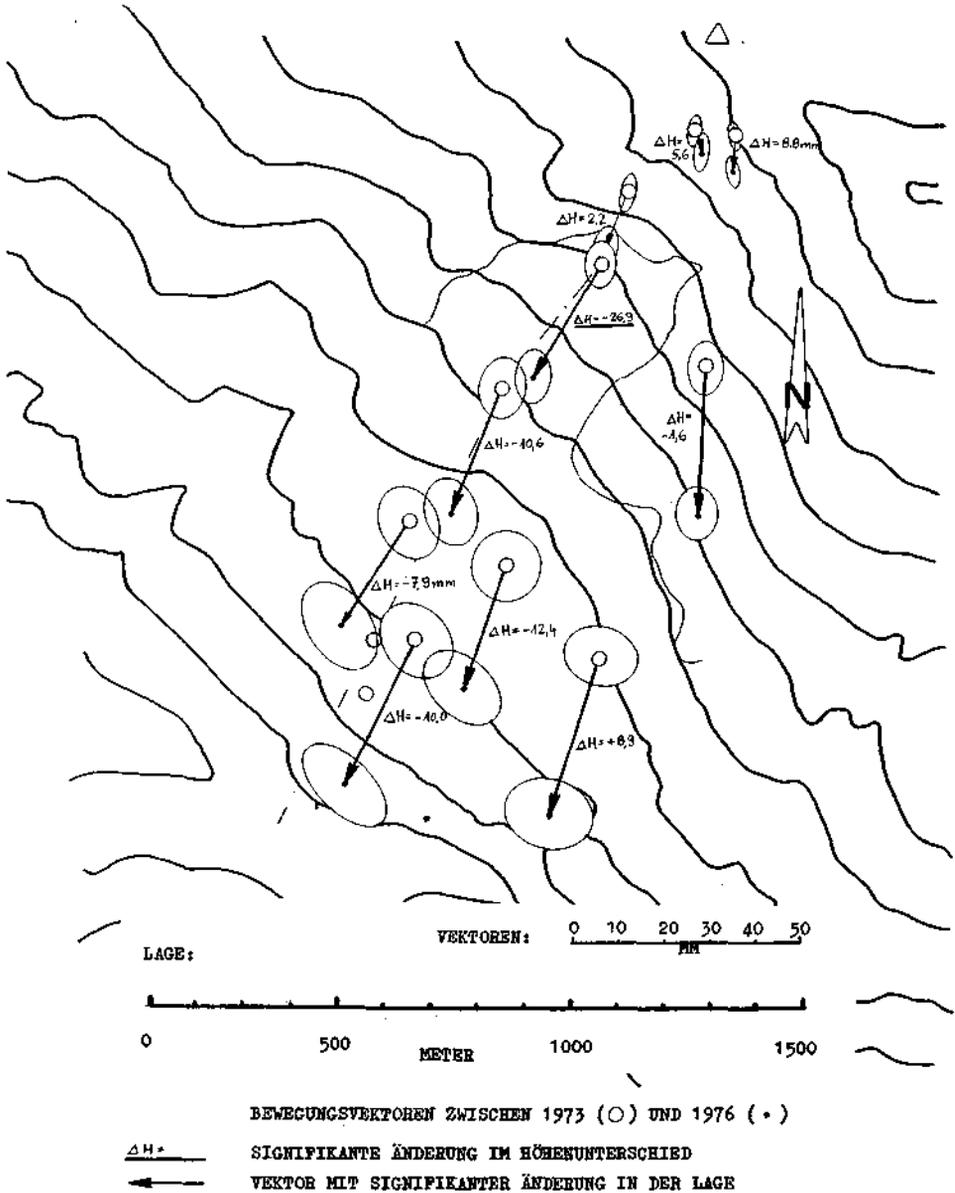


Abb. 14: Ergebnisse des Vergleichs der Messungen von 1973 und 1976: Bewegungskvektoren und Lagefehlerellipsen für die jeweiligen Koordinaten

Für den Vergleich der Messungen aus 1973 und 1976 wurden die Meßresultate dieser beiden Epochen von IRNBERGER (1977) einem dreidimensionalen Ausgleich unterworfen, der auf ein vom ELMIGER (1973) publiziertes Programm zurückgeht.

In der Literatur werden solche Netze gerne als frei bezeichnet, bei welchen die bloße Angabe eines fixen Netzpunktes und einer Richtung zur Ausgleichung vonnöten sind. Gerade bei der Ausgleichung von Deformations- (Bewegungs-)netzen ist die a priori Annahme auch nur eines Punktes als fest sehr gefährlich und müßte die Richtigkeit dieser Annahme durch eine Untersuchungsfolge ähnlich der von Lazzarini, die unter anderem in BAUMANN (1972) beschrieben worden ist, verifiziert werden, bzw. müßten die geologischen Grundlagen für die Fixpunktannahme entsprechend gesichert sein. Da also in Netzen der aufgezeigten Art nicht die weitestgehende Unbeschränktheit der Verfügung über alle vier Freiheitsgrade vorliegt, sollten diese Netze als „quasi freie Netze“ angesprochen werden.

Das Netz 3D-Ausgleichsprogramm kann quasi freie Netze ausgleichen. Es mußte daher ein Netzpunkt und eine Richtung als fest eingegeben werden. Als Festpunkt wurde aus geologisch-geomorphologischen Gründen der am Grat des Lesacher Riegels liegende KT62/179 erwählt. Orientiert wurde das Netz zu einem fingierten Fixpunkt, der jeweils auf der Winkelsymmetrale des Winkels P1—KT—M5 liegt. Das heißt, es wurden Koordinaten für den fingierten Fixpunkt in einem Kilometer Entfernung vom KT als Polarpunkt errechnet und die horizontalen Richtungssätze im KT 62/179 jeder Epoche wurden um jene Richtung zum fingierten Fixpunkt erweitert, die genau das arithmetische Mittel der beiden Richtungen nach P1 und M5 bildet. Ein Fehler würde sich dann ergeben, wenn sich die Punkte P1 und M5 senkrecht zu dieser Richtung bewegt hätten. Dadurch würde sich eine Verschwenkung ergeben, was ein Ausweichen der Bewegungsvektoren zur Folge hätte.

