



Das Naßfeld in Kärnten – geotechnisch betrachtet

Von MICHAEL MOSER & ULRICH GLAWE*)

Mit 21 Abbildungen und 3 Tabellen

*Kärnten
Naßfeld
Geotechnik
Großhangbewegungen**Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 198*

Inhalt

Zusammenfassung	319
Abstract	319
1. Einleitung	320
2. Übersicht über die Großhangbewegungen	320
3. Talzus Schub Reppwand-Gleitung	322
3.1. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse der gesamten Talzuschubsmasse	323
3.2. Der Bewegungsablauf an der Talzuschubsstirn	324
3.2.1. Die Bewegungsgeschwindigkeit	324
3.2.2. Der räumliche Bewegungsvektor	327
4. Talzus Schub Schlanitzenalm-Gleitung	331
5. Die Bergerzreißung Treßdorfer Höhe	333
5.1. Allgemeines	333
5.2. Lage und geologisch-geotechnische Situation	334
5.3. Die Kinematik der Blockzüge und des Blockfeldes	335
5.4. Die Blockkinematik an der konvexen Hangkante am talseitigen Rand des Blockfeldes	336
6. Zusammenfassung der Ergebnisse, Schlußfolgerung	338
Dank	340
Literatur	340

Zusammenfassung

Aufgrund geologischer und hydrographischer Gegebenheiten stellt das Naßfeld/Kärnten eine äußerst sensible Region hinsichtlich der Entstehung von Großhangbewegungen dar. Diese Situation wird noch durch eine seit Ende der 70er Jahre verstärkt einsetzende Bautätigkeit verschärft. Die Großhangbewegungen reichen von ausgedehnten und tiefgreifenden Talzuschüben mit verschiedenen Aktivitätsgraden (Talzus Schub Reppwand-Gleitung, Schlanitzenalm-Gleitung) bis hin zu großen Bergerzreißungen (Troglkofel, Treßdorfer Höhe). Die Talzuschubsbereiche sind an die Naßfeldschichten (i.S. v. KAHLER & PREY, 1963), einer Wechsellagerung inkompetenter und kompetenter Serien gebunden, wobei aber durch langandauernde, großräumige Kriech- und Gleitprozesse eine weitgehende Durchmischung stattgefunden hat. Die quantitativen Untersuchungen an der Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung zeigen hinsichtlich der Bewegungscharakteristik ein sehr heterogenes Bild. Dies wird besonders von der Bewegungsgeschwindigkeit verdeutlicht, die von einigen cm/Jahr bis zu 1 m/Jahr reicht. Die näher untersuchte Bergerzreißung Treßdorfer Höhe ist an die geotechnische Konstellation „Geringmächtige, duktil reagierende Gleitzone (klastische Abfolge der Unteren Pseudoschwagerinen Schichten) – spröde Deckplatte (kompetente, karbonatische Abfolge)“ gebunden. Durch detaillierte meßtechnische Untersuchungen konnten Aussagen zur Kinematik des gesamten Bergerzreißungsfeldes gemacht werden und im speziellen das Bewegungsverhalten an der Front eines solchen Bergerzreißungsfeldes aufgelöst werden.

The Naßfeld in Carinthia: A Geotechnical View

Abstract

The investigations were carried out in the catchment area of Oselitzenbach torrent/Carinthia, Austria. The region is affected of numerous slope movements of which the two sagging slopes (Reppwand-Gleitung, Schlanitzenalm-Gleitung) and mountain splitting area of Treßdorfer Höhe are the most important. The Reppwand-Gleitung and the Schlanitzenalm-Gleitung are predominantly built up by the Auernig beds of the Carnic Alps. Especially the toe zone of the Reppwand-Gleitung is responsible for active toe zone slumps and for devastating debris flows during sustained regional rainstorms destroying also the Naßfeldbundesstraße.

By detailed engineering geological survey the principal zones of displacement and the nature of bedrock failures along the toe zone of the sagging mass of the Reppwand-Gleitung could be detected. Furthermore the structural units could be delineated on the basis of homogeneity of the characteristics of the slope movements in the whole area. Additional geotechnical measurements provided informations about shear surfaces, active head scarps, displacement vectors and the relationship between slope movement and rainfall intensity.

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. MICHAEL MOSER, Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Schloßgarten 5, D-91054 Erlangen; Dr. ULRICH GLAWE, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestraße 36, CH-8034 Zürich.

The further detailed expositions refer to the area of mountain splitting called Treßdorfer Höhe (Carinthia, Austria). The western slope of the Treßdorfer Höhe shows the final stage of the disintegration of an inclined, tens of metres thick, limestone slab resting upon a mixed-layered basement of weak clastic and brittle carbonatic sequences. An area of extensive "block-type slope movements" can be subdivided into an area where rock is in place, a so-called "rifting-zone" and a "block-field" which is separated from a "debris plane" by a significant convex slope edge.

The graphs of deformation which were determined by continuous gaugings show an overlying of an apparently steady rock movement inclusive phases of acceleration, which correlate directly with the starting and intensity of precipitation.

The aim of the studies reported in this paper was to be able to predict such slope instabilities and hence minimise their impact. However, although failure mechanics were well understood, the complex geotechnical situation meant in general, that the large scale landslides cannot currently be predicted theoretically and the best protection from large scale slope instabilities is comprehensive geotechnical monitoring.

1. Einleitung

Ein Aufsatz über das Naßfeldgebiet als Beitrag in einer Festschrift für Herrn Prof. Dr. E. Flügel stellt möglicherweise ein Wagnis dar, da in 30 Jahren unter der Führung von Herrn Flügel über die Karnischen Alpen ein ungeheuer reiches, wissenschaftliches, paläontologisches Material erarbeitet worden ist. Aus der Fülle sei hier nur auf die Aufnahmearbeiten Anfang der 60er Jahre über allgemeine fazielle und stratigraphische Untersuchungen bis hin zu speziellen Fragestellungen, wie der reef-mound-Entstehung (FLÜGEL, 1987), hingewiesen.

Auch bezüglich anderer geowissenschaftlicher Aspekte besteht ein ausgezeichneter Wissensstand, da seit etwa 100 Jahren das Naßfeld als Musterbeispiel geologischer und stratigraphischer Forschungen angesehen werden muß.

Ein Aspekt, der aber nur geringe wissenschaftliche Aufmerksamkeit und auch publizistischen Niederschlag gefunden hat, ist die Bearbeitung des Naßfeldes aus geotechnischer Sicht. Im speziellen kann man das Naßfeld als „Spielwiese“ des Geotechnikers hinsichtlich der verschiedensten Massenbewegungen ansehen. Dies trifft vor allem auf die vielfältigen Arten von Großhangbewegungen zu. Die wenigen Beobachtungen und Untersuchungen sind vor allem mit den Namen FELSER, KAHLER, PREY und SCHÖNLAUB verknüpft. Hier muß besonders auf die Erläuterungen der Geologische Karte 1 : 25.000 des Naßfeldes von KAHLER & PREY (1963) hingewiesen werden, wo in vorbildlicher Weise bereits die hangtektonischen Elemente der verschiedenen Großhangbewegungen dargestellt wurden. Auch SCHÖNLAUB (1987) trägt in der Geologischen Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Blatt 198 Weißbriach, diesem Umstand Rechnung, indem kartographisch entsprechend dem Maßstab eine zielführende Darstellung der Großhangbewegungen erfolgte.

Ausgangspunkt für neuere, besonders quantitative Untersuchungen war die weitgehende Zerstörung der Naßfeldbundesstraße an der Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung im Jahre 1983 und ein neues, großzügig angelegtes Verbauungsprojekt des Oselitzenbaches durch den Forsttechnischen Dienst, Sektion Kärnten (SKOLAUT, 1985).

2. Übersicht über die Großhangbewegungen

Das ca. 28 km² große Einzugsgebiet des Oselitzenbaches wird von mehreren Großhangbewegungen beherrscht (insgesamt ca. 8 km²), von denen besonders die Talzuschübe Reppwand-Gleitung und Schlanitzenalm-Gleitung sowie die Bergzerreißung Treßdorfer Höhe hervorzuheben sind. Kleinere z.T. beruhigte Großhangbewegungen sind im Hinteren Rudniggraben der Tomritsch-Zu-

schub und der Madritschen-Zuschub (s. Abb. 1). Bergzerreiungsphänomene, nicht näher bearbeitet, finden sich auch am Trogkofel, am Zweikofel und am Reppwandpfeiler. Die Art und Dynamik der genannten Großhangbewegungen sind eng mit den geologisch-geotechnischen Bedingungen des Schichtverbandes und den hydrographischen Verhältnissen verknüpft. In diesem Zusammenhang sind besonders die Auernig-Schichten und die Rattendorfer Schichten zu nennen, die weite Bereiche der Talzuschubsmassen Reppwand-Gleitung und Schlanitzenalm-Gleitung einnehmen (s. Abb. 2). Der ursprüngliche Schichtverband der oberkarbonen Auernig-Schichten, welcher aus einem regelmäßigen Wechsel von Karbonaten mit klastischen Gesteinen besteht, wurde in diesen Bereichen intensiv gestört. Diese weitgehend hangtektonisch bedingte Gebirgszerlegung kann so weit gehen, daß eine stratigraphische Untergliederung in Auernig-Schichten und Rattendorfer Schichten nicht mehr sinnvoll ist. Diesen Umstand berücksichtigten schon KAHLER & PREY (1963), in dem sie bezüglich dieser Gesteine innerhalb der Talzuschubsmasse von Naßfeldschichten sprechen.

Je nach Position innerhalb des mobilen Gebirgskörpers, nach Entwicklungsstand des Zerlegungs- und Bewegungsprozesses sowie Lage der bewegten Massen zu einem erodierenden Gewässer, können die Naßfeldschichten innerhalb der großen Talzuschubsmassen in folgender Ausbildung beobachtet werden:

- ◆ **Weitgehend noch im Verband befindliches Gebirge**
Hier kann noch die für das Naßfeldgebiet typische Wechselfolge von Tonschiefern, Sandsteinen und Konglomeraten beobachtet werden. Durch Kriechversuche (STREIT, 1988) konnte festgestellt werden, daß innerhalb der Wechselfolge stark verwitterte schwarze Tonschiefer das schwächste Glied darstellen, die als schwach bindiges Lockergestein vorliegen und als cm-bis dm-dicke Lagen in den übrigen Gebirgsverband eingelagert sind. Für diese Anordnung mit 1–4 mm dicken Zwischenschichten wurden Restreibungswinkel von ca. 14° bis 15° ermittelt. Die „Sandwich-Anordnung“ wird bei den untersuchten Talflanken (Reppwand-Gleitung, Schlanitzenalm-Gleitung) besonders im Anfangsstadium als sinnvolles geomechanisches Vergleichsmodell innerhalb der Naßfeldschichten angesehen.
- ◆ **Grobblockschutthalden mit erheblichem Feinanteil**
Bei fortschreitender Zerlegung des Gebirges kommt es zur Ausbildung von Grobblockschutthalden, die einen erheblichen Feinanteil aufweisen. Dieser tonig bis kiesige Kornanteil ist als das Produkt sowohl der erosiven und hangtektonischen Zerstörung von Tonschiefern und Sandsteinen als auch der an engständige Trennflächen gebundenen Zerlegung der Quarzkonglomerate und Karbonate anzusehen. Der blockige Anteil stellt die Überbleibsel mächtigerer Quarzkonglomerat-, Sandstein- und Karbonatbänke dar.

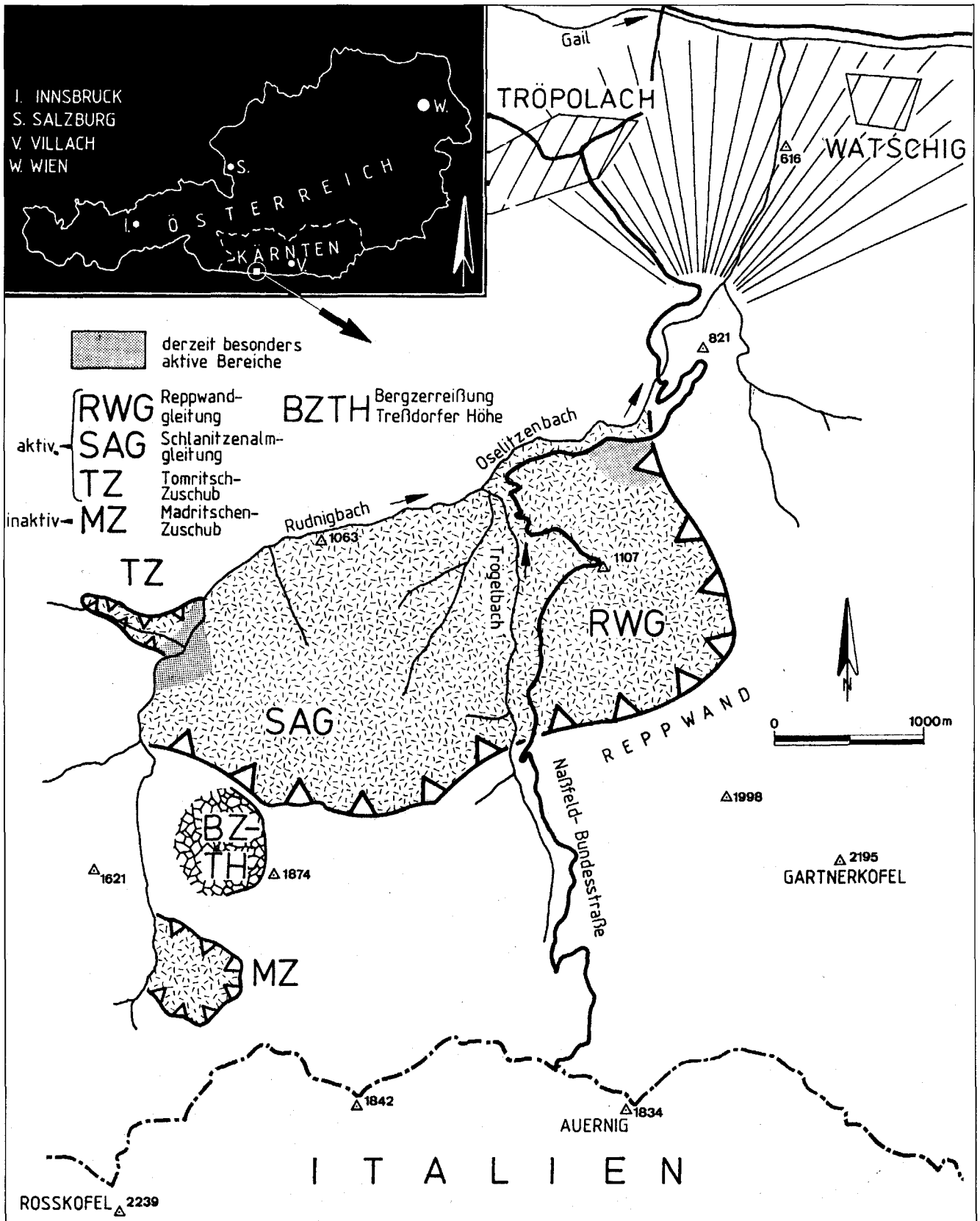


Abb. 1. Schemaskizze der wichtigsten Großhangbewegungen des Naßfeldgebietes.

