

Das Problem des Talzuschubes am Beispiel der Reppwand-Gleitung, Naßfeld (Kärnten)

M. MOSER

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 (Talzuschub Reppwand-Gleitung, Schlanitzenalm-Gleitung) bis hin zu großen Bergzerreißen (Trogkofel, 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. Durch die im östlichen Bereich der Talzuschubsstirn durchgeführten Sanierungsarbeiten im Jahre 1988 (Schaffung einer Fußschüttung, Verlegen des Oselitzenbaches in einen Felsskanal) gingen die Hangbewegungen bis zum Niveau der Naßfeldbundesstraße stark zurück < 5 cm/Jahr. Eine geringfügige Änderung ist auch oberhalb der übersteilten Stirn seit 1988 eingetreten, wobei zur Zeit mit durchschnittlichen Kriechgeschwindigkeiten der gesamten Masse mit ca. 7 – 8 cm gerechnet werden muß. Eine weitergehende, flächenhafte Beruhigung wird nur mit einem Absenken des Bergwasserspiegels zu erreichen sein.

Diese Maßnahmen, im Projekt der Wildbach- und Lawinerverbauung von 1985 vorgesehen, werden eine komplette Ableitung der Hangwässer ab Bodenseeniveau beinhalten.

1. Einführung

Auffällige und mit dem Auge wahrzunehmende Gestaltänderungen der Erdoberfläche werden gemeinhin mit Erdbeben, vulkanischen Ereignissen und spontanen Massenbewegungen oder einer Kombination dieser Prozesse in Zusammenhang gebracht.

Eine Landschaftsumgestaltung findet aber auch durch langsame und mit dem Auge kaum wahrnehmbare Prozesse statt, die aber nicht nur in säkularen Zeiträumen, sondern auch in 30 bis 50 Jahren einen Landschaftsraum verändern können. Solche sehr langsam ablaufende Prozesse an Talhängen, die zwar mit dem Auge nicht direkt erfassbar sind, deren Folgen sich aber im Bild der Landschaft und den bautechnischen Auswirkungen deutlich bemerkbar machen, können unter dem Begriff des Talzuschubes oder der Sackung zusammengefaßt werden.

Obwohl den Phänomenen des tiefgreifenden Hangkriechens schon seit 40 Jahren nachgegangen wird, sind wir auch heute noch weit davon entfernt, Bewegungsabläufe exakt vorauszusagen. In diesem Zusammenhang sei an das Unglück von Longarone/Italien im Bereich des Staubeckens Vajont im Oktober 1963 erinnert, wo eine schon seit Jahren beobachtete Kriechbewegung in eine Gleitbewegung überging und den Bruch einer gesamten Talflanke verursachte und in deren Folge die Stadt Longarone total zerstört wurde.

Auch in letzter Zeit hat man sich noch sehr pessimistisch über den Kenntnisstand von tiefgreifenden Hangbewegungen geäußert. So schreibt MÜLLER-SALZBURG (1992, Felsbau II. Bd. Teil A): "In Anbetracht der bedauerlichen Tatsache, daß der Pegelstand unserer Kenntnisse und auch der Forschungen über die Mechanik der Talzuschübe weit hinter den Bedürfnissen der Geopraxis zurückgeblieben ist, in Anbetracht auch der Komplexität des damit verbundenen Fragenkreises, wäre es höchst wichtig, wenigstens die Kinematik der zahlreichen Typen von Talzuschüben zu kennen, verstehen und deuten zu lernen."

Die Betonung eines "mangelnden Wissenstandes" ist nicht verwunderlich, da nur quantitative und über längere Zeit durchgeführte Untersuchungen zum Ziele führen.

Nachstehend seien einige hinsichtlich der Kinematik und des Bewegungsmechanismus zielführende Untersuchungen aufgeführt.

Oberflächliche Ausdehnung und Art der Hangbewegung (1)

Morphologische Verhältnisse (1)

Geologisch-geotechnische Ausbildung des Gebirges in den verschiedenen Bereichen der Hangbewegung (1)

Mechanische Eigenschaften des Gebirges in den verschiedenen Zonen der Hangbewegung (1)/(2)

Bewegungsablauf in der Zeit (1)

Bewegungsablauf nach dem Ort (1)/(2)

Einfluß externer Faktoren (1)/(2)

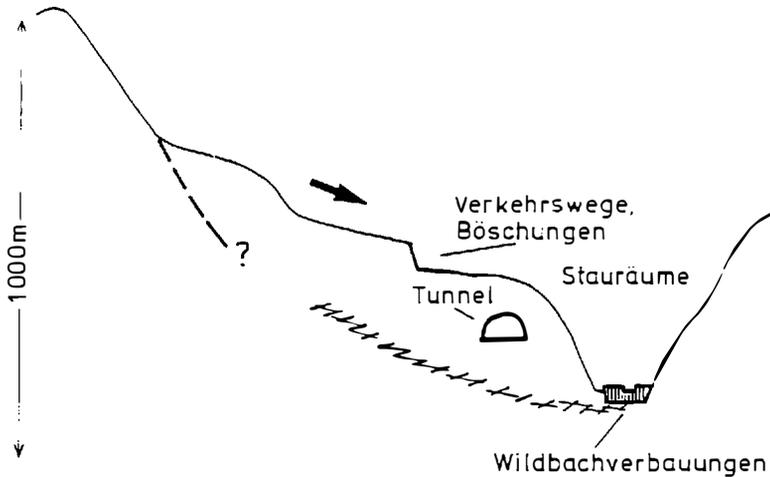
Räumliche Geometrie des Massenkörpers (2)

Anwendungen von Prozeßmodellen (2)

(1) weitgehend abgeklärt

(2) keine oder nur sehr mangelhafte Informationen vorhanden

Solche Untersuchungen sind gerade im Hinblick auf die Praxis wünschenswert, da im Zusammenhang mit solchen tiefgreifenden Hangbewegungen zahlreiche bautechnische Probleme auftreten.



Wildbachverbauung: anfangs Verschieben der Querwerke in Richtung festes Widerlager, im weiteren Verlauf Abscheren an den Arbeitsfugen und endgültige Zerstörung durch aktiven Gebirgsdruck (z.B. Talzuschub Gradenbach / Kärnten)

Stauräume: Aktivierung der tiefgreifenden Hangbewegung durch Stauspiegelschwankungen (z.B. Talzuschub Gepatschspeicher / Tirol)

Tunnel: starke Querschnittsveränderung der Tunnel- und Stollenbauten (z.B. Talzuschub Millstätter Alpe / Kärnten)

Böschungen: durch hangtektonische Prozesse starke Auflockerung und Zerschierung des Gebirgsverbandes; Felsgleitungen (z.B. Talzuschub Reppwand-Gleitung / Kärnten)

Abb. 1: Beeinträchtigung bautechnischer Gegebenheiten durch Talzuschübe

2. Übersicht über die Großhangbewegungen des Naßfeldes

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 Bergzerreiung Tredorfer Hhe hervorzuheben sind.

Kleinere z. T. beruhigte Großhangbewegungen sind im Hinteren Rudniggraben der Tomritsch-Zuschub und der Madritschen-Zuschub (s. Abb. 2). 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 der Reppwand-Gleitung und Schlanitzenalm-Gleitung einnehmen.

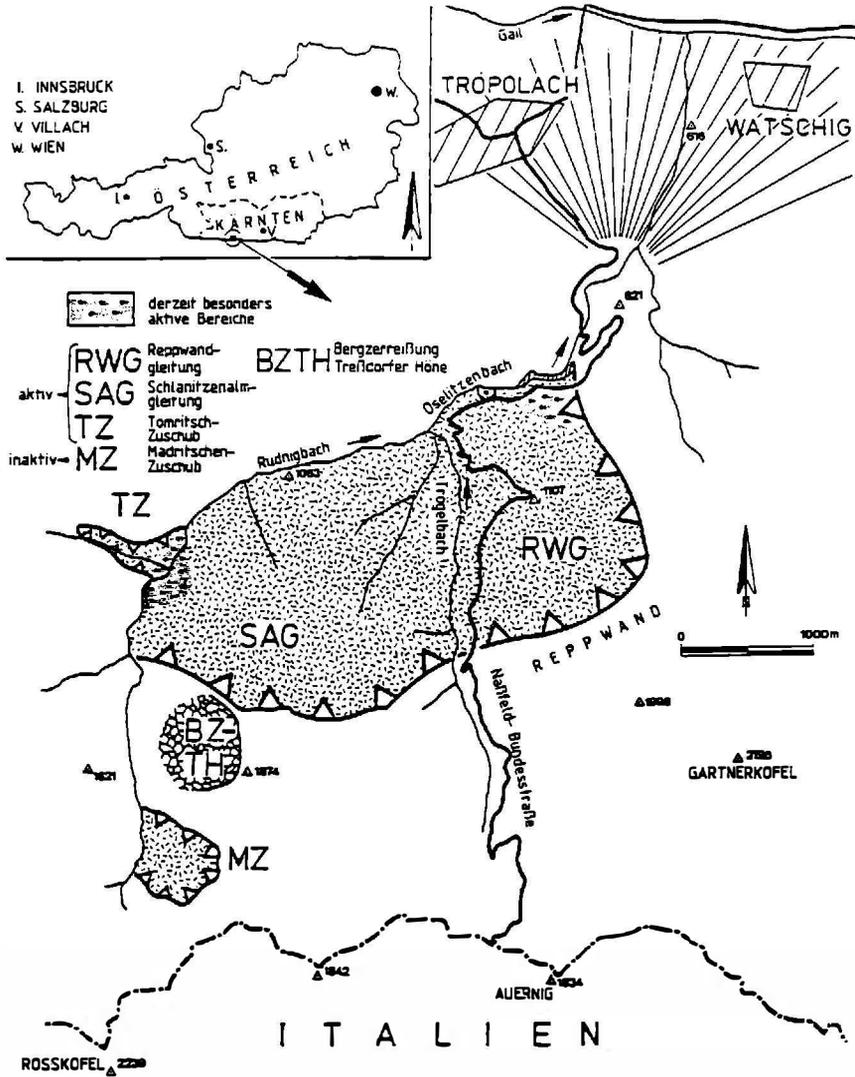


Abb. 2: Übersicht über die wichtigsten Großhangbewegungen des Naßfeldes/Kärnten (RWG = Reppwand-Gleitung)

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 KÄHLER & PREY (1963), in dem sie bezüglich dieser Gesteine innerhalb der Talzuschubsmasse von Naßfeldschichten sprechen.

