

**Baugeologische Untersuchungen einer Felsgleitung  
an der Südbahn A 2**

von

**G. RIEDMÜLLER und B. SCHWAIGHOFER**

mit 2 Abb., 1 Tab. und 1 Beil.

Anschriften der Verfasser:

Univ. Prof. Dr. G. Riedmüller  
Technische Universität Graz  
Institut für Technische Geologie,  
Petrographie und Mineralogie  
Rechbauerstraße 12  
A-8010 Graz

Univ. Prof. Dr. B. Schwaighofer  
Universität für Bodenkultur  
Institut für Bodenforschung und Baugeologie  
Gregor Mendel Straße 33  
A-1180 Wien

## Inhalt

Kurzfassung, Abstract .....	200
1. Einleitung .....	200
2. Geologische Untersuchungen der Böschungsverformungen .....	202
3. Ergebnisse der Laboruntersuchungen .....	202
4. Schlußfolgerungen .....	203
5. Literatur .....	205

## Kurzfassung

Im Zuge der Bauausführung einer Einschnittsböschung an der Südautobahn A 2 traten Felsbewegungen nach vorgegebenen Trennflächen auf. Bewegungsmechanismus und Bewegungsrichtung konnten aufgrund von Geländeuntersuchungen erfaßt werden.

Als Hauptgleitflächen fanden sich flach lagernde, talwärts einfallende Schieferungsflächen mit tonigen Myloniten.

Laboranalysen der tonigen Zwischenmittel ergaben niedrige Restscherwinkel, die auf einen höheren Gehalt von Montmorillonit zurückgeführt werden konnten.

Es zeigte sich, daß die Standsicherheit von Felsböschungen durch das Auftreten von quellfähigen Tonmineralen in Belägen und Zwischenmitteln potentieller Gleitflächen beeinflußt wird und daß auch bei nur gering talwärts einfallenden Gleitflächen bedeutende Felskörperbewegungen auftreten können.

## Abstract

During the construction of a cut along the route of the A 2 motorway movements of a rock slope on planes of discontinuities were observed. Mechanism and direction of movements were determined by geological field investigations and measurements.

Sliding took place mainly on gouge-field cleavage planes exhibiting a flat dip into the valley. Laboratory tests on the clayey fillings showed low residual strength, apparently due to the high percentage of montmorillonite.

It can be concluded that the stability of rock slopes is influenced by the content of swelling clay minerals in the slide plane fillings, which causes rock movement even where the angle of dip of the slide planes is very small.

## 1. Einleitung

Eine wesentliche Aufgabe bei der Projektierung und Ausführung von Verkehrswegebauten ist die Beurteilung der Standsicherheit von Einschnittsböschungen. Die Böschungsstabilität wird durch eine Reihe geologischer Parameter bestimmt. Für Felsböschungen ist vor allem der Einfluß des Trennflächengefüges (Raumlage, Trennflächencharakteristik, Zerlegungs- und Durchtrennungsgrad etc.) von Bedeutung.

Die wichtigsten geologischen Einflußfaktoren können vom Baueologen und Geotechniker schon während der Voruntersuchung durch Geländekartierungen und mit-



Abb. 1: Oberer Böschungsrund am 18. 4. 1980; Blick gegen Süden.

tels künstlicher Aufschlüsse erfaßt werden. Vielfach ist jedoch eine Stabilitätsbeurteilung erst beim Großaufschluß während der Baudurchführung möglich.

Im folgenden wird dazu ein Beispiel von der Planung und Bauausführung der Südautobahn im Abschnitt Pittental gebracht. Es wird dabei gezeigt, daß auch Einschnitte in standfest prognostizierten, flach lagernden Kristallinkomplexen durch das vereinzelte Auftreten nur geringmächtiger toniger Mylonite zu unerwarteten Stabilitätsproblemen führen können.