Zur Feststellung der Signifikanz von Verschiebungen wurde der Test nach REISSMANN

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ausgleichsergebnisse, der Koordinatendifferenzen zwischen 1973 und 1976, deren mittleren Fehlern und der mit *kursiv* gekennzeichneten signifikanten Bewegungskordinaten

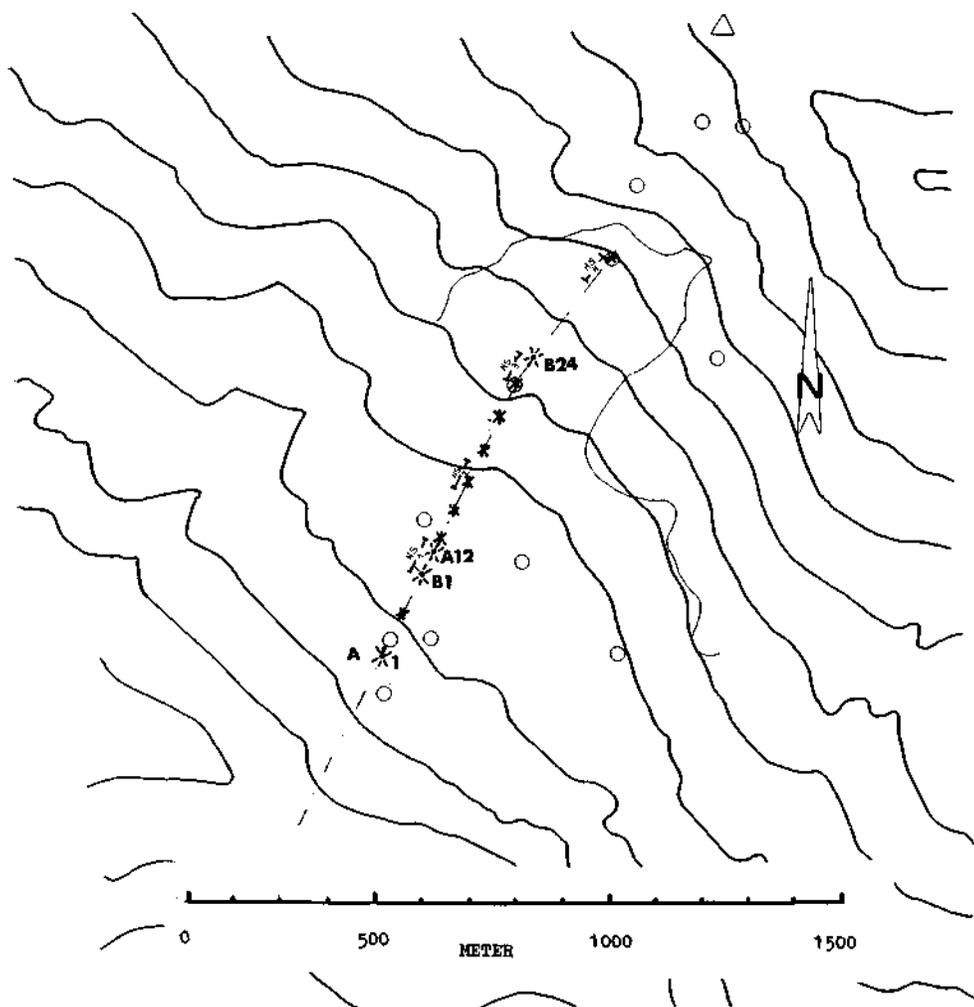
Punkt	$\gamma$ (Ost)	$\Delta\gamma$ (mm)	$M\Delta\gamma$ (mm)	X (Nord)	$\Delta X$ (mm)	$M\Delta X$ (mm)	H (aufwärts)	$\Delta H$ (mm)	$M\Delta H$ (mm)
P1 73	1 616.4766			2 070.3499			2 559.6789		
P1 76	1 616.4784	+ 1,8	$\pm 3,42$	2 070.3393	-10,6	$\pm 10,18$	2 559.6845	+ 5,6	$\pm 6,09$
P2 73	1 616.5791			1 563.2130			2 364.0196		
P2 76	1 616.5734	- 5,7	$\pm 10,64$	1 563.1513	-61,7	$\pm 15,27$	2 364.0180	- 1,6	$\pm 8,26$
P3 73	1 194.1745			1 526.5727			2 131.6175		
P3 76	1 194.1515	-23,0	$\pm 13,85$	1 526.5201	-52,6	$\pm 18,61$	2 131.6069	-10,6	$\pm 10,60$
P4 73	1 000.4251			1 000.4354			1 906.8052		
P4 76	1 000.3913	-33,8	$\pm 24,69$	1 000.3736	-61,8	$\pm 24,22$	1 906.7952	-10,0	$\pm 12,44$
M1 73	1 407.9979			1 781.0607			2 297.2633		
M1 76	1 407.9685	-29,4	$\pm 10,63$	1 781.0134	-47,3	$\pm 15,45$	2 297.2364	-26,8	$\pm 10,18$
M2 73	1 387.0360			954.9591			1 987.5782		
M2 76	1 387.0129	-23,1	$\pm 25,69$	954.8929	-66,2	$\pm 20,12$	1 987.5871	+ 8,9	$\pm 12,18$
M3 73	1 194.6537			1 153.5067			1 955.1700		
M3 76	1 194.6343	-19,4	$\pm 21,29$	1 153.4553	-51,4	$\pm 20,83$	1 955.1576	-12,4	$\pm 12,76$
M4 73	984.9052			1 250.9502			1 936.2593		
M4 76	984.8760	-29,2	$\pm 19,76$	1 250.9064	-43,8	$\pm 24,11$	1 936.2514	- 7,9	$\pm 12,83$
M5 73	1 697.5506			2 051.4666			2 595.5514		
M5 76	1 697.5481	- 2,5	$\pm 3,23$	1 051.4529	-13,7	$\pm 11,01$	2 595.5602	+ 8,8	$\pm 5,79$
M6 73	1 470.6248			1 940.8952			2 464.9592		
M6 76	1 470.6146	-10,2	$\pm 7,17$	1 940.8705	-24,7	$\pm 12,71$	2 464.9614	+ 2,2	$\pm 7,74$

(1971) angewandt. Eine entsprechende Übersicht der Koordinaten sowie der Verschiebungswerte zwischen den Messungen 1973 und 1976 gibt Tab. 2. Graphisch ist das Gesamtergebn in Abb. 14 zusammengefaßt.