◆ „Feinkörnige Schutthalde“ der Talzuschubsstirnen
 Besonders in grabennahen Zonen der Schlanitzenalm-Gleitung und Reppwand-Gleitung, in denen größte Dislokationsbeträge, stärkste Deformationen und Auflockerungen das hangtektonische Geschehen be-

stimmen, sind Schuttbildungen mit überwiegend tonig-sandigen Komponenten charakteristisch. Der blockige Kornanteil ist unerheblich (<10 %). Oberflächlich ist der Feinanteil mitunter ausgewaschen. Eng verknüpft mit „feinkörnigen“ Schuttbildungen der Tal-

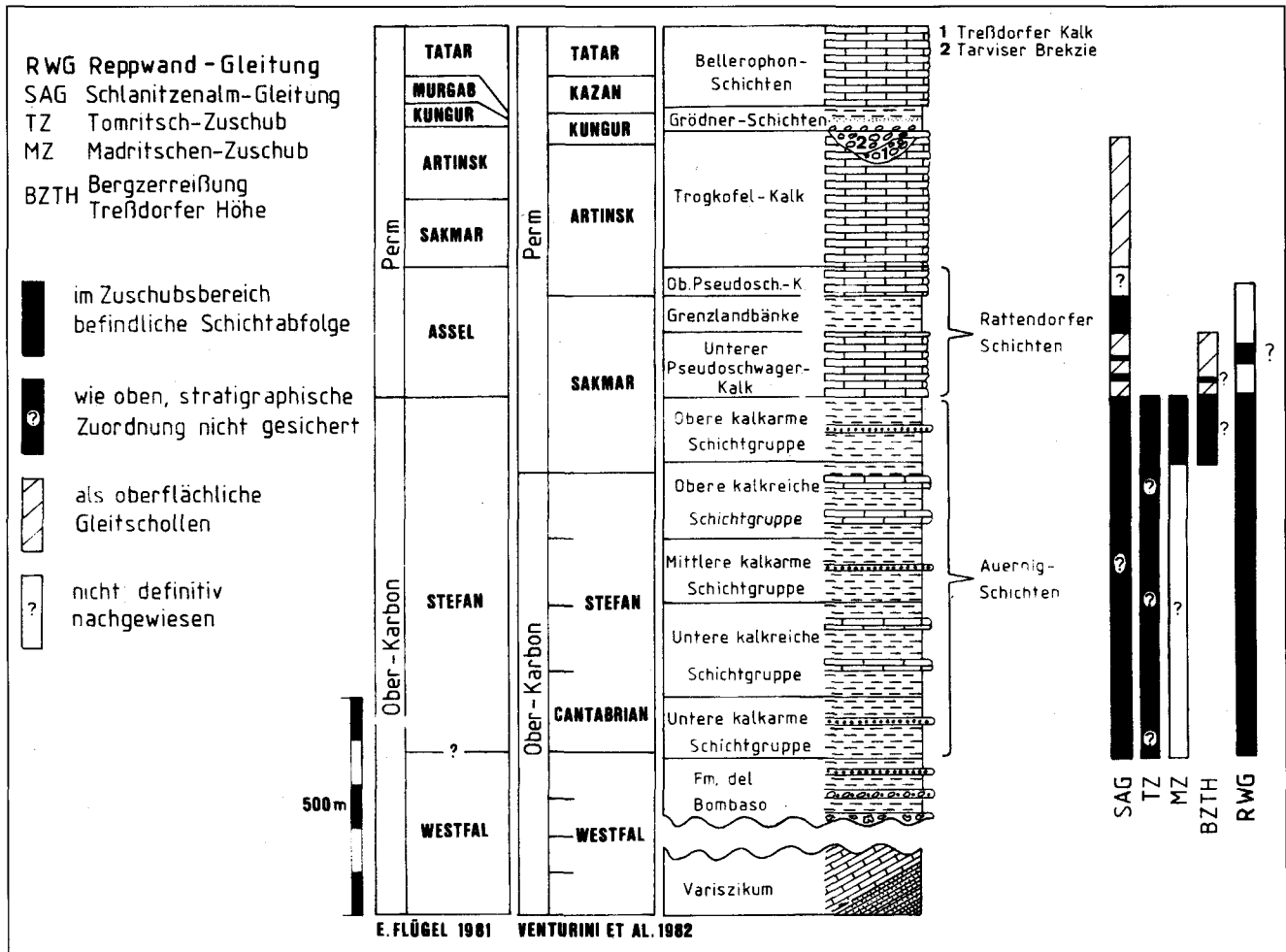


Abb. 2. Stratigraphische Zuordnung mit Säulenprofil und Mächtigkeitsmaßstab der oberkarbonen und permischen Schichtabfolge der Karnischen Alpen. Nach E. FLÜGEL, (1981) und VENTURINI et al. (1982). Vorkommen der einzelnen Schichtglieder in den Großhangbewegungen des Naßfeldgebietes.

zuschubsstirn sind mächtige Uferanbrüche, staffelförmig bergwärts greifende, flache Rotationsanbrüche und ein ständiger Abtransport des Feinmaterials in der Grabensohle.

Neben den geomechanischen Voraussetzungen (Wechselagerung von inkompetenten und kompetenten Gesteinsserien) sind im Naßfeldgebiet auch die hydrographischen Gegebenheiten für das Entstehen von Großhangbewegungen sehr förderlich.

Hohe jährliche Niederschlagssummen (ca. 2.500 mm) und extreme Zwei- bis Dreitagesniederschläge (bis zu 400 mm) bedingen nicht nur eine dauernde Durchfeuchtung sondern auch intensive Unterschneidungsvorgänge an den übersteilten Talzuschubsstirnen.

Der von Natur aus sensible geotechnische Charakter des Naßfeldgebietes wird zudem seit etwa 20 Jahren durch eine rege Bautätigkeit weiter verschärft, wobei besonders auf die weitflächigen Pistenanlagen hingewiesen werden muß.

Anlässlich der immer in gewissen Abständen wiederkehrenden Adriatiefs erfolgt auf diesen Flächen ein erhöhter Oberflächenabfluß, der auch trotz der seit 1985 eingeleiteten Maßnahmen in Form von zahlreichen, bis zu 8 m hohen Murbrechern und mächtigen Betonsperren in den Hauptgräben zu verstärkter Erosionstätigkeit führen wird.

3. Talzuschub Reppwand-Gleitung

Die Reppwand-Gleitung wird im W vom Tröglbach und im N vom Oselitzenbach sowie im NE von der Schlanitzenklamm begrenzt. Das Talzuschubsgebiet ist ca. 1,75 km lang und reicht im S bis an den Fuß der großen Anbruchsnische der Reppwand. Die Breite des Talzuschubes wächst von 1 km im unteren Bereich bis auf 1,5 km unterhalb der Reppwand. In seinem Ostteil besitzt er als Folge gehäuft auftretender und unterschiedlicher sekundärer Massenbewegungen eine sehr unruhige Morphologie, während der Westteil nur geringe Anzeichen derzeitiger Aktivität aufweist (s. Abb. 4).

In einem Längenschnitt können Position und Dimension der Reppwand-Gleitung nach den Vorstellungen von KAHLER & PREY entnommen werden (s. Abb. 3).

Nach der Hochwasserkatastrophe vom 10. und 11. September 1983 wurde ein Verbauungsprojekt für den Oselitzenbach von der Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Kärnten mit folgenden Zielen erstellt (SKOLAUT, 1985):

- Sicherung der Ortschaften Tröpolach und Watschig incl. der land- und forstwirtschaftlichen Flächen.
- Verhinderung des Geschiebeestoßes in die Gail und damit Sicherung der Vorfluterregulierung.
- Sicherung der Naßfeldbundesstraße zur Sommer- und Winterfremdenverkehrsregion Naßfeld-Sonnenalpe/Karnische Alpen und nach Pontebba/Italien.

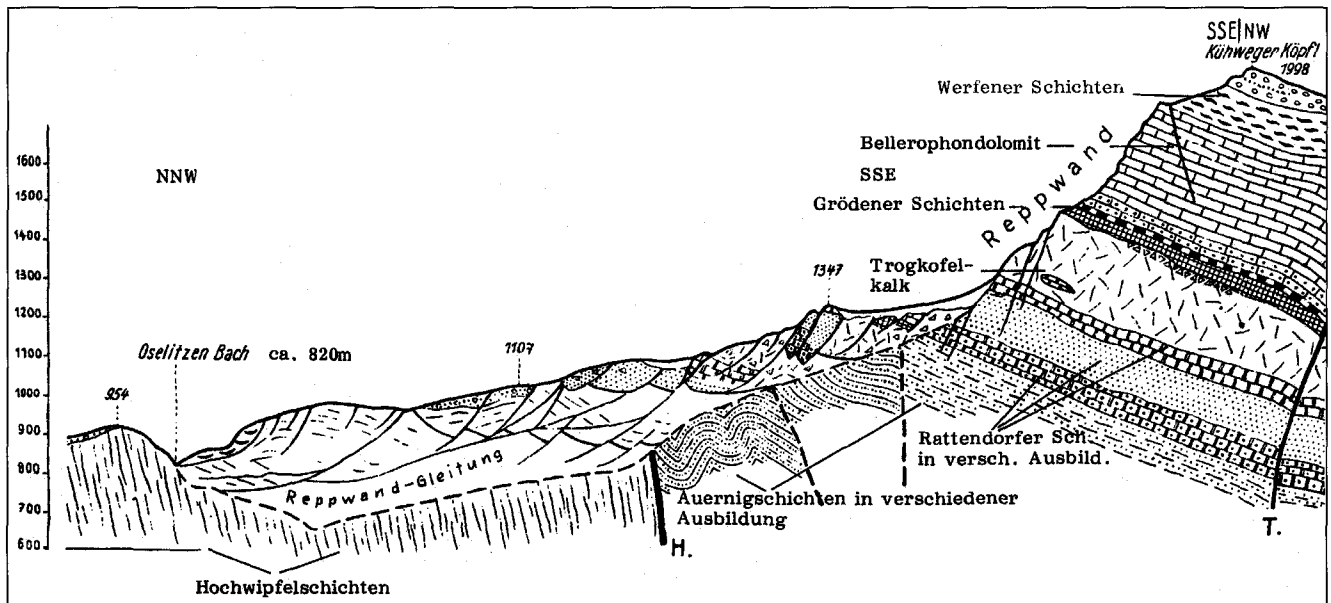


Abb. 3.
Längenschnitt über die Reppwand-Gleitung.
Modifiziert nach KAHLER & PREY (1963).

- Sicherung der Touristikeinrichtungen incl. Schilfte und Schipisten.

Die im Rahmen des Verbauprojektes durchgeführten geotechnischen Untersuchungen konzentrierten sich auf:

- Ingenieurgeologische Detailkartierungen und Profilaufnahme der Talzuschubsstirn und Erfassung der strukturellen Einheiten des gesamten Talzuschubskörpers. Diese Arbeiten dienen vor allem zur Festlegung des quantitativen Untersuchungsprogrammes.
- Markierungsversuch zur Festlegung der hydrogeologischen Bedingungen des Talzuschubs.
- Seismische Untersuchungen zur Erfassung des Tiefganges der Hangbewegung.
- Erfassung des Bewegungsablaufes an der Talzuschubsstirn mittels verschiedener Methoden.

Im Rahmen dieser Präsentation fokussieren wir unsere Aufmerksamkeit auf die ingenieurgeologischen Verhältnisse der gesamten Talzuschubsmasse und auf den Bewegungsablauf an der Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung.

3.1. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse der gesamten Talzuschubsmasse

Gemäß der Resultate unserer Aufnahmen lassen sich innerhalb des Gebietes der Reppwand-Gleitung folgende geotechnische Homogenbereiche differenzieren (s. Abb. 4):

- ① Zonen sehr starker Gebirgsauflösung der Naßfeldschichten bis hin zur Grobblockschutthalde mit tiefgreifenden und weitflächigen Muschelanbrüchen. Hauptverbreitungsgebiet: rechtsufrige Einhänge des Oselitzenbaches bis zur Naßfeldstraße, östlich des Quellenbaches auch ca. 100 Höhenmeter über die Naßfeldstraße hinausgreifend. Seit Ende 1988 wird unterhalb der Naßfeldstraße im Bereich des Quellenbaches diese Zone weitgehend durch die Fußschüttung verdeckt.

- ② Zonen von noch im Verband befindlichen Sandstein- und Kalksteinpartien, diese sind vielfach übersteilt und befinden sich im labilen Gleichgewicht. Hauptverbreitungsgebiet: rechtsufrige Einhänge des Oselitzenbaches von hm 30 bis hm 32.
- ③ Zonen mit deutlichen Kriecherscheinungen (visuell erkennbare Morphologieänderungen), Herausschieben des Gebirgsverbandes entlang vorwiegend schwach geneigter, basaler Scherflächen mit Bildung von oberflächlichen Nackentälern (Ausstrichen von Bewegungsbahnen); keine sekundären Anbrüche infolge des geringen Gefälles; Hauptverbreitungsgebiet: oberhalb der Zonen 1 und 2 bis Höhenlage 1.000 m.
- ④ Zonen mit zur Zeit wenig aktiven Bewegungsanzeichen; Hauptverbreitungsgebiet: westlich des Quellenbaches im Bereich der Naßfeldstraße.
- ⑤ Morphologisch stark gegliedertes Gelände im Bereich der beiden Bodenseen bis 1.200 m, gekennzeichnet durch Stufen und Versteilungen mit Sprunghöhen > 10 m, die im Zusammenhang mit dem Ausstreichen von Bewegungsbahnen entstanden sind (besonders markant das Südufer des kleinen Bodensees, welches von einer Steilstufe mit einem Höhenunterschied von ca. 30 m gebildet wird).
- ⑥ Zone mit Felssturzmaterial im m³-Bereich und größeren, zusammenhängenden Bergsturzkörpern im 10 m³- bis 100 m³-Bereich. Bei letzteren handelt es sich vorwiegend um Kalksteine der Trogkofel- und Rattendorfer Schichten, die oft sekundäre Anbrüche und dm-breite Spalten aufweisen. Der Bereich erstreckt sich von 1.300 m bis 1.400 m.
- ⑦ Zone mit Felssturzmaterial (max. 1 bis 2 m³), das unterhalb der Reppwand von großen, frischen Schuttfächern überschüttet wird (Bereich von 1.300 m bis 1.400 m).
- ⑧ Orographisch linke Einhänge des Oselitzenbaches, gebildet von verbandsfesten Tonschiefern der Hochwipfelschichten; von der Reppwandgleitung nicht mehr betroffen.

Abb. 4.
Strukturgeologische Einheiten im Bereich der Reppwand-Gleitung.
Erläuterung der einzelnen Zonen im Text.

Die genauen ingenieurgeologischen Detailkartierungen an der Talzuschubsstirn ergaben ein sehr heterogenes Bild hinsichtlich der Ausbildung des Schichtverbandes sowie der sekundären Massenbewegungen (s. Abb. 5).

3.2. Der Bewegungsablauf an der Talzuschubsstirn

Um den Bewegungsablauf besonders an der Talzuschubsstirn analysieren zu können, wurde ein Meßprogramm erstellt, (s. Abb. 6), das

- geodätische Vermessungen – flächen- und linienhaftes Erfassen der Hangbewegung (ebener und räumlicher Bewegungsvektor, Bewegungsgeschwindigkeit),
- Präzisionsdrahtextensometermessungen – kontinuierliche Erfassung der Hangbewegung in ausgesuchten Bereichen und
- Konvergenzmessungen – Untersuchung des Ablösemechanismus von Gleitschollen an der Talzuschubsstirn umfaßt.

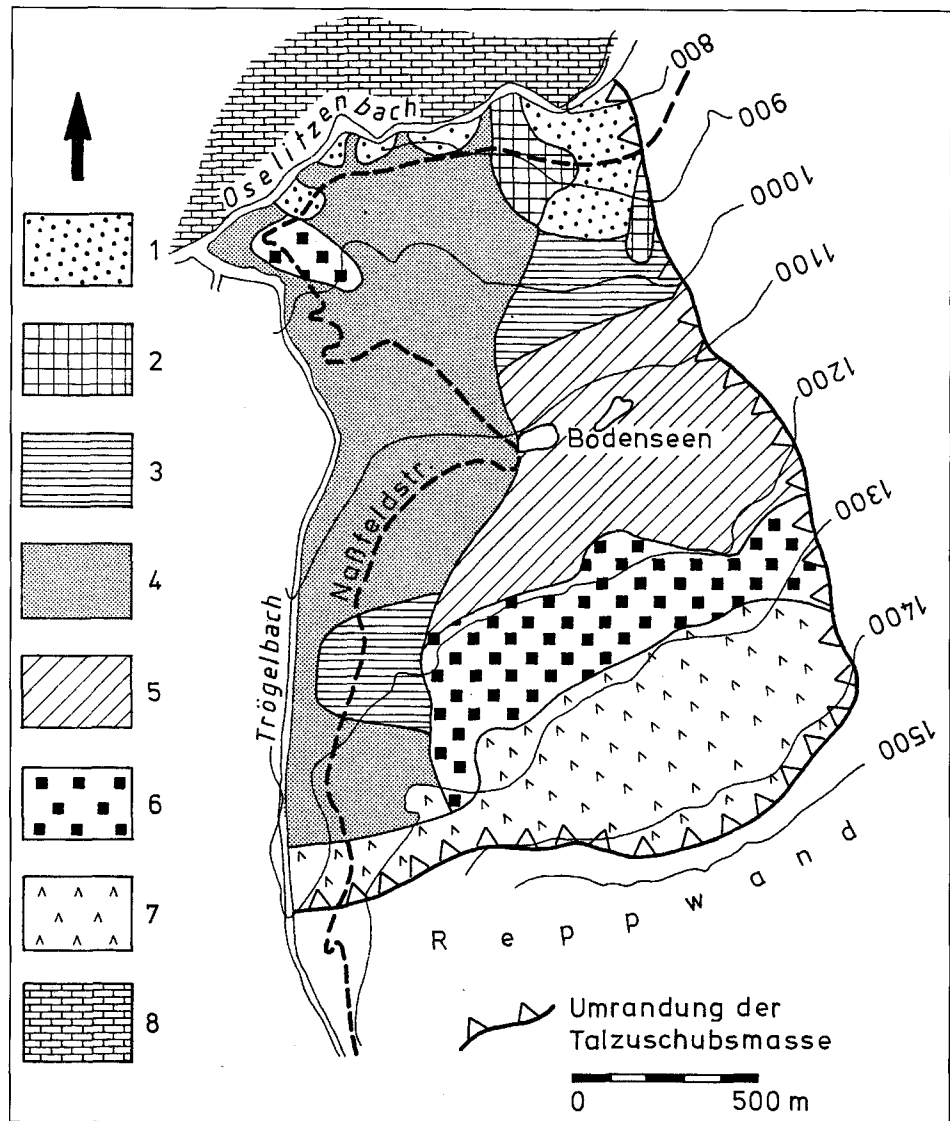
Im Rahmen dieser Darstellung soll hier auf die Bewegungsgeschwindigkeit, den räumlichen Bewegungsvektor und die Auflösungserscheinungen an der Talzuschubsstirn eingegangen werden.

3.2.1. Die Bewegungsgeschwindigkeit

Besonders bei der Analyse der Bewegungsgeschwindigkeit müssen die Maßnahmen der Wildbachverbauung in Form der Anlage eines Felsskanals mit einer Gegenschüttung im Jahre 1988 Berücksichtigung finden. Seit Wirksamwerden (etwa Ende 1988 bis Frühjahr 1989) sind die Hangbewegungen besonders unterhalb der Naßfeldbundesstraße stark zurückgegangen.