Bei den geologischen Voruntersuchungen im Baulos Gleissenfeld–Warth konnte aufgrund der Geländebefunde für den ca. 20 m tiefen Einschnitt zwischen km 57.10 und km 57.67 das Auftreten flach lagernder Phyllite vorhergesagt werden (RIEDMÜLLER 1967, 1971). Sie standen im Trassenbereich an und bildeten ca. 200 m östlich der Trasse an der Bundesstraße eine nahezu senkrechte, etwa 20 m hohe Wandstufe. Der gesamte Kristallinkomplex ist horstartig durch steilstehende junge Störungen gegen lehmige, tertiäre Sedimente abgegrenzt.

Schon aufgrund der Geländekartierungen schienen die geologischen Verhältnisse soweit geklärt, daß durch Aufschließungen lediglich der Grenzbereich Kristallin/Tertiär und die Mächtigkeit der Überlagerung erkundet werden sollte. Auf eine Untersuchung des Felszustandes mittels Kernbohrungen bis auf das Niveau des Planums wurde verzichtet. Aufgrund der geologischen Beurteilung des Kristallineinschnittes wurde die Herstellung einer unverkleideten Böschung mit einer Neigung von 1 : 1 empfohlen.

Die Bauausführung erfolgte im Frühjahr 1980. Unmittelbar nach Fertigstellung des Einschnittes kam es bereits zu Böschungsdeformationen in Form von Auflockerungen und kleinen lokalen Kriechbewegungen. Die Böschung wurde daraufhin auf 1 : 2 verflacht.

Ca. zwei Wochen später traten im Zusammenhang mit starken Niederschlägen erneut Bewegungen auf, diesmal in einem wesentlich stärkeren Ausmaß: die äußersten Anrisse reichten bis über die Böschungskante hinaus (Abb. 1). Außerdem zeigten sich bereits Hebungen und Risse im Planum. Daraufhin wurden zur genaueren Abgrenzung der Böschungsbewegungen und zur Erfassung des Bewegungsvorganges bzw. der Ursachen geologische Untersuchungen eingeleitet (RIEDMÜLLER & SCHWAIGHOFER 1980).

## 2. Geologische Untersuchungen der Böschungsverformungen

Der Einschnitt zwischen km 57.300 bis km 57.600 befindet sich in einer Kristallinserie aus quarzreichen Chloritphylliten und phyllitischen Glimmerschiefern. Vereinzelt fanden sich geringmächtige Lagen von Graphitphyllit. In den Randbereichen des Einschnittes war eine tiefgründige, braunlehmartige Verwitterung festzustellen.

Die Schieferungsflächen der Phyllitfolge zeigten eine flache Lagerung mit vorherrschendem Einfallen gegen NE. Als Haupttrennflächen fanden sich steilstehende, annähernd böschungsparell NNW–SSE verlaufende Klüfte sowie NE–SW streichende Kluft- und Harnischflächen.<sup>1)</sup>

Im unteren Drittel der Einschnittsböschung traten mehrere schieferungsparallele, tonige Mylonithorizonte mit Mächtigkeiten im Zentimeter- bis Dezimeterbereich auf. Sie wirkten als Wasserstauer und führten zu Vernässungen. Stärkere Wasseraustritte wurden am Böschungsfuß der Profile 549 und 554 registriert (Beil. 13).

In den Profilen 551, 552 und 554 wurde der untere Bereich der Böschung durch bis zu 4 m tiefe Künetten, die unter das Planum reichten, aufgeschlossen. Dabei wurde beobachtet, daß sich die Mylonithorizonte unterhalb des Planums fortsetzten und als Bewegungsflächen wirksam waren. Als Hauptbewegungsbahnen kamen zwei, aus Graphitphyllithorizonten hervorgegangene, bis ca. 50 cm mächtige, schieferungsparallele, tonige Mylonitzonen in Betracht. Sie fielen flach nach NE zum Planum hin ein und waren bereichsweise stark durchnäßt und breiig aufgeweicht (Abb. 2).