## 5. Seismische Untersuchungen

### a) Aufgabenstellung

Im Sommer 1976 wurden anläßlich der geodätischen Nachmessung am Lesacher Riegel auch refraktionsseismische Messungen durchgeführt. Es sollte untersucht



SPRENGSEISMISCHE PROFILE (•) MIT END- UND SCHUSSPUNKTEN (\*)  
UND PROFILE DER HAMMERSCHLAGESEISMIK (→ ES 1)

Abb. 15: Lage der Profile, Bewegungsmeßpunkte und Schußpunkte

werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Morphologie und der inneren Bodenstruktur nachgewiesen werden kann und in welcher Weise diese die Mechanik im Sinne des „Talzushubes“ vorzeichnet.

### b) Durchführung der Messungen

Die seismischen Messungen erstreckten sich über einen Bereich, der vom Anriß auf etwa 2300 m bis hinab auf eine Seehöhe von etwa 1850 m reicht. In Abb. 15 ist die Lage der gemessenen Profile und der Schußpunkte zu sehen. Weiters sind die Bewegungsmeßpunkte eingezeichnet. Bei den Profilen A und B betrug der Geophon-

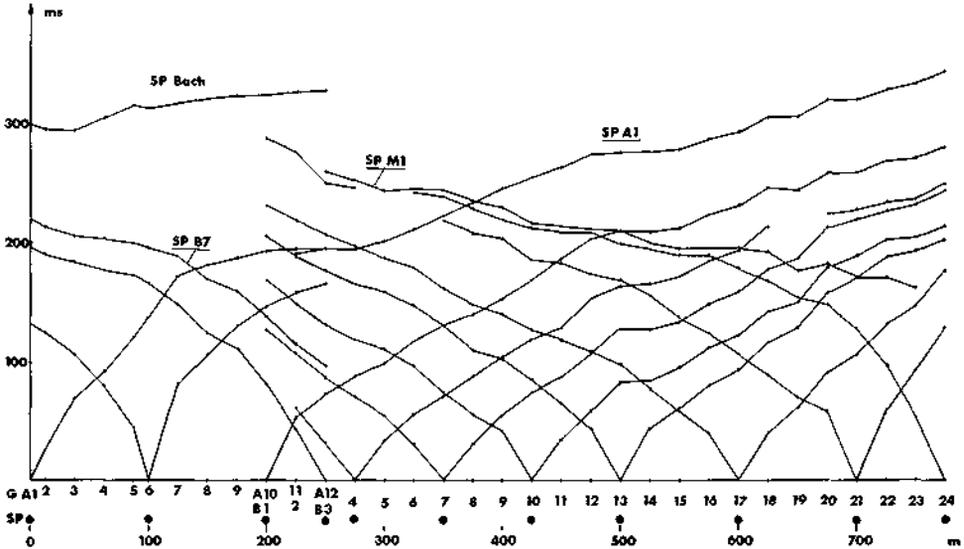


Abb. 16: Sämtliche Laufzeitkurven für die Profile A und B

abstand fast durchwegs 25 m; die beiden Profile sind auf 50 m überlappend. Die Profile HS1 bis HS4 wurden mit Hilfe der Hammerschlagseismik untersucht. Sie waren notwendig zur Erfassung der Verwitterungsschicht bzw., um die absoluten Tiefenwerte der folgenden Schichten genauer angeben zu können.

### c) Ergebnisse

#### Hammerschlagseismik:

Die Profile HS1 bis HS4 (Abb. 15) zeigten durchwegs 2 Laufzeitäste, beim Profil HS1 kann man noch einen weiteren Bereich erkennen. Die Mächtigkeit der Verwitterungsschicht beträgt bei Profil HS1 zwischen 4 und 7 m, bei Profil HS2 etwa 5 m. Der darunter liegende Refraktor ergibt sich für HS1 zu  $1060 \text{ m/s} \pm 2\%$  und für HS2 zu  $1120 \pm 3\%$ , d. h. praktisch der gleiche Wert. Der im Laufzeitdiagramm von HS1 sichtbare dritte Bereich kann quantitativ nicht ausgewertet werden, er zeigt jedoch deutlich das Auftauchen des nächsten Refraktors an.

Bei den Profilen HS3 und HS4 ergibt sich die Mächtigkeit der obersten Schicht mit 6—8 m bzw. etwa 7 m. In diesem Hangbereich tritt darunter ein Refraktor mit wesentlich geringerer Ausbreitungsgeschwindigkeit auf. Es ergeben sich hier folgende Werte: 590 m/s  $\pm$  6% bzw. 500 m/s  $\pm$  4%.

