

Vorschlag zur geotechnischen Dokumentation von Felsaufschlüssen

Suggested method for the geotechnical
documentation of rock outcrops

M. ROCKENSCHAUB

mit 9 Abbildungen

Schlüsselwörter:

Geotechnik
Felsaufschlüsse
Dokumentation

Keywords:

Geotechnics
Rock outcrops
Geotechnical mapping

Adresse des Autors:
Address of the author:

Dr. Manfred Rockenschaub
Geologische Bundesanstalt
Rasumofskygasse 23
A-1030 Wien

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung, Abstract	39
1. Einleitung	39
2. Die geotechnische Gebirgsaufnahme	39
3. Definitionen	39
4. Aufnahmeformblätter, Erläuterungen zum Ausfüllen dieser und Beispiel	45
5. Literatur	49

Contents

	page
Zusammenfassung, Abstract	39
1. Introduction	39
2. The geotechnical mapping of rock outcrops	39
3. Definitions for geotechnical parameters	39
4. Checklists, introductions for fill in and example	45
5. References	49

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll als Vorschlag zur geotechnischen Dokumentation von Felsaufschlüssen verstanden werden. Die einzelnen Parameter sowie ihre Ermittlung wurden definiert. Weiters sollten die vorgestellten Formblätter eine möglichst rasche und lückenlose Dokumentation sowie eine gute Reproduzierbarkeit gewährleisten. Diese Formblätter können aber für spezielle Zwecke vom Geologen adaptiert werden.

Abstract

This paper should be a suggestion for the geotechnical documentation of rock masses. The employed parameters are defined. Checklists should guarantee the completeness and a good reproduction of the documentation. Additionally, with checklists it is possible to record all parameters quickly. For special problems, the suggested checklists should be modified by the geologist.

1. Einleitung

Die Aufgabe, einen Felsaufschluß zu dokumentieren bzw. bestimmte geotechnische Parameter zu erheben, stellt sich häufig an Baustellen und muß oft unter Zeitdruck geschehen. Zur raschen und möglichst vollständigen Erhebung der Kennwerte ist es ratsam, sich schon vor der Geländearbeit ein Konzept für die geologische Aufnahme zu überlegen und Aufnahmeformblätter vorzubereiten. Obwohl fast jedes Projekt spezielle Anforderungen an die geotechnische Dokumentation stellt, bleibt doch eine Anzahl von Parametern als Grundgerüst für die Charakterisierung des Gebirges gleich. Die nachstehenden Ausführungen sind als ein beliebig ausbaubares Grundgerüst für eine geotechnische Gebirgsaufnahme zu verstehen.

2. Die geotechnische Gebirgsaufnahme

Diese hat das Ziel, die für die Charakterisierung des Gebirges wichtigen Parameter zu erfassen und ein möglichst naturnahes Bild vom Gesteins- und Gebirgszustand zu vermitteln. Der Benutzer (z. B. der Bauingenieur) soll in die Lage versetzt werden, ein Gebirge für diverse Aufgaben beurteilen zu können. Ratsam ist die Verwendung möglichst vieler quantifizierbarer Parameter, um eine objektive Darstellung zu erreichen. Die Erhebung der Kennwerte soll frei von individuellen Einflüssen des Bearbeiters und gut reproduzierbar sein. Das Gebirge ist in bezug auf viele Eigenschaften ein anisotropes Diskontinuum, dessen mechanisches Verhalten in hohem Maße vom Trennflächengefüge bestimmt wird. Die Festigkeit einer Felsmasse ist eine Restfestigkeit, des

aus Teilkörpern bestehenden Verbandes. Bei der ingenieurgeologischen Kartierung werden Gebirgsabschnitte mit gleichartigen Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefaßt.

Die wichtigsten Gesteins- und Gebirgsparameter sind folgende:

- a) Lithologie
- b) Struktur, Textur
- c) Gesteinsfestigkeit
- d) Trennflächenabstand und Trennflächengeometrie
- e) Gebirgsauflockerung bzw. Gebirgsverband
- f) Kluftkörpergröße und Kluftkörperform
- g) Verwitterungszustand
- h) Wasserverhältnisse

Da der geotechnischen Gebirgsaufnahme stets eine konkrete Fragestellung zugrunde liegt, ist sie problemorientiert. Zusätzlich zu den allgemein beschreibenden Parametern müssen die speziellen, dem jeweiligen Zweck der Aufnahme entsprechenden Erfordernisse, berücksichtigt werden. Das Erkennen und die Entscheidung, welche Kriterien für das jeweilige Problem ausschlaggebend sind, obliegen dem aufnehmenden Geologen.

3. Definitionen

Die Voraussetzungen für eine gute Reproduzierbarkeit und Lesbarkeit der geotechnischen Gebirgsaufnahme sind möglichst exakte Definitionen der verwendeten Parameter, sowie Vorschriften, wie diese zu bestimmen sind. In der Literatur existieren bereits eine Fülle von Vorschriften und Definitionen (vgl. SCHWINGENSCHLÖGL & ROCKENSCHAUB 1990), die hier zusammengestellt und zum Teil direkt oder in modifizierter Form übernommen wurden.

