©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verh. Geol. B.-A. | Jahrgang 1975 | Heft 4 | S. 305—330 | Wien, Dezember 1975

Geomechanische Untersuchungen in einem Rutschungsgebiet im Felbertal in Österreich

Von P. Carniel, E. K. Hauswirth, K. H. Roch & A. E. Scheidegger *)

Mit 31 Abbildungen

Österreichische Karte
1 : 50.000
Blatt 152

Schlüsselwörter
Bergzerreißung
Plaike
Rutschung
Spannungsfeld (tektonisches)
Massenbewegung
Hangkriechen
Felbertal

Abstract

A geomechanical investigation has been made of a slide area in the Felber Valley (Salzburg Province) in Austria. For this purpose, tachymetric, seismic, geomorphological and geological studies were carried out. It was found that slow mass movements occur from the ledge atop the valley down to the very bottom. Atop the ledge, the movements present the aspect of a "mountain fracture", in the middle of the slope, the aspect of soil-creep and at the bottom, the aspect of an actual slide. It was found that the orientation of the "mountain fractures", of the joints in the rocks bounding the slide area and of the features on the creeping slope all fit into one single geophysical stress-pattern, viz. into one with a maximum horizontal compression in the N-S and a minimum compression in the E-W direction. This fits together well with the general views on the tectonics of the Alps commonly found in the literature.

1. Einleitung

Im Jahre 1974 wurde im Gebiete der Felbertauern in Österreich (Land Salzburg) ein Rutschgebiet untersucht, das eine Plaike einschließt. Das Gebiet befindet sich auf der orographisch rechten (d. h. östlichen) Seite des Felbertales oberhalb Mittersill. Abb. 1 zeigt eine Skizze der Lage des Gebietes. Das untersuchte Gebiet befindet sich zur Gänze im Bereich der unteren Schieferhülle des Tauernfensters. Die Gesteine gehören der Habachserie, einer vormesozoischen Gesteinsserie mit im Norden geringer alpidischer Metamorphose, an. Es handelt sich dabei um dunkle Phyllite und magmatogene Gesteine in meist epizonaler Metamorphose — vorwiegend Hornblende-Prasinit, untergeordnet Biotit- und Chlorit-Prasinit, Chlorit-Biotit-Albit-Schiefer (Basisschiefer), Muscovit-Chlorit-Albit-Schiefer, helle Glimmerschiefer, Glimmer-Quarzite, Graphit-Quarzit, Zweiglimmer-Plagioklas-Gneis und Biotit-Albit-Gneis. Die gesamte Serie taucht mittelsteil nach Norden ein.

Die Massenbewegungen ziehen sich vom Kamm, der den Archenkopf mit dem Brentling verbindet (Abb. 1), von 1800 bis 2000 m Höhe, bis in den Talboden

*) Anschrift der Verfasser: Technische Hochschule Wien, Institut für Geophysik, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

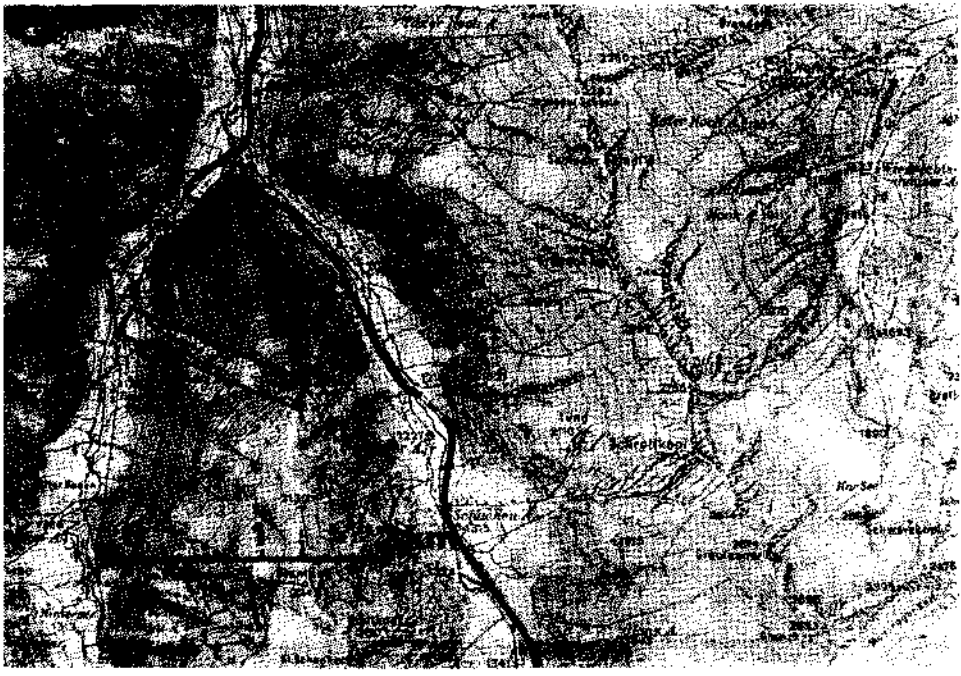

Abb. 1. Lageplan des Gebietes der Messungen

(1100 m Höhe) hinab. Im obersten Teil, d. h. am Kamm, erscheinen sie in Form einer Bergzerreißung, darunter (bis zu einer Höhe von etwa 1600 m) äußern sie sich in Kriecherscheinungen am Hang, welcher mit Bäumen oder Gras bewachsen ist. Bei ca. 1600 m Höhe erkennt man einen Abriß; darunter bildet der Hang den Anblick einer „Plaike", d. h. einer rutschigen Schuttfläche mit wenig Vegetation. Einen guten Überblick des ganzen Gebietes erhält man vom Gegenhang (vom Achselkogel); ein von dort aufgenommenes Bild ist in Abb. 2 gezeigt.

Es war der Zweck der hier rapportierten Untersuchungen, die Geomechanik der angedeuteten Massenbewegungen zu ermitteln. Dazu wurden seismische und tachymetrische Vermessungsarbeiten im Gesamtgebiet der erwähnten Bewegungen unternommen. Die einzelnen Regionen, i. e., die Bergzerreißung am Kamm, das Kriechgebiet und der Abriß wurden auch morphologisch detailliert untersucht. Schließlich und endlich wurde eine geomechanische Synthese der Beobachtungen versucht. Wir werden im einzelnen über die erwähnten Aspekte unserer Arbeit berichten.

2. Tachymetrische Vermessungen

Das untersuchte Rutschgebiet stellt eine alte Gleitzone dar. In Abb. 3 sieht man auf einer terrestrisch photogrammetrischen Aufnahme des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen aus dem Jahre 1930 — welche anläßlich der Erstellung

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

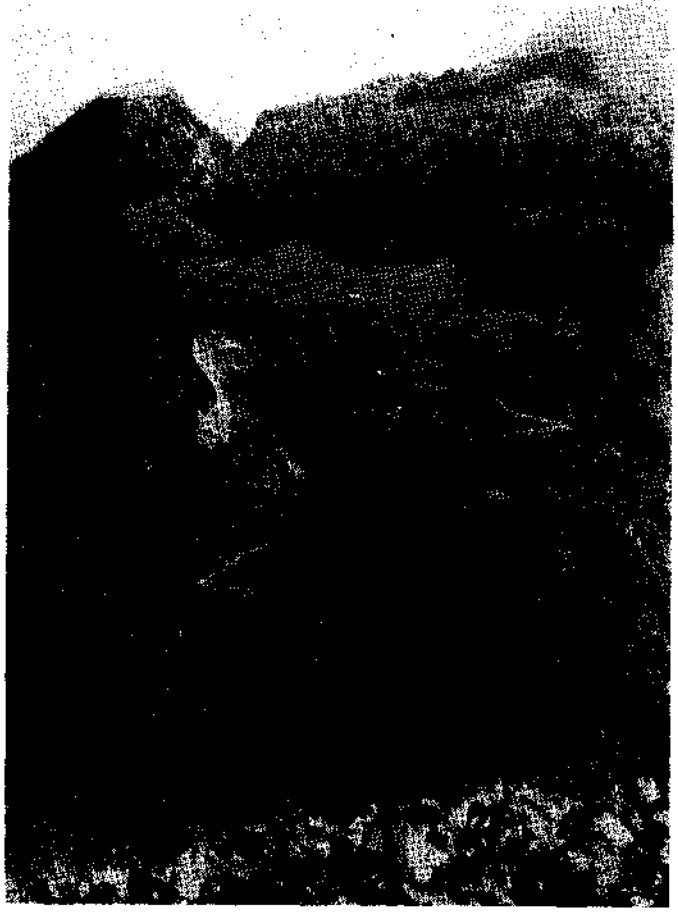

Abb. 2. Überblick des Rutschgebietes vom Gegenhang

Abb. 3. Ausschnitt aus Archivkopie von 1930 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

der ÖK aufgenommen wurde — das untersuchte Gebiet der Ostfläche des oberen Felbertales (Norden links). Deutlich ist eine Nordwest streichende Störung zu erkennen. Unterhalb des schwach erkennbaren alten Anrisses ist teilweise Bewaldung zu erkennen. Das Bild ist der Ausschnitt einer Archivkopie, die uns vom BAfEuVW freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde. Viel deutlicher sind die Anrißformen, sowie die Störungen in einer Luftaufnahme aus dem Jahre 1953 zu erkennen (Abb. 4). Ein Luftbild aus dem Jahre 1962 (Abb. 5) zeigt deutlich die zunehmende Ausbildung der Störungszone und Absetzung des Geländes, vor allem im Bachlauf unterhalb eines erkennbaren älteren Blockstromes. Hier erkennt man auch durch die inzwischen durchgeführte Schlägerung, daß entlang der NW streichenden Störung freier Fels und Blockwerk zutage tritt. Östlich oberhalb der Lichtung scheinen junge Rutschgebiete entlang des Störungssystems erkennbar zu sein.