Entlang dieser bereits vorgegebenen Diskontinuitäten entwickelte sich eine Felsgleitung. Das Ausmaß der Bewegung ließ sich an den progressiv fortschreitenden, sich zunehmend öffnenden Geländeanrissen sowie an Relativbewegungen in den Felskünetten beobachten. Die Bewegungsrichtung war durch Striemungsmessungen erfaßbar (Beil. 13). Es zeigte sich, daß der Felskörper mit einer Geschwindigkeit von ca. 2–3 cm/Tag nach NE abglitt.

Die schräg zur Trasse verlaufende Bewegungsrichtung war auf die steil stehenden NE–SW streichenden Harnisch- und Hauptklufflächen zurückzuführen.

## 3. Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Die tonigen Mylonite der Hauptgleitflächen wurden zur Ermittlung mineralogischer

1) Die statistische Auswertung der Gefügemessungen erfolgte nach F. KOHLBECK und A. E. SCHEIDEGGER (1977). Für die Adaptierung des Rechenprogrammes an der Technischen Universität Graz wird Herrn Univ. Doz. Dipl.-Ing. Dr. F. KOHLBECK bestens gedankt.

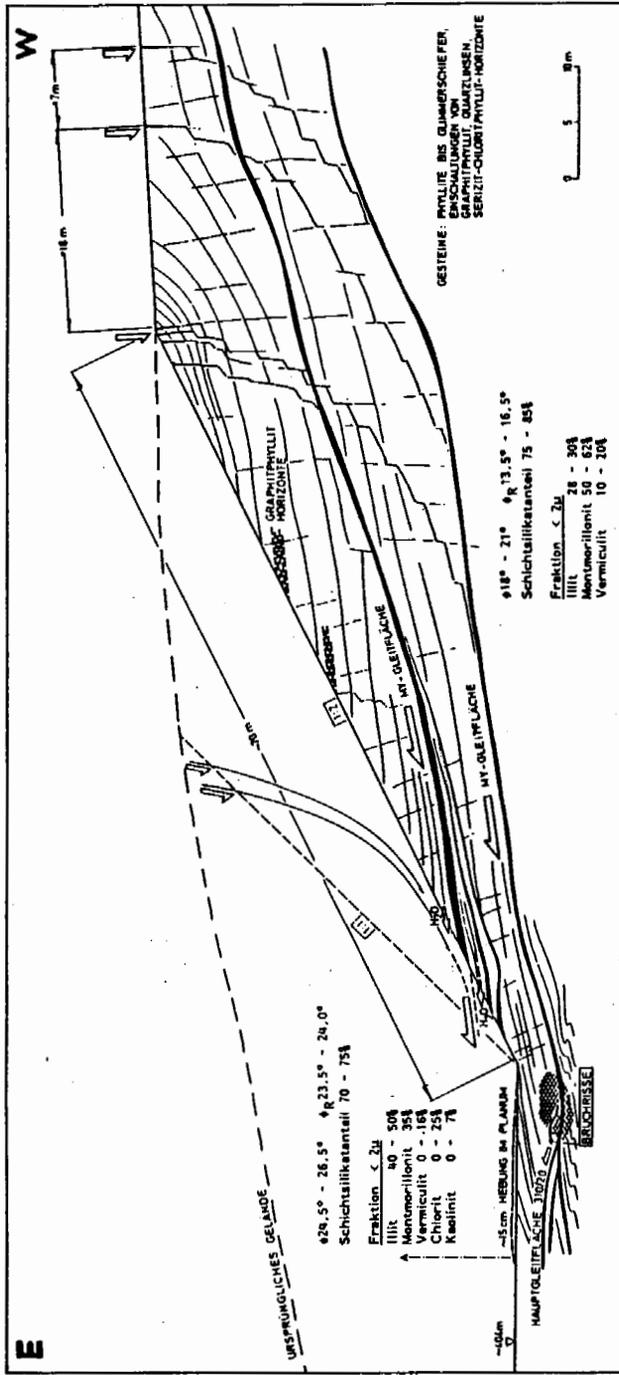


Abb. 2: Geologisches Querprofil (552) bei km 57,450.