A) Homogenbereich:

Als Homogenbereiche werden Abschnitte des Gebirges bezeichnet, die in allen Teilen gleichartig aufgebaut sind und daher in jedem Punkt die gleichen Eigenschaften besitzen. Da aber in der Natur die Gesteine, angefangen vom mikroskopischen Bereich des Korngefüges bis hin zum Trennflächengefüge des makroskopischen Bereiches, so gut wie nie wirklich homogen sind, muß in diesem Falle von einer „statistischen Homogenität“ oder von einer „Quasi-Homogenität“ gesprochen werden (MÜLLER, 1963; DEUTSCHE GES. F. ERD- U. GRUNDBAU, 1982).

Wichtig für die Abgrenzung von Homogenbereichen ist die Größe des jeweils betrachteten Bereiches, der von der vorliegenden Problematik bestimmt wird. Das Abgrenzen der Homogenbereiche erfolgt visuell. Gleichartig ausgeprägte Gebirgsabschnitte

werden zu Einheiten zusammengefaßt. Als Abgrenzungskriterien können z. B. die Gesteinsfestigkeit, die Lithologie, das Trennflächengefüge, der Verwitterungszustand, die Gebirgsauflockerung u. a. m. herangezogen werden.

B) Mittlerer Trennflächenabstand:

Es ist notwendig alle Trennflächen (nicht nur die Klufflächen) in die Untersuchungen einzubeziehen, da das mechanische Verhalten eines Gebirges von allen Trennflächen, aber in unterschiedlichem Ausmaße, bestimmt wird. Die Daten zur Berechnung des mittleren Trennflächenabstandes werden folgendermaßen erhoben: Über einen Aufschluß werden Meßgeraden gelegt, die ca. zehnmal so lang sein sollen wie der mittlere geschätzte Trennflächenabstand (ISRM 1978). Entlang dieser Meßgeraden werden die Schnittpunkte mit den Trennflächen abgezählt. Die Meßgerade wird um einen Mittelpunkt um jeweils 45° rotiert, und der Meßvorgang wird wiederholt. Die räumlichen Lagen der Meßgeraden sind mit dem Geologenkompaß einzumessen, da diese für bestimmte statistische Untersuchungen benötigt werden (z. B. zur Konstruktion eines Regelkluffkörpers bzw. zur rechnerischen Ermittlung des mittleren Normalabstandes der Trennflächen – vgl. MÜLLER, 1963). Der hier ermittelte mittlere Trennflächenabstand ist genau genommen ein scheinbarer, da er durch die Funktion des Winkels zwischen Trennfläche und Aufschlußfläche bestimmt wird. Bei sehr gut ausgeprägten Kluffscharen ist es leicht möglich, für jede Schar den mittleren Normalabstand der Trennflächen zu berechnen. Bei sehr hoher Kluftdichte, bzw. bei wenig geregelten Kluffscharen schneiden die einzelnen Trennflächen die Aufschlußfläche meist mit sehr unterschiedlichen Winkeln, sodaß eine Korrektur schwierig wird, bzw. die Abweichung vom wahren mittleren Trennflächenabstand wird kleiner, da bei einem Teil der Trennflächen ohnedies der Normalabstand oder ein Abstand nahe diesem gemessen wird.

Genauere Aussagen über die räumlichen Lagen der Trennflächenscharen sowie über die mittleren Normalabstände der Trennflächen erhält man aus der Lagenkugelstatistik in Verbindung mit der Trennflächenziffer und der Lage der Meßgeraden auf rechnerischem Wege (MÜLLER, 1963).

Weiters ist es nützlich, die größten und kleinsten auftretenden Trennflächenabstände zu messen, da sie für diverse statistische Verfahren benötigt werden.

Der mittlere Trennflächenabstand wird mittels der Kluffziffer k nach STINY (1922) berechnet.

$$k = \frac{\text{Anzahl aller Trennflächen}}{\text{Gesamtlänge der Meßgeraden}}$$

k ... Kluffziffer (Trennflächenziffer)

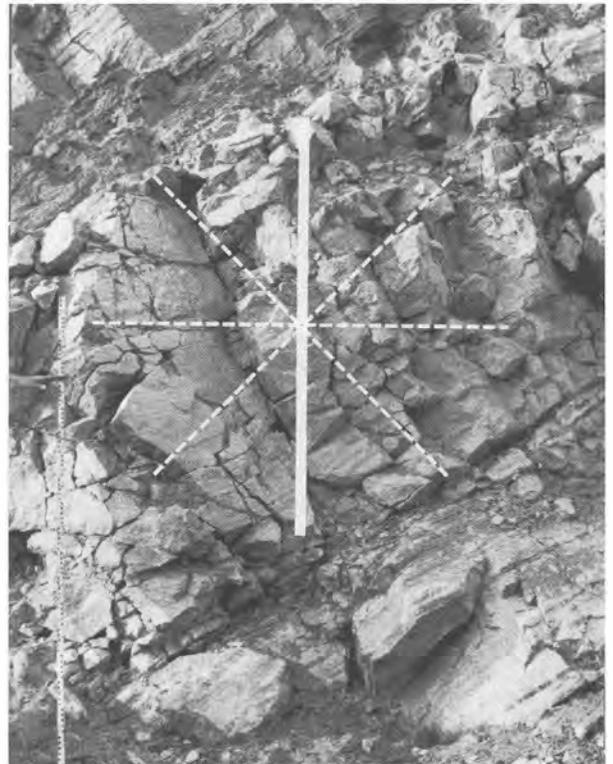


Abb. 1: Lage der Meßgeraden bei 0°, 45°, 90° und 135°; In jeder Lage werden die Anzahl der Klüfte und der lineare Auflockerungsgrad bestimmt.