Wie aus der Abb. 7 und Tab. 1 zu entnehmen ist, schwanken die monatlichen Bewegungsbeträge zwischen 0,3 cm/Monat und 1 cm/Monat (kleinflächige Maximalwerte bis 2 cm/Monat), wobei wir Änderungen auf kleinsten Raum beobachten können und sich somit ein sehr inhomogenes Bewegungsbild ergibt.

Die beobachteten Verschiebungsraten können mit folgenden geologisch-geotechnischen Gegebenheiten in Einklang gebracht werden:



- Die großen Bewegungsbeträge besonders unterhalb der Naßfeldstraße vor 1988 sind ausschließlich durch Unterschneidungsvorgänge des Oselitzenbaches zu erklären (1983 Unterschneidung mit ca. 300.000 m³ – 1987 mit ca. 50.000 m³ abgeführten Materials); diese Unterschneidungsprozesse bewirkten ein langanhaltendes, staffelförmiges Nachsitzen der Frontpartien des Talzuschubsverbandes.
- Nach Wirksamwerden der Gegenschüttung und Verlegung des Bachbettes (Ende 1988) weisen diese Bereiche nur mehr eine Bewegungsrate von 3 cm/a auf; die starken Setzungen sind völlig abgeklungen, zeitweise ergeben sich sogar leichte Hebungen.
- Die kleinen Bewegungsbeträge < 5 cm/a sind an einen verbandsfesten Sporn innerhalb der Talzuschubsstirn gebunden, der morphologisch durch steile Felswände (ca. 50°–60°) und einen weitgehend intakten Gebirgsverband gekennzeichnet ist (s. a. Abb. 5).
- Die großen Bewegungsbeträge, auch nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen (bis zu 25 cm/a), werden an Bereichen beobachtet, die eine starke Auflösung des Gebirgsverbandes, z.T. bis zu einer feinerdreichen Grobblockschutthalde zeigen. Gewisse Gebirgszonen sind nicht mehr repräsentativ für die Grundbewegung einer kriechend gleitenden Talzuschubsmasse, sondern dokumentieren oberflächennahe Ablöstendenzen (s. a. Abb. 9).

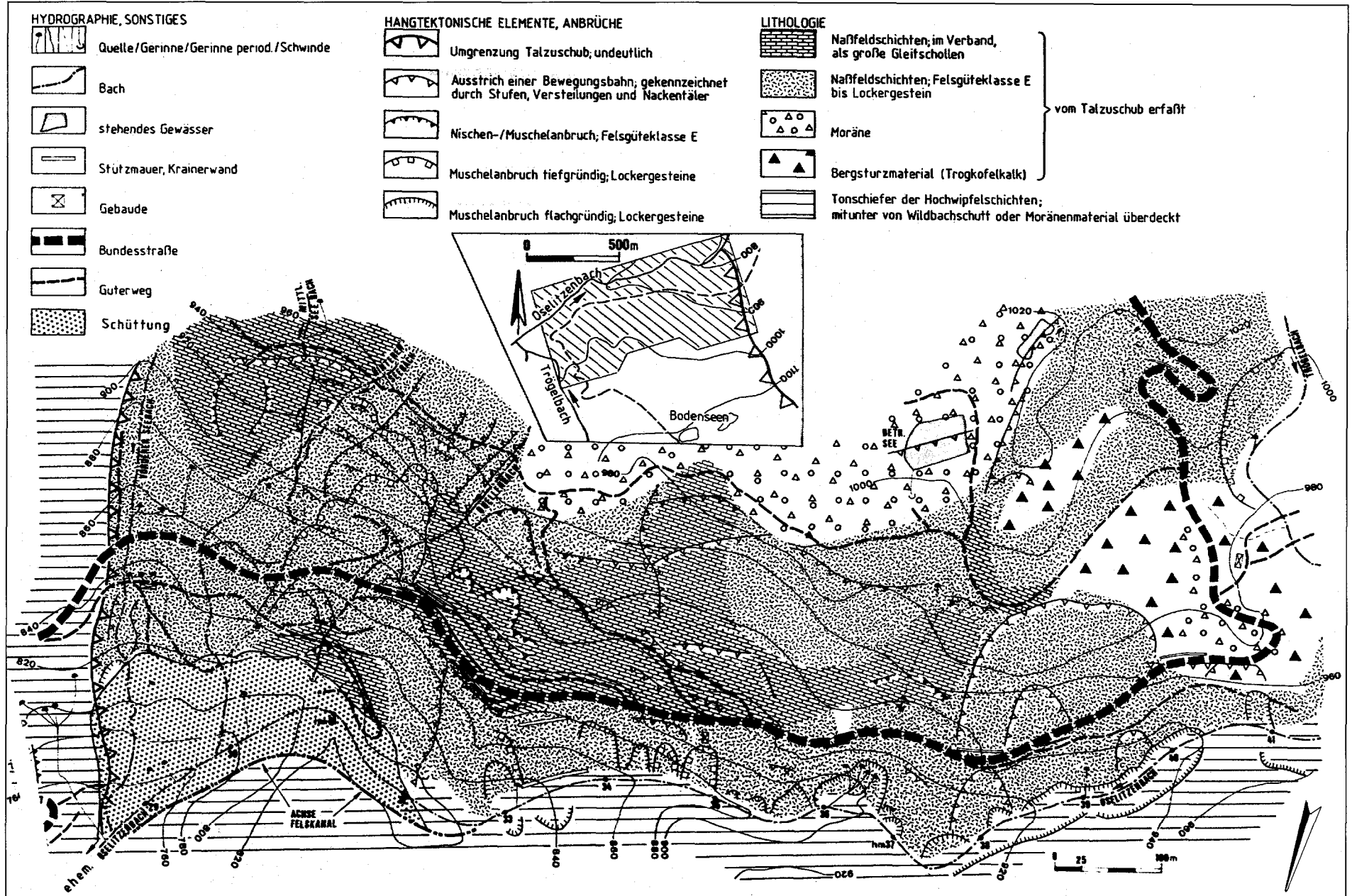


Abb. 5
Hangtektonische Elemente, Anbrüche, Klassifikation des Gebirges an der Zuschubsstirn der Reppwandgleitung.

Tabelle 1.

Bewegungsverhalten einzelner Bereiche an der Talzuschubsstirn der Reppwandgleitung vor (bis Anfang bzw. Ende 1988) und nach (nach 1988) Wirksamwerden der Fußschüttung bzw. Anlegen des Felskanals (zur Lage der Objektpunkte siehe Abb. 6).

Meßpunkt (Höhenlage m)	Geotechnische Situation; Entfernung von der ehemal. Uferanbruchs- kante (m)	Geschwindigkeit cm/Monat		Bemerkungen
		bis Ende 1988	nach 1988	
P. 108/1 (837)	QA (20)	80	0,7	Direkt oberhalb Fußschüttung gelegen; reagierten sehr stark nach den Unter- schneidungsvorgängen im Aug. 1987, nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen in etwa Grundgeschwindigkeit der Reppwand-Gleitung
P. 109/3 (845)	QA (25)	50	0,8	
P. 110 (875)	QR (80)	2,6	0,53	-----
P. 4 (947)	QR (175)	2,1	1,0	Ca. 30 m oberhalb der Hauptanbruchskante der Quellenbach-Rutschung. Rückgang von 2,1 cm/Monat auf 1,0 cm; dies entspricht auch den derzeitigen maximalen Geschwindigkeiten anderer Punkte an der Talzuschubsstirn
P. 41 (960)	QH (210)	2,0	0,8	Meßpunkte im Hinterland der Quellenbach- Rutschung, Abnahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung von der Talzuschubsstirn; P. 46 repräsentiert in etwa die Grundge- schwindigkeit mit ca. 8 - 9 cm/Jahr seit Wirksamwerden der Fußschüttung
P. 46 (1015)	QH (410)	1,5	0,7	
P. 2 (913)	FS (140)	0,7	0,4	Bereich mit deutlich geringeren Geschwin- digkeiten, die an einen noch im Verband befindlichen Sporn oberhalb der Krainer- wand gebunden sind; auch hier deutliche Abnahme der Geschwindigkeit nach 1988
P. 3 (951)	FS (200)	0,6	0,3	
sonstige Punkte (seit Ende 1988)				Diese Objektpunkte liegen alle an der Stirn der Reppwandgleitung im Bereich des Hinte- ren Seebaches bis zum Straßenwärterhaus und zeigen monatliche Geschwindigkeiten seit 1988 von 0,3 cm bis 1,1 cm. Die geringsten Geschwindigkeiten werden an der Krainer- wand festgestellt, die größten direkt oberhalb der Hauptanbruchskante östl. des Objektpunktes P 4
Mittelwert		-	0,6	
minimal	vorw. KW	-	0,3	
maximal	vorw. QS	-	1,1	
QA = Quellenbach-Rutschung Anbruch; QH = Quellenbach-Rutschung Hinterland; FS = Fester Sporn oberhalb Krainerwand;		QR = Quellenbach-Rutschung Randzone QS = Quellenbach-Rutschung Spaltenzone KW = Krainerwand		

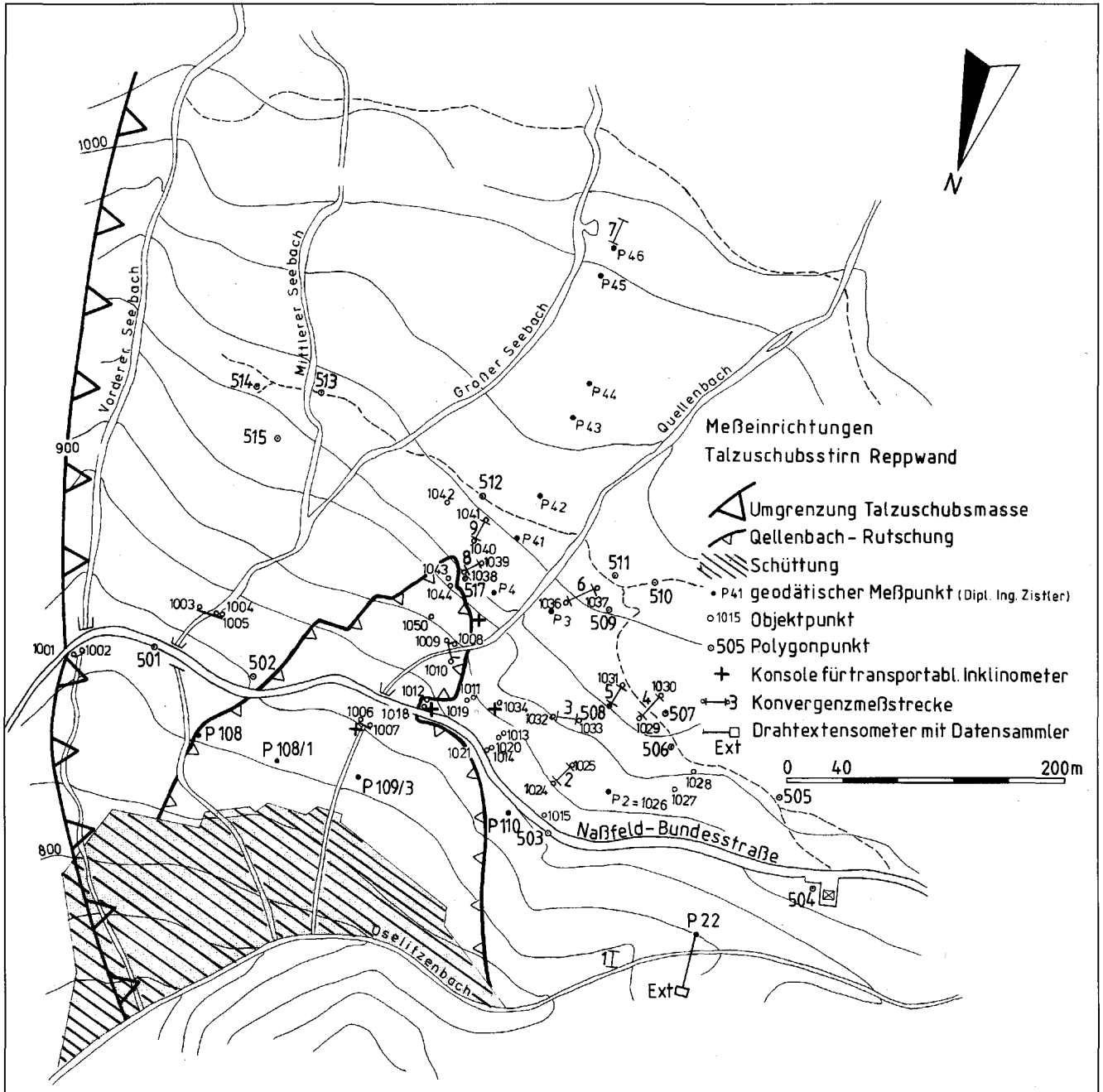


Abb. 6. Art und Lage der Meßeinrichtungen im östlichen Bereich der Talzuschubstirn der Reppwand-Gleitung.

- Insgesamt ist eine Abnahme der Geschwindigkeit bei etwa gleichen Gebirgsverhältnissen von den Frontbereichen zu den hangaufwärts liegenden Bereichen festzustellen (s. Abb. 8).
- Nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen pendelt sich offenbar die tiefliegende Kriech- und Gleitgeschwindigkeit der Talzuschubsmasse bei 7–9 cm/a ein.

3.2.2. Der räumliche Bewegungsvektor

Die Angabe des räumlichen Bewegungsvektors liefert Aussagen über Bewegungsmechanismus und Gleitkörpergeometrie.

Die Frontbereiche in nächster Nähe der Naßfeldbundesstraße

Für die vordersten Bereiche der östlichen Talzuschubstirn (Messungen vorwiegend seit 1988) können folgende Ergebnisse vorgelegt werden:

- Bis 1989 werden durchwegs stark abwärts geneigte Bewegungsvektoren beobachtet (ca. -30° bis ca. -60°).
- Ab 1989 ändern sich diese Werte von ca. -25° bis auf ca. 10° .
- Positive räumliche Bewegungsvektoren konnten jedoch ab 1989 nur vereinzelt festgestellt werden (s. Tab. 2).

Diskussion

Die räumlichen Bewegungsvektoren zeigen deutlich das Wirksamwerden der Sanierungsmaßnahmen ab 1989 (Gegenschüttung ca. 200.000 m³, Anlage des Felskanals); das staffelförmige Nachsitzen an steilen listrischen Flächen hört auf, eine Verflachung der Neigungsvektoren ist bis ca. 80 Höhenmeter über der Naßfeldbundesstraße zu erkennen. Eine Ausnahme bilden einzelne Bereiche an der Abrißkante der Quellenbach-Rutschung, wo auch nach 1989 durch oberflächliche Gleitschollenbildung steilgeneigte Bewegungsvektoren (ca. -45°) zu beobachten sind

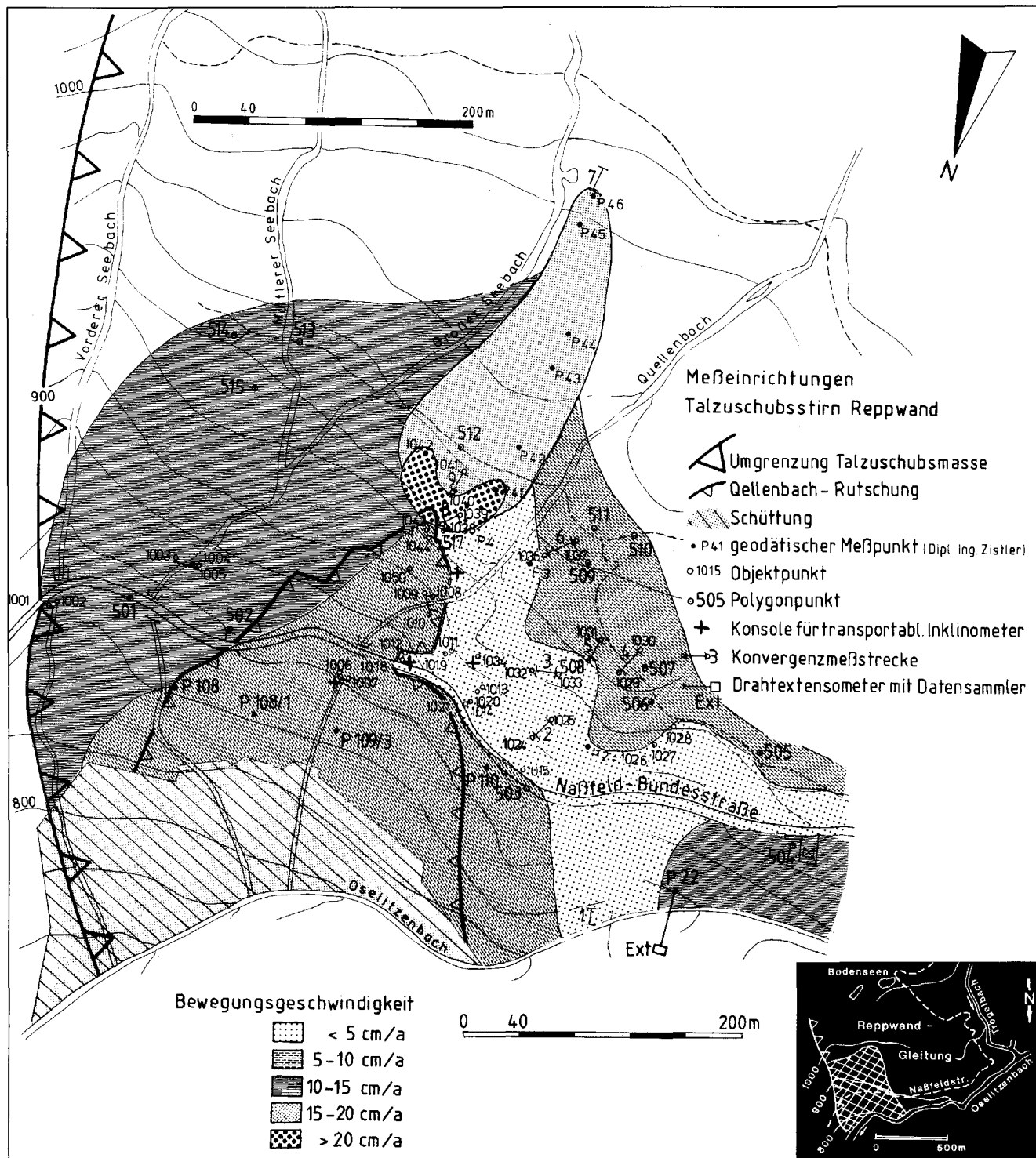


Abb. 7. Bewegungsgeschwindigkeiten an der östlichen Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung bis ca. 1989 (ab 1989 wurden z.T. wesentlich geringere Geschwindigkeiten erreicht).