Die in der Einleitung erwähnte „Plaike", die heute (1974) sichtbar ist, vermittelt bei einem Augenschein den Eindruck, daß sie vor nicht allzu langer Zeit durch einen Erdrutsch entstanden sein könnte. Daher wurden von Anwohnern Erkundigungen eingezogen; von Herrn Franz Hochfilzer, Sattlerbauer aus Mittersill, wurde auf eine Anfrage hin die folgende Auskunft erteilt: „In Beantwortung Ihrer Anfrage kann ich Ihnen mitteilen, daß sich diese Plaike unterhalb der Archenalm am 7. oder am 9. Mai 1965 um 1/2 5 Uhr abends gelöst hatte. Es stieg eine große Wasserfontäne auf, die am Waldrand zu sehen war. Hernach hörte man Rauschen und Poltern.

Wir hatten zu diesem Zeitpunkt auf unserem Waldstück Fichtenpflanzen gesetzt. Als wir eine halbe Stunde später nach Mittersill fuhren, sahen wir den großen Abbruch auf der Archenalm."

Der obige wertvolle Augenzeugenbericht untermauert die Theorie, daß durch erhöhte Wasseraufnahme der dort vorhandenen bindigen Lockermassen der Erdrutsch entstanden war. Besonders scheint erhöhter Porenwasserdruck als auslösendes Moment gewirkt zu haben. Die Situation aus der Luft nach diesem Ereignis können wir einem Luftbild aus dem Jahre 1969 entnehmen (Abb. 6).

Die Wichtigkeit des Wassers für dieses Ereignis ließ es wünschenswert erscheinen, genaueres über die Niederschlagsmengen vor dem Erdrutsch zu erfahren. Leider befindet sich in unmittelbarer Nähe des untersuchten Gebietes keine klimatologische Beobachtungsstation. Es konnten daher nur Werte von benachbarten Stationen zur Untersuchung herangezogen werden. Durch Mittelbildung und der Einführung eines Multiplikationsfaktors wurde versucht, einen wahrscheinlichen Niederschlagswert zu finden. Die Angabe ist daher nicht absolut, sondern nur relativ, weswegen die in der Abbildung angegebenen Werte nur Funktionswerte des wahrscheinlichen Niederschlages sind. Abb. 7 zeigt den Mittelwert der Jahre 1963/64 verglichen mit den Werten aus 1965 für die Monate Jänner bis Mai. Wie erkenntlich, sind die Werte 1965 fast doppelt so hoch wie in den beiden Vorjahren.

Im Bericht des Augenzeugen Herrn Hochfilzer wurde ein recht genaues Datum des Abganges angegeben. Demzufolge wurden die Tagesniederschlagswerte im Zeitraum vom 25. April bis 9. Mai 1965 untersucht (Abb. 8). Die Temperaturen lagen durchwegs über dem Gefrierpunkt und der Niederschlag fiel in Form von

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 4. Ausschnitt aus Luftaufnahme von 1953

Abb. 5. Ausschnitt aus Luftaufnahme von 1962

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 6. Ausschnitt aus Luftaufnahme von 1969

Regen. Wieder ist der fast doppelt so hohe Durchschnittswert für das Jahr 1965 erkennbar. Am 4. und 5. Mai erreicht die Niederschlagsmenge ein Maximum, am 7. Mai ist fast kein, am 9. Mai wieder ziemlicher Niederschlag zu verzeichnen.

Aus diesem Diagramm ist zu erkennen, daß der Abgang am 7. Mai stattgefunden hat. Dafür spricht das zwei Tage zuvor verzeichnete Niederschlagsmaximum, sowie die Tatsache, daß dem Bericht des Augenzeugen zufolge Regen am Tage des Abbruches nicht erwähnt wurde und der 9. Mai ganztätig Niederschlag brachte.

Für die Darstellung des beweglichen Geländes wurde eine tachymetrische Aufnahme durchgeführt. Damit eine Einpassung in vorhandene Karten sowohl der Lage als auch der Höhe nach vorgenommen werden konnte, mußte der Anschluß an das Landeskoordinatensystem erfolgen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Ein Distanzmeßgerät stand nicht zur Verfügung, weswegen der relativ einfache Weg des Anschlusses an den nächstgelegenen Triangulierungspunkt am Archenkopf nicht gegangen werden konnte. Da die Genauigkeitsforderung nicht allzu hoch war, konnte der Ausweg darin gefunden werden, daß von den relativ leicht erreichbaren Fixpunkten Archenkopf und Brentling drei Fernziele mittels Vorwärtsschnittes bestimmt wurden. Ausgewählt wurden das Gipfelkreuz des Tauernkogels sowie der Pihapperspitze und eine am Hohen-Herd sichtbare Stange. Diese drei Ziele hatten eine entsprechend gute Lage, daß sie vom Hang der Archenalm,