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 Talzuschubstirnen.

Ausgehend von geologischen und geotechnischen Untersuchungen im Rahmen des Verbauungsprojektes Oselitzenbach des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien, sollen hier Ergebnisse zur Reppwand-Gleitung mitgeteilt werden, die die strukturelle Gliederung der Talzuschubsmasse, den Bewegungsablauf an der Talzuschubstirn, den Bezug der Bewegung zu externen Faktoren und den Tiefgang und die Dynamik einer solchen tiefgreifenden Hangbewegung betreffen.

3. Talzuschub Reppwand-Gleitung

3.1 Geographische und geologische Übersicht

Die Reppwandgleitung 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.

Die Schichtfolge im Bereich der Reppwandleitung beginnt mit den altpaläozoischen Bänderkalken und den Hochwipfel-Schichten des variszischen Grundgebirges. Darüber folgen die oberkarbonischen Auernig-Schichten und die Schichtgruppe des Perms mit den Rattendorfer-, Trogkofel-, Grödener- und Bellerophon-Schichten. Vom Mesozoikum sind die Werfener Schichten und das Muschelkalk-Konglomerat der Trias, aus dem der Gipfel der Kammleiten aufgebaut wird, vorhanden. Zu den jüngsten Ablagerungen gehören Moränen, Bildungen von ausgedehnten subrezentem bis rezenten Massenbewegungen und Wildbachschutt (s. Abb. 3).

In einem Längenschnitt können Position und Dimension der Reppwandleitung nach den Vorstellungen von KÄHLER & PREY (1963) entnommen werden (s. Abb. 4).

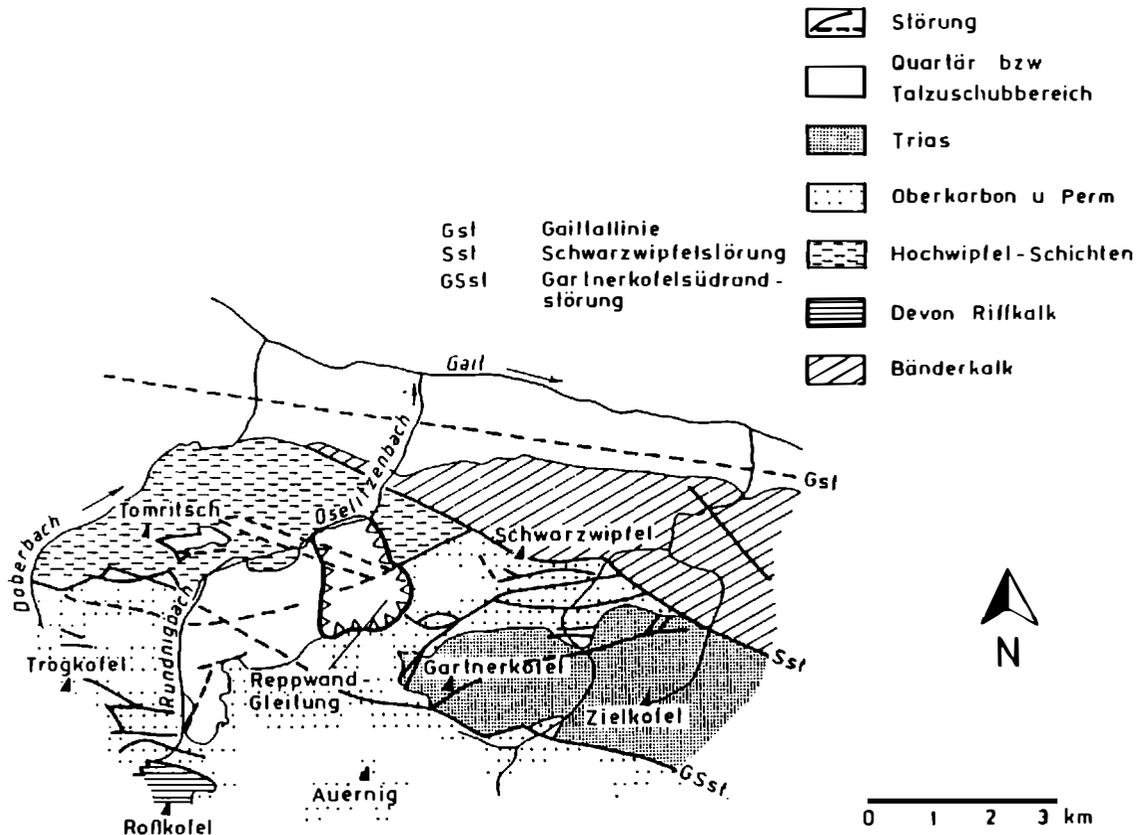


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes (mod.n.KAHLER & PREY 1963)

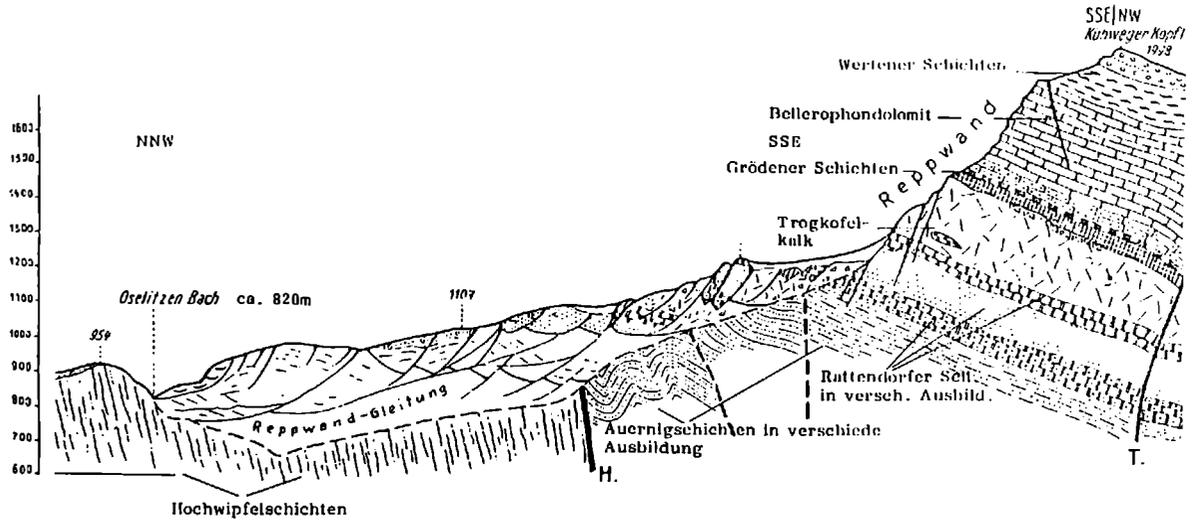


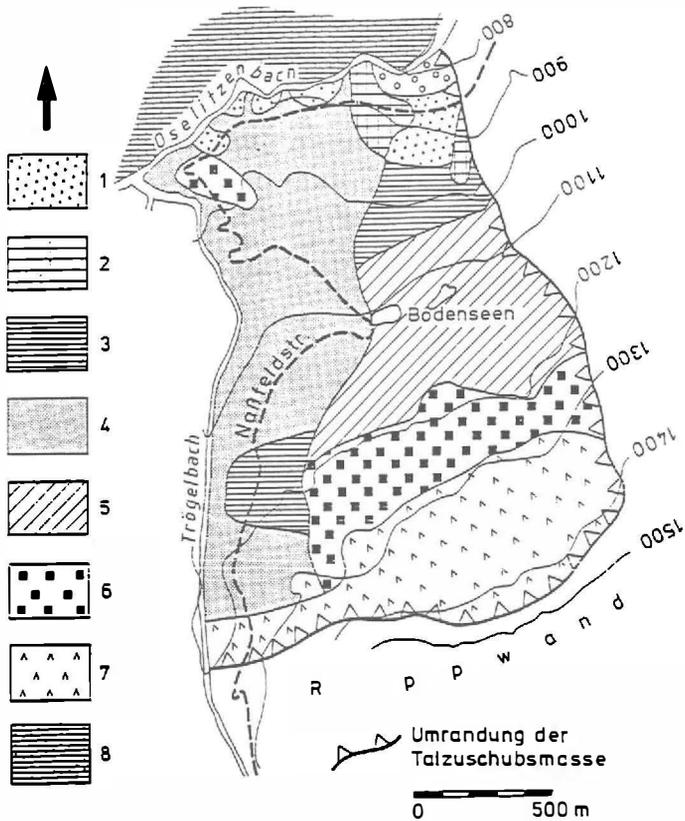
Abb. 4: Talzuschub Reppwand (n. KAHLER & PREY 1963)

3.2 Die ingenieurgeologischen Verhältnisse der gesamten Talzuschubsmasse

Innerhalb des genannten Gebietes der Reppwand-Gleitung lassen sich folgende geotechnische Homogenbereiche differenzieren (s. Abb. 5):

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 von 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); letzter größerer Felssturz 1987.
8. Orographisch linke Einhänge des Oselitzenbaches, gebildet von verbandsfesten Tonschiefern der Hochwipfelschichten; von der Reppwandgleitung nicht mehr betroffen.