(s. Abb. 9). Diese Bereiche weisen auch die größten Geschwindigkeiten nach den Baumaßnahmen auf. Insgesamt ergibt sich ein abwechselnd sackender und gleitender Bewegungsmechanismus, bei dem eine Phase über längere Zeit dominieren kann. Das auch nach 1989 uneinheitliche Bewegungsbild spricht für lokale Instabilitäten an der übersteilten Talzuschubsstirn.

Die an die Talzuschubsstirn angrenzenden Bereiche

Die Folgerungen für diesen Bereich konnten nicht aus einer flächenhaften Aufnahme des Bewegungsbildes,

sondern nur in einem Polygonzug gewonnen werden, der ca. 300 m hangaufwärts hinter der Talzuschubsstirn endet. Ab 1983 ergibt sich folgendes Bild (s. Tab. 3, Abb. 10):

- Die räumlichen Bewegungsvektoren schwanken von ca. -27° (P. 46 Meßperiode 12.84 bis 7.85) bis $+10^\circ$ (P. 42, P. 43 Meßperiode 7.84 bis 12.84).
- Der Trend ist bei den Neigungsänderungen innerhalb der einzelnen Meßperioden bei allen Punkten der gleiche.
- Die Durchschnittswerte des räumlichen Bewegungsvektors über den gesamten Meßzeitraum schwanken von -17° bei P. 4 bis zu -7° bei P. 41.

Abb. 8.

Bewegung einzelner Objektpunkte vor und nach Anlage der Gegenschüttung (fertiggestellt Ende 1988) im Bereich der Quellenbach-Rutschung. Deutlich ist der Rückgang der Bewegung in den bachfernen Bereichen auf <10 cm/a ausgeprägt. Die starken bachnahen Bewegungen (z.B. P109/3 sind auf Geschwindigkeit <5 cm/a zurückgegangen (Werte in Zeichnung nicht dargestellt).

Diskussion

- Die insgesamt flachen Bewegungsvektoren sind Ausdruck translationsförmiger Gleit- und Kriechvorgänge, die durch das flache Hangauswärtsfallen der Naßfeldschichten in diesem Bereich gefördert werden.
- Die einheitlichen Neigungsänderungen aller Punkte sprechen für große zusammenhängende Gleit- und Kriechkörper; aufgrund der geodätischen Untersuchungen, der Konvergenzmessungen und der Geländeaufnahme dürfte für den unteren Bereich...

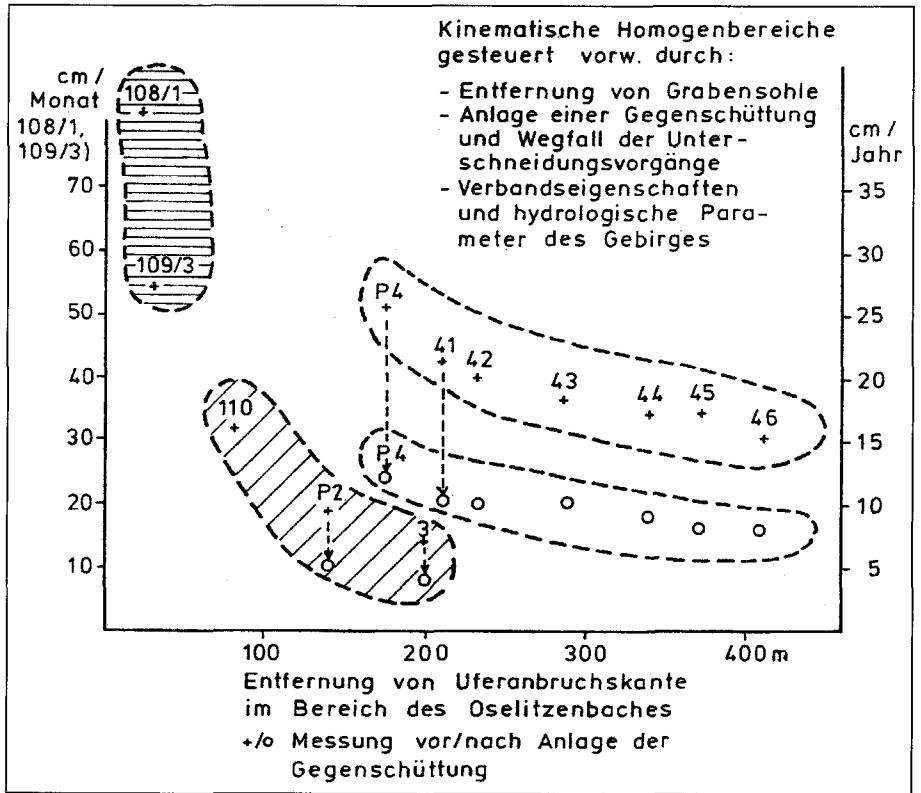
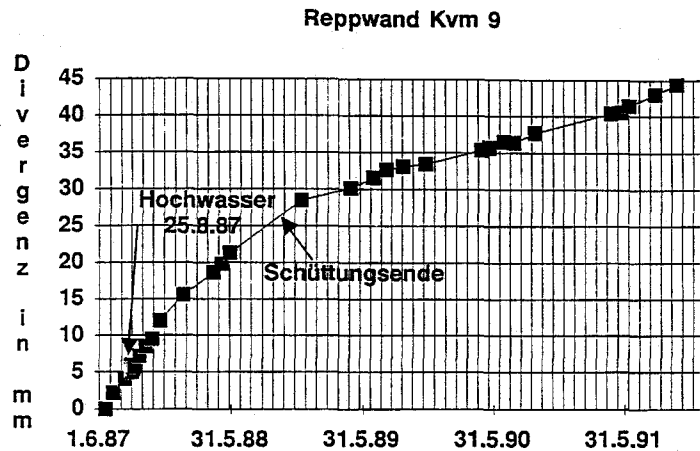
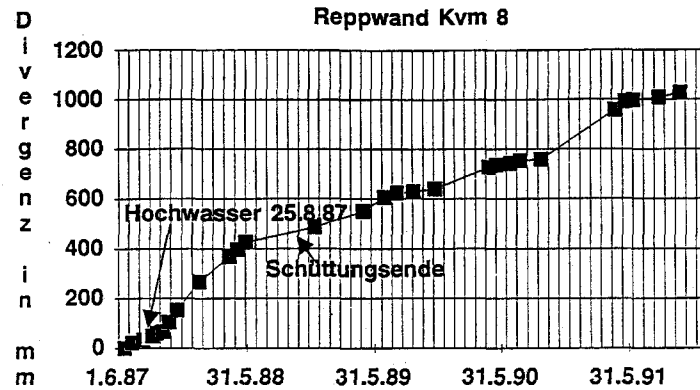


Tabelle 2.

Bewegungscharakter an der Talzuschnitts Stirn der Reppwand-Gleitung (zur Lage der Punkte siehe Abb. 6).

Meßpunkt	Höhenlage (Jun.91) (m)	geotechn. Situation	Bewegung horizontal (10.88-, cm)	Richtung gegen N (°)	Höhenänderg. 10.88- (cm)	Neigung gegen Hor. (10.88-; in°)	Geschwindigk. (cm/ Monat) (10.88 -)	Bewegungstrend
			11.89/6.91	11.89/6.91	11.89/6.91	11.89/6.91	11.89/6.91	10.88-6.91
501	850,16	E	11 / 14	355 / 355	12 / 1	47,5 / 4,1	0,9 / 0,7	-
503	884,17	QW (F)	7 / 10,5	33,7 / 33,5	5 / 0	35,5 / 0	0,5 / 0,6	o
504	908,51	W	13 / 20	14,6 / 13,6	8 / 2	31,6 / 5,7	1,0 / 1,1	o
507	947,75	W	6,5 / 8	22,5 / 12	6 / 1	42,7 / 7,1	0,5 / 0,4	o
511	971,47	QH	5,5 / 8	18,8 / 5,0	6 / 0	47,5 / 0	0,4 / 0,4	o
512	962,99	QH	17 / 19,5	15,2 / 11,9	11 / 4	32,9 / 11,6	1,3 / 1,0	-
513	951,46	QR	14,5 / 15	11,0 / 4,7	8 / 2	28,9 / 7,6	1,1 / 0,8	-
515	936,51	E	15 / 14,5	12,8 / 10,7	10 / +1	33,7 / +4,0	1,2 / 0,8	-
516	956,55	QS	16,5 / 20,5	20,9 / 16,8	18 / 2	47,5 / 5,6	1,3 / 1,1	o
1001	843,03	E	10,5 / 12,5	50,1 / 352,4	7 / 2	33,7 / 9,1	0,8 / 0,7	o
1004	868,8	E	12,5 / 15	11,2 / 10,6	8 / 5	32,6 / 18,4	1,0 / 0,8	o
1006	861,11	QA	9 / 14,5	23,2 / 19,9	7 / 3	37,9 / 11,7	0,3 / 0,8	+
1010	893,83	QW(F)	4 / 6,5	25,9 / 26,1	4 / 0	45,0 / 0	0,3 / 0,3	o
1013	896,69	KW	4 / 7,5	22,8 / 24,5	5 / 0	51,3 / 0	0,3 / 0,4	o
1015	885,95	KW	6,5 / 9,5	33,7 / 29,9	4 / +2	31,6 / +11,9	0,5 / 0,5	o
1018	873,87	KW	5 / 6,5	45,8 / 34,9	5 / +1	45 / +8,8	0,4 / 0,3	o
1028	922,64	W	3,5 / 8,5	35,5 / 23,6	6 / 0	59,7 / 0	0,3 / 0,5	+
1034	906,6	KW	6,5 / 6,5	63,5 / 45	6 / 0	42,7 / 0	0,5 / 0,3	-
1040	956,47	QS	19 / 19,5	24,8 / 16	9 / 1	25,4 / 2,9	1,5 / 1,0	-
1043	923,99	QW(F)	5,5 / 4	11,2 / 346,3	5 / 2	42,3 / 26,6	0,4 / 0,2	-
1050	901,19	QW(F)	5,5 / 6	45,8 / 32	4 / 2	36 / 18,4	0,4 / 0,3	o

(F) = fester Sporn; QW = Bereiche W' der Quellenbachrutschung; QA = Quellenbachrutschung Anbruch; QR = Quellenbachrutschung Randzone; QS = Quellenbachrutschung Spaltenzone; KW = Bereich Krainerwand; E = Bereich an östlicher Zuschubgrenze; W = Bereich westlich der Krainerwand; SP = Sporn; QH = Quellenbachrutschung Hinterland; + / - / o = Bewegungsgeschwindigkeit zunehmend / abnehmend / keine signifikante Änderung



Absolute Bewegungsbeträge, Gleitschollenbildung und Ablösegeschwindigkeiten Quellenbach-Rutschung oberhalb Naßfeldbundesstraße

N

S

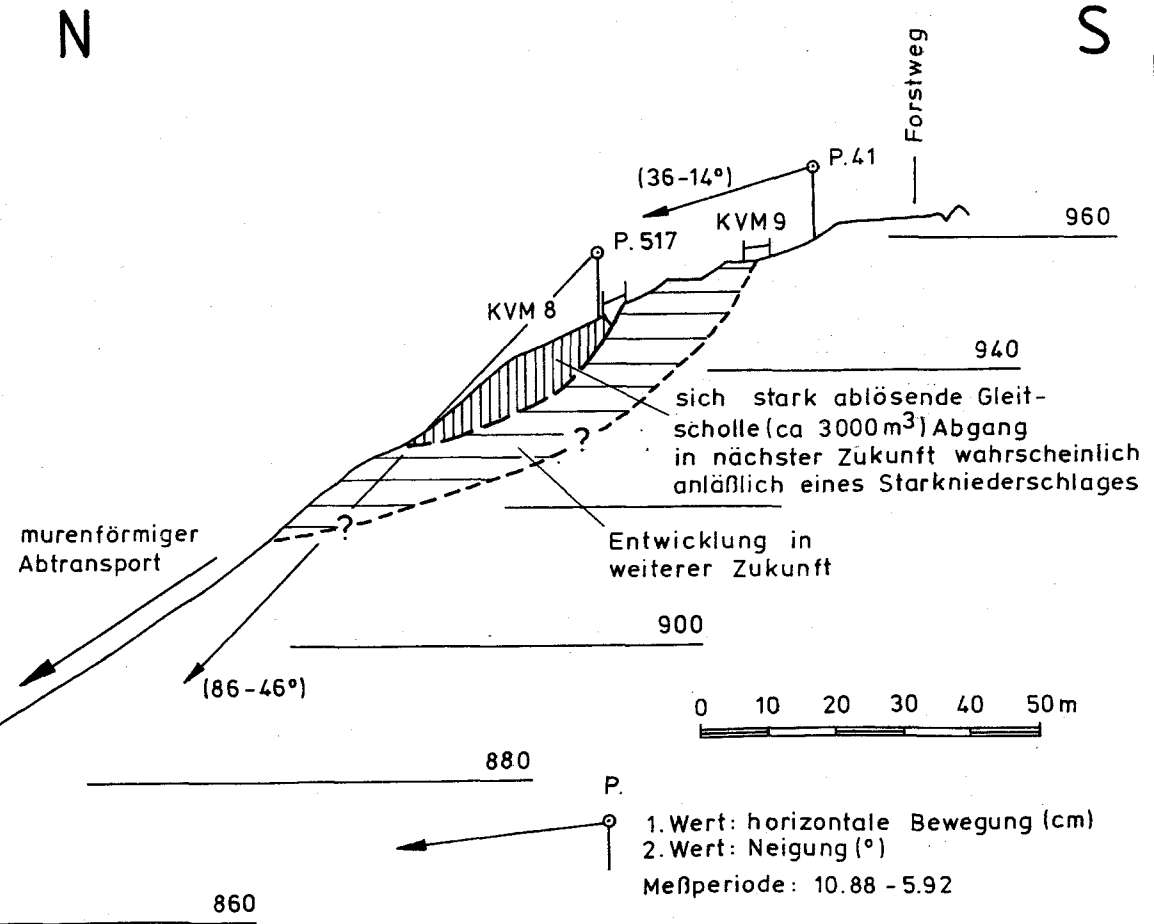


Abb. 9. Absolute Bewegungsbeträge, Gleitschollenbildung und Ablösegeschwindigkeiten Quellenbach-Rutschung oberhalb der Naßfeldbundesstraße.

ren Teil der Talzuschubs-
masse bei ca. 1.000 m
knapp oberhalb P. 46 eine
solche tiefliegende Gleit-
zone ansetzen (siehe
Abb. 11).

- Wo eine Ablösung von gro-
ßen Gleitkörpern an steilen
listrischen Flächen erfolgt,
finden sich steilere Bewe-
gungsvektoren (P. 46 über
dem gesamten Meßzeit-
raum -16°).

In Abb. 11 können noch
einmal für den unteren Teil
der Talzuschubsmasse die
Gleitkörpergeometrien und
Bewegungsgeschwindigkeiten
entnommen werden. Die
Bewegungsgeschwindigkeiten
sind hier über die Jahre
1983 bis 1991 gemittelt. Ab
1991 ergeben sich geringere
Werte.

4. Talzuschub Schlanitzenalm- Gleitung

Die Schlanitzenalm-Glei-
tung stellt die westliche Fort-
setzung der Reppwand-Glei-
tung dar und läßt sich wie
folgt umgrenzen: Trögelbach
(Höhe ca. 1.350 m) – Treßdor-
fer Alm (Höhe 1.585 m) – Höhe
1.670 m, nördlich der
Treßdorfer Höhe – Rudnig-
graben hm 79,0. Die Groß-
hangbewegung wird fast
ausschließlich von paläozoischen
Sedimenten aufge-
baut, die mitunter von einem
geringmächtigen Moränen-
schleier bedeckt sind. Die
auftretenden Gesteine las-
sen sich den oberkarbonen
Auernig-Schichten, den Rat-
tendorfer Schichten und den
Trogkofel-Kalken des Unter-
Perms zuordnen (KAHLER &
PREY, 1963). Im Zuge der
hangtektonischen Aktivitä-
ten wurde das Gebirge z.T.
vollständig zerlegt und
durchmischt, so daß auch
hier alle Übergänge von Lok-
kergesteinen bis hin zu
Festgesteinsspaketen, die
noch die ursprünglichen Ver-
bandsverhältnisse zeigen, zu
beobachten sind (Näheres
siehe Kap. 3.1).