Fig. 1: Orientation of the measure tape by 0°, 45°, 90° and 135°; in each orientation it is to evaluate the number of discontinuities and by opened discontinuities its apertures.

$$\text{Mittlerer Trennflächenabstand} = \frac{1}{k}$$

Einteilung der Trennflächenabstände:

TA 1	>	300 cm
TA 2	300 –	100 cm
TA 3	100 –	30 cm
TA 4	30 –	10 cm
TA 5	10 –	3 cm
TA 6	<	3 cm

C) Mittlere Kluffkörpergröße:

a) Einige typische Kluffkörper (ca. 15 Stück) werden ausgesucht und vermessen. Zu messen sind die mittleren Längen, Breiten und Höhen. Eine mittlere Kluffkörpergröße kann nach ISRM (1978) folgendermaßen berechnet werden:

$$\text{Mittlere Kluffkörpergröße} = \frac{(\text{Länge} + \text{Breite} + \text{Höhe})}{3}$$

Im Aufnahmeformblatt ist der arithmetische Mittelwert der mittleren Kluffkörpergrößen einzutragen.

b) Aus der Trennflächenstatistik kann in Verbindung mit der Kluffziffer und der Orientierung ei-

ner Meßgeraden auf rechnerischem Wege der mittlere Trennflächenabstand für jede Trennflächenschar bestimmt werden. Dieser ist die Grundlage für die Konstruktion eines Regelkluftkörpers d. h. eines mittleren Kluftkörpers. Die Vorgangsweise beschreibt L. MÜLLER (1963:230ff) ausführlich. Aus den Abmessungen des Regelkluftkörpers ist es ebenfalls möglich, eine mittlere Kluftkörpergröße wie oben zu berechnen.

Einteilung:

KG 1	>	200 cm
KG 2	200 –	60 cm
KG 3	60 –	20 cm
KG 4	20 –	6 cm
KG 5	<	6 cm

D) Mittlerer linearer Auflockerungsgrad:

Eine Meßgerade wird gelegt und die Öffnungsweiten der Klüfte (in mm) werden addiert. Es sollen gleich viele Meßgeraden verwendet werden wie bei der Ermittlung der Trennflächenziffer. Der mittlere lineare Auflockerungsgrad (AG), ausgedrückt in mm/m, wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Mittl. lin. AG} = \frac{\sum \text{aller Öffnungsweiten der Klüfte [mm]}}{\sum \text{der Längen aller Meßgeraden [m]}}$$

Einteilung:

AG 1	<	5 mm/m
AG 2	5 –	15 mm/m
AG 3	15 –	30 mm/m
AG 4	>	30 mm/m

E) Verwitterungsgrad:

Unverwittert: Noch keine Verwitterungserscheinungen sichtbar. Teilweise leichte bräunliche Verfärbungen an den Klufflächen. Der Schlagklang ist hell, die Gesteinsfarbe kräftig und die Minerale sind glänzend rein.

Angewittert: Das Gestein hat limonitisch belegte Klüfte. Die braunen Eisenoxidlösungen sind jedoch noch nicht tief eingedrungen. Die Entfestigung an den Trennflächen beginnt. Der Schlagklang ist hell bis dumpf.

Verwittert: Das Gestein ist teilweise entfestigt, aber der ursprüngliche Gesteinsverband liegt noch vor. Teils sind mit der Hand Kanten abbrechen. Die Limonitisierung ist in den Kornverband eingedrungen. Der Schlagklang ist eindeutig dumpf, die Gesteinsfarbe matt und die Minerale haben eine dunkle Farbe.

Zersetzt: Das Gestein hat keine mineralische Bindung und die Eigenschaften eines Lockergesteins.

Beim Drücken mit den Fingern reagiert es mit plastischer Verformung. Tonige Umwandlungen treten auf und es kann bereits als Boden im geotechnischen Sinne bezeichnet werden.

F) Gesteinsfestigkeit:

Die Spaltbarkeit eines Gesteines wird mit einem ca. 0,7 kg schweren Hammer getestet.

Sehr fest: mit dem Hammer sehr schwer zu spalten, heller Schlagklang.

Fest: mit dem Hammer spaltbar.

Mäßig fest: mit dem Hammer gut spaltbar, dumpfer Schlagklang, Kanten zum Teil mit den Fingern abbrechen.

Entfestigt: Gestein mit den Fingern zerdrückbar.