1 Zonen sehr starker Gebirgsauflösung der Naßfeldschichten bis hin zur Grobblockschutthalde mit tiefgreifenden und weitflächigen Muschelenbrüchen; tiefliegende Gleitzonen

○ ○ ○ Fußschüttung seit 1988

Abb. 5: Talzuschub Reppwand/Oselitzenbach
Strukturgeologische Einheiten

3.3 Die geotechnischen Verhältnisse an der Talzuschubsstirn und den angrenzenden Bereichen

Die geotechnischen Verhältnisse an der Talzuschubsstirn haben sich in den letzten Jahren insofern geändert, da in einem Verbauungsprojekt des Forsttechnischen Dienstes, Sektion Kärnten von 1985 besonders von hm 28,5 bis hm 32 umfangreiche Sanierungsmaßnahmen getroffen worden sind. Sie umfassen:

Anlage einer Gegenschüttung von ca. 170.000 m³ am labilen Hang
Schaffung einer ca. 80 m aufweisenden neuen Böschung am stabilen Gegenhang
Verlegung des Oselitzenbaches nach Norden in einen Felsskanal in Hochwipfelschichten

Der Schichtverband der Naßfeld-Schichten wurde seit dem Postglazial durch tiefgreifende Hangbewegungen, oberflächennahe Gleitungen und Kriecherscheinungen stark gestört. So können die für die Auernig-Schichten typischen, durchhaltenden Kalk- und Sandsteinbänke nur in einzelnen Linsen und stark durchbewegten und geklüfteten Gebirgskörpern beobachtet werden. Bedingt durch die ursprünglichen Sedimentationsverhältnisse, die Hangtektonik und die derzeitigen Aufschlußverhältnisse werden die Naßfeld-Schichten innerhalb der Talzuschubsstirn und der angrenzenden Bereiche in folgenden geotechnischen Ausbildungen angetroffen (z. T. seit 1988 verdeckt durch Gegenschüttung):

Der Gebirgsverband ist bis zur Grobblockschutthalde aufgelöst, wobei die Blöcke häufig in einer feinerdereichen Matrix schwimmen. Diese geotechnische Ausbildung ist im gesamten Bereich der rechtsufrigen Anbruchszonen des Oselitzenbaches weit verbreitet, besonders in einem ca. 10.000 m² großen Gebiet östlich des Quellenbaches von 860 m bis 940 m Höhe oberhalb der Naßfeldstraße.

Naßfeld-Schichten, die infolge ihres hohen Feinanteiles als schwach bindiges bis bindiges Lockergestein anzusprechen sind, das bei Wassersättigung ein extrem murfähiges Material darstellt, so z. B. im unteren Bereich der rechtsufrigen Einhänge des Oselitzenbaches von hm 29,5 bis hm 30,0 (seit 1988 von Fußschüttung verdeckt).

Noch im Verband befindliche, stark geklüftete Bänke aus hell- bis mittelgrauen, feinkörnigen Sandsteinen, z. T. mit rostfarbenen Verwitterungs- bzw. Klüftflächen. Die Sandsteine bilden z. B. die Uferanbruchszone des Oselitzenbaches im Bereich der Einmündung des kleinen Seebaches bei hm 30 und des Quellenbaches zwischen hm 30,5 und hm 31. Diese geotechnische Ausbildung liegt ebenfalls in einem größeren Bereich oberhalb der Naßfeldstraße südlich von hm 35 bis hm 40 vor.

Stark aufgelockerte und mit dm-breiten Spalten versehene Kalkpartien, z. B. westlich des Quellenbaches oberhalb der großen Krainerwand bis 960 m Höhe.

Entsprechend dieser Ausbildung können besonders an der Talzuschubstirn folgende Massenbewegungen beobachtet werden:

Uferanbruchszonen mit staffelförmig nach rückwärts greifenden Muschelanbrüchen

Instabilitäten an übersteilten, relativ kompetenten Zonen der Naßfeldschichten.

HYDROGRAPHIE, SONSTIGES



Quelle/Gerinne/Gerinne parod /Schwunde



Bath



stehendes Gewässer



Steinmauer, Kraterwand



Gebäude



Bundesstraße



Güterweg



Umgrenzung Taluschub; undeutlich



Anstehendes, außerhalb des Talus-
schlusses; vorw. Muschelpfelschichten

NACHBÖSCHUNGSVORGÄNGE, HANGTEKTONISCHE HOMOGENBEREICHE



keine Anzeichen von Hangbewegungen



derzeit rel. stabil; frühere Massenbewegungen anhand
von verheilten Ausstrichen von Bewegungsbahnen
erkennlich



übersteilte Felsparien; Anbrüche in Gesteinen
der Felsgildeklasse E



rel. stabile, jedoch übersteilte Felsparien; Aufreißen
von Spalten entsprechend dem Irnwälchengeluge



laufgreifende, aktive Hangbewegungen; durch deutliche
Ausstriche von Bewegungsbahnen gekennzeichnet



intensive, tiefgreifende Hangbewegungen,
relationsförmiges Ausbleiben großer
Gleiskörper; tiefgreifende Muschelanbrüche



hoch intensive Hangbewegungen; Gebirgs-
verband meist völlig zerstört; flache
und tiefgreifende Muschelanbrüche;
hohe Setzungsbeiräge



derzeitige Uferabbruchkante, ständiger
Abrabspol von meist bindigen Lock-
material; flache Muschelanbrüche

Von hm 28,7 bis hm 31,5 seit 1988
Fußabstüftung bis etwas oberhalb
der ehemaligen Uferabbruchkante

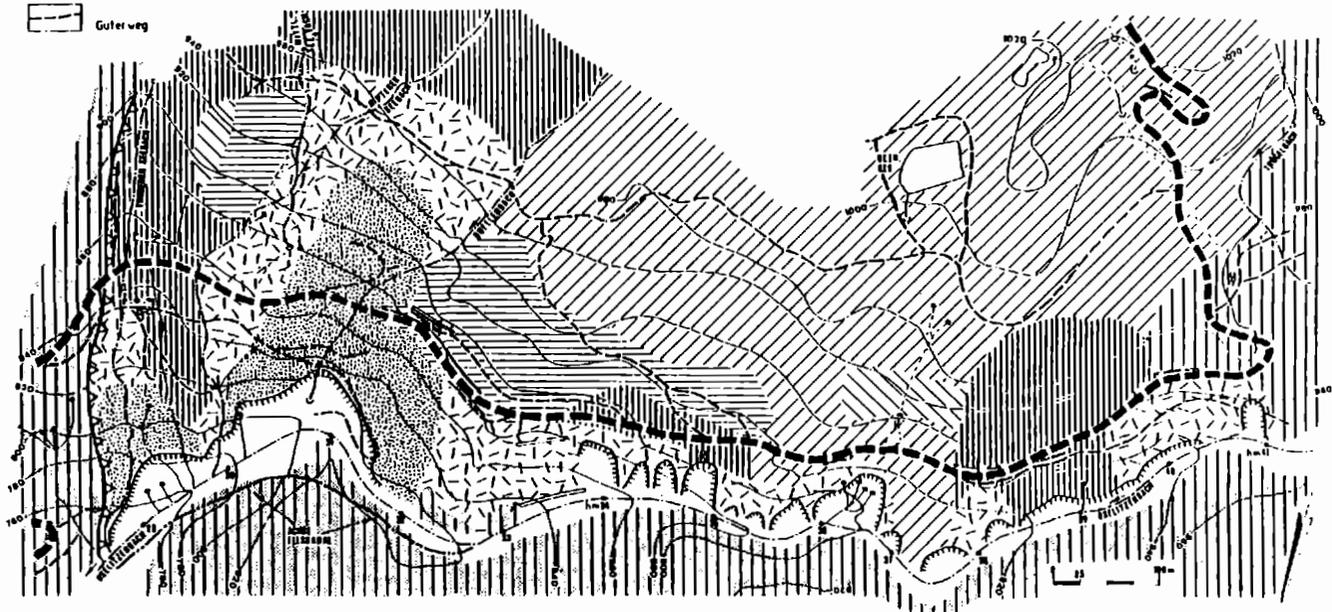


Abb. 6: Nachböschungsvorgänge, Hangtektonische Homogenbereiche
Reppwandleitung/Zuschubsstirn