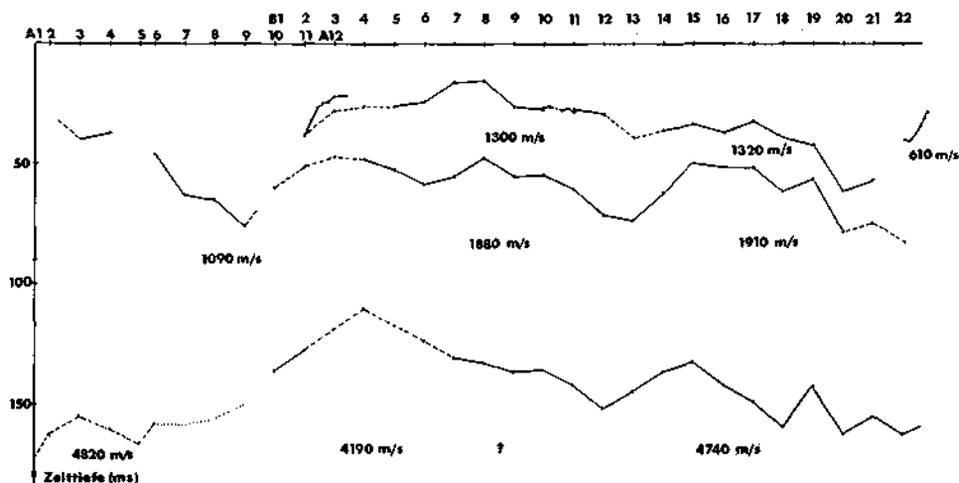


Abb. 17: Geschwindigkeitsverlauf und Zeittiefen für die einzelnen Refraktoren

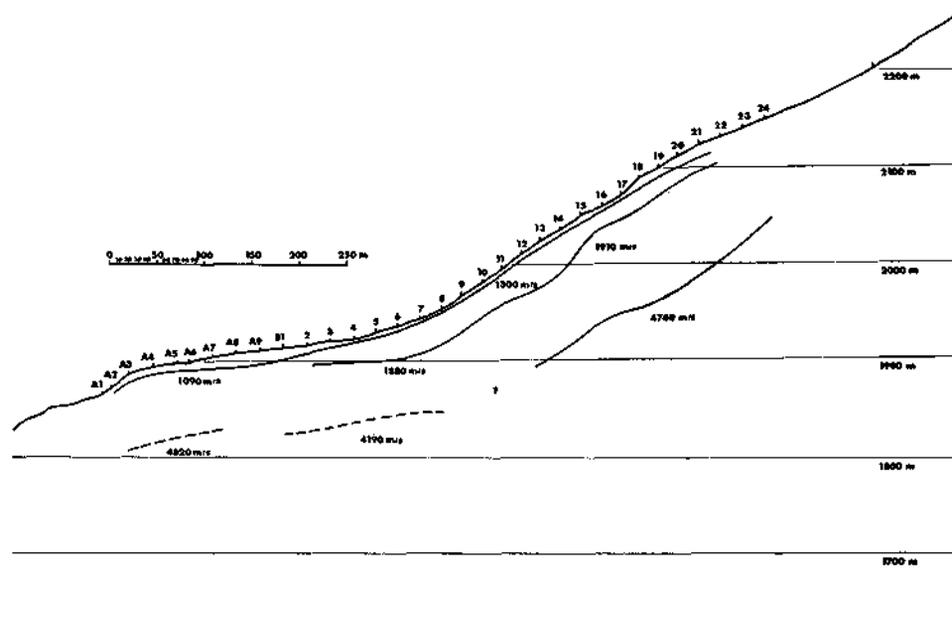


Abb. 18: Ergebnisse als Hangschnitt dargestellt

### Sprengseismik:

Die aus den Seismogrammen ausgewerteten Laufzeiten mußten zunächst wegen der Unterschiede zwischen den jeweiligen Geophonpositionen und den entsprechenden tatsächlichen Schußpositionen korrigiert werden. Die noch vorhandenen Unterschiede zu den Ergebnissen der Hammerschlagseismik werden bei den Zeittiefen berücksichtigt. In Abb. 16 sind sämtliche Laufzeitkurven für die Profile A und B dargestellt. Es konnten 3 Refraktoren ausgewertet werden. Deutlich sichtbar ist die Grenze zum kompakten Fels. Bei Profil B ergibt sich für diesen eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit von  $4740 \text{ m/s} \pm 2\%$ . Im Bereich zwischen Geophonpunkt 7 und Geophonpunkt 10 ergibt sich ein deutlicher Sprung im Geschwindigkeitsverlauf. Aus den Laufzeiten eines Fernschusses im Lesach-Bach erhält man praktisch die gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit wie oben. Über dem kompakten Fels liegt eine Schicht, die mit einer mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit von  $1900 \text{ m/s} \pm 2\%$  ausgewiesen ist. Dieser Bereich konnte allerdings nur bei Profil B nachgewiesen werden, bei Profil A fehlt er in den Laufzeitkurven. Für die nächste Schicht ergibt sich bei Profil B eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit von  $1300 \text{ m/s} \pm 2\%$ . Im Bereich von Profil A scheint die Geschwindigkeit abzusinken ( $1090 \text{ m/s}$ ). Für diese Schicht wurde aus der Hammerschlagseismik eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca.  $1100 \text{ m/s}$  abgeleitet. Der Unterschied gegenüber den  $1300 \text{ m/s}$  bei Profil B liegt daran, daß die Änderung in der Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht scharf ist. Da bei der Ermittlung dieses Wertes ein größerer Tiefenbereich erfaßt wurde, liegt der Wert auch über dem aus der Hammerschlagseismik abgeleiteten. Abb. 17 zeigt die Geschwindigkeiten für die einzelnen Refraktoren sowie den Verlauf der Zeittiefen. Aus diesen ergeben sich schließlich der Tiefenverlauf der Grenze zum kompakten Fels sowie die Mächtigkeiten der darüberliegenden Schichten. Diese Ergebnisse sind in einem Hangschnitt in Abb. 18 dargestellt.

## 6. Klufmessungen

In den letzten Jahren wurde eine Methode entwickelt, um aus der Stellung von Klüften und Kluftsystemen in einer Region auf die geomechanischen Umstände in derselben zu schließen. Die Aufnahme der Kluftorientierungen konzentrierte sich auf Scherklüfte entsprechend der Anderson'schen Bruchtheorie. Sind keine größeren Überlagerungen vorhanden, so ergeben sich als Folge horizontaler Kräfte der Plattentektonik im allgemeinen steil stehende Kluftscharen, die sich durch unterschiedliche Gesteine und Lagen fortsetzen. Es hat sich herausgestellt, daß Lithologie und Genese der betreffenden Gesteine mit Bezug auf die rezenten Klüfte vollkommen belanglos sind. Bilden sich im homogenen isotropen Medium bei Überschreiten der Gesteinsfestigkeit zwei konjugierte Kluftscharen (Mohr'sche Bruchtheorie), so ergeben sich im Realfall infolge von Anisotropie, Schichtung, Schieferung, Variation von Materialkonstanten usw. Schwankungen der Klüftpole um einen Mittelwert. Mit Hilfe statistischer Methoden ist es möglich, Mittelwert und zugehörige Vertrauensbereiche zu bestimmen (KOHLEBECK und SCHEIDEGGER, 1977). Dabei kann man vorerst die statistisch bevorzugte Stellung der zwei Hauptkluftscharen ermitteln; daraus folgen die Richtungen der die Klüfte erzeugenden Hauptspannungen ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ) als die Halbierenden der Quadranten, wobei der kleinere Winkel zwischen Kluftscharen die größte Druckspannungsrichtung einschließt.

Im Arbeitsgebiet um Lesach wurden an 19 (mit A bis S bezeichneten) Aufschlüssen Klüfte gemessen. Die Aufschlüsse sind in Abb. 19 eingetragen. Die Einzelwerte wurden anschließend nach der erwähnten Methode von KOHLBECK und SCHEIDEGGER (1977) ausgewertet. Die Resultate wurden in Tab. 3 zusammengefaßt: Es sind die zwei Maxima

(Azimut N→E/Fallen) der steil einfallenden Kluftscharen (mit Fehler) sowie die daraus nach bekannter Methode berechneten  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  Richtungen angegeben.