G) Beurteilung des Gebirgsverbandes:

Schwierig und zum Teil subjektiv stellt sich die Beurteilung des Gebirgsverbandes dar. Eine Reihe von Autoren beschäftigten sich mit diesem Problem (NATHAU & LEMP (1985), SCHWINGENSCHLÖGL & WEISS (1985), BROSCHE & RIEDMÜLLER (1987), SCHWINGENSCHLÖGL (1988), SCHWINGENSCHLÖGL & ROCKENSCHAUB 1990). Diese Vorschläge wurden beim folgenden Versuch, eine Definition zu schaffen, die eine gute Reproduzierbarkeit zuläßt, berücksichtigt.

Zur Beurteilung des Gebirgsverbandes werden der mittlere lineare Auflockerungsgrad, die Teilbeweglichkeit bzw. Kraft- und Formschluß der Kluffkörper, die Kluffkörperform und die Festigkeitsanisotropie berücksichtigt.

Sehr gut: sehr niedriger linearer Auflockerungsgrad (< 10mm/m), sehr guter Kraft- und Formschluß der Kluffkörper, keine oder kaum merkliche Teilbeweglichkeit der Kluffkörper.

Gut: Niedriger mittlerer linearer Auflockerungsgrad, (10–30 mm/m), guter Kraft- und Formschluß, merkliche Teilbeweglichkeit der Kluffkörper.

Mäßig: Hoher mittlerer linearer Auflockerungsgrad, (30–60 mm/m), durch mäßigen Kraft- und Formschluß deutlich erhöhte Teilbeweglichkeit der Kluffkörper, gute Lösbarkeit nach mehreren Richtungen.

Schlecht: Meist sehr hoher linearer Auflockerungsgrad (> 60 mm/m), kaum vorhandener Kraft- und Formschluß der Kluffkörper, sehr hohe Teilbeweglichkeit der Kluffkörper.

H) RQD-Index:

Die Trennflächenabstände werden in der gedachten Bohrkernmitte gemessen. Es sind alle Längen der Kernstücke über 0,1 m zu addieren. Diese Länge in Prozenten ausgedrückt wird als RQD-Index (Rock Quality Designation Index) bezeichnet.

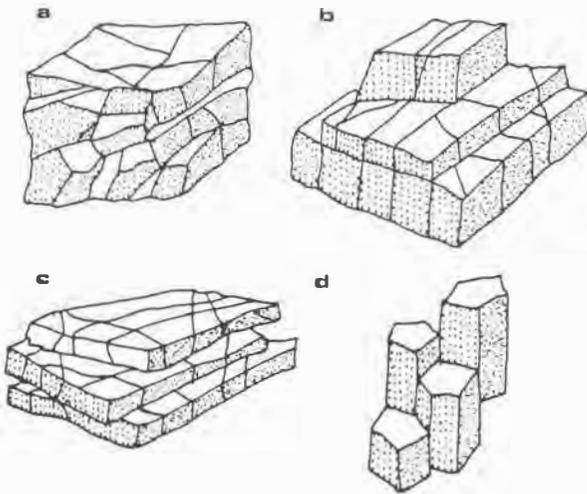


Abb. 2: Kluftkörperformen nach MATULA, 1981, verändert.
 a: polyedrischer, b: prismatischer, c: plattiger und d: säuliger Typ.

Fig. 2: Rock mass block shapes after MATULA, 1981, altered.
 a: polyhedral, b: prismatic, c: tabular, d: columnar blocks.

$$RQD = \frac{100 \times \sum X_i}{L}$$

X_i ... Summe der Längen der Kernstücke über 0,1m.
 L ... Gesamtlänge der bearbeiteten Kernstrecke
 RQD ... In Prozent ausgedrückte Kernstrecke, die aus Stücken über 0,1 m Länge besteht.

Einteilung:

Sehr hoch:	90	-	100%
Hoch:	75	-	90%
Mittel:	50	-	75%
Niedrig:	25	-	50%
Sehr Niedrig:	<	-	25%

I) Kluftkörperform:

Es werden folgende Kluftkörperformen unterschieden (nach ISRM, 1978 und MATULA, 1981). Die Zuordnung zu den einzelnen Typen erfolgt visuell.

Einteilung:

- 1) polyedrisch 3) plattig
- 2) prismatisch 4) säulig

J) Ausbildung und Rauigkeit der Trennflächen:

Die Geometrie und Rauigkeit der Trennflächen sollten an den Flächen der Kluftkörper beurteilt werden, da sie vom betrachteten Größenbereich abhängig sind. Die Einstufung der Trennflächenwandung erfolgt nach den Vorschriften von ISRM, 1978 und MATULA 1981.