Auch innerhalb der ca.
5 km² großen Schlanitzen-

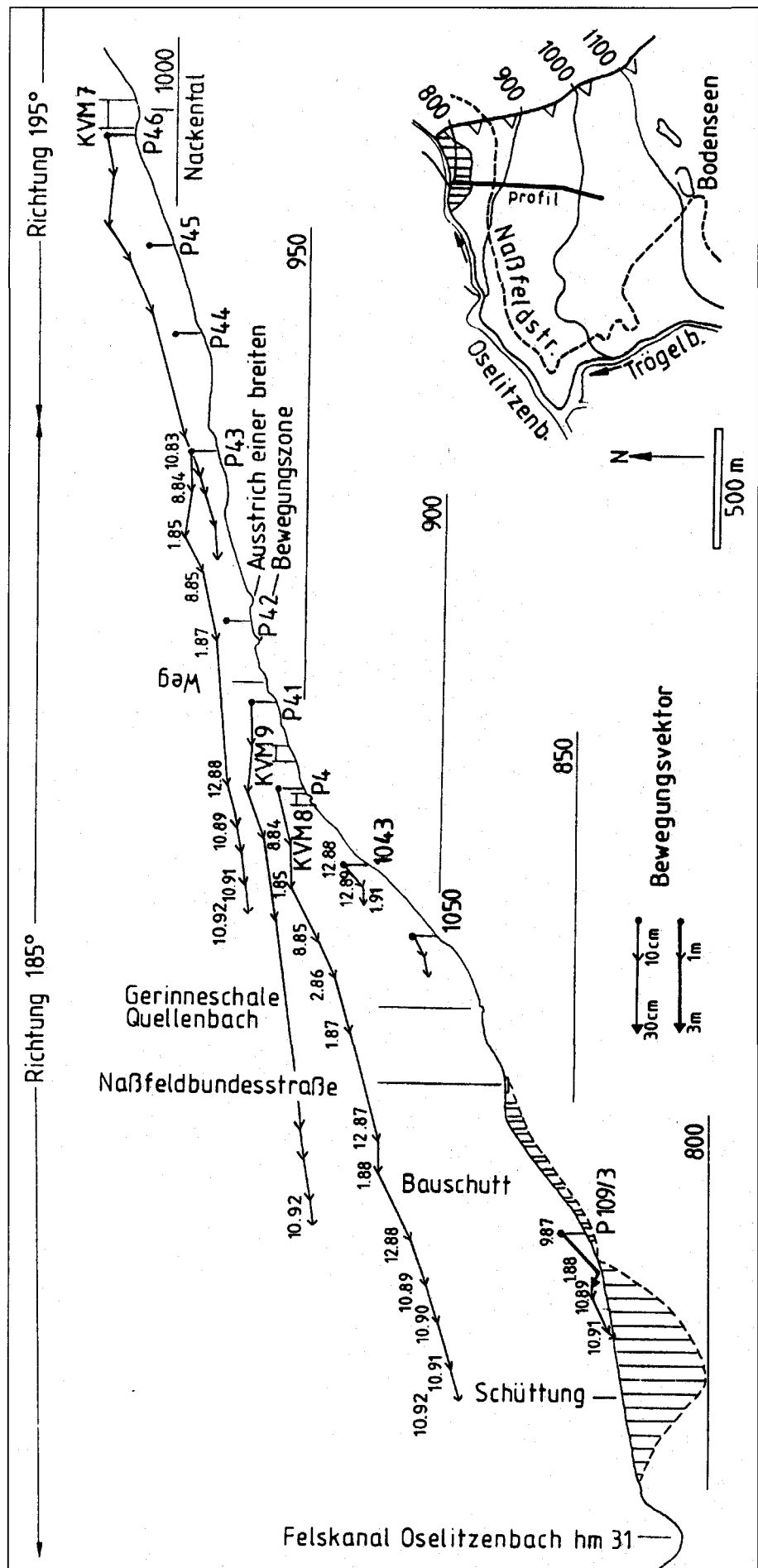


Abb. 10.
Räumlicher Bewegungsvektor an der Talzuschubsstirn und der angrenzenden Bereiche der Reppwand-Gleitung (z.T. nach Dipl.-Ing. ZISTLER und Geometer MAJDIC).

Tabelle 3.
Neigungen der seit 1983 vermessenen Punkte gegen die Horizontale in [°].
Talzuschubstirn Reppwandgleitung (zur Lage der Punkte siehe Abb. 6).

Meßpunkt	10.83-7.84	-12.84	-7.85	-10.86	-12.88	-10.89	-10.90	-10.91	-10.92
P 41	-2,6	4,8	-17,1	-10,3	-7,3	-10,3	-7,1	-10,3	-7,1
P 42	-3,1	9,5	-21	-11,3	-6,1	-16,7	-8,1	-5,2	-7,1
P 43	-1,6	9,5	-24,4	-12,5	-4,2	-15,3	-8,1	-6,3	-7,1
P 44	-5,4	8,8	-22,6	-15,5	-8,5	-16,7	-9,5	-5,7	-6,3
P 45	-8,8	4,1	-24,4	-20,6	-11,9	-21,8	-11,3	-11,3	-6,3
P 46	-10,4	3,8	-26,6	-21,8	-14	-20	-14	-18,4	-6,3
P 22	2,8	3,6	0	-5,4					
	10.83-7.84	-12.84	-7.85	-1.86	-10.86	-11.87	-1.88	-12.88	-10.89
P 2	-6,6	14	0	-11,3	-11,3	-5,2	0	0	-9,5
P 3	13,8	0	-53	-26,6	-26,6	-7,1	0	-21,8	-26,6
P 4	-12,8	0	-25	-17,4	-17,4	-14,7	0	-23,2	-18,4
	9.87-1.88	-10.89	-10.90	-10.91	-10.92	-10.90	-10.91	-10.92	
IP 108/1	-27,8	-56,3	18,4	6,3	-11,3	0	9,5	-14	
IP 109/3	-35,2	15,1	0	21,8	-45	-14	-11,3	-14	
	2.86-10.89	-10.90	-10.91	-10.92					
IP 110	-11,3	-16	16	-11,3					

alm-Gleitung lassen sich geotechnische Homogenbereiche ausscheiden, die durch folgende Parameter gesteuert werden (siehe Abb. 12):

- Zuschuberscheinungen zum Rudnigbach und Trögelbach.
- Reibungsfuß durch Abtauchen der Hochwipfelschichten unter die Zuschubstirn im Bereich des Rudniggrabens von hm 45 bis hm 55 und z.T. breites Bachbett - geringere Aktivität an der Talzuschubstirn und in den anschließenden Hangbereichen.

Die rechtsufrigen Einhänge des Rudniggrabens von hm 66,9 - hm 76,6 zeigen deutliche Anzeichen verstärkter

Zuschubsbewegungen. Dies äußert sich durch eine sehr starke Zerlegung des Gebirgsverbandes und in bis zu 40 m hohen Uferanbrüchen. Außerdem findet man langanhaltende, deutliche hangtektonische Linien, die durch das Ausstreichen von Bewegungsbahnen großer und tiefgreifender Gleitkörper bedingt sind. Die typische Ausbildung des Gebirges, die Bildung großer Gleitkörper im 100 m-Bereich und die starke morphologische Gliederung der Talzuschubstirn können einem Gesamtlängenschnitt entnommen werden (s. Abb. 13).

Im speziellen kann aus den Geländeaufnahmen und den geophysikalischen Untersuchungen (GLAWE & MOSER,

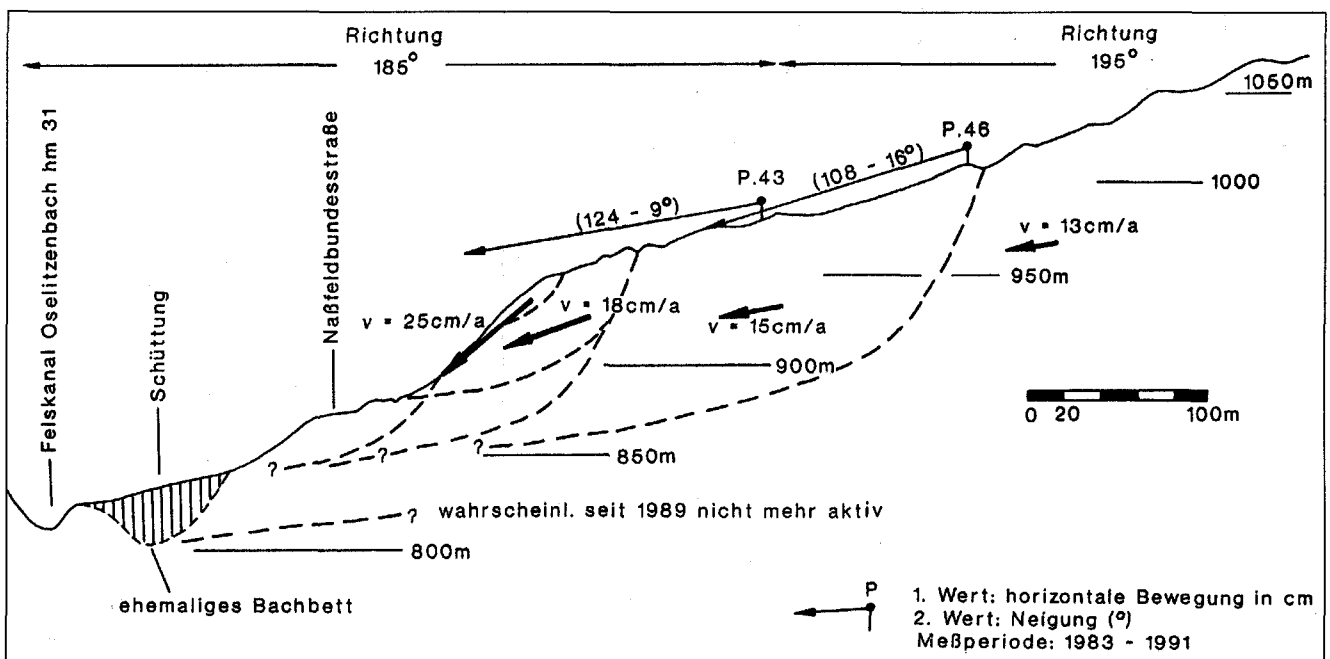


Abb. 11.
Gleitkörpergeometrien, Bewegungsgeschwindigkeiten an der Talzuschubstirn der Reppwand-Gleitung.

Abb. 12.
Schlanitzenalm-Gleitung – Bergerzerrung Treßdorfer Höhe.
Karte der hangtektonischen Großelemente und der geologisch-geotechnischen Homogenbereiche.
1 = stabile Zonen; 2 = stabiler Fußbereich der Schlanitzenalm-Gleitung in Hochwipfel-Schichten; 3 = Schlanitzenalm-Gleitung vorw. oberer Teil, geringe, jedoch tiefgreifende hangtektonische Beanspruchung (Naßfeld-Schichten, Trogkofel- und Treßdorfer Kalke); 4 = Schlanitzenalm-Gleitung vorw. unterer Teil, derzeit relativ in Ruhe befindlicher Bereich (Naßfeld-Schichten, z.T. Moränendecke); 5 = Schlanitzenalm-Gleitung, stark hangtektonisch beanspruchter Bereich (Naßfeldschichten); 6 = Bergerzerrungsfeld Treßdorfer Höhe mit Lage der obersten Abrißkluff (untere Pseudoschwagerinen-Schichten); 7 = Grobblock-Schutthalde infolge von Felsstürzen aus dem Bergerzerrungsfeld.

1990) für die Lage und Form der Gleitzonen im Bereich der stärksten bewegten Zone der Schlanitzenalm-Gleitung (hm 65,9 bis hm 76,6) folgendes angegeben werden:

Für die untersten Einhänge der Schlanitzenalm-Gleitung dürfte eine Gleitzone bei 1.330 m unterhalb des Güterweges ansetzen. Für diesen Gleitkörper ergibt sich eine Mächtigkeit von etwa 30 m mit einer basalen Gleitbahn, die an der Grabensohle des Rudnigbaches ausstreicht und ein flaches Einschieben des Zuschubkörpers in die Grabensohle bedingt. Desweiteren ist eine tieferliegende Gleitbahn wahrscheinlich, die ihren Ausstrich bei ca. 1.400 m besitzt und einen 50 bis 60 m mächtigen Gleitkörper im Niveau von 1.330 m vermuten läßt.

Der Talzuschubkörper weist entlang des Profils „A“ von der Höhenlage 1.350 m bis 1.600 m eine mehr oder weniger gleichbleibende Mächtigkeit von etwa 60 m auf. Aufgrund der langdurchhaltenden hangtektonischen Elemente ist mit der Ausbildung mächtiger Gleitkörper im oberen Bereich der Schlanitzenalm-Gleitung zu rechnen. Insgesamt gesehen ist die Bewegungsform der Zuschubsmasse für den Bereich des Profiles „A“ als translationsförmig anzunehmen. Es liegt jedoch aufgrund der Geländeaufnahmen nahe, daß einzelne kleinere, die Talzuschubsmasse aufbauende Gleitkörper, rotationsförmig absitzen.

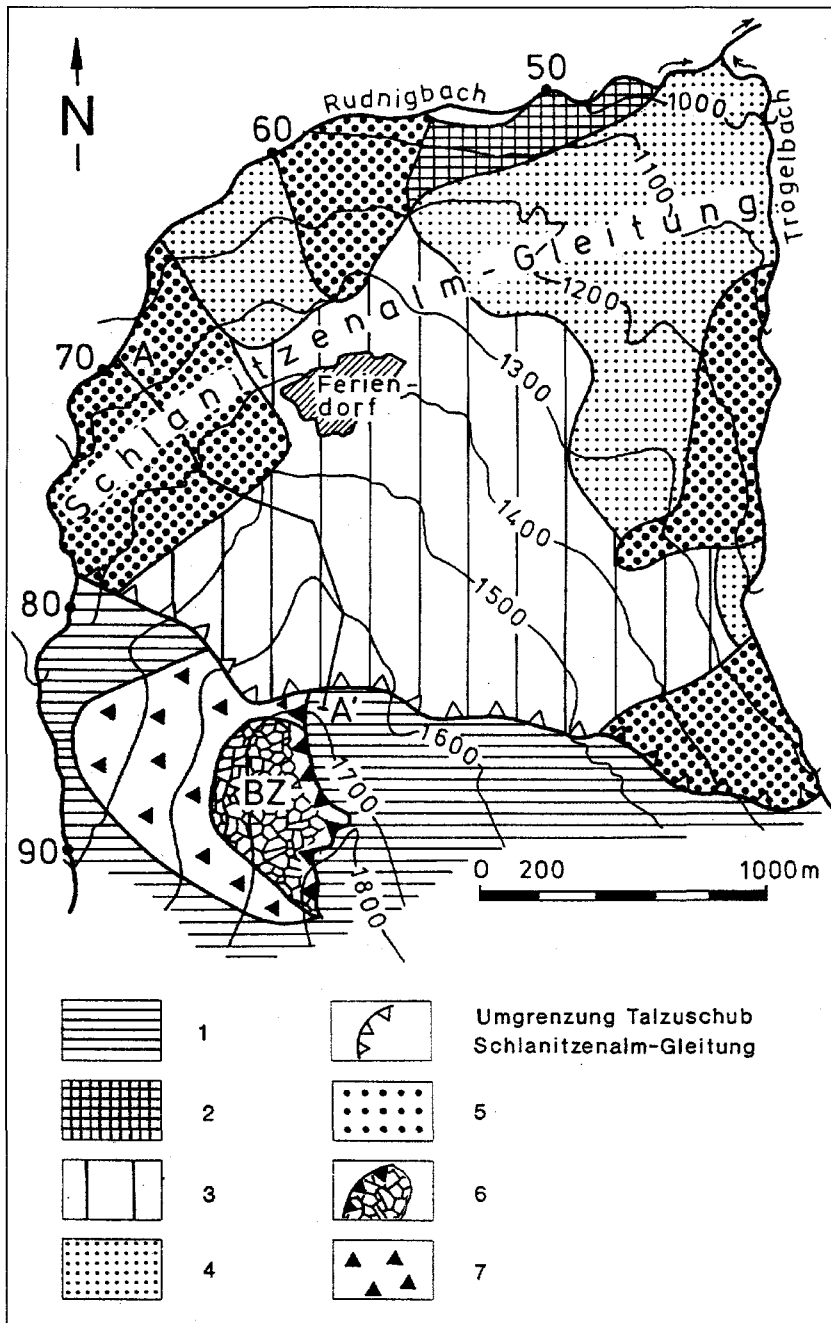
Weitere Aussagen zur Kinematik können aus technischen und finanziellen Engpässen nicht gegeben werden.