Es ist offensichtlich nicht sinnvoll, die Aufschlüsse einzeln zu betrachten, weil z. T. eine sehr hohe Streuung besteht. Man wird also zunächst einmal alle Aufschlüsse kombinieren und gemeinsam Werte hierfür berechnen. Diese entsprechen dann der regionalen

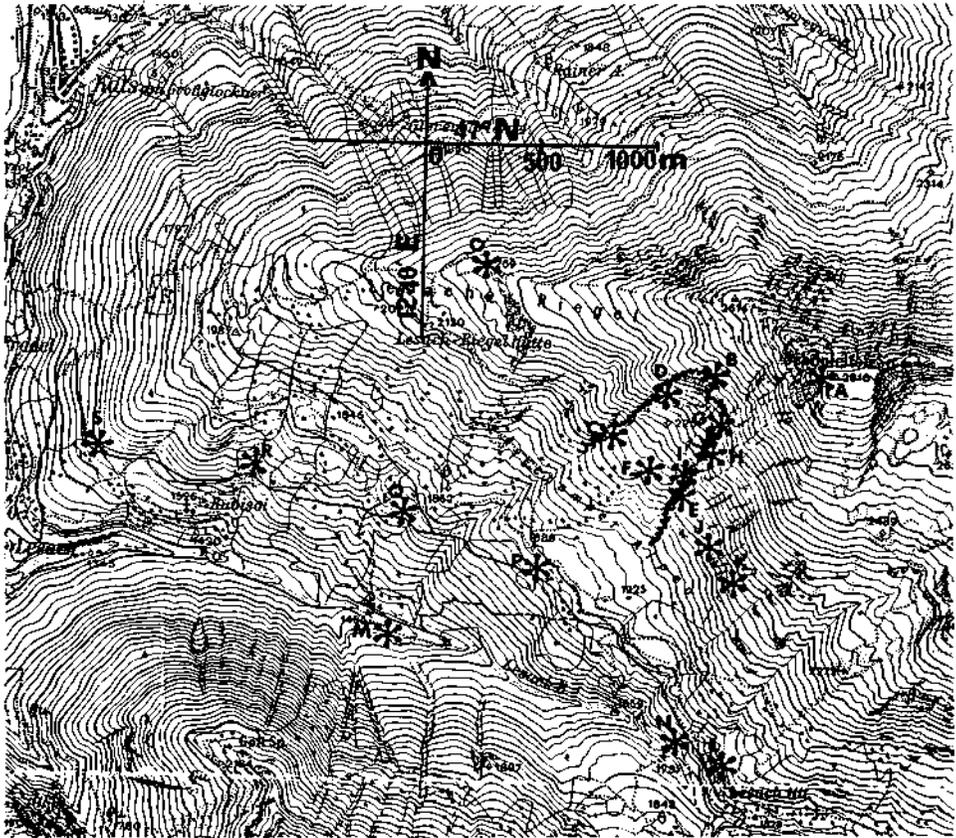


Abb. 19: Lage der Aufschlüsse für Kluftmessungen. Ausschnitt aus der ÖK 1:25.000, veröffentlicht mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

len Situation. Die aus der entsprechenden Rechnung resultierenden Werte sind in Tab. 4 aufgeführt; Abb. 20 zeigt das zugehörige Poldichtediagramm. Man erkennt zwei signifikante Maxima für die Kluftstellungen, die den zwei Hauptspannungsrichtungen N22E/2 und N292E/1 entsprechen. Die erste wird dabei von der Rechnung als größte Druckrichtung ausgewiesen; doch ist zu bemerken, daß der Winkel zwischen den zwei Kluftsystemen fast 90° ist, so daß man die Identifikation der Richtungen nach der größten und kleinsten Hauptspannung nicht sicher machen kann. Die „normale“ größte Druckrichtung für Westösterreich (SCHEIDEGGER, 1978) ist N316E/1, sodaß wohl im vorliegenden Gebiet die N292°E/1-Orientierung als Druckrichtung angesprochen werden muß. Die lokale Anomalie würde dann rund 24° betragen.

Man kann weiters versuchen, zwischen dem „Rahmen“ und dem „bewegten Gebiet“, wie bei den Schieferungen, einen Unterschied zu finden. Die Rahmenpunkte, entlang des Abrisses, wären die mit B, C, D, E, G, H und I bezeichneten Aufschlüsse. Das Poldichtediagramm für diese Gruppe von Aufschlüssen ist in Abb. 21 gezeigt. Man sieht, daß sich gegenüber dem „regionalen“ Dichtediagramm (alle Aufschlüsse; Abb. 20) kein fundamentaler Unterschied ergibt. Dieselbe Tatsache wird auch durch die numerischen Werte (Tab. 3) bezeugt. Wenn wir nun das bewegte Gebiet betrachten, müssen wir unser Augenmerk auf die mit F und P bezeichneten Aufschlüsse richten. Das Dichtediagramm für diese Gruppe von Aufschlüssen ist in Abb. 22 gezeigt. Die Computer-Auswertung ist in Tab. 3 aufgeführt. Man ersieht, daß nur ein Maximum (bei



Abb. 20: Poldichtediagramm für alle Klüfte im Untersuchungsgebiet (links)

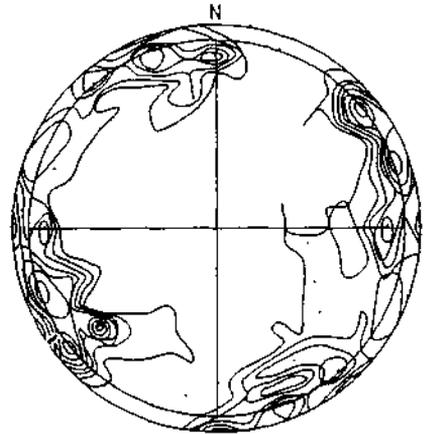


Abb. 21: Poldichtediagramm für Klüfte im Rahmen der Bewegung (rechts)