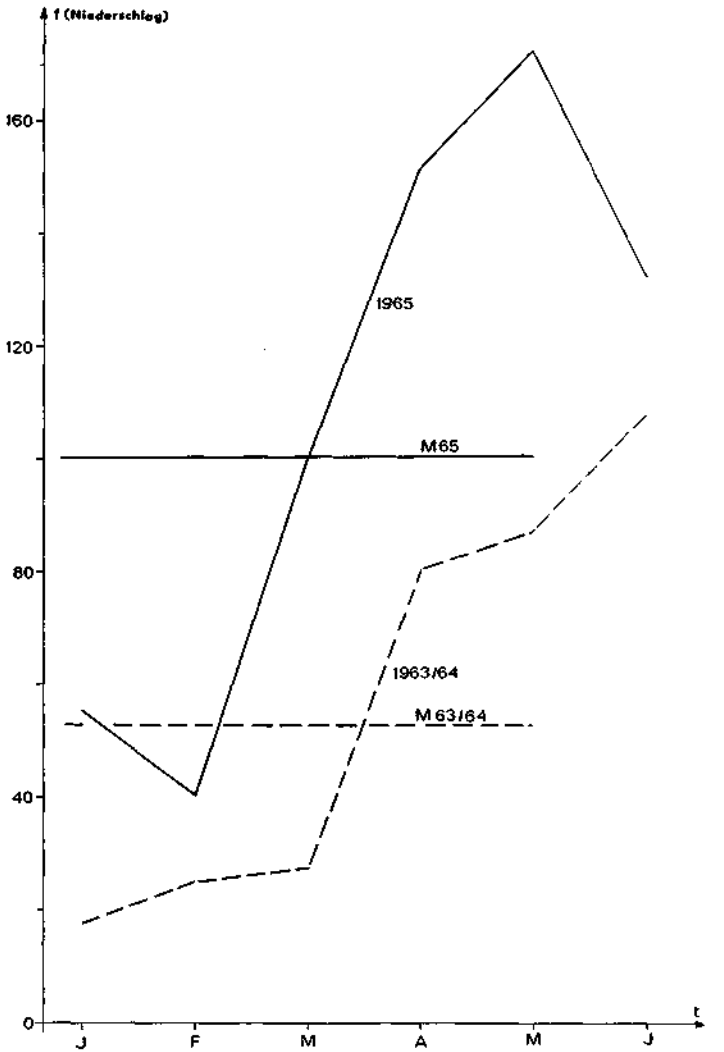

Abb. 7. Mittelwert des Niederschlages Jänner bis Mai 1963/64 verglichen mit 1965

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

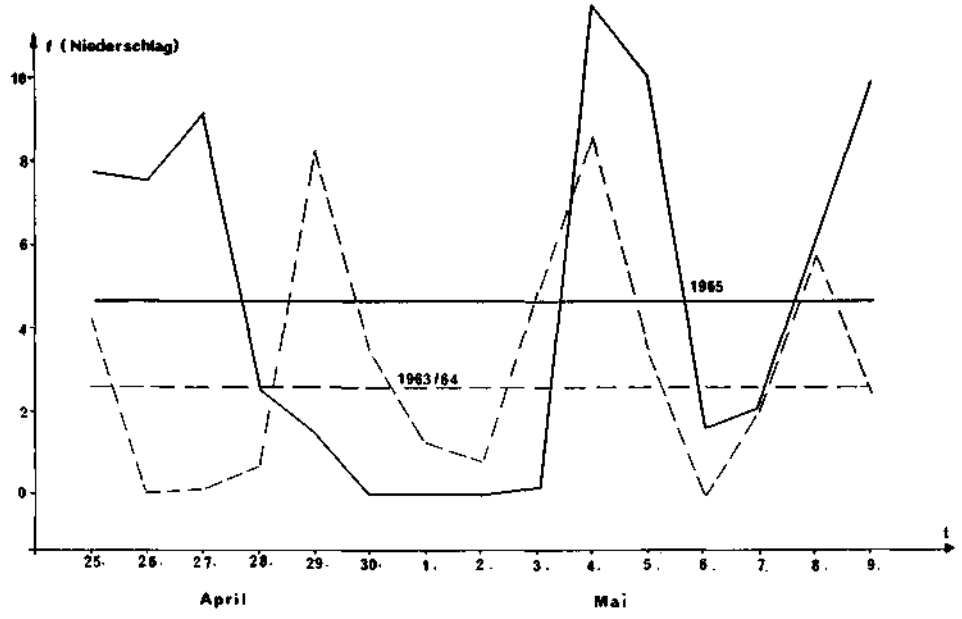

Abb. 8. Niederschlag April/Mai 1965 verglichen mit Mittelwert für 1963/64

von wo aus weder Brentling noch Archenkopf zu sehen waren, angezielt werden konnten. Aus diesen Messungen wurde dann mittels Rückwärtsschnittes die Lage des Anfangspunktes des für die Tachymeteraufnahme verwendeten Polygonzuges bestimmt (Abb. 9). Aus der Tachymeteraufnahme wurde die beigelegte Karte (Abb. 10) erstellt, wo der Verlauf der Anrisse eingetragen wurde. Deutlich ist die durch den Anriß entstandene Böschung sowie die darunter befindliche Anschüttung des Materials zu ersehen. Ein Vergleich der Aufnahme mit aus photogrammetrischen Auswertungen gewonnenen Karten (Abb. 11) läßt ein deutliches Massendefizit unterhalb des bei Kote 1580 gelegenen Anrisses erkennen. Eine Massenabschätzung ist allerdings nur sehr schwer möglich und daher unterblieben.

Ein gutes Bild gibt ein aus den alten Karten und der Tachymeteraufnahme erstelltes Profil (Abb. 12), das den vermuteten alten Bestand (1) und die darauffolgenden Ereignisse, nämlich den Bergrutsch (3) und den untersuchten Erdrutsch (2) darstellen.

3. Seismische Messungen

Um den Untergrund des Rutschgebietes zu erkunden, wurden hammerschlagseismische Messungen unternommen.

So wurde ein Netz von Profilen am nördlichen Rand der Störungszone ausgelegt. Dies beschränkte sich auf Gebiete hauptsächlich oberhalb der eigentlichen Plaike. Unterhalb war es wegen der vorherrschenden Steilheit des Geländes und

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

der Beschaffenheit des Bodens (lose an der Oberfläche liegendes Blockwerk) kaum möglich, brauchbare Meßergebnisse zu erhalten.

Die Profile wurden im allgemeinen so angelegt, daß bei der späteren Auswertung keine zu großen topographischen Reduktionen durchgeführt werden mußten. Es wurden die Laufzeiten bei 17 Längs- und 9 Querprofilen gemessen. Wegen des relativ hohen Störpegels der natürlichen Bodenunruhe und der teilweise recht ungünstigen Energieübertragung war es auch nicht immer möglich, die maximale Auslage der verwendeten Meßanordnung von ca. 100 m auszunützen. Aus diesem Grund schien es auch nicht notwendig, überlappende Profile anzulegen, um genauere Mächtigkeitswerte der einzelnen Schichten zu erhalten, da ja ohnehin die Eindringtiefe der seismischen Wellen beschränkt war.

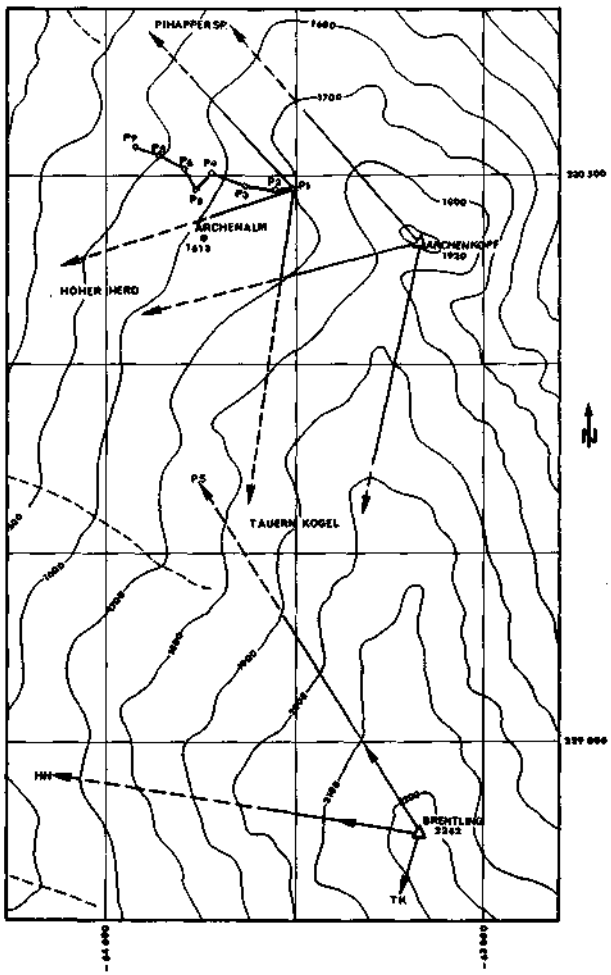

Abb. 9. Schema der Vorwärts- und Rückwärtsschnitte für Tachymeteraufnahme

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

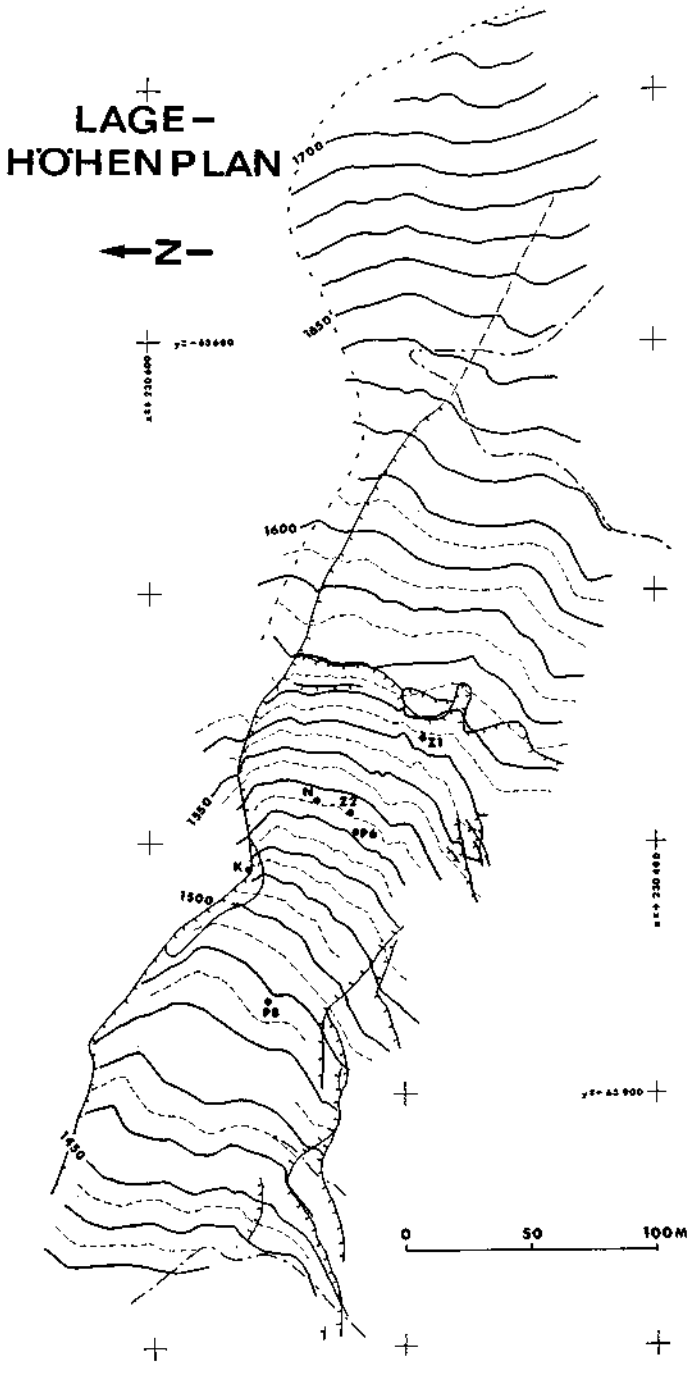

Abb. 10. Tachymetrische Karte

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die erhaltenen Laufzeitkurven (Beispiel in Abb. 13) zeigten in allen Fällen entweder 2 oder 3 charakteristische Laufzeitäste. Für den ersten Ast ergab sich eine mittlere Geschwindigkeit von 346 m/s, wenn man alle Laufzeiten der ersten 10 m Profildistanz für die Berechnung heranzieht. Es läßt sich zeigen, daß im ganzen untersuchten Gebiet die Geschwindigkeit der P-Wellen in der obersten Schicht ziemlich konstant ist. Für den mittleren Fehler ergab sich nur ± 2 m/s.