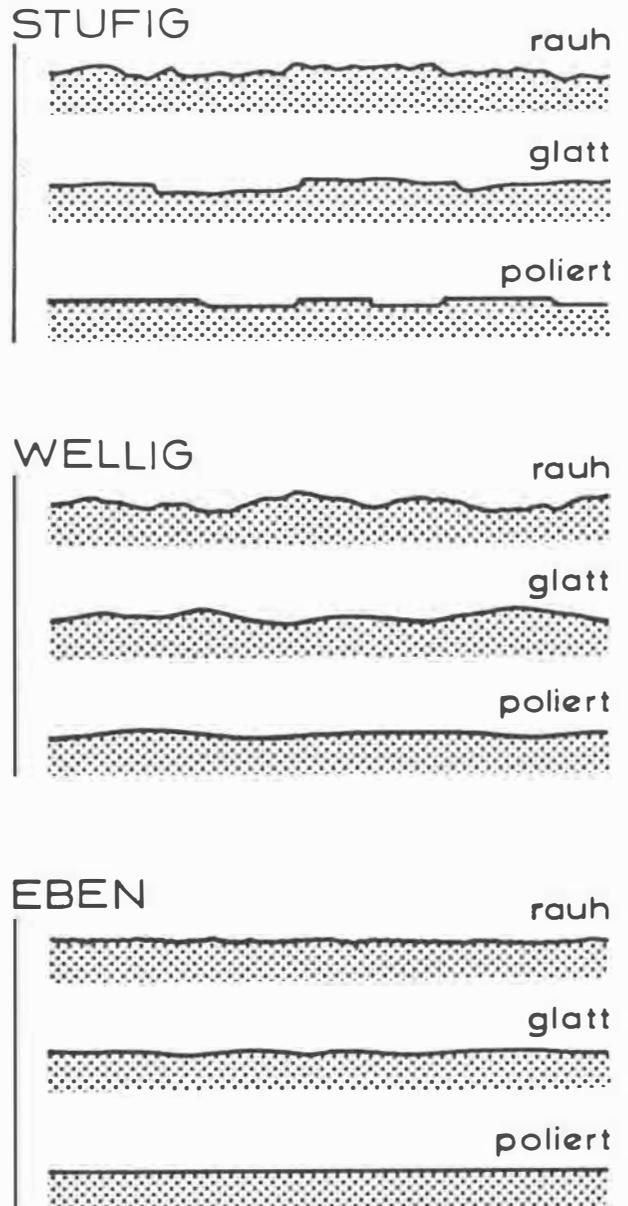


Abb. 3: Mögliche Rauigkeitsprofile von Trennflächen nach ISRM, 1978 und MATULA, 1981.

Fig. 3: Roughness profiles of discontinuities. Stepped (rough, smooth or slickensided), undulating (rough, smooth or slickensided), planar (rough, smooth or slickensided). After ISRM, 1978 and MATULA, 1981.

Einteilung:

Kluftwandung:	Kluftrauigkeit:
KW 1: stufig	KR 1: rau
KW 2: wellig	KR 2: glatt
KW 3: eben	KR 3: poliert

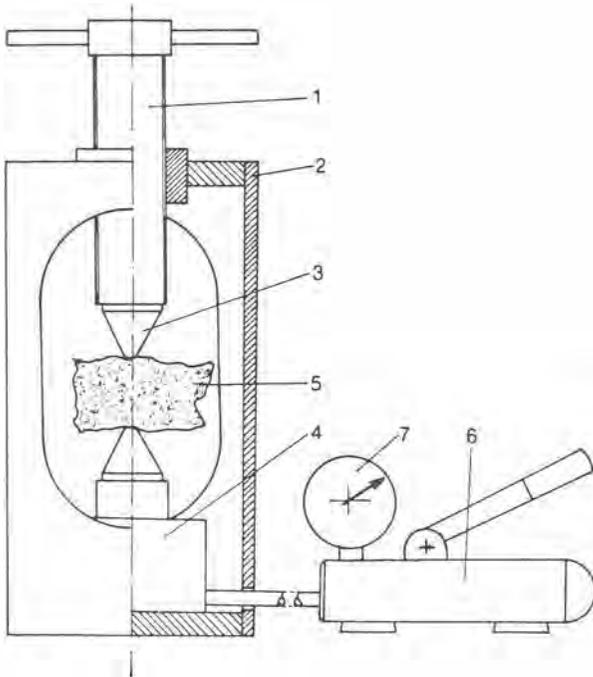


Abb. 4: Punktlastgerät mit eingespanntem Probekörper.

1: Spindel mit Belastungskegel; 2: Steifer Rahmen; 3: Gehärtete Belastungskegel; 4: Hydraulizylinder mit Belastungskegel; 5: Probekörper; 6: Handpumpe; 7: Manometer zur Anzeige der Bruchlast.

Fig. 4: Pointload-testmachine with sample. 1: Adjusting screw with loadcone; 2: Body; 3: Harded loadcones; 4: Hydrauliccylinder with loadcone; 5: Sample; 6: Hydraulicpump; 7: Gauge for measurement of failure load.

K) Punktlastfestigkeit:

In einfacher Weise kann die einaxiale Druckfestigkeit durch den Punktlastversuch (ISRM, 1984) indirekt ermittelt werden. Der Vorteil dieses Versuches liegt darin, daß grob behauene Handstücke, Bohrkern und Gesteinsprismen getestet werden können. Beim Punktlastversuch wird die Gesteinsprobe zwischen zwei gehärteten Stahlkegeln mit einem Spitzenradius von 5mm und einem Öffnungswinkel von 60° zerdrückt und die Bruchlast gemessen, sowie der äquivalente Querschnitt der Bruchfläche berechnet.

K 1) Verwendbare Prüfkörperformen und Prüfkörperherstellung:

a) grob behauene Handstücke:

Mit dem Hammer werden quaderförmige Handstücke geschlagen, deren Proportionen den Richtlinien in Abb. 3 entsprechen sollen. Zwei ungefähr parallele und einige Quadratzentimeter große Flächen sollen das problemlose Ansetzen der Belastungskegel gewährleisten.