Tabelle 1: Mineralogische und bodenmechanische Kennwerte

Proben	Gesamtmineralbestand in Rel %			TM-Verteilung in Rel% ( $< 2 \mu\text{m}$ )				Gesamt- gehalt MO (%)	Ip %	$\phi$	$\phi_R$
	SCH	QU	FSP	ILL	MO	VC	KAO				
1	75	20	5	12	35	.16	7	-	-	-	-
2	70	27	3	52	35	13	Sp	-	-	-	-
3	69	24	7	41	34	-	-	25	9,3	24,5°	24,0°
4	85	10	5	50	Sp	-	-	50	-	26,5°	23,5°
5	76	20	4	28	62	10	-	-	20,1	21,0°	15,0°
6	83	13	4	30	50	20	-	-	16,7	18,0°	13,5°

SCH = Schichtsilikate

QU = Quarz

FSP = Feldspat

ILL = Illit

MO = Montmorillonit

VC = Vermiculit

KAO = Kaolinit

CHL = Chlorit

und mechanischer Kennwerte beprobt.<sup>1)</sup>

Die Proben 1 bis 4 stammen aus der oberen Mylonitzone, die Proben 5 und 6 wurden aus dem unteren Mylonithorizont entnommen.

Die Analysen umfaßten die röntgendiffraktometrische Bestimmung des Gesamtmineralbestandes und der Tonmineralverteilung in der Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$ . Bei Probe 4 war nur die Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  gewinnbar.

An bodenmechanischen Kennwerten wurden Kornverteilung, Atterberg'sche Zustandsgrenzen, Scherfestigkeit, Restscherfestigkeit und Kohäsion ermittelt.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Analysendaten ist in nachstehender Tabelle dargestellt.

Bei sämtlichen untersuchten Proben ließ sich ein deutliches Vorherrschen der Schichtsilikate (Glimmer, Chlorit, Tonminerale) feststellen.

Die Analyse der Feinfraktionen ergab, daß Illit und Montmorillonit in allen Proben auftraten. In einigen Proben fanden sich zusätzlich wechselnde Mengen von Vermiculit, Kaolinit und Chlorit.

Es war auffällig, daß in den Proben 1 bis 4 des oberen Gleithorizontes überwiegend Illit auftrat, während die Proben 5 und 6 aus der unteren Gleitfläche hauptsächlich aus Montmorillonit bestanden.

Dieser Unterschied in der Tonmineralführung stimmte gut mit den bodenmechanischen Kennwerten überein. Der höhere Anteil an stärker hydratisierbarem, quellfähigem Montmorillonit im unteren Bewegungshorizont entsprach der deutlich niedrigeren Restscherfestigkeit.

#### 4. Schlußfolgerungen

Aufgrund der geologischen Geländeaufnahmen, Erfassung der Gefügedaten und zusätzlicher Laboranalysen konnte ein Modell der Böschungsbewegungen erstellt werden. Es zeigte sich, daß hier eine Felsbewegung nach vorgegebenen Bewegungsflächen erfolgte.

Derartige Felskörperbewegungen entlang Trennflächen mit niedrigen Scherfestigkeiten sind ein sehr häufig beobachtbarer Bewegungsvorgang bei instabilen Felsböschungen (KRAUTER 1973, HEITFELD 1978, ZARUBA und MENCL 1961, 1969).