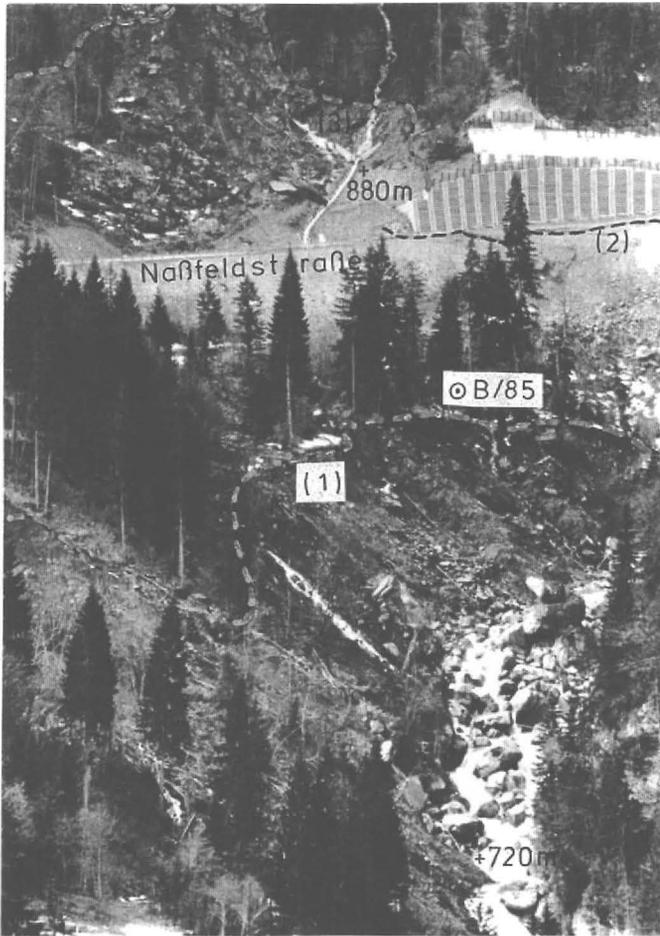


Abb. 7: Ausschnitt aus der Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung von hm 29 bis hm 31,5 vor der Anlage der Gegenschüttung im Jahre 1988. Deutlich ist zu sehen, wie sich bergwärts der Hauptanbruchskante (1) tiefgreifende Muschelanbrüche (Tiefgang bis 30 m) in hangtektonisch stark geprägten Naßfeld-Schichten entwickeln. Dies zeigen die über 100 m durchhaltenden Risse (2) unterhalb der Krainerwand. Auch östlich der Krainerwand entwickeln sich in Grobblockschutthalden von Naßfeld-Schichten tiefgreifende Hangbewegungen (3), die staffelförmig bis auf 950 m Höhe zurückgreifen (Aufn. April 1987).

Besonders erstgenannte Hangbewegungen überlagern sehr stark das kinematische Bild der eigentlichen Talzuschubsmasse.

3.4 Der Bewegungsablauf

Eine quantitative Analyse des Bewegungsablaufes konnte aus finanziellen und technischen Gegebenheiten nur an der Talzuschubsstirn erstellt werden. Zur Untersuchung des Bewegungsablaufes wurde ein Meßprogramm erarbeitet, das

geodätische Vermessungen --> flächen- und linienhaftes Erfassen der Hangbewegung (ebener und räumlicher Bewegungsvektor, Bewegungsgeschwindigkeit). Seit 1983: einzelne Vermessungspunkte in einem Streifen oberhalb hm 28 bis hm 32 mit einem Polygonzug bis ca. 1.015 m (P. 46) talzuschubsaufwärts (Dipl.-Ing. Zistler, Villach und Geometer Majdic, Hermagor). Seit 1988: flächenhafte Vermessung mit ca. 50 Punkten vom Ostende des Talzschubes bis zum Straßenwärterhaus seit Oktober 1988

Präzisionsdrahtextensometermessungen --> kontinuierliche Erfassung der Hangbewegung in ausgesuchten Bereichen seit 1987

Konvergenzmessungen --> Untersuchung des Ablösemechanismus von Gletschollen an der Talzuschubsstirn seit 1987

umfaßt.

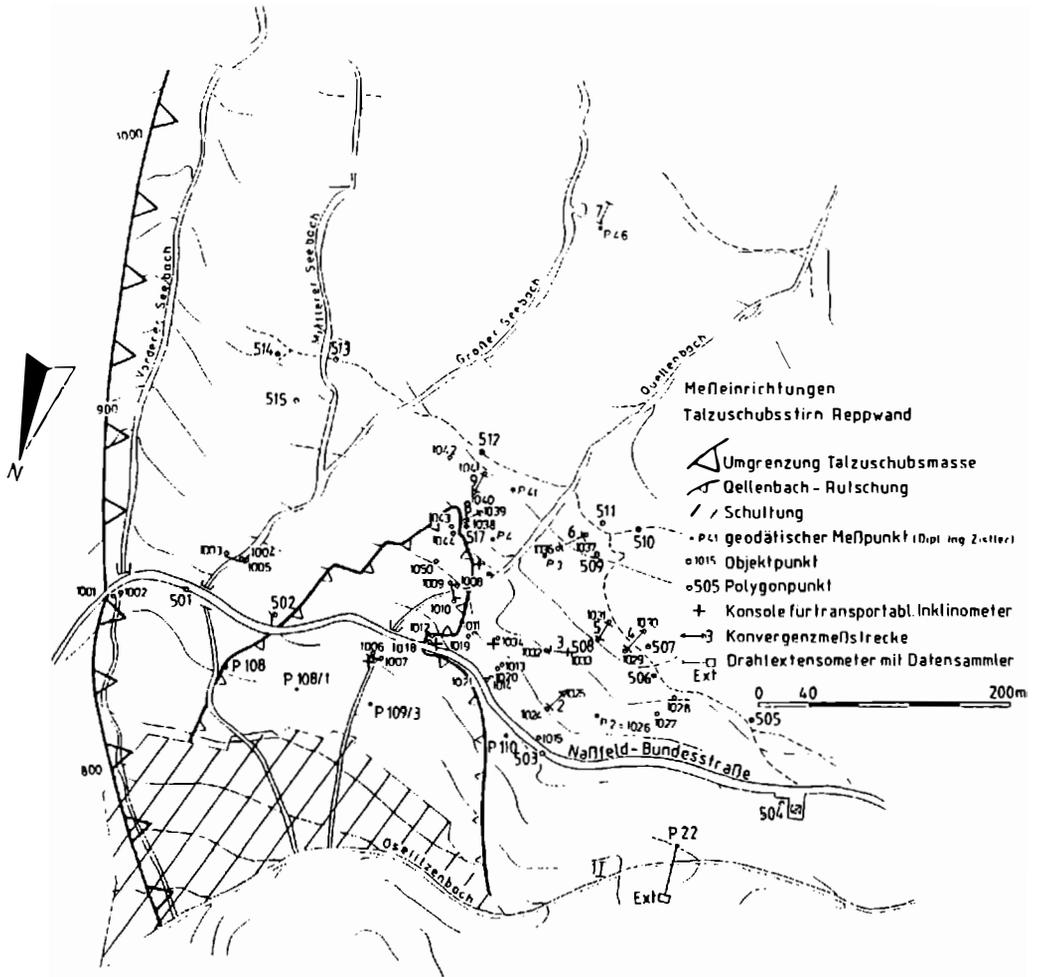


Abb. 8: Lage der Meßeinrichtungen im östlichen Bereich der Talzugschubsstirn.

3.4.1 Die Bewegungsgeschwindigkeit

Besonders bei der Analyse der Bewegungsgeschwindigkeit müssen die Maßnahmen der Wildbachverbauung in Form der Anlage eines Felskanals 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 Abb. 9 und Tab. 1 zu entnehmen ist, schwanken die seit dem Meßbeginn 1983 monatlichen Bewegungsbeträge zwischen 0,3 cm/Monat und 4 cm/Monat (kleinflächige Maximalwerte bis > 50 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 (s. z. B. P. 108/1 u. 109/3, Tab. 1) besonders unterhalb der Naßfeldstraße vor 1988 sind ausschließlich durch Unterscheidungsvorgänge des Oselitzenbaches zu erklären (1983 Unterscheidung mit ca. 300.000 m³, 1987 mit ca. 50.000 m³ abgeführten Materials); diese Unterschneidungsprozesse bewirkten ein langanhaltendes, staffelförmiges Nachsitzen der Frontpartien des Talzuschubsverbandes (näher s. Kap. 3.4.4.).

Nach Wirksamwerden der Gegenschüttung und Verlegung des Bachbettes (Ende 1988) weisen die Frontbereiche unterhalb der Naßfeldbundesstraße nur mehr eine Bewegungsrate von 3 cm/a auf; die starken Setzungen sind völlig abgeklungen, zeitweise ergeben sich sogar leichte Hebungen.

Die kleinen Bewegungsbeträge $< 5 \text{ cm/a}$ sind an einen verbandsfesten Sporn innerhalb der Talzuschubsstirn gebunden, der morphologisch durch steile Felswände (ca. 50° 60°) und einen weitgehend intakten Gebirgsverband gekennzeichnet ist.

Die großen Bewegungsbeträge, auch nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen (bis ca. 20 cm/a), werden an übersteilten Bereichen der Stirn oberhalb der Naßfeldebundesstraße beobachtet, die eine starke Auflösung des Gebirgsverbandes, z. T. bis zu einer feinerdereichen Grobblockschutthalde zeigen. Gewisse Gebirgszonen sind hierbei nicht mehr repräsentativ für die Grundbewegung der kriechend gleitenden Talzuschubsmasse, sondern dokumentieren oberflächennahe Ablösungstendenzen (näher s. Kap. 3.4.4).

Insgesamt ist eine Abnahme der Geschwindigkeit bei etwa gleichen Gebirgsverhältnissen von den Frontbereichen zu den hangaufwärts liegenden Bereichen festzustellen (s. Abb. 13).

Nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen pendelt sich offenbar die tiefliegende Kriech- und Gleitgeschwindigkeit der Talzuschubsmasse bei $7 - 9 \text{ cm/a}$ ein. In Abb. 10 sind für einen Teil der Talzuschubsstirn flächenhaft die Kriech- und Gleitgeschwindigkeiten (cm/a) ab 1989 angegeben.