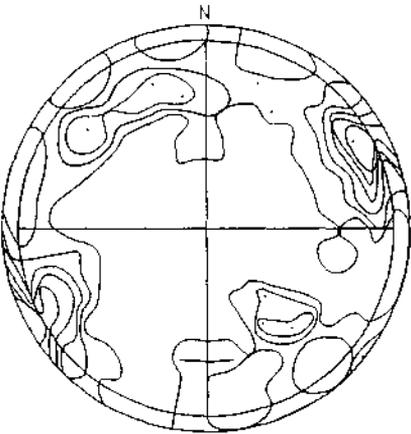


Abb. 22: Poldichtediagramm für Klüfte im bewegten Gebiet

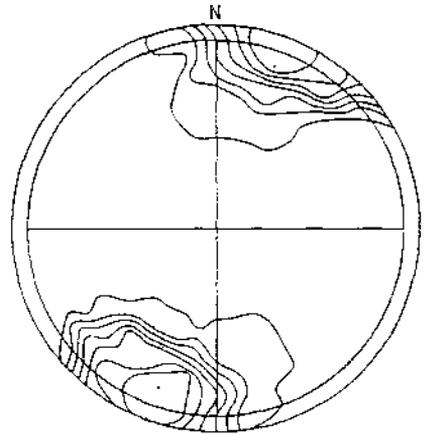


Abb. 24: Dichtediagramm der Bewegungsrichtungen

N245E/85) definiert ist, welches einer Klufschar im Rahmen entspricht. Die Betrachtung des Poldichtediagrammes läßt einen zwar eine Andeutung von Häufungen bei N155E/90 vermuten, doch zeigt die Rechnung, daß dort kein signifikantes Maximum besteht. Soweit sich also überhaupt eine Orientierung von Klüften im bewegten Gebiet definieren läßt, entspricht diese somit voll derjenigen der Klüfte im Rahmen. Entgegen den Verhältnissen bei den Schieferungen ist daher bei den Klüften kein systematischer Unterschied zwischen „Rahmen“ und „Bewegung“ erkenntlich, es sei denn, daß die viel größere Streuung im „bewegten Gebiet“ als eine solche aufgefaßt wird. Man kann daher sagen, daß das geotektonische Spannungsfeld dieselben Klufscharen im bewegten Gebiet erzeugt wie im Rahmen. Im bewegten Gebiet sind aber die Klüfte, vermutlich wegen der Auflockerung, überhaupt schlecht definiert.

Man kann die bevorzugten Kluftrichtungen noch mit den Grabenrichtungen vergleichen. Hier stellt sich eine grobe Korrespondenz der mittleren Grabenrichtung (Normale N128°E) mit der einer Klufschar (N330°E = N150°E) im Rahmen heraus. Es wäre attraktiv, die Gräben sozusagen als „Spur“ von „Großklüften“ zu betrachten. Trotz der Diskrepanz von 22° in den Richtungen ist diese Interpretation wohl gerechtfertigt, da nur wenige Gräbenorientierungen, die zudem auf recht ungenaue Weise eingemessen werden mußten, vorhanden sind.

Tabelle 3: Klüfte, Einzelwerte

Loc	Zahl	Max 1	Max 2	Winkel	$\sigma_1$	$\sigma_2$
A	21	82±36/89±33	176± 6/76± 6	87	308/11	40/ 9
B	16	unbestimmt	115±10/67±10			
C	22	45±16/78±16	300±22/72±21	79	173/23	82/ 4
D	20	262±16/85±15	159±25/86±22	77	30/7	121/ 1
E	23	76±16/88±16	341±16/81±16	86	208/ 8	118/ 4
F	23	63±17/84±16	155±32/70±21	90	287/19	21/ 9
G	27	53±14/80±13	134±16/87±17	80	183/ 6	274/ 8
H	22	66±23/83±23	166±17/81±17	81	296/21	26/ 1
I	22	68±18/84±15	314±30/82±24	67	191/13	101/ 1
J	23	255±17/86±16	157±22/88±19	83	26/ 5	116/ 1
K	21	268±26/83±24	178±11/77± 9	88	312/ 5	44/14
L	45	63±19/70±18	349±25/87±26	74	298/14	205/14
M	22	241±16/82±15	336±12/86±12	86	109/ 9	18/ 3
N	25	184±16/81±19	285±34/80±24	81	54/15	324/ 0
O	23	unbestimmt	298±10/84± 9			
P	22	unbestimmt	167±17/62±13			
Q	29	unbestimmt	126± 5/70± 5			
R	21	237±10/82±10	unbestimmt			
S	21	204±36/89±28	unbestimmt			

Tabelle 4: Klüfte Gruppenwerte

	Zahl	Max. 1	Max. 2	Winkel	$\sigma_1$	$\sigma_2$
Lesach total						
A—S	448	248± 7/90± 6	157± 9/88± 7	89	22/2	292/1
Rahmen						
B C D E G H I	152	65± 9/85± 8	330±13/88±11	94	18/5	108/2
Bewegung						
F P	45	245±32/85±20	unbestimmt			

## 7. Geomechanische Interpretation der Ergebnisse

### a) Seismik

Die Ergebnisse der seismischen Untersuchungen ermöglichen einen Schluß auf Beschaffenheit und Tiefenverlauf der geologischen Formationen. Es ergibt sich folgendes Bild: Die Felsoberkante ergibt sich bei Profil B mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca. 4700 m/s in einer Tiefe zwischen 100 und 120 m. Zwischen Geophonpunkt 7 und Geophonpunkt 10 ergibt sich ein deutlicher Sprung im Verlauf der Ausbreitungsgeschwindigkeit. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich in einer tiefergreifenden Auf-