Die oberste Schicht ist auch die einzige, deren Aussehen bzw. Aufbau in einem Aufschluß beobachtet werden kann; und zwar unterhalb des muschelförmigen Abrisses der Plaike. Es handelt sich dabei um bindige Lockermassen mit Gesteinstrümmern von Hornblende-Schiefer, deren Durchmesser im Dezimeterbereich liegt und manchmal einen Meter überschreitet. Die mittlere Mächtigkeit der obersten Lockerschicht beträgt ca. 5 bis 6 m. Ein Zusammenhang dieser Mächtigkeit mit der Morphologie im untersuchten Bereich konnte nicht festgestellt werden.

Die zweiten Laufzeitäste ergaben Geschwindigkeiten um ca. 1000 m/s. Hier war jedoch die Schwankung von Profil zu Profil relativ groß (900 m/s—1600 m/s). Die Geschwindigkeitswerte zeigen keine systematische Verteilung im untersuchten Ge-

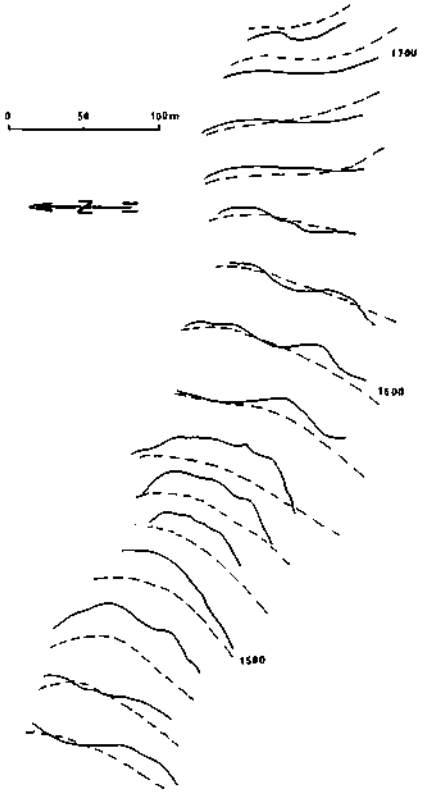

Abb. 11. Vergleich unserer tachymetrischen Aufnahme mit früheren

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

biet. Die diesen Geschwindigkeitswerten entsprechende Schicht, die als Auflokkerungszone des felsigen Untergrunds bezeichnet werden kann, tritt nur bei Profilen in den unteren zwei Dritteln des „Profilnetzes" auf. Ihre Mächtigkeit konnte wegen der geringen Profillänge nur bei einigen wenigen Profilen bestimmt werden. Dort betrug sie dann im Mittel ca. 15 m. An die Oberfläche tritt diese

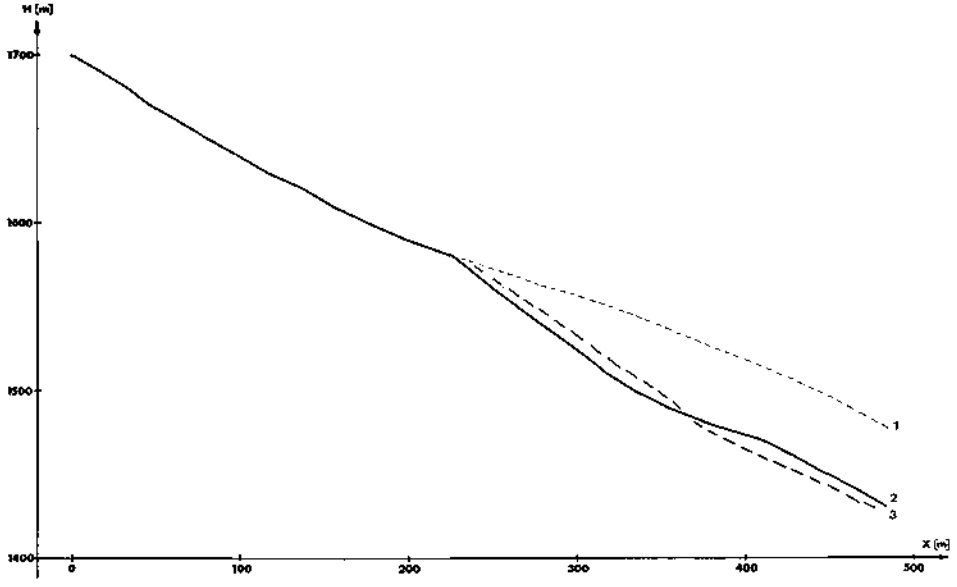

Abb. 12. Vergleich des Bestandes vor 1700 (1) mit dem um 1930 (3) und 1974 (2)