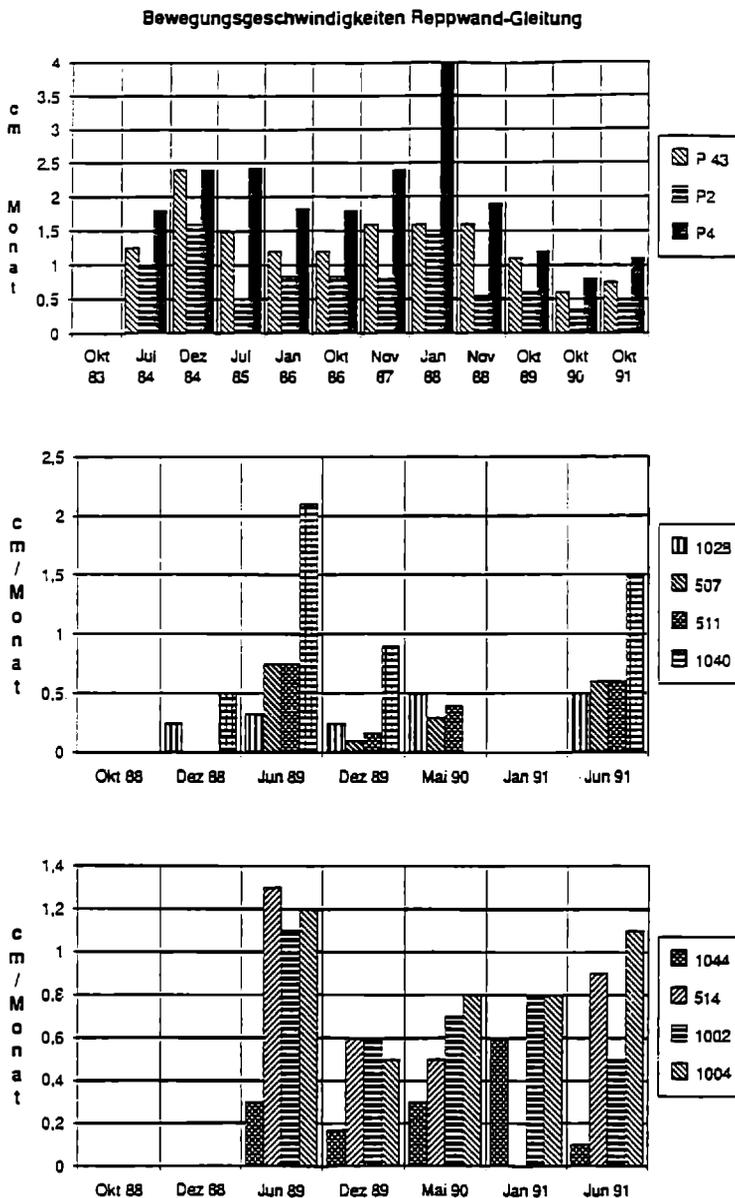


Abb. 9: Bewegungsgeschwindigkeiten (cm/Monat) einzelner Objektpunkte an der Talzuschubsstirn für die jeweiligen Meßperioden (zur Lage der Punkte s. Abb. 8). Deutlich ist ein inhomogenes Bewegungsbild sowohl zeitlich als auch räumlich zu beobachten.

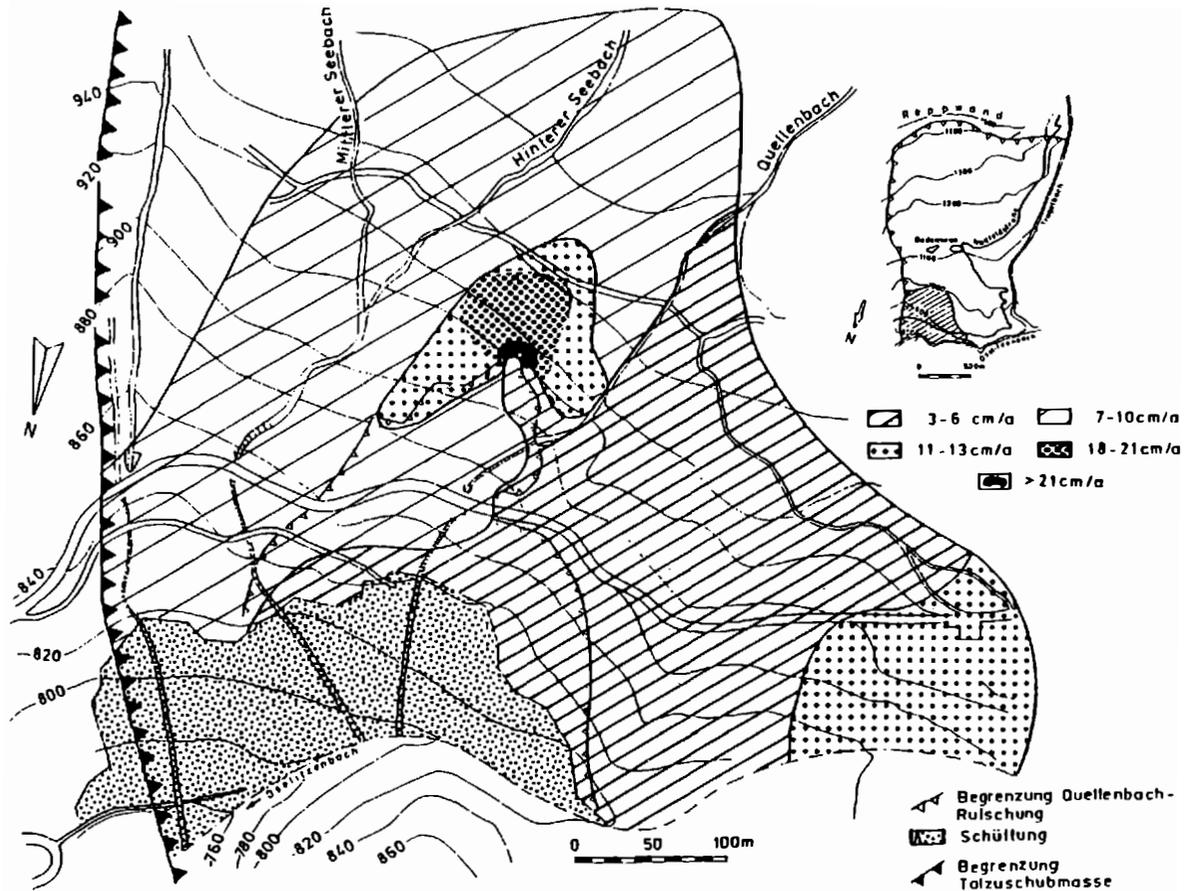


Abb. 10: Flächenhafte Angaben der Bewegungsgeschwindigkeiten (cm/Jahr) für den östlichen Bereich der Talzuschubsstirn nach Wirksamwerden der Fußschüttung; die starken Bewegungen unterhalb der Naßfeldbundesstraße sind zurückgegangen.

Bewegungsverhalten einzelner Bereiche an der Talzuschubstirn der Reppwand-Gleitung vor (bis Anfang bzw. Ende 1988) und nach (nach 1988) Wirksamwerden der Fußschüttung bzw. Anlage des Feiskanals (zur Lage der Objektpunkte s. Abb. 8)

Meßpunkt (Hohenlage m)	Geotechnische Situation; Entfernung von der ehemal. Uferabbruch- kante (m)	Geschwindigkeit cm/Monat		Bemerkungen
		bis Ende 1988	nach 1988	
108/1 (837)	QA (20)	80	0,7	Direkt oberhalb Fußschüttung gelegen; reagierten sehr stark nach den Unter- scheidungsvorgängen im Aug. 1987, nach Wirksamwerden der Baumaßnahmen in etwa Grundgeschwindigkeit der Reppwand-Gleitung
P. 109/3 (845)	QA (25)		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 Hauptabbruchskante der Quellenbach-Rutschung. Rückgang von 2, cm/Monat auf 1,0 cm; dies entspricht auch den derzeitigen maximalen Geschwindigkeiten anderer Punkte an der Talzuschubstirn
P. 41 (960)	QH (210)	2,0	0,8	Meßpunkte im Hinterland der Quellenbach- Rutschung, Abnahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung von der Talzuschubstirn;
P. 46 (1015)	QH (410)	1,5	0,7	P. 46 repräsentiert in etwa die Grundge- schwindigkeit mit ca. 8 - 9 cm/Jahr seit Wirksamwerden der Fußschüttung
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 Seabaches 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 Hauptabbruchskante östl. des Objektpunktes P 4
Mittelwert			0,6	
minimal	KW		0,3	
maximal	QS		1,1	

QA = Quellenbach-Rutschung Anbruch; QR = Quellenbach-Rutschung Randzone
QH = Quellenbach-Rutschung Hinterland; QS = Quellenbach-Rutschung Spaltenzone
FS = Fester Sporn oberhalb Krainerwand; KW = Krainerwand

3.4.2 Der ebene Bewegungsvektor

Die vorderste Front der Talzuschubsstirn:

Der Schwankungsbereich der Gesamtbewegungsrichtungen (Meßepoche 10.83-10.92, s. Abb. 11) beträgt ca. 60° (345° 45°); der Großteil der Bewegungsrichtungen liegt innerhalb von etwa $10 - 30^\circ$ (NNE).

Räumlich eng benachbarte Bereiche weisen hinsichtlich der Richtung der Bewegung große Unterschiede auf. Besonders auffällig kann dies für die Meßpunkte P 3 und P 4 beobachtet werden, die, obwohl etwa in gleicher Höhenlage und etwa nur 40 m voneinander entfernt, starke Unterschiede in der Richtungscharakteristik aufweisen.