5. Die Bergerzerrung Treßdorfer Höhe

5.1. Allgemeines

Im Gebiet der Treßdorfer Höhe können weitflächige Bergerzerrungsvorgänge beobachtet werden (s. Abb. 1). Bereits FELSER & KAHLER (1956: 206) beschrieben dieses Phänomen:

„... Tatsächlich sind Gesteinsmassen – im Westen durch den Einschnitt des Rudnigbaches und die danach folgende Eiserosion bedingt – gegen Westen abgeglitten und man kann alle Stadien des Verbruchs beobachten.“



So ist z.B. die Felswand westlich der Treßdorfer Höhe absturzbereit und prachtvolle Abrißfugen sind zu sehen.

Nördlich davon liegt im Wald ein Riesenblockwerk auf weite Flächen. Leider entspricht an dieser Stelle die Kartenzeichnung wegen der schlechten Sicht im Wald und des unwegsamen Geländes nicht den Anforderungen des Geologen ...“

Auch KAHLER & PREY (1963: 75) weisen auf die Zerreißungserscheinungen hin:

„... Die Treßdorfer Höhe vor allem zeigt das Zerfallen einer Kalkplatte auf nachgiebiger Unterlage und Abrutschung oder Absturz der losgetrennten Teile. Die ausgedehnten Blockmassen des Westhanges sind ein Ergebnis dieser Vorgänge ...“

Auf der geologischen Karte von Österreich, Blatt Weißbriach, werden die Blöcke treffend mit „Große Wanderblöcke“ beschrieben (SCHÖNLAUB, 1987).

Hinsichtlich einer geomechanischen Deutung kann das geotechnische System an der Treßdorfer Höhe am besten mit „geringmächtige, duktil reagierende (geneigte) Gleitzone – spröde Deckplatte“ gekennzeichnet werden.

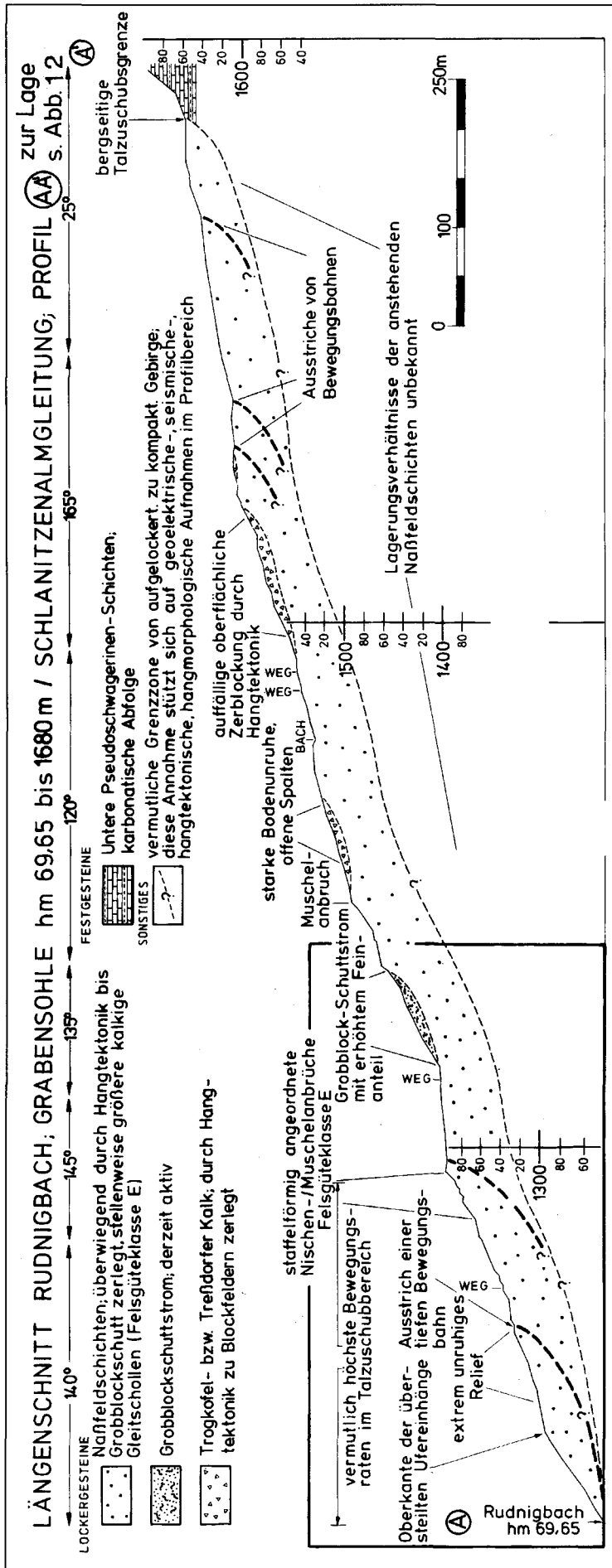


Abb. 13. Längenschnitt Rudnigbach, Grabensohle hm 69,65 bis 1680 m – Schlanitzenalmgleitung. Profil A–A (zur Lage siehe Abb. 12).

Ursache ist hier nicht eine „plastische Deformation“ der zur Gleitzone prädestinierten unterlagernden Gesteinsabfolge, sondern das Einsetzen eines Kriech- bzw. Gleitvorganges von Felsblöcken entlang der mechanisch schwächsten in dieser Abfolge.

Dieses Zerlegungsstadium läßt sich dem von MALGOT et al. (1974) als „block rifts“ bezeichneten gleichsetzen. Mit den rein translationsförmigen Bewegungsvorgängen ist eine ständige Änderung des Spannungsfeldes in den unterlagernden Schichten verbunden. Daraus können im Bereich der auflastenden Blöcke Brüche resultieren (z.B. Grundbrüche unter deren Rändern). Sukzessive schließt sich eine fortwährende hangtektonische Zerlegung des Unterlagers zu einer Gleit- bzw. Kriechzone an („shear zone“; NEMCOK & BALIAK, 1977). Zudem ist diese Schichtabfolge zwischen den Blöcken einer verstärkten Erosion ausgesetzt, „Selbstverstärkungseffekt“ im Sinne POISELS & EPPENSTEINERS (1989). Mit dem Zerschneiden dieser nachgiebigen Gesteinsabfolge sind die ersten Blockrotationen verbunden, die jedoch von der Mächtigkeit der Scherzone beschränkt sein können. Beißt die Gleitzone an der Talflanke aus, schließen sich an die Gleit- und Kriechbewegungen Fels- und Bergstürze des Blockfeldes an, die zur Anlage von Blockhalden führen können. In diesem Rahmen sollen vorwiegend quantitative Untersuchungen zur Kinematik eines solchen Bergzerreißungsfeldes mitgeteilt werden. Weitere geotechnische Untersuchungen können GLAWE & MOSER (1993) entnommen werden.

5.2. Lage und geologisch-geotechnische Situation

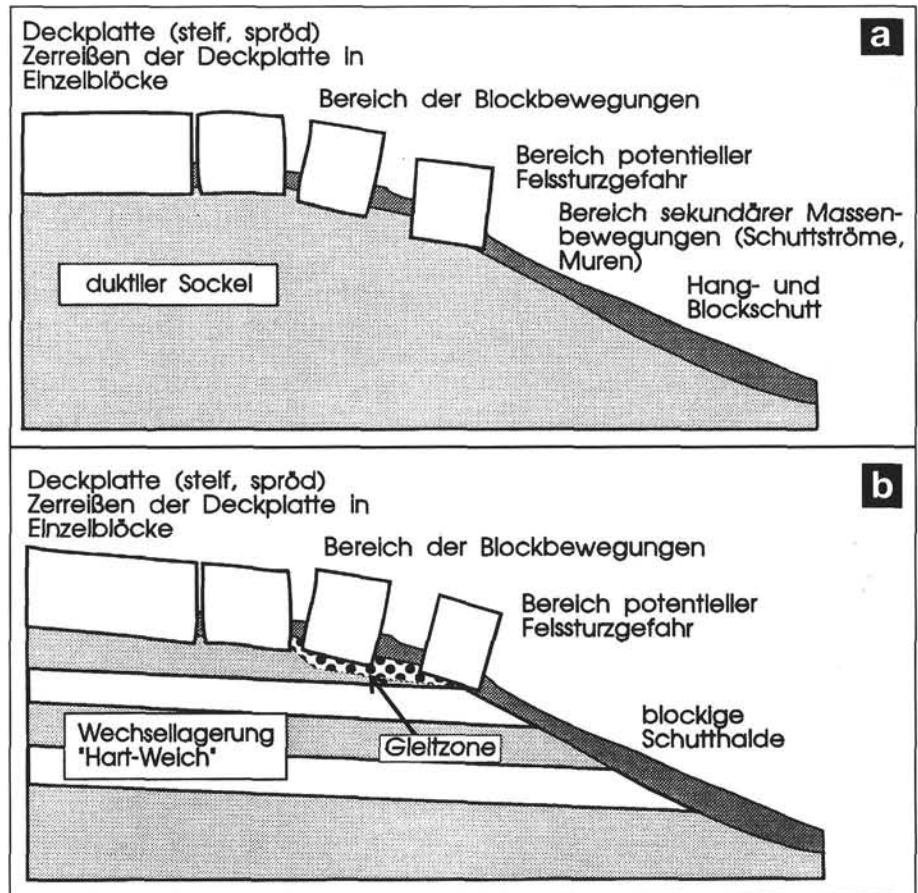
Die Trefendorfer Höhe (Naßfeldgebiet/Kärnten) ist ein plateauförmiger Berg, dessen Deckplatte flach nach Westen einfällt und an einer markanten, konvexen Hangkante in die steil zum Rudnigbach leitenden Hänge abbricht.

Das 0,5 km² große Untersuchungsobjekt wird in seinen oberen Bereichen von den unterpermischen Unteren Pseudoschwagerinen Schichten aufgebaut, die aus einer zyklischen Abfolge von jeweils basalen Klastika und hangenden Karbonaten bestehen. Die klastischen Abfolgen erreichen Mächtigkeiten bis ca. 10 m und sind aus gebankten Sandsteinen, Siltsteinen, Tonsteinen und Karbonaten aufgebaut (FLÜGEL, 1968; HOMANN, 1969; GLAWE & MOSER, 1989).

Die extrem festen und spröden karbonatischen Abfolgen sind bis zu 40 m

Abb. 14.
„Bergzerreißungssysteme“

- a) Schematische Darstellung der geotechnischen Konstellation „Hart auf Weich“ mit auftretender Bergzerreißung und anschließenden Blockbewegungen.
b) Schematische Darstellung der geotechnischen Konstellation „Geringmächtige, duktil reagierende Unterlage – spröde Deckplatte“ mit auftretender Bergzerreißung, Ausbildung eines Blockfeldes und Anlage einer Schutthalde.



mächtig und bestehen aus deutlich gebankten Partien mit massigen Einschaltungen, die Mächtigkeiten zwischen 30 m und 40 m erreichen können.

Das Trennflächengefüge besteht aus drei steilstehenden Kluftscharen und den flach bis mittelsteil nach Westen einfallenden S_0 -Flächen. Die Zerlegung der Karbonatdeckplatte erfolgt ausschließlich an den vorhandenen Trennflächen.

Das Untersuchungsobjekt läßt sich grob in vier morphologisch-geotechnisch differenzierbare Teilbereiche, die ein Abbild der kinematischen Gegebenheiten darstellen, untergliedern (siehe Abb. 15, 16). Der NS-streichende Gipfelkamm bildet den Bereich des unbewegten Gebirges. Dort ist die karbonatische Abfolge des Zyklus III der Unteren Pseudoschwageriner Schichten im Verband anstehend aufgeschlossen. Westlich schließt eine Zone an, die von aneinandergereihten, hangparallel streichenden Graben- und Rückenstrukturen gekennzeichnet ist (Blockzüge). Hangabwärts folgt das Blockfeld, das durch freistehende, unterschiedlich verstellte mächtige Einzelblöcke und Felstürme charakterisiert ist. Durch die konvexe Hangkante ist das Blockfeld von der Blockschutthalde getrennt. Die aufgeführten Areale unterscheiden sich auch in den jeweiligen Blockkubaturen. So nehmen die

Blockgrößen von max. 150.000 m³ innerhalb der Blockzüge über die mächtigen Felstürme des Blockfeldes mit maximal ca. 60.000 m³ stetig ab. Die Schutthalde besteht aus vollständig in die Kluftkörpergrößen zerlegtem Gebirge.

5.3. Die Kinematik der Blockzüge und des Blockfeldes

Die Bewegungsraten bei der Ablösung der Blockzüge vom unbewegten Gebirge liegen bei ca. 1 mm/a (Meßstrecke 1/2, Abb. 16).

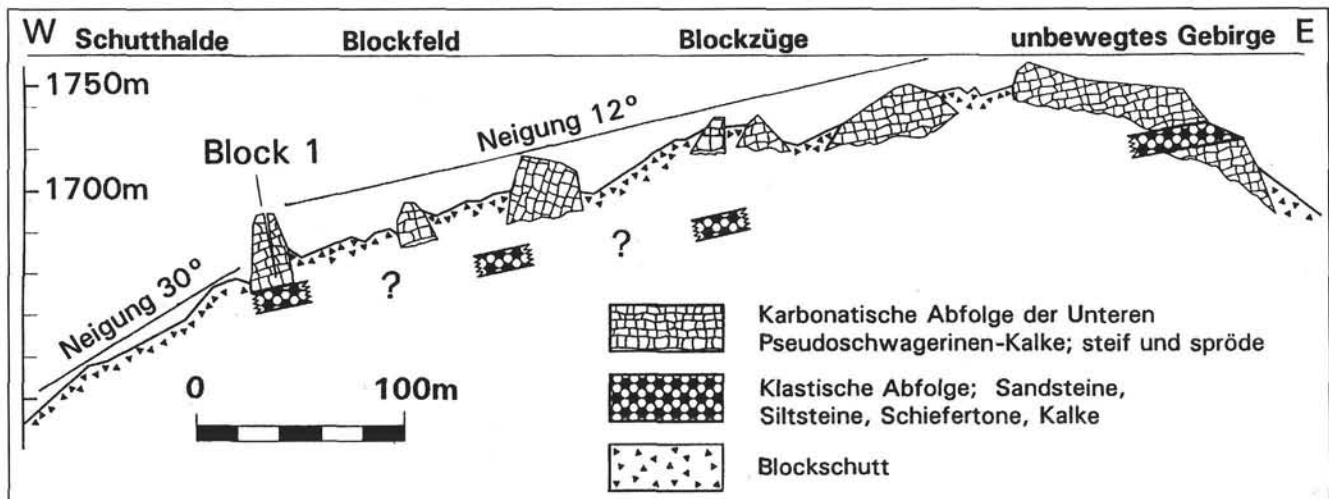


Abb. 15.
Schematischer geologischer Längenschnitt über die Treßdorfer Höhe.

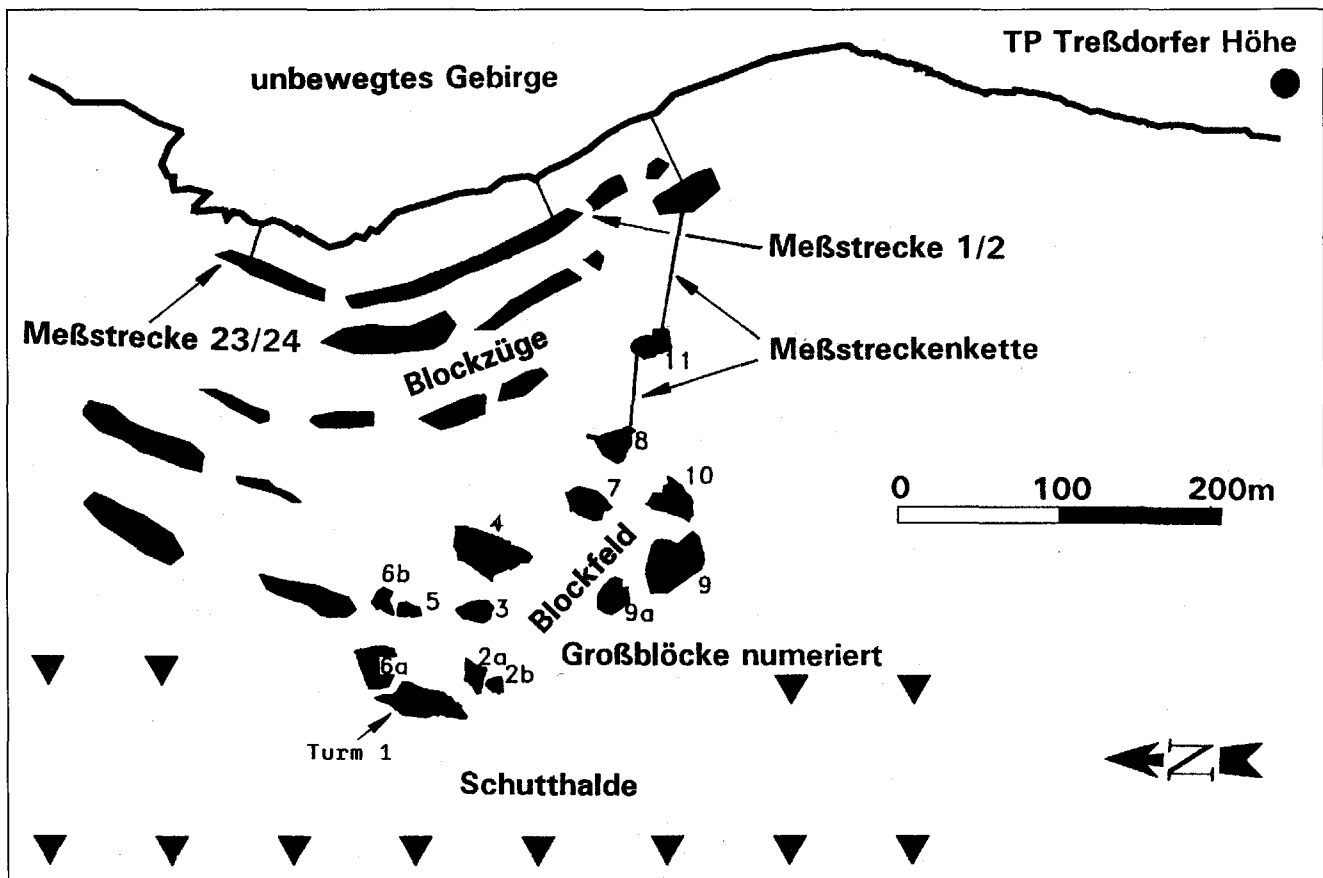


Abb. 16.
Lageplan des Bergzerreißungsfeldes Treßdorfer Höhe mit Numerierung der Felsstürme im Blockfeld.