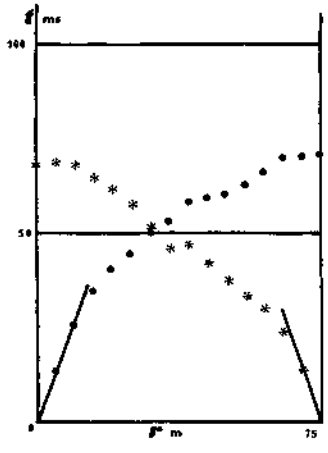

Abb. 13. Beispiel einer Laufzeitkurve

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

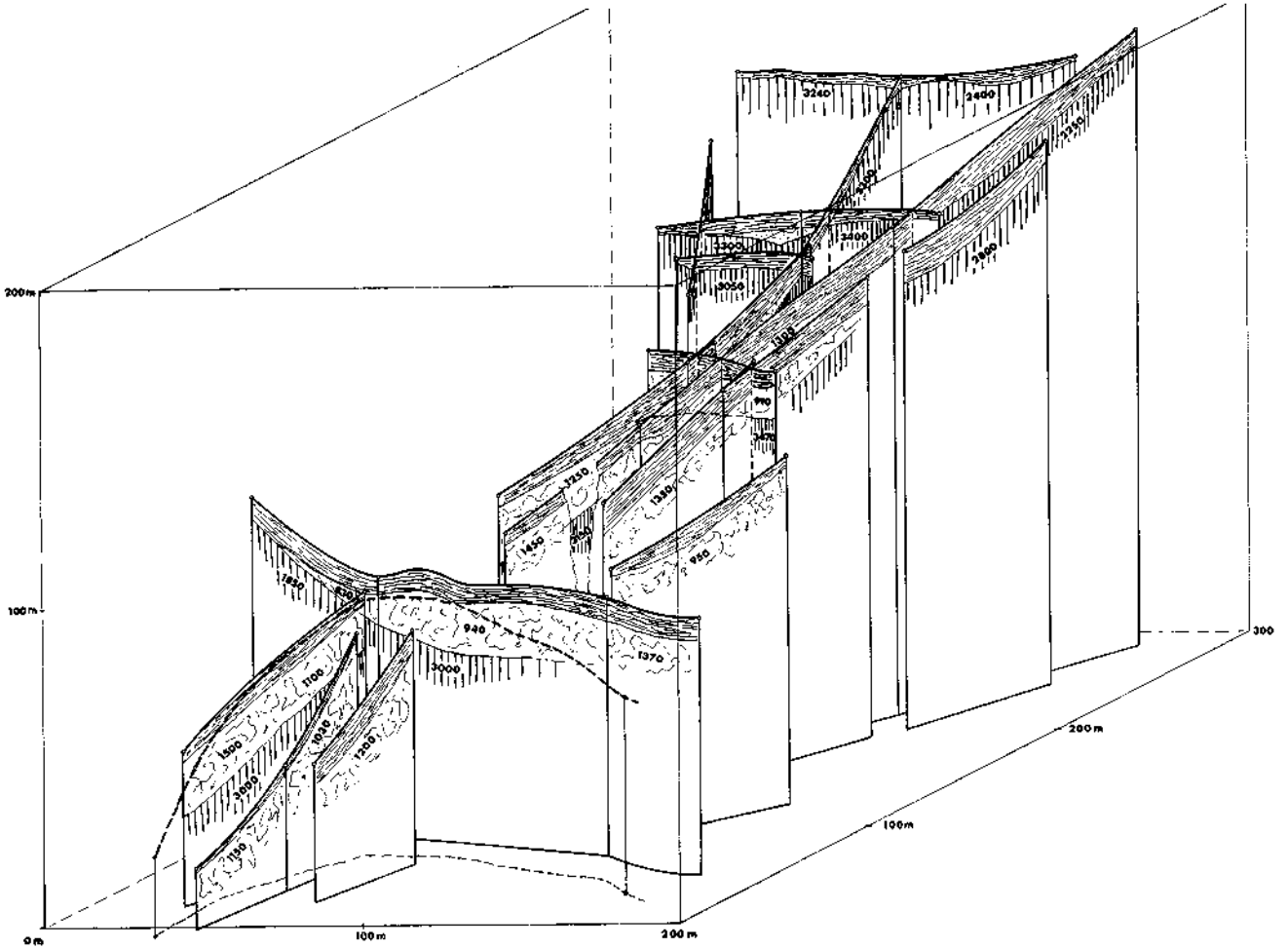

Abb. 14. Zusammenfassung der seismischen Untersuchungen in Schrägrißdarstellung

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Schicht nirgends. So ist es auch schwer, sie richtig zu beschreiben. Es dürfte sehr stark geklüftetes, brüchiges oder verstürztes, aber dicht gepacktes Felsmaterial sein.

Im oberen Drittel des untersuchten Gebietes konnte aus den Laufzeitkurven der betreffenden Profile überall die Geschwindigkeit des Felsuntergrundes abgeleitet werden. Der Felsuntergrund, ein Hornblende-Schiefer, liegt in diesem Bereich direkt unter der Lockerschicht. Eine Auflockerungszone wurde dort nicht gefunden. Die Geschwindigkeitswerte schwanken hier zwischen ca. 2200 m/s bis 3500 m/s. In den unteren zwei Dritteln konnte der Felsuntergrund nur bei 3 Profilen sicher erreicht werden.

In Abb. 14 sind die Einzelergebnisse in einer Schrägrißdarstellung zusammengefaßt.

Der Mittelwert für die P-Wellengeschwindigkeit von ca. 3000 m/s des Felsuntergrundes im untersuchten Gebiet scheint relativ niedrig zu sein. In etwa 200 m Entfernung, bei der Archenalm, wurde die Felsgeschwindigkeit mit ca. 4200 m/s bestimmt. Im Bereich eines Stollens auf der Westseite des Felbertales erhält man Werte von ca. 5300 m/s. Dies deutet darauf hin, daß im Bereich der Plaike durch die vorhandene Störungszone die Felsgeschwindigkeit auf den relativ niedrigen Wert von 3000 m/s herabgesetzt wurde. Der Felsuntergrund ist daher wohl aufgelockert. Man darf annehmen, daß die Massenbewegungen nicht nur in den oberen Schichten, sondern auch im aufgelockerten Felsuntergrund stattfinden.

Nachdem nun das Gesamtgebiet der Massenbewegungen beschrieben wurde, wenden wir uns den einzelnen Regionen zu.

4. Die Bergzerreißung

Die Bergzerreißung befindet sich am Kamm des beschriebenen Massenbewegungsgebietes. Sie zieht sich von etwas nördlich des Brentling bis zum Archenkopf und äußert sich im Vorhandensein von gewaltigen Zugrissen.

Ein Plan der Gegend wurde schon von der Geologischen Bundesanstalt durch Herrn Vizedirektor Dr. T. GATTINGER aufgenommen, in welchem auch die mit der Bergzerreißung im Zusammenhang stehenden Hauptstörungen eingetragen waren. Der Plan wurde durch eigene Beobachtungen von uns ergänzt; der uns betreffende Ausschnitt davon ist hier in Abb. 15 gezeigt.

Die Bergzerreißung äußert sich in erster Linie durch das Vorhandensein von subparallelen Gräben und Kämmen, die den „Grat" bilden. Abbildung 16 zeigt einen derartigen „Grat-Graben"; gelegentlich sind derartige Gräben mit Wasser gefüllt, so daß sich ein See bildet (Abb. 17).

An Aufschlüssen beim Archenkopf wurden Kluftrichtungen gemessen. Das resultierende Kluftdichtdiagramm ist in Abbildung 18 gezeigt.

Um die oben beschriebene Morphologie genauer festzulegen, wurden auch Messungen durchgeführt.

Das Streichen der in Abb. 16 sichtbaren (aufgenommen von dem durch einen Stern im Plan [Abb. 15] bezeichneten Übersichtspunkt auf 2050 m Höhe) Bergzerreißungsgräben wurde mit einem Kompaß eingemessen. Es ergab sich das in Abb. 19 gezeigte Richtungsdiagramm.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

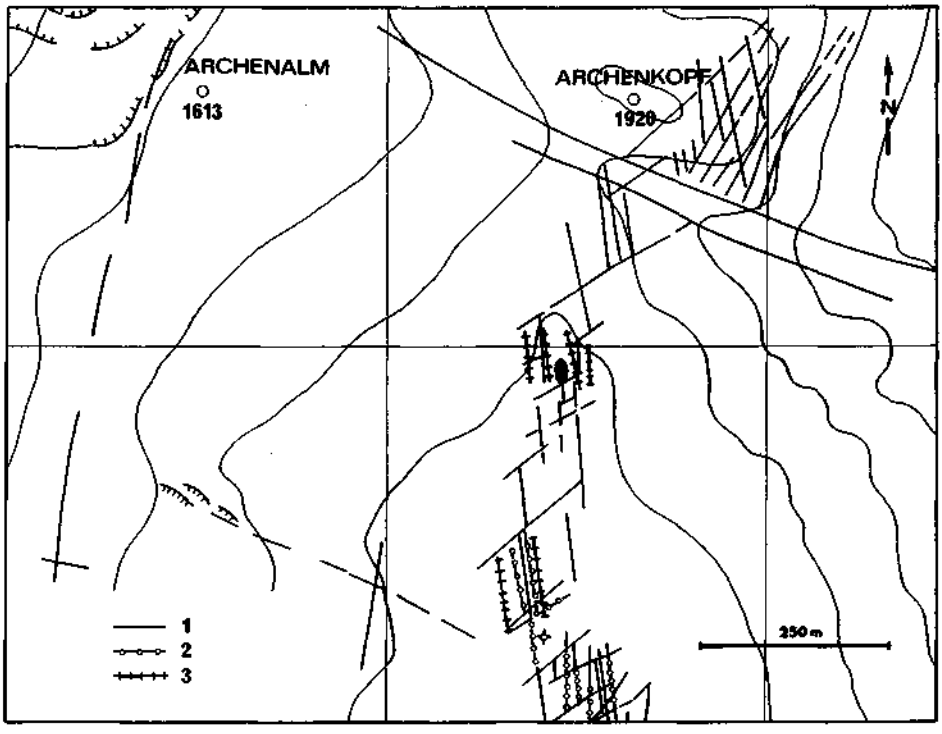

Abb. 15. Lageplan der Bergzerreißungen im Felbertal (modifiziert nach GATTINGER)

Die Richtung der Bergzerreißungsspalten in der Umgebung des Sees wurden mit einem Kompaß abgeschätzt. Das resultierende Lagediagramm der Spalten ist in Abb. 20 gezeigt.

5. Das Kriechgebiet

Das Kriechgebiet erstreckt sich vom Kamm des Gebirgszuges (wo sich die oben beschriebene Gebirgszerreißung befindet) bis zum Abriß der Plaike auf ca. 1580 m. In der Fortsetzung der Plaike hangaufwärts trifft man auf eine Scharte auf etwa 1800 m Höhe. Die mit der Plaike verbundene Störung tritt offensichtlich auch in der Scharte zutage. Eine Verbindung des Nordrands der Plaike mit der Scharte ergibt eine Streichrichtung von ca. N 65° W.

Vom Plaikenabriß aufwärts bis zu einer variierenden Höhe (Maximum 1730 m) ist das Land Wiese, darüber bis zum Kamm ist es von Wald bedeckt.