Hinsichtlich der Konstanz der Bewegungsrichtung einzelner Punkte über die Zeit sind von Meßepoche zu Meßepoche Bereiche mit geringen Schwankungen (z. B. P 4) und mit großen Schwankungen (z. B. P 3) zu erkennen. Bei letztgenannten erfolgt die Gleitbewegung unter ständigen Richtungsänderungen in Form einer Zick-Zack-linie (s. Abb. 11).

Die an die Front anschließenden Bereiche:

Für die oberen anschließenden Bereiche (nur in einem Polygonzug, der einen schmalen Bereich noch ca. 260 m hinter der Talzuschubsstirn erfaßt) konnte bei Betrachtung des Gesamtzeitraumes (1983 -1992) folgendes ermittelt werden:

Insgesamt ergibt sich für die Punkte P 41 und P 46 eine relativ einheitliche Bewegungstendenz nach N bis NNE ($3^\circ - 14^\circ$).

Die Bewegung erfolgt unter ständigen und z. T. sehr deutlichen Richtungsänderungen, wobei einzelne Meßepochen stark von dieser Generalrichtung abweichen.

Die Richtungsänderungen erfolgen bei allen Punkten gleichsinnig, wobei die Intensität der Änderung mit Annäherung an die Talzuschubstirn abnimmt.

Einen weiten Streubereich in den Richtungen weist der am höchsten liegende Punkt P 46 auf, der von NW bis NE reicht.

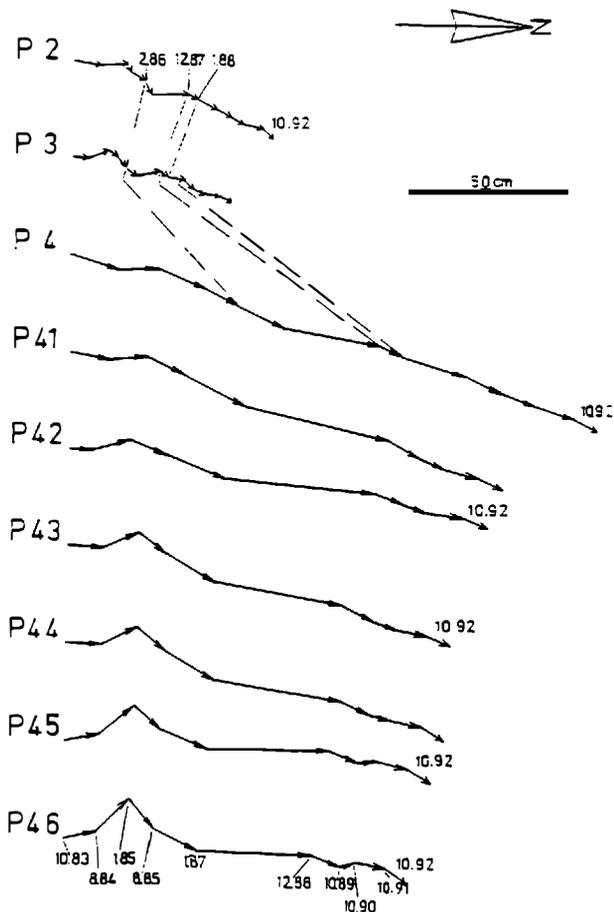


Abb. 11: Ebener Bewegungsvektor einzelner Objektpunkte seit 1983 (Bereich oberhalb Naßfeldebundesstraße bis ca. 400 m bergwärts des Oselitzenbaches, zur genauen Lage s. Abb. 8, 12); zur Erläuterung s. Text.

Diskussion:

Eine sinnvolle Erklärung für die oben genannten Unterschiede in den Bewegungsrichtungen kann z. T. in den derzeitigen Festigkeits- und Verbandseigenschaften, der Lage zur freien Oberfläche sowie mit dem Verlauf der Grabensohle des Oselitzenbaches gefunden werden:

Je aufgelöster der Gebirgsverband, desto mehr wird die Bewegungsrichtung von der Lage an der vordersten Front der Talzuschubsstirn bestimmt.

Bei etwa gleichbleibenden Gebirgsverhältnissen nimmt der Einfluß der Stellung der Stirnfläche von der Talzuschubsstirn zu den anschließenden Bereichen ab. Dies bedeutet, daß sich von der NNE-Richtung abweichende Bewegungsrichtungen bevorzugt im Hinterland der Talzuschubsstirn finden werden. Durch die Bildung von Großschollen im 100 m-Bereich und durch die Einspannungsverhältnisse (Einfluß von seitlichen Kräften) wird die Spannungslösung kein homogenes Bild erzeugen.

Nach den bisherigen Messungen sind auch solche stark schwankenden Bewegungsrichtungen an den wenig intakten Felsbereichen der Talzuschubsstirn zu beobachten; auch hier führt die im Zuge der Gleitbewegung eintretende Spannungslösung nicht zu einem über die Zeit homogenen Bewegungsbild hinsichtlich der Bewegungsrichtung.

Die gemeinsamen Trends von der Front bis ca. 300 m hinter der Talzuschubsstirn (z. B. die ausgeprägte NW-Richtung in der Meßperiode von 8.84 bis 1.85) belegen eine tiefgreifende Schollenbildung, die aber durch die Art des Gebirges (z. B. im Verband, nur mehr Grobblockschutthalde mit viel Feinanteil) und durch die Entfernung und die Stellung der Stirnfläche des Talzschubes modifiziert werden.

Eine jahreszeitliche Zuordnung der stark abweichenden Richtungen kann nicht eindeutig vorgenommen werden; ein Vergleich mit den Niederschlägen zeigt, daß die großen Änderungen in Zeiträume mit relativ niederen Niederschlägen fallen, starke Hangabwärtsbewegungen vermutlich mit einer hohen Wasserführung der Zuschubsmasse zusammenhängen.

3.4.3 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 (s. a. Abb. 12):

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. $+10^\circ$.

Positive räumliche Bewegungsvektoren konnten jedoch ab 1989 nur vereinzelt festgestellt werden.

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 (s. a. Abb. 15).

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. Abb. 12):

Die räumlichen Bewegungsvektoren schwanken von ca. - 27° (P 46 Meßperiode 12.84 bis 7.85) bis + 10° (P 42, P 43 Meßperiode 7.84 bis 12.84).

Der Trend ist bei den Neigungsänderungen innerhalb der einzelnen Meßperiode 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.

TALZUSCHUBSSTIRN REPPWAND / LÄNGENSCHNITT 800 - 1000 m

----- Richtung 185° ----->----- Richtung 195° -----

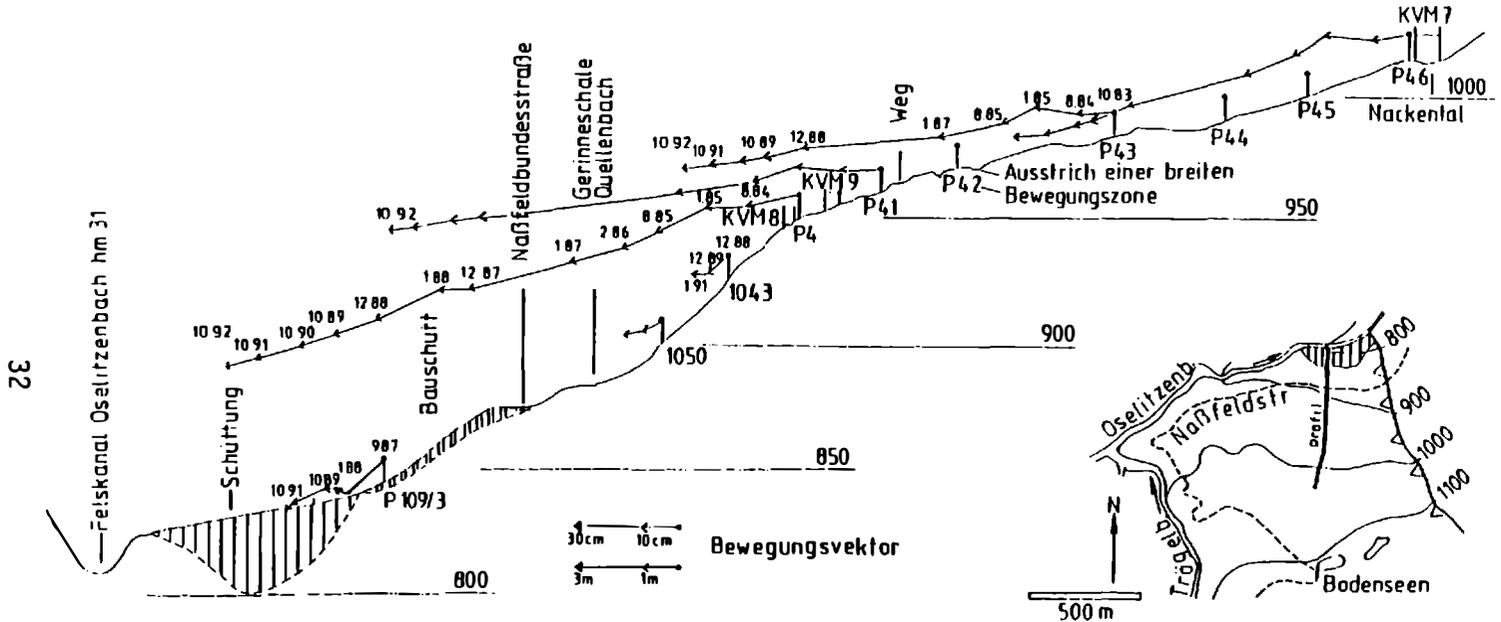


Abb. 12: Räumlicher Bewegungsvektor an der Talzuschubsstirn im Bereich der Quellenbach-Rutschung (ca. hm 31) bis ca. 1.000 m.