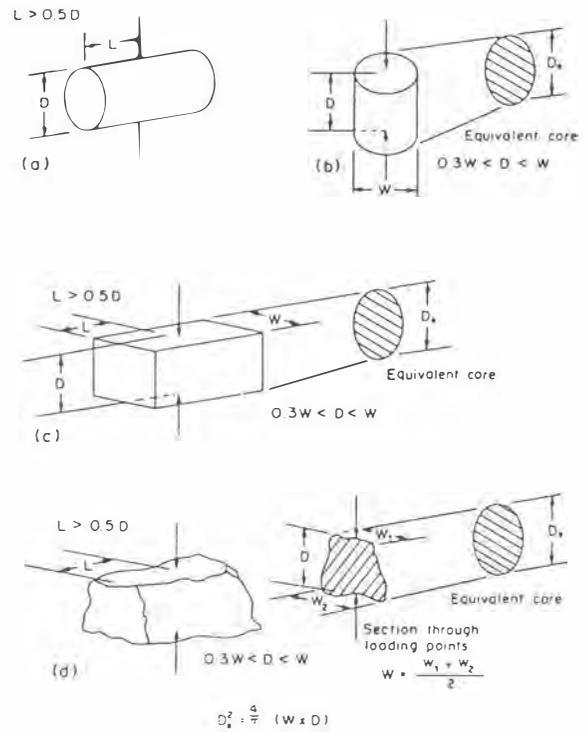


Abb. 5: Erforderliche Abmessungen der verschiedenen Probekörper für den Punktlastversuch. a) Diametraltest, b) Axialtest, c) Prismtest, d) Handstücktest. Beim Axial- und Diametraltest muß D auf 2% genau gemessen werden. Liegt w schräg zur Belastungsrichtung, genügt es, D auf 5 % genau zu messen.

Fig. 5: Required measurements of the various samples for the pointload-test. a) Diametraltest, b) Axialtest, c) Prismtest, d) Test of irregular samples. The distance D should be measured by the axial and diametraltest exactly for 2%. Is w oblique to the loading direction, it is sufficient to measure D only for 5% exactness.

b) Bohrkern:

Die Bohrkern werden mit einer diamantbesetzten Bohrkronen hergestellt. Es empfiehlt sich, einen Durchmesser von 50 mm zu verwenden, da in diesem Falle die Größenkorrektur auf diesen Durchmesser entfällt.

c) Prismenproben:

Die Gesteinsprismen werden mit einem diamantbesetzten Sägeblatt auf die erforderlichen Abmessungen (siehe Abb. 3) zugeschnitten.

Bei Bohrkernen darf der Winkel zwischen Kernachse und der Flächennormalen auf die Ebene der kleinsten Festigkeit (meist die Schieferungs- oder Schichtfläche) 30° nicht übersteigen.

K 2) Festigkeitsberechnung nach ISRM 1984:

a) Punktlastindex:

Dieser errechnet sich wie folgt:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

 I_s ... Punktlastindex D_e ... äquivalenter Kerndurchmesser $D_e^2 = D^2$... bei Diametraltest

$$D_e^2 = \frac{4A}{\pi}$$

A ... minimale Schnittfläche der Ebene durch die Lastpunkte

$$A = W \times D$$

D ... Lastpunktabstand

W ... Breite bzw. Mittel zweier Breiten

b) Größenkorrektur:

Der Punktlastindex ist eine Funktion von D beim Diametraltest und eine von D_e beim Axial-, Handstück- und Prismentest. Um vergleichbare Punktlastindizes zu erhalten, wird eine Größenkorrektur auf einen einheitlichen Durchmesser, üblicherweise auf 50 mm, durchgeführt. Dieser berechnete Punktlastindex wird als korrigierter Punktlastindex bezeichnet.

Eine zuverlässige graphische Größenkorrektur erhält man, wenn Proben unterschiedlicher Größen getestet werden. Zur graphischen Größenkorrektur wird ein doppellogarithmisch geteiltes Netz verwendet. Für jede getestete Probe wird die minimale Schnittfläche der Ebene durch die Lastpunkte berechnet und über dieser die Bruchlast aufgetragen (siehe Abb. 6). Im Idealfall liegen alle Punkte einer Testreihe auf einer Geraden. Stark abweichende Einzelwerte bleiben unberücksichtigt.