Im Waldgebiet sieht man überall Spuren von Massenbewegungen. Nicht nur ist der Wald mit Blöcken durchsät, die auf gelegentlich herunterfallende Steine hindeuten, sondern die Bäume zeigen typischen krummen „Rutschungswuchs", der auf Kriechen des Schuttmantels hindeutet.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 16. Bergzerreißungsgraben am Grat

Abb. 17. Bergzerreißungssee am Grat

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Das „kriechende" Weidgebiet ist in der von uns tachymetrisch detailliert vermessenen Karte (Abb. 10) enthalten. Man erkennt darauf in der Fallrichtung eine Folge von Buckelzügen.

Die „Buckelfolgen" scheinen für ein Kriechgebiet charakteristisch zu sein. Die größeren davon scheinen, wie bemerkt, in der tachymetrischen Karte auf; die kleineren werden leider darin nicht erfaßt. Die Buckel, die man beim Betrachten des Geländes sieht (Abb. 21), erscheinen als „Sackungswülste". In das feine Schuttmaterial eingebettete Felsblöcke schauen dabei oft mit der Spitze aus den

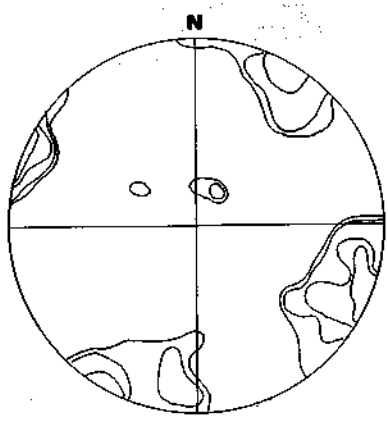

Abb. 18. Dichtediagramm der Kluftmessungen an der Ostwand des Archenkopfes (1—3—6—10%; 65 K)

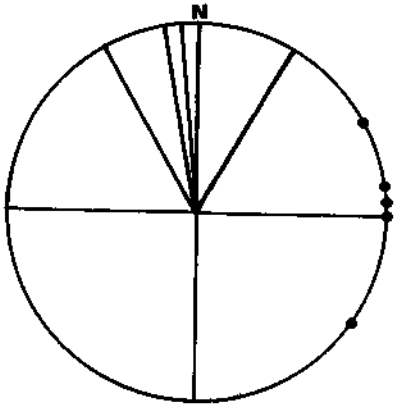

Abb. 19

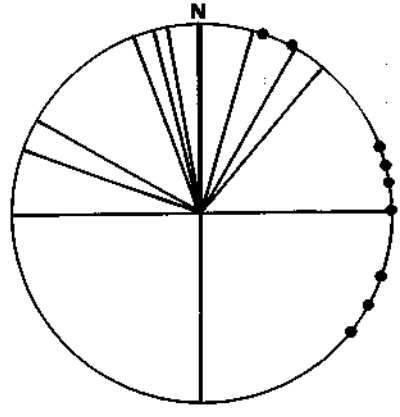

Abb. 20

Abb. 19. Streichen der Bergzerreißungsspalten, die vom Übersichtspunkt (in Abbildung 15 mit einem Stern gekennzeichnet) auf 2050 m Höhe sichtbar sind. • Pole dazu.

Abb. 20. Streichen der Bergzerreißungsrisse in der Umgebung des Sees

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

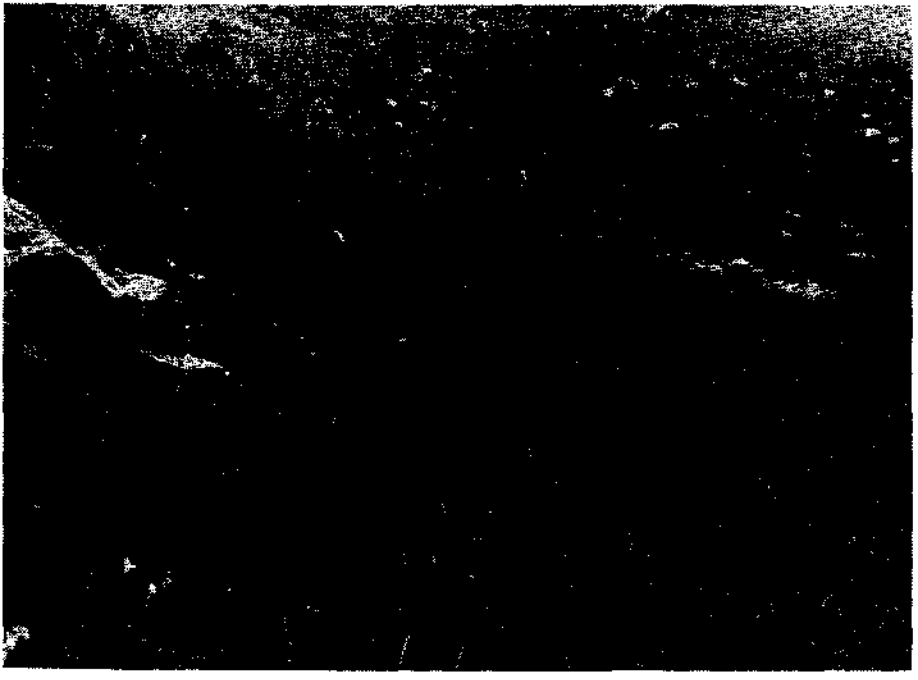

Abb. 21. Sackungswülste im Kriechgebiet

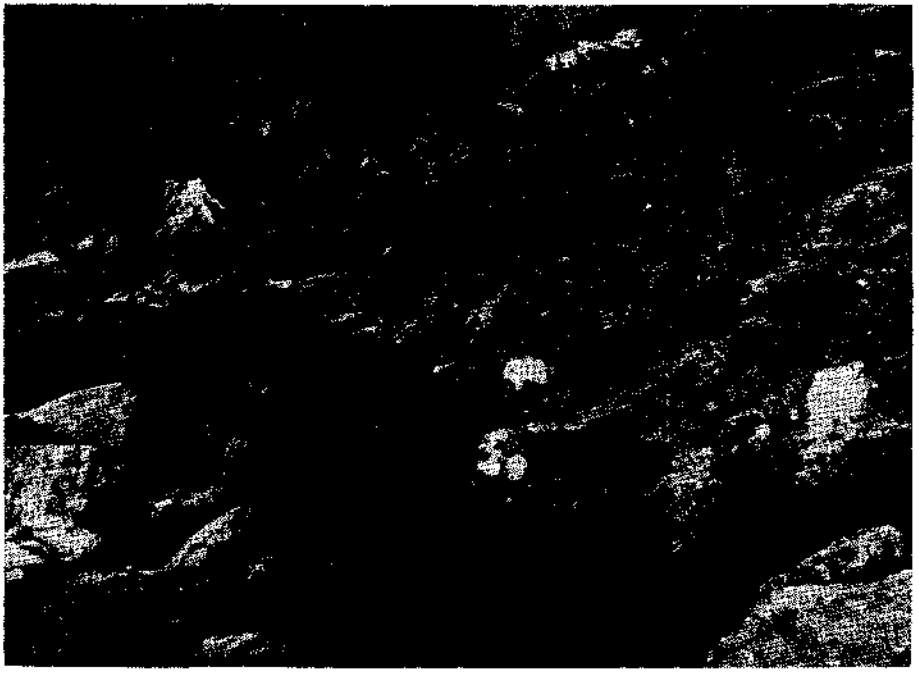

Abb. 22. Aus dem Kriechstrom herausschauende Felsblöcke

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Wülsten heraus (Abb. 22). Überall findet man kleine Abrißmulden; der „Buckel" ist dabei der untere, aufgewulstete Teil des Abrisses.

Das Rutschgebiet ist von mehreren subparallelen Scherflächen, die im Gelände als N 82° W, also ungefähr in der Fall-Linie, streichend eingemessen wurden, durchsetzt (Abb. 23). Die wichtigste davon, eine seitliche Anrißfläche, wurde auch tachymetrisch aufgenommen und ist in der Karte in Abb. 10 dargestellt.

6. Der Abriß

Auf einer Höhe von ungefähr 1600 m im Rutschgebiet befindet sich ein Abriß, wo das Kriechen durch den eigentlichen Bergrutsch vom Mai 1965 abgelöst wurde. Die Morphologie der resultierenden Plaike kann wie folgt beschrieben werden.