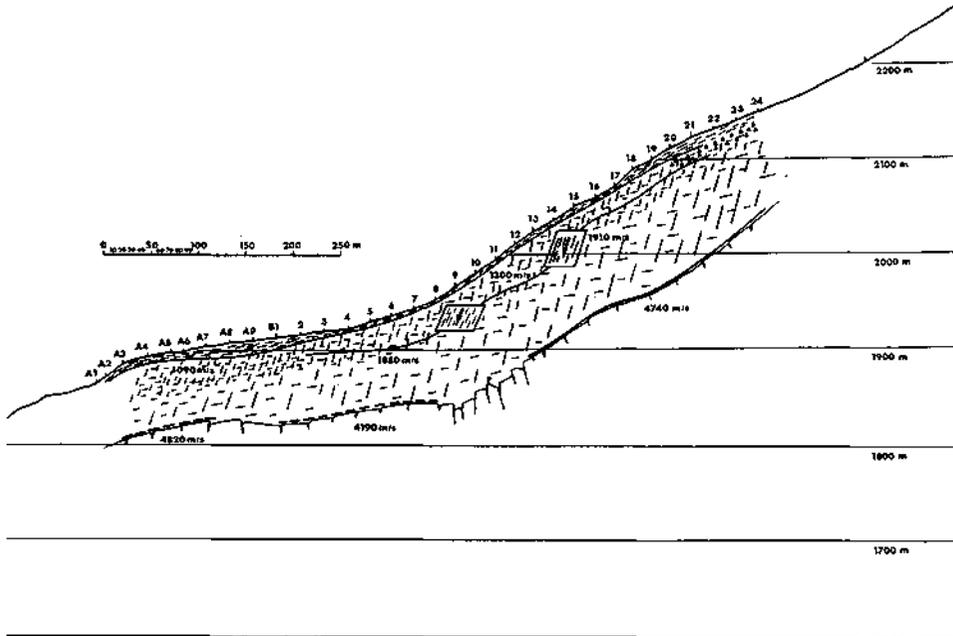


Abb. 23: Übersicht über den Tiefenverlauf der besprochenen Zonen

lockerungszone zu sehen. Diese Zone, die sozusagen als Scharnier wirksam ist, trennt zwei Bereiche der Hangbewegung. Aus dem Gefüge unterhalb des Güterweges Lesach Lesacher Hütte läßt sich eine Rotation im Großen von im Maximum 40 Grad gegen den Uhrzeigersinn mit gleichzeitigem Flacherlegen der Schieferungsflächen herauslesen (siehe dazu Abb. 10). Weiters können am W-Rand des betrachteten Bewegungsbereiches Abrisse festgestellt werden, während östlich Pressungen auftreten. Unterhalb Geophonpunkt 7 wird für die Ausbreitungsgeschwindigkeit in der Felsoberkante ein etwas geringerer Wert von ca. 4200 m/s errechnet, doch ist dieser Wert nicht so sicher wie oben. Die Tiefe liegt hier zwischen 80 und 100 m. Im Bereich des Profils A ergibt sich für die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Fels wieder etwa der gleiche Wert wie oben. Für die Tiefe ergeben sich hier Werte zwischen 60 und 80 m. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß aufgrund eines möglichen Fehlers in der Tiefenberechnung („überschossene“ Schicht mit 1900 m/s) diese Werte um maximal 20% zu gering sein können.

Über dem kompakten Fels liegt bei Profil B eine Schicht, die mit einer mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1900 m/s ausgewiesen ist. Sie fehlt jedoch bei Profil A in den Laufzeitkurven, vermutlich ist sie aufgrund geringerer Mächtigkeit hier „überschossen“. Diese Zone stellt den Übergang von beginnender Auflockerung zu mehr und mehr in größeren Gesteinsverbänden abgesetzten Bereichen dar. Einzelne Absatzstufen werden aus dem Tiefenverlauf erkennbar. Die nächste Schicht ergibt sich bei Profil B mit 1300 m/s als mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit. Der Übergang in dieser Zone weiter gesteigerter Auflockerung ist fließend und hat damit als Grenze in geologischem Sinn keine Bedeutung. Der Grad der Auflockerung des Materials ist nun soweit angestiegen, daß die Kluffkörper einzeln vorhanden sind. Die Zwischenräume sind mehr oder weniger gefüllt. Im Bereich von Profil A scheint die Ausbreitungsgeschwindigkeit noch weiter abgesunken zu sein (1100 m/s).

Die Moränenbedeckung, die etwa über die untere Hälfte von Profil B reicht, ist aus der Seismik nicht zu erkennen. Oberhalb Geophonpunkt 20 ergaben die Messungen eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 600 m/s. Dies entspricht dem Hangschutt, der bis in diesen Bereich die Auflockerungszone bedeckt. Die Verwitterungsschicht schließlich hat im gesamten Gebiet eine Mächtigkeit zwischen 4 und 13 m. Abb. 23 gibt eine Übersicht über den Tiefenverlauf der besprochenen Zonen.

#### b) Bewegungsvektoren

Die Resultate der Vermessungen geben die Werte der Veränderungen an der Oberfläche bekannt. Wie bereits erwähnt, wurden in diesem Gebiet insgesamt zu drei Epochen Vermessungen durchgeführt und zwar in den Jahren 1972, 1973 und 1976. Im Jahre 1972 wurden allerdings nur jene Punkte eingemessen, die unterhalb der 2400 m Grenze lagen. Erst 1973 wurde das Netz bis zum Hanggrat verlängert. Es wurde wohl ein Vergleich der Messungen 1972 mit jenem Teil der Messungen aus 1973 angestellt, die dieselben Punkte beinhalteten, nur konnte nicht nur alleine wegen der geringen Zeitspanne damals keine Aussage getroffen werden. Der nunmehr erste mögliche Vergleich zweier entsprechender Netze war erst mit den Meßresultaten aus 1973 und 1976 möglich. Dabei ergibt sich das sehr interessante Bild, daß die Bewegungen unterhalb des ausgedehnten Anrisses leicht aus der Normalen zu der NW—SE verlaufenden Richtung der Höhenschichtlinien nach Osten ausweichen und daher in Richtung der Höhenschichtlinien nach Osten ausweichen und daher in Richtung SSE mit fast gleichem Betrag unabhängig von der Höhe weisen. Dies kann auf die bereits besprochene Kippung zurückzuführen sein. Östlich der Linie P1—P6 und parallel dazu zieht sich eine deutliche Störung vom Anriß zum Hanggrat hinauf. Parallel zu dieser östlich vom Punkt M5 ist eine weitere solche Störung, in deren talwärtiger Fortsetzung der obere Teil der östlichen Begrenzung der Abrutschung verläuft.

Die Hangbewegung setzt sich über den Anriß mit verringerter Intensität bis hinauf zum Hanggrat fort, wobei besonders auf die Richtung dieser Bewegungen zu achten ist.

Westlich der vorgenannten beiden Störungszonen ist die Richtung (Punkt M6) ziemlich gleich mit der Hauptbewegungsrichtung, während dessen zwischen diesen beiden Störungslinien eine Bewegungsrichtung nach Süd zu konstatieren ist. Diese Bewegungsrichtung ist auch bei dem ursprünglich als unbewegt angenommenen südlich und unterhalb der zweiten Störungslinie gelegenen Punkt P2 festzustellen, wobei allerdings dieser eine ungefähr gleiche Bewegungsrate aufweist, wie die übrigen unterhalb des Anrisses gelegenen Punkte.

Es scheint daher, daß sich ausgehend von den beiden NE—SW verlaufenden Störungslinien eine weitere Massenabsetzung und zwar nach Süden abzeichnet, wobei eine

Geschwindigkeitssteigerung in Abhängigkeit der darüberliegenden Störungslinien gegeben scheint. Die Verschiebung dieser Massen ist nahezu horizontal, was auf eine Überschiebung bzw. Hochschiebung zufolge eines im Untergrund zu vermuteten Festkörpers bzw. eines Gegendruckes des gegenüberliegenden Hanges. Dies wird auch durch die Hochhebung des Punktes M2 um nahezu 1 cm untermauert.