Zur rechnerischen Größenkorrektur werden folgende Gleichungen benutzt (nach ISRM 1984):

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \dots \text{Größenkorrekturfaktor}$$

$I_{s50} = F \times I_s$... größenkorrigierter Punktlastindex (auf einen äquivalenten Kerndurchmesser von 50 mm korrigiert)

Für Proben, die nur unwesentlich von der Standardgröße abweichen, ist es zulässig, die nachfolgende Näherungsformel zu verwenden:

$$F = \frac{D_e}{50}$$

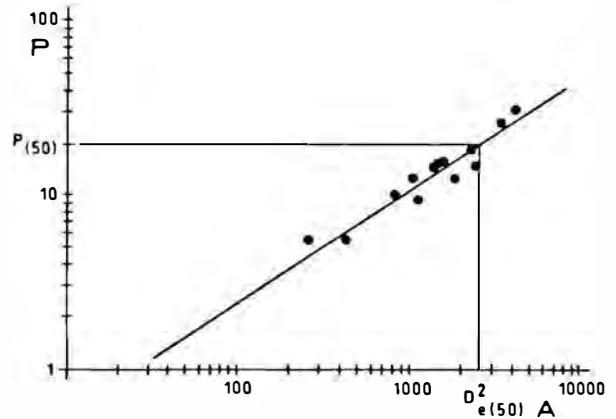


Abb. 6: Graphische Auswertung eines Punktlastversuches.

A... minimale Schnittfläche der Ebene durch die Lastpunkte.

P... Bruchlast

 $D_{e(50)}^2$... äquivalente Querschnittsfläche für den korrigierten Punktlastindex $I_{s(50)}$. $P_{(50)}$... Bruchlast für den korrigierten Punktlastindex.

Fig. 6: Graphically evaluation of a pointload-test.

A...minimum section of the plane through the loadpoints.

P...Failureload

 $D_{e(50)}^2$... equivalent cross-section area for the corrected pointloadindex $I_{s(50)}$. $P_{(50)}$... Failureload for the corrected pointload-index.

c) Anisotropieindex und Berechnung der einaxialen Druck- und Zugfestigkeit:

Der Anisotropieindex ist als Quotient der Mittelwerte von I_{s50} normal und parallel zur Ebene der geringsten Festigkeit definiert.

Berechnung der einaxialen Druck- und Zugfestigkeit aus dem größenkorrigierten Punktlastindex I_{s50} : Die empirische Beziehung zwischen dem Punktlastindex und der einaxialen Zug- bzw. Druckfestigkeit wird wie folgt angegeben (ISRM 1984):

$$\beta_z = 0,96 \times I_{s50} \dots \text{einaxiale Zugfestigkeit}$$

$$\beta_d = 22 \times I_{s50} \dots \text{einaxiale Druckfestigkeit}$$

L) Bergwasser:

Trocken: Das Gebirge ist trocken oder maximal leicht feucht.

Tropfend: Das Gebirge ist deutlich wasserführend. Der Wasserzutritt ist aber so gering, daß es abtropfen kann.

Fließend: Das Wasser tritt in einem Ausmaß zu, daß es richtiggehend abfließt.

4. Aufnahmeformblätter, Erläuterungen zum Ausfüllen dieser und Beispiel

Für die geotechnische Aufnahme ist folgende Ausrüstung erforderlich:

- a) Geologenkompaß
- b) Maßstab (Länge 2 m mit mm-Teilung)
- c) Geologenhammer
- d) Photoapparat (nicht unbedingt erforderlich, aber häufig sehr nützlich)
- e) Punktlastgerät zur indirekten Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit

In die Aufnahmeformblätter sollte folgendes eingetragen werden:

1. Bezeichnung des Projektes.
2. Name des Bearbeiters.
3. Datum der Aufnahme.
4. Geographische Lage des Aufschlusses.
5. Geologische und/oder petrographische Bezeichnung des Gesteines.
6. Mineralbestand des Gesteines (Haupt- und Nebengemengteile).
7. Raumstellung des Aufschlusses (Fallrichtung und Fallwinkel).
8. Anzahl der im Aufschluß ausgeschiedenen Homogenbereiche.
9. Nummer des Homogenbereiches für den das Formblatt gilt (es ist für jeden Homogenbereich ein eigenes auszufüllen).
10. Allgemeine Angaben über das Gefüge (Struktur, Textur; z. B. intensiv geschiefert, plattig, verfalltet, kavernös, usw.).
11. Korngröße der Hauptgemengteile.
12. Verwitterungszustand des Gesteines laut Definition.
13. Gesteinsfestigkeit mittels Hammertest bestimmt.
14. Punktlastindex Is_{50} .
15. Gebirgsverband laut Definition.
16. GröÙte und kleinste auftretende Trennflächenabstände.
17. Abmessungen des größten und kleinsten Kluftkörpers.
18. Mittlerer linearer Auflockerungsgrad.
19. Mittlere Kluftkörpergröße laut Definition.
20. Kluftkörperform laut Definition.
21. Mittlerer Trennflächenabstand laut Definition.
22. Ausbildung der Kluftwandung; es sind Geometrie und Rauigkeit der Kluftwandung nach Abb. 3 zu beurteilen.
23. Wenn Bohrkerne vorhanden sind, ist der RQD-Index zu bestimmen.
24. Bergwasser. Die Einteilung erfolgt laut den Definitionen. Es ist nützlich Feuchtstellen und Quellaustritte auf der Geländeskizze zu vermerken.
25. Treten Quellen auf, so ist die Schüttungsmenge zu messen oder zu schätzen, sowie die Art der Quelle kurz zu beschreiben.
26. Kurzbeschreibung der Vegetation im Nahbereich.
27. Bei verfüllten Klüften ist das Material zu beschreiben. Z. B.: Mineralbestand, Korngröße, Bindigkeit, Wassergehalt).
28. Eine genügend große Zahl an Trennflächen (mindestens ca. 50) sind mit dem Geologenkompaß einzumessen (Einfallrichtung und Einfallswinkel). Diese werden in der flächentreuen Lambert'schen Projektion als Flächenpole dargestellt und deren Besetzungsdichte ausgezählt. Mittels dieser Trennflächenstatistik, der Trennflächenziffer und der Lage der Meßgeraden, können die mittleren Trennflächenabstände, berechnet werden.
29. In diese Tabelle können die angeführten Parameter unmittelbar nach der Messung eingetragen werden. Aus diesen Meßwerten können die Trennflächenziffern für die jeweiligen Lagen der Meßgeraden berechnet werden.
30. Proben; Kurzbeschreibung, Probennummern und eventuelle Besonderheiten sollen vermerkt werden.
31. Photo; Blickrichtung, Nummer und Kurzbeschreibung dessen, was am Photo zu sehen sein sollte.