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 Teil der Talzuschubsmasse bei ca. 1.000 m knapp oberhalb P 46 eine solche tiefliegende Gleitzone ansetzen (s. Abb. 13).

Wo eine Ablösung von großen Gleitkörpern an steilen listrischen Flächen erfolgt, finden sich steilere Bewegungsvektoren (P 46 über dem gesamten Meßzeitraum 16°).

In Abb. 13 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 1990 ergeben sich geringere Werte (Werte in Klammern).

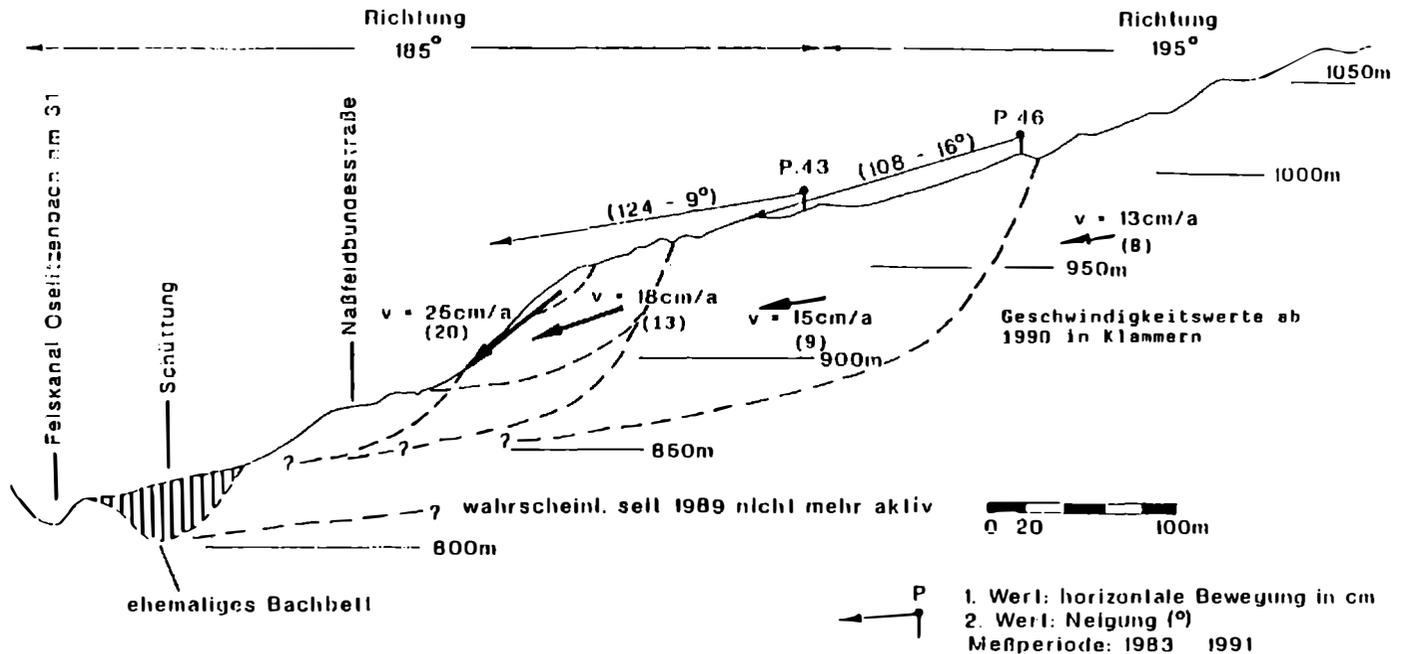


Abb. 13: Gleitkörpergeometrien, Bewegungsgeschwindigkeiten (Talzuschubstirn Reppwand-Gleitung)

3.4.4 Der Einfluß externer Faktoren auf den zeitlichen Bewegungsablauf

Unter externen Faktoren sollen hier Niederschläge, Schneeschmelzvorgänge, Bergwasserspiegelstände, Unterschneidung am Fuß der instabilen Talflanke und Erdbeben verstanden werden. Auch bei Talzuschüben wurde in den letzten Jahren versucht, Abhängigkeiten der Intensität, des Einsetzens der Hangbewegung, der Beschleunigungsphasen etc. von externen Faktoren herzustellen (z. B. Bergwasserspiegelstände MOSER & GLUMAC 1982; Schneeschmelzvorgänge BLANC et al. 1988). Leider können Ergebnisse innerhalb solcher Großhangbewegungen nur selten mitgeteilt werden, da

die einzelnen Meßreihen (Hangbewegung, Niederschläge etc.) unterschiedliche zeitliche Abstände aufweisen und

sehr häufig auch der Abstand der einzelnen Messungen so groß ist, daß keine verbindlichen Aussagen hinsichtlich einer signifikanten Abhängigkeit von oben genannten Parametern getroffen werden kann.

Im Rahmen der Untersuchung der Reppwand-Gleitung soll der Parameter "Unterschneidung" herausgegriffen werden. Unterschneidungsvorgänge können oft als der Motor bzw. als das Auslöserereignis für Beschleunigungsphasen oder sogar als eine Aktivierung eines mobilen Gebirgskörpers in Form von Talschüben angesehen werden. Besonders Art und Intensität der Nachböschungsvorgänge sind offenbar eine Funktion der Unterschneidungsvorgänge im Bereich der Ufereinhänge der Grabensohle.

Für das Bewegungsverhalten der Talzuschubsstirn sind seit Beginn der 80er Jahre folgende Ereignisse von Bedeutung:

Sept. 1983: Unterschneidung von hm 28 bis hm 32 mit 200.000 m³ -->
Absackung und Zerstörung der Naßfeldbundesstraße

Aug. 1987: Unterschneidung bei hm 31 mit ca. 40.000 m³ abgeführten Material
 --> verstärktes staffelförmiges Nachsitzen bis ca. 150 Höhenmeter
 über die Grabensohle

April 1988 bis

Okt. 1988: Anlage einer Gegenschüttung und Verlegung des Oselitzenbaches in
 einen Felskanal

Das Bewegungsverhalten bachnaher Punkte:

Wie aus Abb. 14 und Tab. 1 entnommen werden kann, erfahren die bachnahen Bereiche der Front der Talzuschubsstirn nach einer Unterschneidung eine rasante Beschleunigung. So ergaben sich innerhalb von vier Monaten horizontale Bewegungen der Ufereinhänge bis zu 250 cm (ca. 60 cm/Monat), dagegen nach Abklingen der Unterschneidungsvorgänge (Bachverlegung, Anlegen einer Fußschüttung von 170.000 m³) nur mehr maximal Bewegungsgeschwindigkeiten von << 1 cm/Monat (s. z. B. P 108/1, 109/3, Tab. 1, Abb. 14).

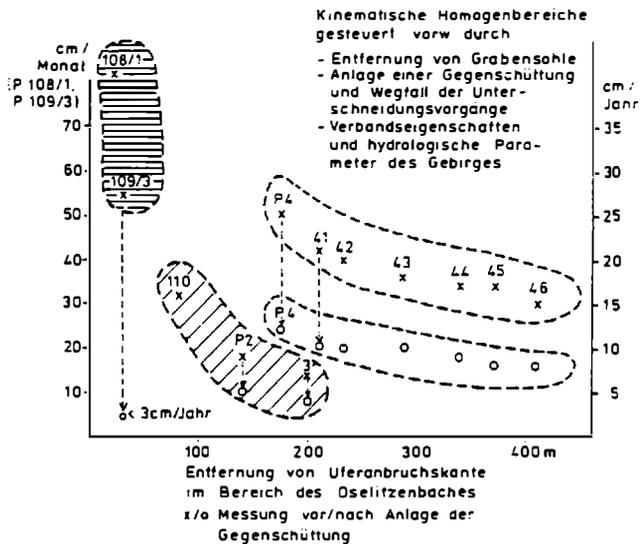


Abb. 14: Einfluß der Unterschneidungsvorgänge des Oselitzenbaches bzw. des Wirksamwerdens der Gegenschüttung seit 1989 auf die Bewegungsgeschwindigkeit im Bereich der Quellenbach-Rutschung (zur genauen Lage der Punkte s. Abb. 8).

Das Bewegungsverhalten der Talzuschubsstirn bis ca. 400 m hangaufwärts der Grabensohle (im Bereich von hm 29 bis hm 32):

Hier zeigt z. B. P 4 (ca. 180 m hangaufwärts der Grabensohle (s. a. Abb. 12) sehr deutlich die Auswirkungen der Unterschneidungsvorgänge.

Bewegungsverhalten P 4

Zeitraum:

10.1983 bis 12.1988 (zwei Ereignisse mit Unterschneidungsvorgängen): Bewegung horizontal 130 cm (**2,09 cm/Monat**)

Zeitraum:

12.1988 bis 10.1990 (keine Unterschneidung, Anlage der Fußschüttung):
Bewegung horizontal 22 cm (**1,0 cm/Monat**, Verringerung um ca. 55 %)

Dagegen ist der Einfluß von Unterschneidungsvorgängen in bachferneren Punkten (s. z. B. P 46) weit weniger ausgeprägt:

Bewegungsverhalten P 46

Zeitraum:

10.1983 bis 12.1988:

Bewegung horizontal 77 cm (**1,25 cm/Monat**)

Zeitraum:

12.1988 bis 10.1990:

Bewegung horizontal 15 cm (**0,7 cm/Monat --> Verringerung um ca. 45 %**)

Die Ablösegeschwindigkeit großer Kriech- und Gleitkörper an der Front der Talzuschubsstirn:

Wie aus Abb. 15 eindeutig hervorgeht, wird die Ablösegeschwindigkeit (d. h. die Prozesse der Dilatanz) auch von den Unterschneidungsvorgängen gesteuert.