Für die Stabilitätsbeurteilung solcher Böschungen muß das Gebirge als Diskontinuum betrachtet werden. Sein Verformungsverhalten wird jeweils durch das mechanisch schwächste Teilstück des Gesamtsystems bestimmt. Sehr häufig sind dies Schieferungs- und Schichtflächen mit toniger mylonitischer Ausbildung bzw. tonigem Zwischenmittel.

Verhindern die Zwischenmittel einen direkten Kontakt der Klufkörper des Festgesteins, so ist für die Festigkeit und Deformation des Gebirges die Restscherfestigkeit des tonigen Zwischenmittels maßgeblich (HÖWING und KUTTER 1985 a, b).

Einen sehr ungünstigen Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften hat das reversibel quellfähige Tonmineral Montmorillonit. Durch Hydratisierung und Quellung wird die Gleitfähigkeit stark erhöht, sodaß auch bei nur gering geneigten, nahezu ho-

1) Die bodenmechanischen Analysen wurden am Institut für Geotechnik und Verkehrswegebau der Universität für Bodenkultur Wien (O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. O. PREGL) durchgeführt.

rizontalen Gleitflächen mit montmorillonitführenden Zwischenmitteln infolge des Verlaufes der Hauptspannungstrajektorien parallel zur Böschung erhebliche Felsgleitungen auftreten können. Der Nachweis von Montmorillonit in Belägen und Zwischenmitteln potentieller Gleitflächen wird damit zu einer wesentlichen Aussage bei Standsicherheitsuntersuchungen von Felsböschungen. Daher sollte bereits bei den Vorerkundungen eine tonmineralogische Analyse der Trennflächenbestege erfolgen.

### 5. Literatur

- HEITFELD, K.-H.: Beispiele von Felsrutschungen im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges. – Ber. 3. Nat. Tag. Felsmech., Aachen, 337–366, 1978.
- HÖWING, K.-D. & KUTTER, H. K.: Kriechverhalten gefüllter Gesteinstrennflächen. – [In]: HEITFELD, K.-H. (Hrsg.): Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbe-  
reich zwischen Locker- und Festgestein, 526–540, (Springer-Verlag) Berlin-Heidel-  
berg, 1985 a.
- & KUTTER, H. K.: Mechanisches Verhalten gefüllter Gesteinstrennflächen in Ab-  
hängigkeit von der Zusammensetzung des Zwischenmittels. – 6. Nat.-Felsmech.  
Sympos. Aachen, Geotechnik Sh., 21–26, 1985 b.
- KOHLBECK, F. & SCHEIDEGGER, A. E.: On the Theory of the Evaluation of  
joint Orientation Measurements. – Rock Mechanics, 9, 9–25, 1977.
- KRAUTER, E.: Bewegungen an Felshängen des Rheinischen Schiefergebirges (BRD,  
Rheinland-Pfalz). – Veröffentl. Univ. Innsbruck, 86, 217–236, 1973.
- RIEDMÜLLER, G.: Zur Geologie des NW-Teiles der Buckligen Welt. – Diss. Phil.  
Fak. Univ. Wien, 1967.
- A 2, Südautobahn, Abschnitt Gleissenfeld–Grimmenstein; Baugeologische Prognose.  
– Archiv. der NÖ Landesregierung, 1971.
- & SCHWAIGHOFER, B.: A 2, Südautobahn, Abschnitt Gleissenfeld–Warth. –  
Baugeologische Dokumentation der Einschnittsböschung km 57,133 bis km  
57,600. – Archiv der NÖ Landesregierung, 1980.
- ZARUBA, Q. & MENCL, V.: Ingenieurgeologie. – Akademie Verlag, Berlin, 1961.
- & MENCL, V.: Landslides and their control. – Elsevier Verlag, Amsterdam–Lon-  
don–New York, 1969.

Manuskript eingegangen am 25. 3. 1986

angenommen am 16. 4. 1986

# Baugeologische Dokumentation der Böschungsverformungen

von km 57,250 bis km 57,600.

Beilage 13