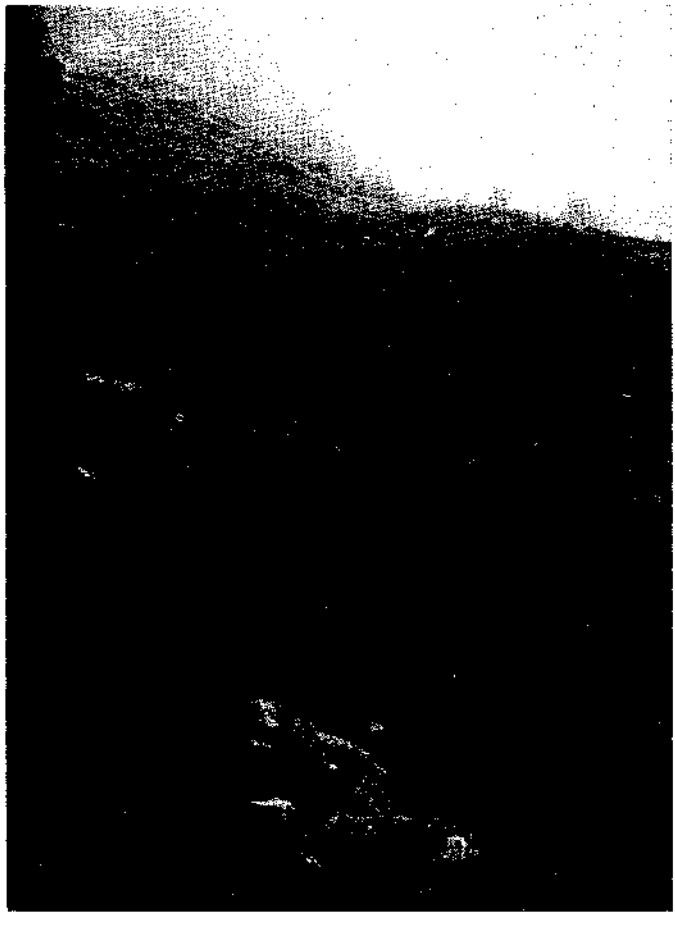

Abb. 23. Scherflächen im Kriechgebiet

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Im oberen Teil ist die Plaike durch den Anriß des Absturzes begrenzt, der sich als eine gewellte Linie hinzieht. Ein typisches Bild davon ist in Abb. 24 gezeigt. Die Nordseite der Plaike wird zum Teil durch eine Felswand gebildet (Abb. 25), die ungefähr N 68° W (im Feld gemessen) streicht und bei K eine Nase bildet. Kluftmessungen in dieser Wand bei Punkt K ergaben das in Abb. 26 gezeigte Bild, worin auch der Pol der Streichrichtung der Felswand eingetragen ist. Die südliche Begrenzung der Plaike ist durch versetzte Abrisse gegeben, wie sie in Abb. 2 erkennbar sind.

Die Plaike selbst zeigt den Aspekt einer Reihe von Sackungen. Die Sackungsstruktur der Plaike ist auch in der Morphologie des Schuttes zu erkennen. Es finden sich Schuttzungenterrassen, die von unten nach oben gradiert sind (unten: größere Blöcke als oben; siehe Abb. 27). Zwei dieser Schuttzungen wurden genauer untersucht. Die erste (Apex bei Z 1 in Abb. 10) befindet sich gerade unterhalb des Abrisses. Sie ist rund 11,5 m lang und hat eine größte Weite von 7 m im unteren Drittel. Die mittleren Korngrößendurchmesser sind in Tabelle 1 gezeigt.

Tab. 1. Korngrößen in der oberen Zunge

Apex	erdig
5,5 m darunter	7,0 cm
8,0 m darunter	15,0 cm
11,5 m darunter (Basis)	38,5 cm

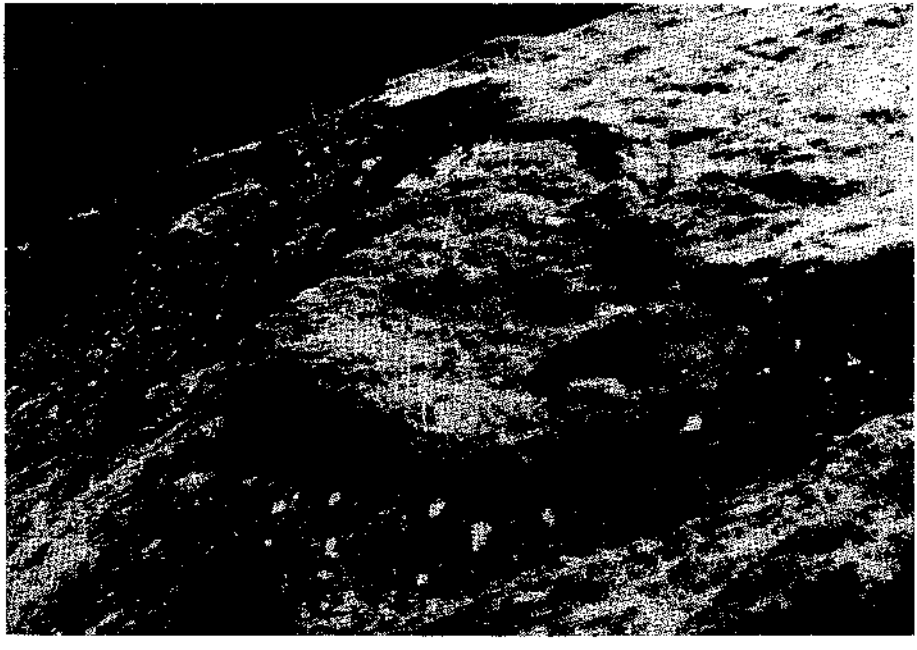

Abb. 24. Anriß der Plaike

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die zweite Zunge hat ihren Apex bei Z 2; sie ist 8,5 m lang und hat eine größte Weite von 5,5 m im unteren Drittel. Die Materialverteilung ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2. Korngrößen in der unteren Zunge

Apex	erdig
2,5 m darunter	4,3 cm
6,0 m darunter	10,4 cm
8,5 m darunter (Basis)	29,6 cm

Die Materialgrößen wurden durch die Abschätzung von größtem, kleinstem und mittlerem Durchmesser, Bildung der Kubikwurzel aus dem Tripel-Produkt und schließlich Mittelung gewonnen. Die angegebenen Größen beziehen sich auf Oberflächenmaterial; kleine Stücke befinden sich in den Löchern zwischen den oberflächlichen.

Abb. 25. Felswand als seitliche Begrenzung der Plaike

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

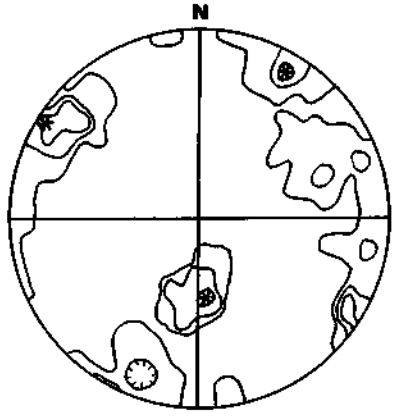

Abb. 26. Dichtediagramm der Kluftrichtungen an der Felswand von Abb. 25 (2, 4, 6%; 75 K)

Abb. 27. Obere Schuttzunge

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Nicht alle „Terrassen" bieten den Anblick einer Sturz-Zunge. Größere gefallene Blöcke mögen auch eine Streuwirkung ausgeübt haben, so daß sich „Nester" von größeren Stücken bildeten. Ein solches „Nest" ist in Abb. 28 (Punkt N) gezeigt. Die mittlere Stückgröße (Durchmesser) darin wurde zu 50,0 cm bestimmt.

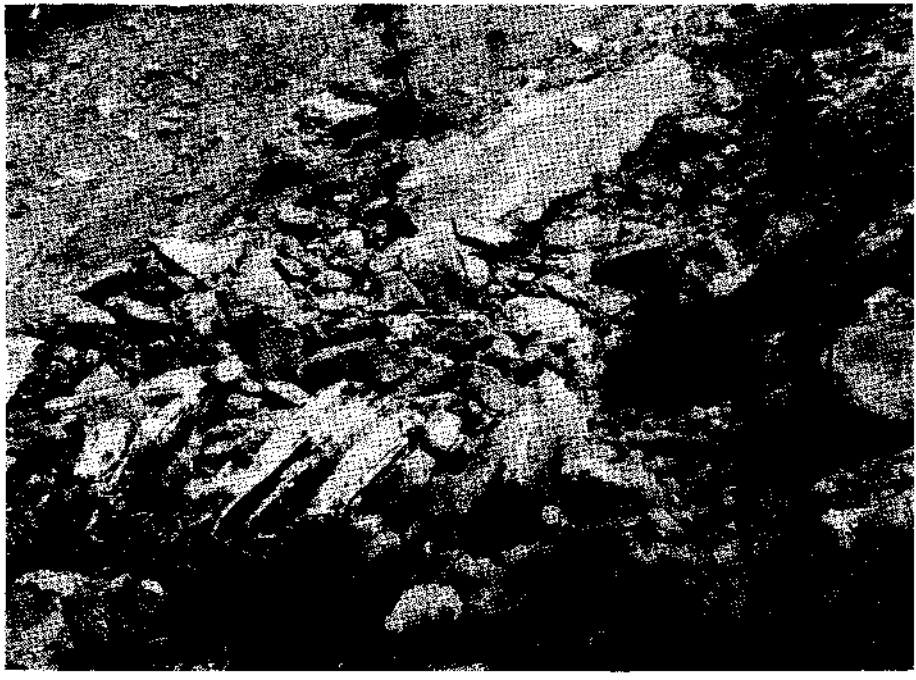

Abb. 28. Durch Stauung verursachtes Blocknest

7. Zur Mechanik der Bewegungen

Es mag in Ordnung sein, noch einige Überlegungen zur Mechanik der untersuchten Massenbewegungen zu machen.