Über die Kinematik der Zerlegung der Blockzüge im Verlauf der Hangbewegung lassen sich nur Aussagen in der Fallrichtung der Böschung machen. Laterale Verschiebungen konnten meßtechnisch nicht nachgewiesen werden und lassen sich nur anhand offener, tiefer und EW-streichender Spalten vermuten.

Die absoluten Verschiebungsraten steigen vom unbewegten Gebirge bis zu den im obersten Bereich des Blockfeldes befindlichen Einzelblöcken (Block 4 und 8) auf ca. 20 mm/a bis 30 mm/a stetig an. Dies konnte mit unterschiedlichen Meßverfahren nachgewiesen werden (Geodäsie und Präzisions-Maßband).

An den Felsstürmen 7 und 9 des Blockfeldes konnten Blockrotationen mittels tragbaren Neigungsmeßgerätes nachgewiesen werden (interne bzw. hangparallele Rotation); am Block 10 lassen sie sich nur vermuten (externe Rotation). Die absoluten Gesamtbewegungsraten der Großblöcke differieren je nach Position der Blöcke innerhalb des Blockfeldes zwischen 20 mm/a und 60 mm/a, wobei die Blöcke 4, 6B und 8 im Grenzbereich zu den Blockzügen die geringsten Verschiebungsraten aufweisen.

Die horizontale Richtung der Verschiebungsvektoren der 11 geodätisch vermessenen Objektpunkte im Blockfeld schwankt zwischen 260° und 280°.

5.4. Die Blockkinematik an der konvexen Hangkante am talseitigen Rand des Blockfeldes

Das am weitesten fortgeschrittene Stadium des Bergzerreißungsprozesses kann an der Grenze Blockfeld/Schutthalde beobachtet werden. Aufgrund von Gelände-

befunden und Meßergebnissen konnte festgestellt werden, daß der am talseitigen Rande des Blockfeldes stehende Felssturm 1 in erhöhter Bewegung begriffen ist. Dieser mächtigste Felssturm (Block 1) des Zerreißungsfeldes weist eine Kubatur von ca. 60.000 m³ auf und befindet sich an der Grenze Blockfeld/Schutthalde, die durch einen deutlichen Hangneigungswechsel markiert ist (von durchschnittlich ca. 12° im Blockfeld auf ca. 30° in der Schutthalde). Er weist eine bis zu 40 m hohe, weithin sichtbare Talseite auf. Die maximale Höhe seiner Bergseite beträgt 15 m.

Eine bis zu 1,5 m V-förmig geöffnete, NS-streichende Kluft spaltet den Felssturm in einen bergseitigen Block (Block 1C mit ca. 30.000 m³), während eine EW-streichende, derzeit etwa 10 cm geöffnete Kluft den talseitigen Teil des Turmes in zwei weitere Großblöcke trennt (Block 1A und 1B mit ca. 7.000 m³ bzw. 25.000 m³). Die unteren 25 m des Großblockes werden von massigen Karbonaten aufgebaut, die im Hangenden von gebankten Kalken abgelöst werden.

Um die Blockkinematik an der konvexen Hangkante zu untersuchen und insbesondere die Vorbereitungsphase zum möglichen Absturz seines Teilblockes 1A zu dokumentieren, wurden umfangreiche meßtechnische Untersuchungen durchgeführt, die die Kinematik der Blöcke 1A, 1B, 1C und 2B detailliert auflösen und auch Aussagen über externe Einflüsse auf das Bewegungsgeschehen geben können.

Die Ablösungstendenz an der Hangkante des Blockfeldes

Hier lieferten die in unregelmäßigen Abständen durchgeführten Präzisionsmaßbandmessungen eine erste

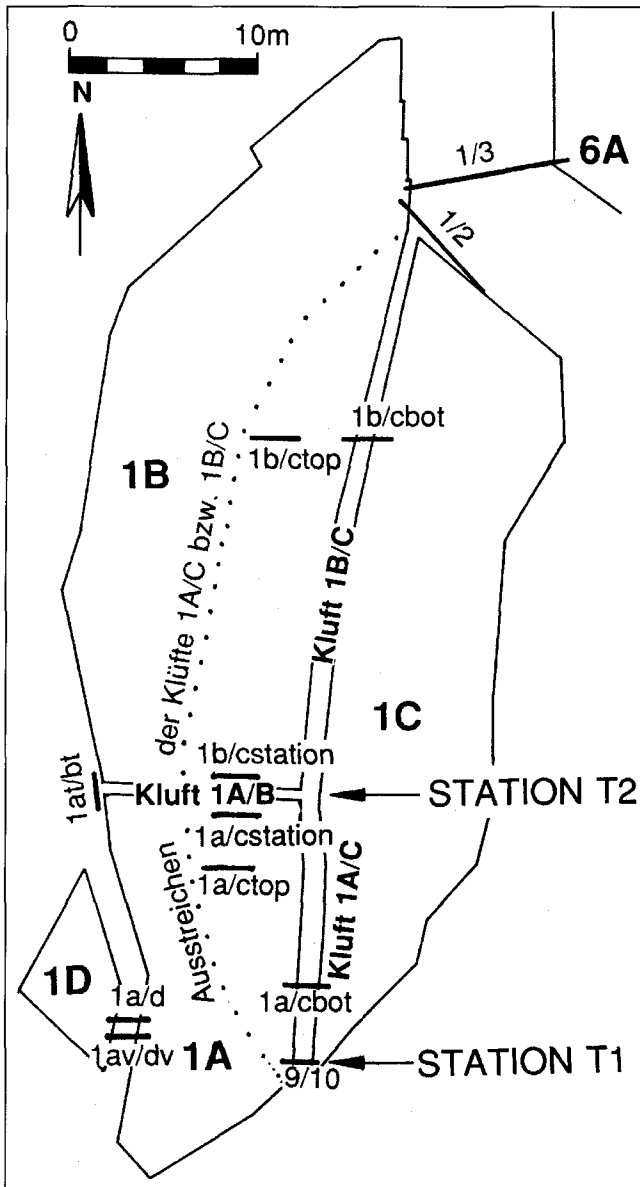


Abb. 17.
Lage der Teilblöcke, Klüfte und Meßstrecken für das Präzisionsmaßband und Lage der Meßstationen am Block 1 (schematische Darstellung). Die Klüfte 1A/C und 1B/C fallen steil nach Osten ein. Die Skizze gibt den Umriß des Felsturmes an der Obergrenze des Blockschuttes wieder.

Übersicht über die Ablösungstendenz. Aus den Ergebnissen der Strecke 9/10 (zur Lage s. a. Abb. 17), die sich am südlichen Ausgang der Kluft 1A/C befindet, kann entnommen werden:

- durchschnittliche Kluftöffnungsrate von etwa 0,18 mm/d (= 66 mm/a),
- Ablösungsvorgang von Block 1A verläuft über längere Zeit scheinbar linear,
- einzelne Meßperioden weisen erhebliche Unterschiede in ihren Verschiebungsraten auf; z.B. wurden für den Zeitraum vom 30.12.89 bis 09.02.90 ein Verschiebungsbetrag von 3,7 mm (= 0,09 mm/d) und für die Meßperiode vom 28.05.88 bis 20.06.1988 ein Verschiebungsbetrag von 5,7 mm (= 0,25 mm/d) gemessen (siehe Abb. 18).

Die absolute Kinematik des Bergzerreißungsfeldes

Ergebnisse zur Untersuchung absoluter Bewegungen konnten mit Einsatz geodätischer Meßmethoden und tragbarer Klinometer erzielt werden.

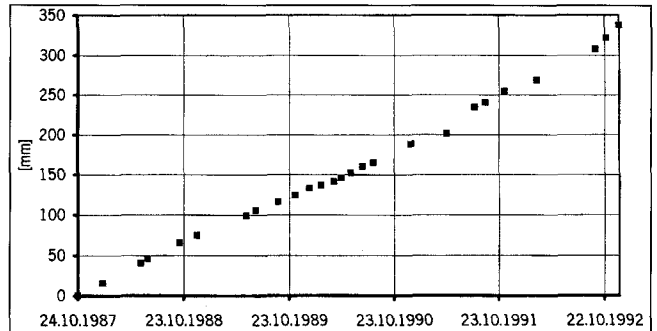


Abb. 18.
Ergebnisse der Präzisionsmaßband-Messungen an der Strecke 9/10 am südlichen Ausgang der Kluft 1A/C (zur Lage s. Abb. 17).

Felsturm 1A weist derzeit die größten absoluten Verschiebungsraten (bis ca. 100 mm/a) auf, die sowohl von translations-, als auch von rotationsförmiger Bewegungsform herrühren (s. Abb. 19). Die translationsförmige Komponente in Fallrichtung des Hanges beträgt ca. 50 mm/a, während die Kippkomponente sich in verschieden großen Gesamtverschiebungsbeträgen unterschiedlich hoch angebrachter Objektpunkte äußert. Die Kipptrate des Turmes liegt bei ca. 3 mm/ma; der Top des insgesamt über 30 m hohen Felsturmes eilt folglich dem Fuß um ca. 90 mm/a (!) in Richtung von 260° voraus. Dies signalisiert die potentielle Felssturzgefahr infolge Kippbruches an der konvexen Hangkante. Gemäß der Ergebnisse der Meßreihen an den Felstürmen 1A und 1C liegt der Drehpunkt an der talseitigen Blockbasis in der Ebene senkrecht zum Streichen des Hanges.

Kippvorgänge von mächtigen Felstürmen an den Rändern spröder Deckplatten konnten auch an anderen Lokalisationen beobachtet werden (z.B. Rotes Kögele/Hallstatt, Zwerchwand/Salzkammergut). So wurde an der Zwerchwand am Top eines abgetrennten 60 m hohen Felsturmes in zwei Jahren eine Kluftöffnung von ca. 30 mm, an der Basis ein Divergenz von nur ca. 8 mm gemessen; dies entspricht jedoch nur einer Kipptrate von ca. 0,18 mm/ma (ROHN, 1991).

Der genaue Verlauf der Ablösungsvorgänge an der Hangkante und der Einfluß externer Faktoren

Um den genauen Verlauf der Hangbewegung am Felsturm 1 und den Einfluß externer Faktoren auf die Blockkinematik näher erfassen zu können, wurden kontinuierlich aufzeichnende Präzisionsdrahtextensometer gekoppelt mit einem digitalen Niederschlagsmeßgerät verwendet.

Einen Überblick über die Kluftöffnungsbeiträge in einem Zeitraum von etwa 2 Jahren gibt Abb. 20.

Während des 760tägigen Meßzeitraumes wurde in zweiminütigen Abständen der Sensor von der Zentraleinheit abgefragt, ein arithmetisches Mittel über jeweils fünf Werte abgespeichert und somit eine aus ca. 110.000 Meßwerten bestehende, zusammenhängende Summenkurve der Kluftöffnungsbeiträge ermittelt. Insgesamt betrachtet erkennt man eine stetige Zunahme des Kluftöffnungsbeitrages. Während der Wintermonate 1988/89 flacht die Kurve ab, um im Frühjahr 1989 einer ähnlichen Steigung, wie im Sommer des Vorjahres, zuzustreben. Im Spätherbst und Frühwinter 1989 sind zwei Phasen verstärkter Kluftöffnung zu verzeichnen. Im Winter 1989/90 ist die Verringerung der Kluftöffnungsraten weit weniger ausgeprägt als im vorangegangenen Winter. Die angesprochenen Charakteristika der Meßkurve werden im folgenden näher analysiert.

Abb. 19.
Schematische Darstellung der Ergebnisse der Messungen zur Erfassung der Kinematik am Block 1 (Meßperiode vom 24. 05. 1990 bis 03. 09. 1991). Ablösung des Turmes 1A infolge Translation und Rotation.

Der in Abb. 20 dargestellte Detailausschnitt gibt die Ergebnisse der Meßreihe für die Wintermonate 1988/89 wieder. Für diesen Zeitabschnitt beträgt der lineare Korrelationskoeffizient 0,999 und zeigt somit eindeutige Konstanz der Klüftöffnungsraten an. Die Dislokationsrate beträgt ca. 0,09 mm/d und ist um über 40 % geringer als die mittlere Verschiebungsrate (ca. 0,16 mm/d) des gesamten, mit dem Extensometer erfaßten, Zeitabschnittes (vgl. Abb. 20 a). Die Abweichung (0,01 mm/d) der mittels Extensometer und Maßband erfaßten Verschiebungsrate läßt sich auf die Kalibrierung des Extensometersensors zurückführen.

Weiterhin konnte anhand der synchronen und hochgenauen Messungen des Präzisions-Extensometers festgestellt werden, daß erhöhte Klüftöffnungsbeiträge bzw. Beschleunigungsphasen am selben Tag des jeweiligen Niederschlages auftreten. Es konnte weiterhin das Einsetzen erhöhter Verschiebungsrate in Perioden verstärkter Wasserzufuhr studiert werden (s. Abb. 21).

6. Zusammenfassung der Ergebnisse Schlußfolgerung

Das Naßfeldgebiet/Kärnten weist aufgrund geologisch-geotechnischer und hydrographischer Gegebenheiten eine Reihe von Großhangbewegungen auf, von denen die Talzuschübe Reppwand-Gleitung, Schlanitzenalm-Gleitung und die Bergzerreißung Treßdorfer Höhe untersucht wurden. Auf-

grund geodätischer und sonstiger geotechnischer Messungen konnte besonders zum Bewegungsbild der Reppwand-Gleitung und der Bergzerreißung Treßdorfer Höhe Aussagen getroffen werden. Speziell an der Reppwand-

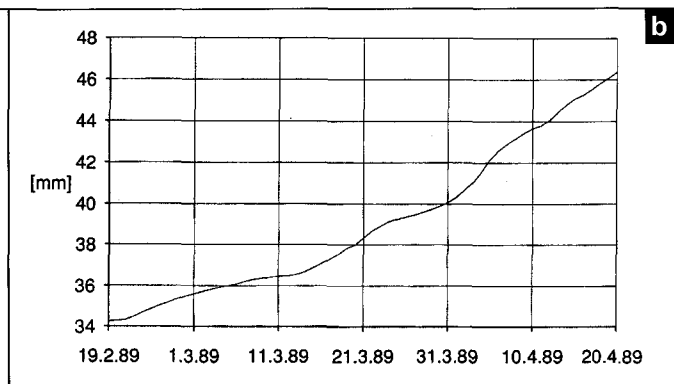
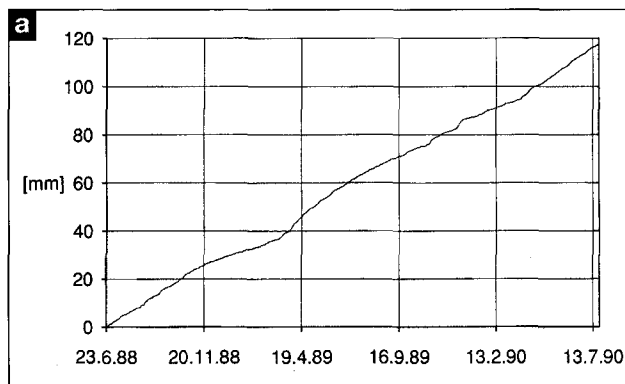
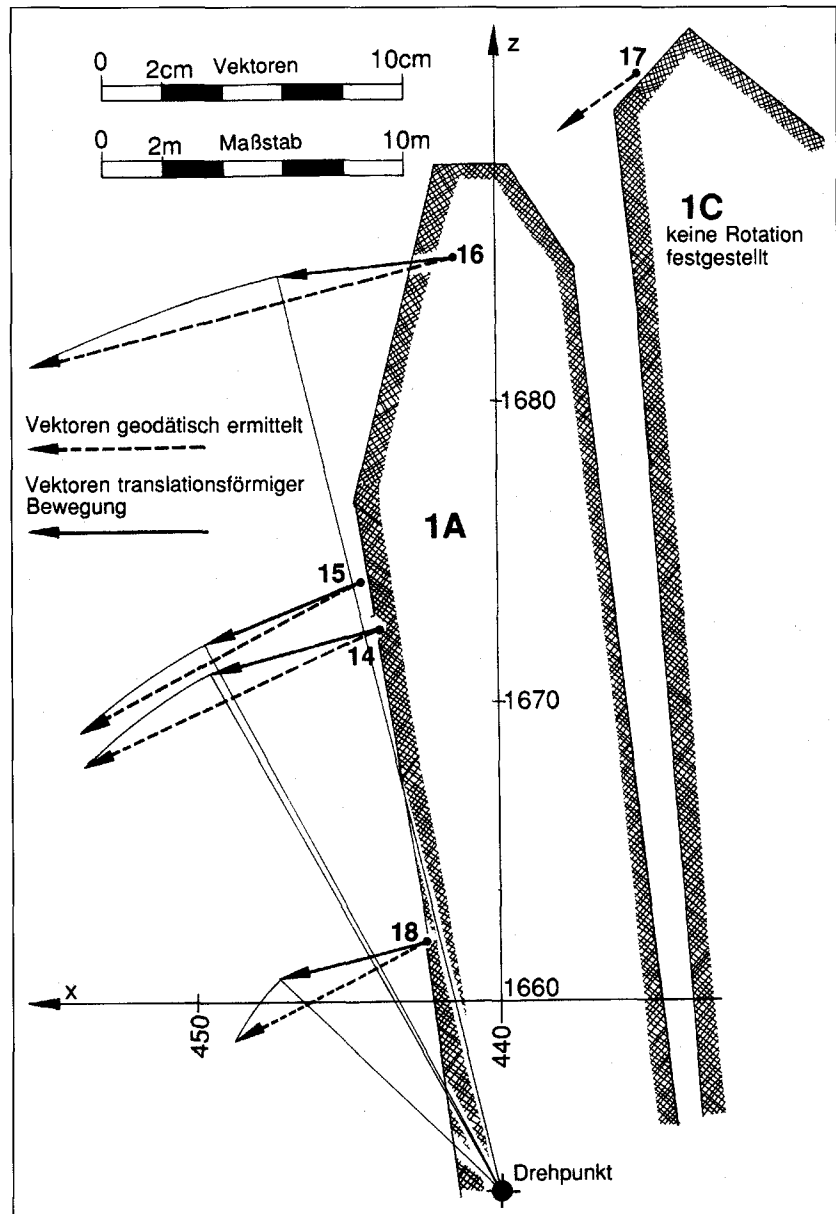