Man kann auch für den gesamten untersuchten Bereich eine mittlere Bewegungsrichtung (mit der Schönleitenspitze als Fixpunkt) konstruieren. Dazu werden die Bewegungsvektoren als statistische Gruppe betrachtet, für welche ein Dichtediagramm errechnet und gezeichnet wird (Abb. 24). Der bevorzugte Richtungswert kann in gewohnter Weise nach KOHLBECK und SCHEIDEGGER (1977) ermittelt werden. Das Resultat ist  $N200^{\circ} \pm 12^{\circ}E/6^{\circ} \pm 12^{\circ}$ . Weiter unten wird diese Richtung mit Kluftdaten verglichen werden.

### c) Kluftmessungen

Zu einer geomechanischen Deutung der Kluftmessungen notiert man fürs erste, daß sich daraus ergibt, daß das Gebiet regional in einem tektonischen Spannungsfeld liegt, in welchem zwei Hauptachsen fast horizontal liegen und eine Orientierung von  $N22^{\circ}E$  und  $N112^{\circ}E$  haben. Aus den Klüften läßt sich nicht mit Bestimmtheit ableiten, welche dieser Richtungen der größten und welche der kleinsten Druckspannung entspricht. Das Spannungsfeld ist sowohl in den Klüften des Rahmens wie auch des bewegten Gebietes erkennbar, im letzteren allerdings durch Auflockerungserscheinungen gestört. Die seitlichen Gräben, sowie die Abrißflächen der Rutschung passen im großen und ganzen in das Richtungsschema der Kluftorientierungen. Man ersieht dadurch, daß die Begrenzungen des bewegten Gebietes durch das neotektonische Spannungsfeld vorgezeichnet sein müssen. Es ist auch von Interesse zu bemerken, daß die (auf die Schönleitenspitze bezogene) mittlere Bewegungsrichtung ( $N200^{\circ}E = N20^{\circ}E$ ) fast genau einer aus Kluftmessungen abgeleiteten Hauptspannungsrichtung entspricht. Wenn, wie durch die Verhältnisse in Westösterreich angezeigt, diese Richtung als kleinste Druckspannungsrichtung interpretiert wird, dann erfolgt die Bewegung genau in dieser Richtung. Somit wird auch die Bewegung durch die tektonischen Spannungen vorgezeichnet.

Dasselbe gilt wohl auch für die Orientierung des gesamten Hanges und der Talanlage des Lesachbaches überhaupt. Die Auslösung der eigentlichen Hangbewegung aber wird wahrscheinlich in erster Linie durch die Erosion am Hangfuß bestimmt. Es zeigt sich derzeit, daß in den bis zu 250 m über das Bachniveau reichenden Anrissen große Bereiche weiterhin instabil sind und bei Extremniederschlägen abzugehen drohen. „Anstehende Felskörper“ in den Flanken oberhalb des Baches sind vollständig in dm-Kluftkörper zerlegt und entfestigt. Der gesamte Bewegungskörper wird am Fuß nur durch zwei Wasseraustrittstellen mit relativ geringer Schüttung entwässert. Es kann daher angenommen werden, daß die Entfestigung unter das derzeitige Talniveau reicht und die Kluftwässer also zum Teil direkt in das Bachbegleitungsgrundwasser einspeisen.

### Dank

Die gesamten Feldarbeiten und die Ausführung der Arbeit wurden durch Zuwendungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Internationalen Geodynamik Projektes ermöglicht. Ohne diese, durch den Vorsitzenden des Österreichischen Nationalen Geodynamik Komitees, Herrn Prof. Dr. F. STEINHAUSER vermittelte Unterstützung, wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich ge-

worden; die Autoren möchten daher Herrn Prof. STEINHAUSER ihren verbindlichsten Dank aussprechen.

Bei den Feldarbeiten wurden die Autoren durch die Herren F. BRUNNER (Nullmessungen!), W. FÜRLINGER, R. LAHODYNSKY, K. HOLLER, J. KOBASCHITZ, T. SCHEIDEGGER und H. IRNBERGER unterstützt; der letztere Herr ist auch für einen Teil der geodätischen Auswertungen im Rahmen seiner zitierten Diplomarbeit verantwortlich.

Dem Rechenzentrum der Technischen Universität Wien, Abteilung Digitalrechenanlage und Hybridrechenanlage, verdanken die Autoren die kostenlose Durchführung sämtlicher Rechenarbeiten, sowie eine ausgezeichnete Beratung in allen Programmangelegenheiten.

#### Literatur

- BAUMANN, E., 1972: Die Anwendung statistischer Methoden bei der Untersuchung geodätischer Netze. — Deutsche Geodät. Komm. C 175: 1—80 (Verl. der Bayr. Akad. d. Wissenschaften, München).
- BRUNNER, F. K., SCHEIDEGGER, A. E., 1975: Zur Dynamik des Rasengleitens. — *Interpraevent* 1975, 1: 25—32.
- BUNZA, G., 1975: Gefahrenherde im Gebiet des Kaiserbaches (Osttirol) und ihre Kartierung. — *Interpraevent* 1975, 1: 329—343.
- ELMIGER, A., 1973: Algol-Programm Netz 3D. — Mitt. Inst. Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich.
- HAUSWIRTH, E. K., 1975: Untersuchungen der Bewegung instabiler Gelände. — 151 p., Wien: Dissertation der TU.
- IRNBERGER, J., 1977: Beitrag zur Erfassung von Veränderungen an einem bewegungsverdächtigen Talzuschub im Rahmen geophysikalischer Untersuchungen. — 63 p., Wien: Diplomarbeit, Inst. f. Geophysik der TU Wien.
- KOHLBECK, F., SCHEIDEGGER, A. E., 1977: On the theory of the evaluation of joint orientation measurements. — *Rock Mech.*, 9: 9—25.
- REISSMANN, C., 1971: Die Ausgleichsrechnung. — 3. Aufl., 320 p., Berlin: VEB Verlag für Bauwesen.
- SCHEIDEGGER, A. E., 1978: Beziehung zwischen der Orientationsstruktur der Talanlagen und den Klüftstellungen in Österreich. — *Mitt. Österr. Geogr. Ges.* (in Druck).
- Bei der Schriftleitung eingelangt am 28. 11. 1978.