Es hat schon Herr Dr. T. GATTINGER von der Geologischen Bundesanstalt die Vermutung geäußert (persönliche Mitteilung), daß die Bergzerreißung am Kamm Brentling-Archenkopf, die Rutschung und die Plaike mechanisch zusammenhängen. Es liegt daher nahe zu untersuchen, ob ein mechanisches Bewegungsschema aufgestellt werden kann, welches alle betrachteten Erscheinungen umfassen würde.

Die schon aufgezeigten Messungen wurden noch durch einige Kluftmessungen in Aufschlüssen einer neuen Straße vom Hintersse zum Brentling (auf der Karte in Abb. 1 noch nicht eingetragen) ergänzt. Das Resultat ist in Abb. 29 gezeigt. Messungen wurden auch in einem Stollen auf der orographisch linken Talseite beim Tauernhaus durch Herrn LAHODYNSKY gemacht. Das Resultat ist in Abb. 30 gezeigt. Man wird nun die verschiedenen Beanspruchungsdiagramme miteinander vergleichen. Zur leichteren Erfaßbarkeit wurden die Streichrichtungen der Berg-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

zerreißungsgräben von Abb. 19 und 20 zusammengefaßt und durch die entsprechenden Pole in Abb. 31 ausgedrückt. Die Pole der „Archenkopfstörung" (Störung, die die Archenscharte mit dem Plaikennordrand verbindet) und der Scherflächen im Rutschgebiet wurden auch noch in die Abb. 31 eingetragen. Gleichfalls wurden alle Polmaxima der Abb. 26, 29 und 30 in die Abb. 31 eingetragen. Eine Betrachtung von Abb. 31 ergibt, daß eine Häufung von Polen (von Klüften und Flächen) bei N 30° E/90°, sowie bei S 60° E/90° besteht. Diese Häufungen würden steil einfallenden Bruchflächen, die N 30° E und N 60° W streichen, entsprechen. Nach der Mohr-Andersonschen-Bruchtheorie würden diese durch horizontale Hauptspannungen in Richtung N 75° E und in Richtung N 15° W hervorgerufen.

Die Bergzerreißungserscheinungen zeigen auch eine Häufung von Polen bei N 80° E/90°. Diese entsprechen steil einfallenden Bruchflächen, die N 10° W streichen, was ungefähr normal (Diskrepanz 5°) zur einen Hauptspannungsrichtung ist. Man könnte daher die entsprechende Hauptspannungsrichtung als größte Zugspannungsrichtung (T) interpretieren und die dazugehörigen Bergzerreißungen als Zerrungen. Eine größte Druckspannung (P) in der generellen N-S-Richtung würde auch den allgemeinen Vorstellungen über den Beanspruchungsplan in den Alpen entsprechen.

Es ist somit klar, daß die Vorzeichnung der Massenbewegungen durch die Tektonik geschieht. Das Material selbst bis in den (aufgelockerten) Felsuntergrund ist Kriechbewegungen unterworfen, welche zu einer gewellten Buckellandschaft am Hang führen. Wenn die Buckelböschungen wegen Überhöhung unstabil werden, ereignen sich Abrisse; — mehrere davon konnten am Hang erkannt werden; der letzte fand im untersuchten Gebiet im Jahre 1965 statt. Die Stabilitätsgrenze ist durch die normalen Böschungsstabilitätsbedingungen gegeben; die Stabilität wird besonders klein, wenn der Porenwasserdruck hoch ist, was vor allem nach ergiebigen Regenfällen der Fall ist. Es lassen sich dadurch auch die beim letzten Abbruch von Augenzeugen beobachteten hydrologischen Erscheinungen verstehen. Leider ist nicht genug Information über die Zustände unmittelbar vor und während des letzten Abrisses vorhanden, um eine numerische Abschätzung der einschlägigen Parameter machen zu können.

Dank

Die Feldarbeiten, über die in der vorliegenden Arbeit berichtet wird, wurden im Rahmen des österreichischen Beitrages zum Internationalen Geodynamik Projekt durchgeführt. Für die dabei von der Geodynamik-Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften unter dem Vorsitz von Professor F. STEINHAUSER den Verfassern gewährte Unterstützung sind dieselben äußerst dankbar.

Die Vervielfältigung der Abbildungen 1, 3, 4, 5 und 6 erfolgt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien; G. Z. L 60.220/75. Abb. 6 stammt aus der Gesamtbefliegung der österreichischen Gletscher im Jahre 1969, ausgeführt vom Bundesamt für Eich- und Ver-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

messungswesen im Auftrag des Österreichischen Nationalkomitees für die Internationale Hydrologische Dekade.

Die Autoren sind der Scheelit-Bergbau Mittersill Ges. m. b. H. (Metallgesellschaft AG, Frankfurt) für die durch ihren Herrn Dr. H. WESTENBERGER erwirkte

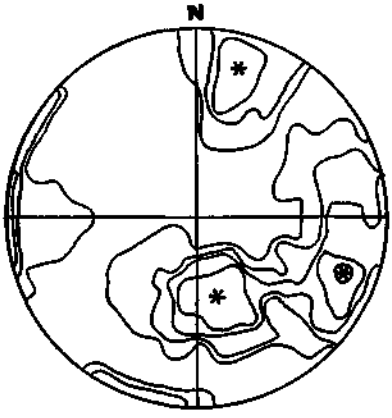

Abb. 29

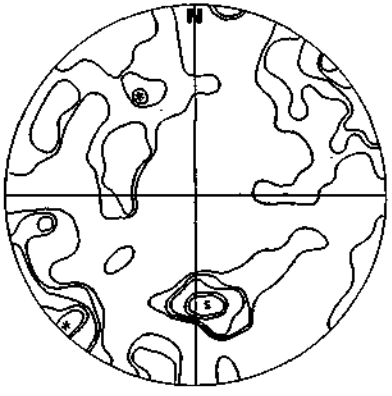

Abb. 30

Abb. 29. Dichtediagramm von Kluftmessungen an der Brentlingstraße. 16 K; 1, 2, 3, 4, 5%

Abb. 30. Dichtediagramm der Kluftmessungen in einem Stollen auf der Westseite des Felbertales. 175 K; 1—5%

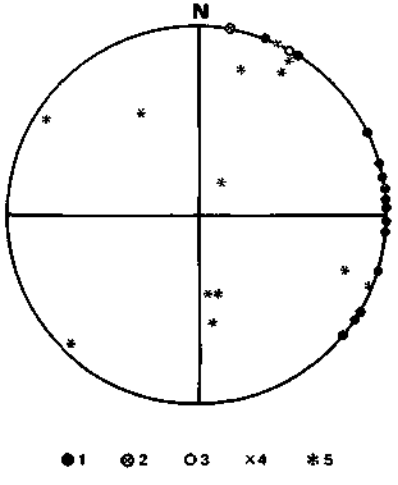

Abb. 31.

1 Pole der Streichrichtungen der Bergzerreißungen
2 Pol der Scherflächen im Rutschgebiet
3 Pol der Archenkopf-Störung
4 Pol der Streichrichtung der Felswand
5 Pol Maxima der Kluftdiagramme

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Erlaubnis zur Befahrung der Betriebsstraße auf der rechten Seite des Felbertales und zur Begehung des Stollens auf der linken Talseite sehr verbunden.

Herr R. LAHODYNSKY trug wesentlich zur Erfassung der Geologie und der Kluftlagen in der untersuchten Gegend bei.

Herr Vizedirektor Dr. GATTINGER von der Geologischen Bundesanstalt trug die Grundlage des in Fig. 15 gezeigten Planes, sowie die Idee, daß alle betrachteten Erscheinungen der Ausdruck e i n e s Spannungsschemas sein könnten, bei. Er vermittelte auch die Veröffentlichung der Arbeit in den Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien, wofür ihm hier der herzlichste Dank ausgesprochen sei.

Die vorliegende Arbeit wurde mit Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des österreichischen Beitrages zum Internationalen Geodynamischen Projekt gedruckt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 1975

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

Artikel/Article: Geomechanische Untersuchungen in einem Rutschungsgebiet im Felbertal in Österreich 305-330