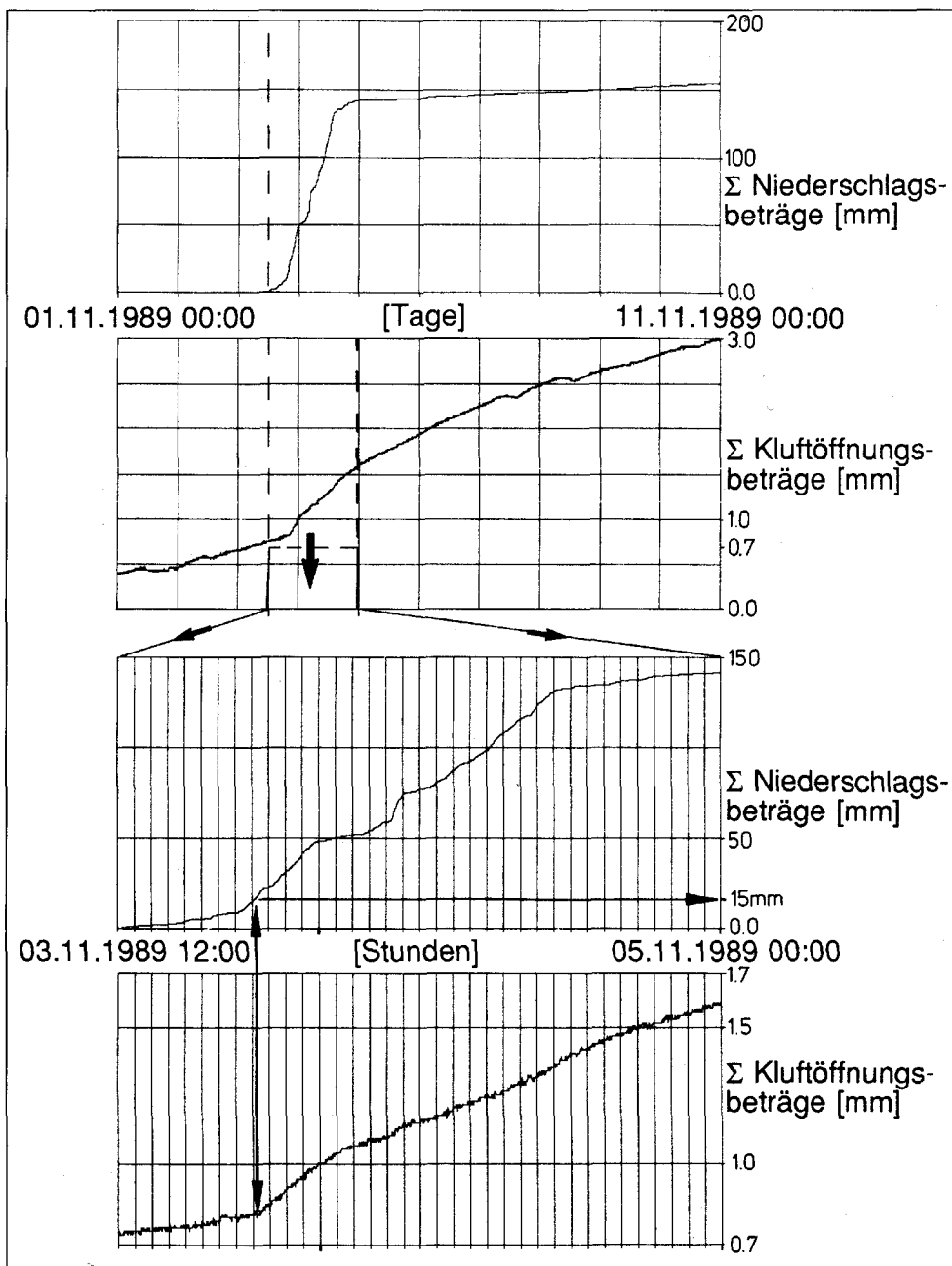
Abb. 20.
Ergebnisse des Extensometers E1 an der Station T1 für den Zeitraum vom Juni 1988 bis Juli 1990.
a) Aufsummierte Klüftöffnungsbeiträge.
b) Detailausschnitt: typische Beschleunigungsphasen in den Frühjahrsmonaten 1989.
Insgesamt setzt sich die Meßkurve aus ca. 110.000 Meßwerten zusammen.

Abb. 21.
Korrelation zwischen Summe der Niederschlagsbeträge und Summe der Verschiebungsbeträge – ermittelt mit dem Präzisionsdrahtextensometer und dem elektronischen Niederschlagsmeßgerät an der Station T1.
Das Niederschlagsereignis vom 3./4. 11. 1989 führte zum plötzlichen Einsetzen erhöhter Verschiebungsraten bei 15 mm Niederschlagssumme.
Zur Lage siehe Abb. 17.

Gleitung konnte auch dem Einfluß von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen nachgegangen werden, die an der östlichen Talzuschubsstirn am Ausgang des Oselitzenbaches von der Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Kärnten im Jahre 1988 getroffen worden sind.

Für die ca. 2 km lange und bis zu 1,5 km breite Reppwand - Gleitung können folgende Aussage getroffen werden:

- Das Bewegungsbild (Geschwindigkeit, ebener und räumlicher Bewegungsvektor) ist sehr heterogen und spiegelt die extrem wechselnden Bedingungen hinsichtlich der geotechnischen Ausbildung des Gebirgsverbandes, der hydrologischen Gegebenheiten und bezüglich der Möglichkeit der Unterschneidung der Talzuschubsstirn durch den Oselitzenbach bei Hochwasserkatastrophen wieder.
- Im östlichen Bereich der Talzuschubsstirn ist unterhalb der Naßfeldbundesstraße durch die Sanierungsmaßnahmen (Anlegen einer Fußschüttung ca. 200.000 m³, Verlegung des Oselitzenbaches in einen Felskanal) eine weitgehende Beruhigung eingetreten (Geschwindigkeit < 5 cm). Genannte Maßnahmen waren auch geeignet, das staffelförmige Nachsitzen und die oberflächliche Gleitschollenbildung an der Talzuschubsstirn zu bremsen.
- Durch die geodätischen Messungen und Konvergenzmessungen konnte sehr deutlich ein dilatantes Verhalten der Talzuschubsstirn mit abnehmenden Geschwindigkeiten von der Talzuschubsstirn aufgezeigt werden. Dies äußert sich in tiefreichender Gleitkörperbildung (100–150 m), die meßtechnisch bis ca. 200 m oberhalb der Grabensohle nachgewiesen werden kann. Die Analyse des räumlichen Bewegungsvektors legt dabei einen abwechselnd sackenden und gleiten-



den Bewegungsmechanismus nahe, wobei sich gemittelt über den Zeitraum von 1983–1991 räumliche Vektoren von + 7° bis -16° ergeben.

- An der Stirn überlagern sich oberflächennahe Bruchschollenbildung mit Geschwindigkeiten um ca. 20 cm/Jahr und die Kriechbewegung der Talzuschubsstirn, die zur Zeit bei ca. 5 bis 9 cm/Jahr liegt.

Wie zu erwarten, bewirkten die Sanierungsmaßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung im Jahre 1988 nur lokal eine Abschwächung der Bewegung. Eine weitergehende, auch flächenhafte Beruhigung der tiefgreifenden Hangbewegung dürfte nur mit einem Absenken des Bergwasserspiegels herbeizuführen sein. Dies bedeutet eine schadlose Ableitung der Hangwässer auch im Niveau oberhalb 950 m.

Aufgrund umfangreicher geotechnischer Messungen konnte an der Bergzerreißung Treßdorfer Höhe vor allem die Kinematik in den verschiedenen Bereichen entschlüsselt werden.

Die Bewegungsraten bei der Ablösung der Blockzüge vom unbewegten Gebirge liegen bei ca. 1 mm/a.

Über die Kinematik der Zerlegung der Blockzüge im Verlauf der Hangbewegung lassen sich nur Aussagen in der Fallrichtung der Böschung machen. Laterale Verschiebungen konnten meßtechnisch nicht nachgewiesen werden.

● An den Felstürmen 7 und 9 des Blockfeldes konnten Blockrotationen mittels tragbaren Neigungsmeßgerätes nachgewiesen werden (interne bzw. hangparallele Rotation); am Block 10 lassen sie sich nur vermuten (externe Rotation). Die absoluten Gesamtbewegungsraten der Großblöcke differieren zwischen 20 mm/a und 60 mm/a, je nach Position der Blöcke innerhalb des Blockfeldes.

Die horizontale Richtung der Verschiebungsvektoren der elf geodätisch vermessenen Felstürme im Blockfeld schwankt zwischen 260° und 280°.

● Unter Einsatz verschiedenster meßtechnischer Vorgehensweisen konnte die Kinematik der Felstürme an der konvexen Hangkante detailliert aufgelöst werden und externe Einflüsse auf das Bewegungsgeschehen in diesem Teilbereich herausgefiltert werden.

Block 1A weist derzeit die größten Verschiebungsraten (bis ca. 100 mm/a) auf, die sowohl von translations-, als auch von rotationsförmiger Bewegungsform herrühren. Die translationsförmige Komponente beträgt ca. 30 mm/a, während die Kippkomponente sich in verschieden großen Gesamtverschiebungsbeträgen unterschiedlich hoch angebrachter Objektpunkte äußert. Die Kipptrate des Blockes liegt bei ca. 2,5 mm/ma.

Der synchrone Einsatz von Präzisions-Extensometern und Niederschlagsmeßgerät erbrachte das Ergebnis, daß die Gebirgsdeformationen ohne Wasserzufuhr zumindest in diesem Bereich der Großhangbewegung bemerkenswert linear verlaufen. Wasserzufuhr erhöht sprunghaft bei bereits ca. 15 mm Niederschlag die Gesamtbewegungsraten.

Die über längere Zeiträume mit konstanten Bewegungsraten ablaufenden Deformationen sprechen für eine ausgesprochen homogene Ausbildung der Unterlage.

Die hohen Dehnungsraten, der geringe Anteil von eindeutig bruchhafter Deformation aufgrund der Kontinuität des Böschungsversagens sind klare Hinweise für eine vorwiegend duktile Verformung der klastischen Abfolge. Vermutlich handelt es sich um Kriechvorgänge, wobei derzeit, aufgrund der Linearität der Zeit-/Deformationskurven, die sekundäre Kriechphase ausgebildet sein dürfte.

Insgesamt läßt sich aus den quantitativen Resultaten ableiten, daß sich derzeit die geotechnische Bearbeitung von Talzuschüben, Blockbewegungen und Bergzerreibungen auch im Hinblick auf die Lösung praktischer bautechnischer Fragestellungen auf eine meßtechnische Erfassung der Großhangbewegungen konzentrieren sollte.

Dank

Für die finanzielle Unterstützung gilt unser Dank der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, und dem Amt der Kärntner Landesregierung (Dr. U. HERZOG). Insbesondere sind wir Herrn Dipl.-Ing. H. NOJSTERNIG, Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Kärnten, für die Überlassung von Untersuchungsergebnissen und die Bereitstellung von Arbeitskräften zu Dank verpflichtet.

Literatur

- BRANDECKER, H.: Die Gestaltung von Böschungen in Lockermassen und in Fels. – Forsch.-Ber. Forschungsges. Straßenwesen im österreichischen Ingenieur- und Architektenverein **3**, 59 S., Wien 1971.
- BUGGISCH, W., FLÜGEL, E., LEITZ, F. & TIETZ, G.F.: Die fazielle und paläogeographische Entwicklung im Perm der Karnischen Alpen und in den Randgebieten. – Geol. Rdsch., **65**, 649–690, Stuttgart 1976.
- FELSER, K. & KAHLER, F.: Die Bildung schmaler Felskämme durch Bergzerreibung und Talzuschub. – Mitt. Geogr. Ges., **98**, 204–208, Wien 1956.
- FLÜGEL, E.: Bericht über fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Perm der Karnischen Alpen. – Carinthia II, **78**, 38–65, Klagenfurt 1968.
- FLÜGEL, E.: Permian reefs in the Southern Alps. – Guide book, Int. Symp. Triassic Reefs 1981, 6–23, Erlangen 1981.
- FLÜGEL, E.: Reef Mound-Entstehung: Algen-Mounds im Unterperm der Karnischen Alpen. – Facies, **17**, 73–90, Erlangen 1987.
- GLAWE, U. & MOSER, M.: Erste Untersuchungsergebnisse zur Kinematik der Bergzerreibung Treßdorfer Höhe (Karnische Alpen). – Jb. Geol. B.-A., **132/4**, 629–644, Wien 1989.
- GLAWE, U. & MOSER, M.: Geotechnische Untersuchungen an den Großhangbewegungen im hinteren Rudnigraben – Naßfeldgebiet/Kärnten. – Carinthia II 180./100 Jahrgang, 405–425, Klagenfurt 1990.
- GLAWE, U. & MOSER, M.: Meßtechnische und theoretische Bearbeitung von Bergzerreibungen und Blockbewegungen. – Felsbau, **11/5**, 235–250, Essen 1993.
- HÖTZL, H. & MOSER, M.: Application of tracer techniques for hydrogeologic studies of mass movements. – Proc. 6th Int. Symp. on water tracing, 357–363, Karlsruhe 1992.
- HOMANN, W.: Fazielle Gliederung der Unteren Pseudoschwagerinenkalke (Unter-Perm) der Karnischen Alpen. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1969, **5**, 265–280, Stuttgart 1969.
- KAHLER, F. & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. – Geol. B.-A., 115 S., Wien 1963.
- MALGOT, J., PASEK, J. & STELLA, R.: The activity of the block type slope movements in the Handlová Basin. – Proc. of the 10th Congress CBGA, GUDS, 176–184, Bratislava 1974.
- MOSER, M. & GLUMAC, S.: Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen im Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., 1982, H. **3**, 209–241, Wien 1983.
- NEMCOK, A. & BALIAK, F.: Gravitational deformations in mesozoic rocks of the carpathian mountain ranges. – Bull. IAEG, **16**, 109–111, Krefeld 1977.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, W.: Gang und Gehwerk einer Massenbewegung, Teil 2: Massenbewegungen am Rande des Systems „Hart auf Weich“. – Felsbau, **7**, 1, 16–20, Essen 1989.
- ROHN, J.: Geotechnische Untersuchungen an einer Großhangbewegung in Bad Goisern (Oberösterreich). – Schr. Angew. Geol., **14**, Karlsruhe 1991.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Blatt 198/Weißbriach. – Wien (Geol. B.-A.)1987.
- SKOLAUT, H.: Technischer Bericht für das Verbauungsprojekt Oselitzenbach. – Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Kärnten, Villach, 108 S., interner Bericht 1985.
- STREIT, M.: Ermittlung geomechanischer Kennwerte zur Beurteilung einer instabilen Talflanke im alpinen Raum (am Beispiel der Reppwand-Gleitung (Kärnten)). – Unveröff. Dipl.-Arb., 73 S., Universität Bochum, Bochum 1988.
- VENTURINI, C., FERRARI, A., SPALLETTA, C. & VAI, G. B.: La discordanza ercinia, il tardoerogeno e il postorogeno nella geologia del Passo di Pramollo. – In: CASTELLARIN, A. & VAI, G. [Hrsg.]: Guida alla geologia del sudalpino centro-orientale, Guide geol. reg. S.G.I., 305–319, Bologna 1982.