Beispiel: Konvergenzmeßstrecke 8 (KVM 8, zur Lage s. Abb. 8).

Ablösegeschwindigkeit vom 15.09.1987 bis 15.06.1988:

38 cm (4,2 cm/Monat)

Ablösegeschwindigkeit vom 15.06.1988 bis 15.06.1991:

57 cm (1,6 cm/Monat, s. Abb. 15)

Auch die Bildung größerer Gleit- und Kriechkörper, die das kinematische Gesamtverhalten der Talzuschubsmasse charakterisieren, werden durch Unterschneidungsvorgänge an der Grabensohle bedingt.

Beispiel: Konvergenzmeßstrecke 7 (KVM 7, zur Lage s. Abb. 8).

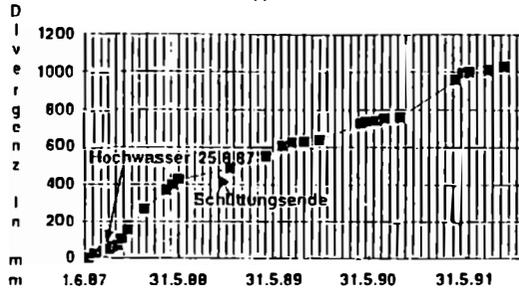
Ablösegeschwindigkeit vom 15.09.1987 bis 15.06.1988:

3 cm (0,3 cm/Monat)

Ablösegeschwindigkeit vom 15.06.1988 bis 15.06.1991:

3,5 cm (0,09 cm/Monat).

Reppwand Kvm 8



Reppwand Kvm 9

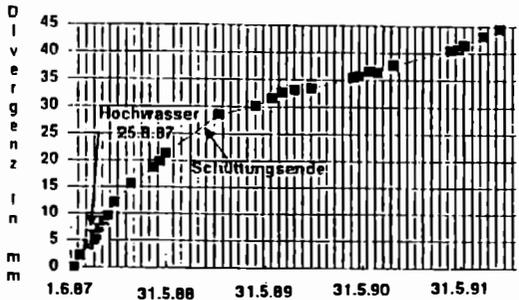
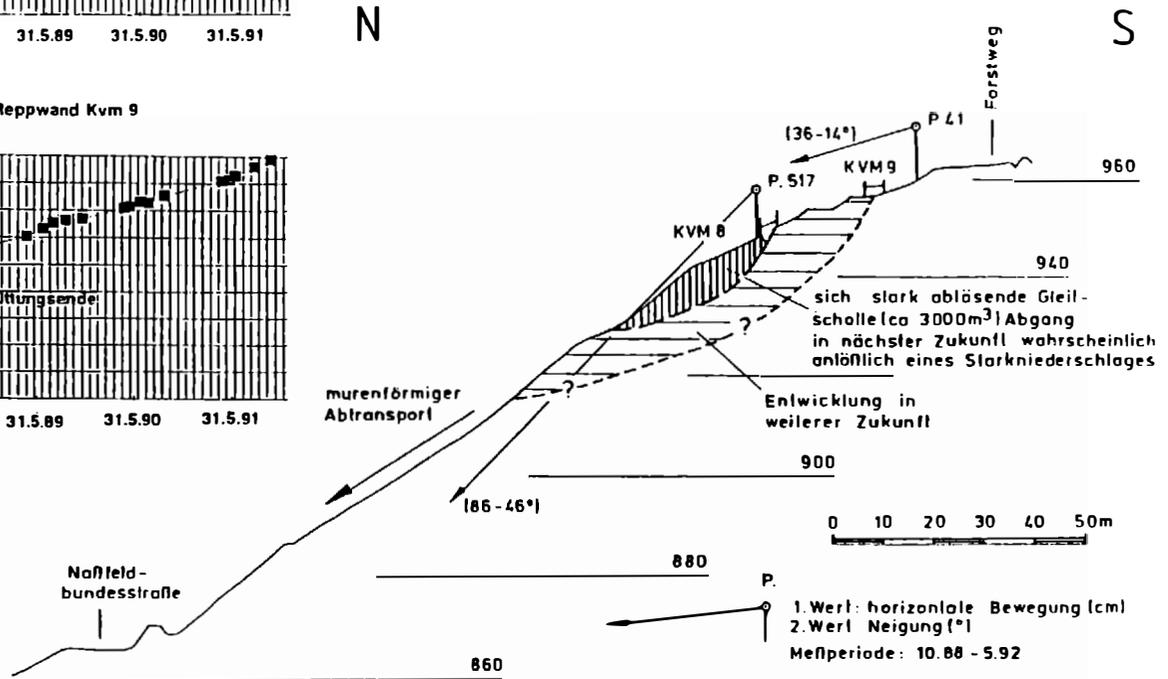


Abb. 15: Absolute Bewegungsbeträge, Gleitschollenbildung und Ablösegeschwindigkeiten Quellenbach-Rutschung oberhalb Naßfeldbundesstraße

39



4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Reppwand-Gleitung stellt eine aktive Talzuschubsmasse dar, die aufgrund ihrer geologisch-geotechnischen Ausbildung und dem Wirksamwerden externer Einflüsse ein sehr heterogenes Bewegungsbild aufweist. Die geologischen und geodätischen Untersuchungen machen es wahrscheinlich, daß wir bis zum Bodenseeniveau (ca. 1.100 m) bis zu 150 m tiefreichende Kriech- und Gleitkörper haben, wobei eine ausgeprägte Dilatanz des Massenkörpers zu beobachten ist.

Durch die bis jetzt durchgeführten Maßnahmen im Zuge des Verbauungsprojektes Oselitzenbach der Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Kärnten (SKOLAUT 1985) wurden besonders die periodisch wirksamen Unterschneidungsvorgänge an der Talzuschubstirn in besonders gefährdeten Bereichen ausgeschaltet. So ist bis zur Naßfeldbundesstraße im Bereich der Fußschüttung eine weitgehende Beruhigung eingetreten mit Geschwindigkeiten von < 5 cm/Jahr. Die bachnahen Einhänge des Oselitzenbaches, die keine solchen einschneidenden bautechnischen Maßnahmen erfahren haben, sind aber weiter in Bewegung. Hier muß besonders auf die Bereiche von hm 34 bis hm 36 hingewiesen werden, wo sich Zuschubsgeschwindigkeiten von z. T. > 10 cm/Jahr ergeben. So konnte eine Verschiebung des neu erbauten Sperrenflügels bei hm 34,8 von ca. 10 cm in 2 Jahren festgestellt werden. Auch die Bereiche oberhalb der eigentlichen Talzuschubstirn ab ca. 980 m weisen im Bereich der Fußschüttung weiterhin Zuschuberscheinungen von ca. 7 - 8 cm/Jahr auf. Eine weitgehende Beruhigung der gesamten Talzuschubsmasse wird weniger mit punktuellen Eingriffen (sicher richtig für die besonders gefährdeten Bereiche der Quellenbach-Rutschung), sondern mit flächenhaften und tiefgreifenden Maßnahmen zu erreichen sein. Hier ist besonders an eine Absenkung der Bergwasserspiegelstände zu denken. Aufgrund der starken Dilatanz (Spaltenbildung, Nackentäler) ist bei allen Bächen, die ab Bodenseeniveau über dem unteren Bereich der Talzuschubsmasse verlaufen, mit starken Versickerungsvorgängen zu rechnen.

Da ein Großteil der Bergwässer des oberen Einzugsgebietes der Reppwand-Gleitung im Niveau der Bodenseen austritt (HÖTZL & MOSER 1993), wird es für eine Absenkung des Bergwasserspiegels zweckmäßig sein, die Wässer schon in diesen Bereichen zu fassen und über den westlichen, wenig aktiven Teil der Talzuschubsmasse dem Trögelbach zuzuleiten.

Literaturverzeichnis:

BLANC, A. et al.: (1988): Methodes de surveillance d'un glissement de terrain de très grande ampleur; la Clapière, Alpes Maritimes, France. Bull. Int. Ass. Eng. Geol. Nr. 35, 37 - 44, Paris.

HÖTZL, H. & MOSER, M.: (1992): Application of tracer techniques for hydrogeologic studies of mass movements. In: [HÖTZL, H. & WERNER, A.: Tracer Hydrogeology: 357 - 363, Rotterdam (Balkema)].

KAHLER, F. & PREY, S.: (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. - Geol. B.-A., 116 S., Wien.

MOSER, M. & GLUMAC, S.: (1982): Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). Verh. Geol. B.-A., 209 - 241, Wien.

MOSER, M., ANGERER, J. & SEITZ, S.: (1988): Geotechnische Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Verbauungsprojektes Oselitzenbach/Kärnten. Int. Symp. "Interpraevent 1988", 77 - 102, Graz.

SKOLAUT, H.: (1985): Technischer Bericht für das Ausführungsprojekt Oselitzenbach. - 108 S., Villach.

Autor: Prof.Dr.Michael Moser
Lehrstuhl für Angewandte Geologie
Friedrich-Alexander-Universität
Schloßgarten 5
91054 Erlangen