1. Projekt:		2. Bearbeiter:	3. Dat.:
4. Lokalität:			
5. Gesteinsbezeichnung:		6. Mineralbestand:	
		7. Raumst. d. Aufschl.:	
8. Anzahl der Homogenbereiche:		9. Nr. des Homogenbereiches:	
10. Gefügemerkmale:			
11. Korngröße: <input type="checkbox"/> ≥ 30 mm <input type="checkbox"/> 5-30 mm <input type="checkbox"/> 1-5 mm <input type="checkbox"/> ≤ 1 mm	12. Verwitterung: <input type="checkbox"/> V 1 unverwittert <input type="checkbox"/> V 2 angewittert <input type="checkbox"/> V 3 verwittert <input type="checkbox"/> V 4 entfestigt	13. Gesteinsfestigkeit: <input type="checkbox"/> GF 1 sehr fest <input type="checkbox"/> GF 2 fest <input type="checkbox"/> GF 3 mäßig fest <input type="checkbox"/> GF 4 brüchig	
14. Punktlastindex: <input type="checkbox"/> $I_s 1 \geq 8$ N/mm ² <input type="checkbox"/> $I_s 2$ 4-8 N/mm ² <input type="checkbox"/> $I_s 3$ 2-4 N/mm ² <input type="checkbox"/> $I_s 4 \leq 2$ N/mm ²	15. Gebirgsverband: <input type="checkbox"/> VB 1 sehr gut <input type="checkbox"/> VB 2 gut <input type="checkbox"/> VB 3 mäßig <input type="checkbox"/> VB 4 gering	16. Gr. KA: Kl. KA:	
		17. Gr. Kk: Kl. Kk:	
18. Lin. Auflockerung: <input type="checkbox"/> AG 1 ≤ 5 mm <input type="checkbox"/> AG 2 5-15 mm <input type="checkbox"/> AG 3 15-30 mm <input type="checkbox"/> AG 4 ≥ 30 mm	19. Kluftkörpergröße: <input type="checkbox"/> KG 1 ≥ 200 cm <input type="checkbox"/> KG 2 200-60 cm <input type="checkbox"/> KG 3 60-20 cm <input type="checkbox"/> KG 4 20-6 cm	20. Kluftkörperform: <input type="checkbox"/> polyedrisch <input type="checkbox"/> prismatisch <input type="checkbox"/> plattig <input type="checkbox"/> säulig	
21. Trennflächenabst.: <input type="checkbox"/> TA 1 ≥ 300 cm <input type="checkbox"/> TA 2 300-100 cm <input type="checkbox"/> TA 3 100-30 cm <input type="checkbox"/> TA 4 30-10 cm <input type="checkbox"/> TA 5 10-3 cm <input type="checkbox"/> TA 6 ≤ 3 cm	22. Kluftwandung: <input type="checkbox"/> KW 1 stufig <input type="checkbox"/> KW 2 wellig <input type="checkbox"/> KW 3 eben <input type="checkbox"/> KR 1 rauh <input type="checkbox"/> KR 2 glatt <input type="checkbox"/> KR 3 poliert	23. RQD-Index: <input type="checkbox"/> 90-100% <input type="checkbox"/> 75-90% <input type="checkbox"/> 50-75% <input type="checkbox"/> 25-50% <input type="checkbox"/> $\leq 25\%$	
24. Bergwasser:	<input type="checkbox"/> keines <input type="checkbox"/> tropfend <input type="checkbox"/> fließend		
25. Quellaustritte:			
26. Vegetation:			
27. Kluftfüllung:			

28. Raumstellung der Trennflächen (Schieferung, Schichtung, Klüfte), Kluftkörpergrößen, Bemerkungen:				
29. Ermittlung der Kluftziffer und des lin. Auflockerungsgrades:				
	Anzahl der Klüfte	Linearer Auflockerungsgrad	Meßgeradenlängen	Meßgeradenorientierungen
0°				
45°				
90°				
135°				
Trennflächenziffer:		Mittlerer Trennflächenabst.:		
30. Proben (Bezeichnung, Nummer):				
31. Photo (Blickrichtung, Nummer):				

Abb. 7: Aufnahmeformblätter. – Fig. 7: Checklists.

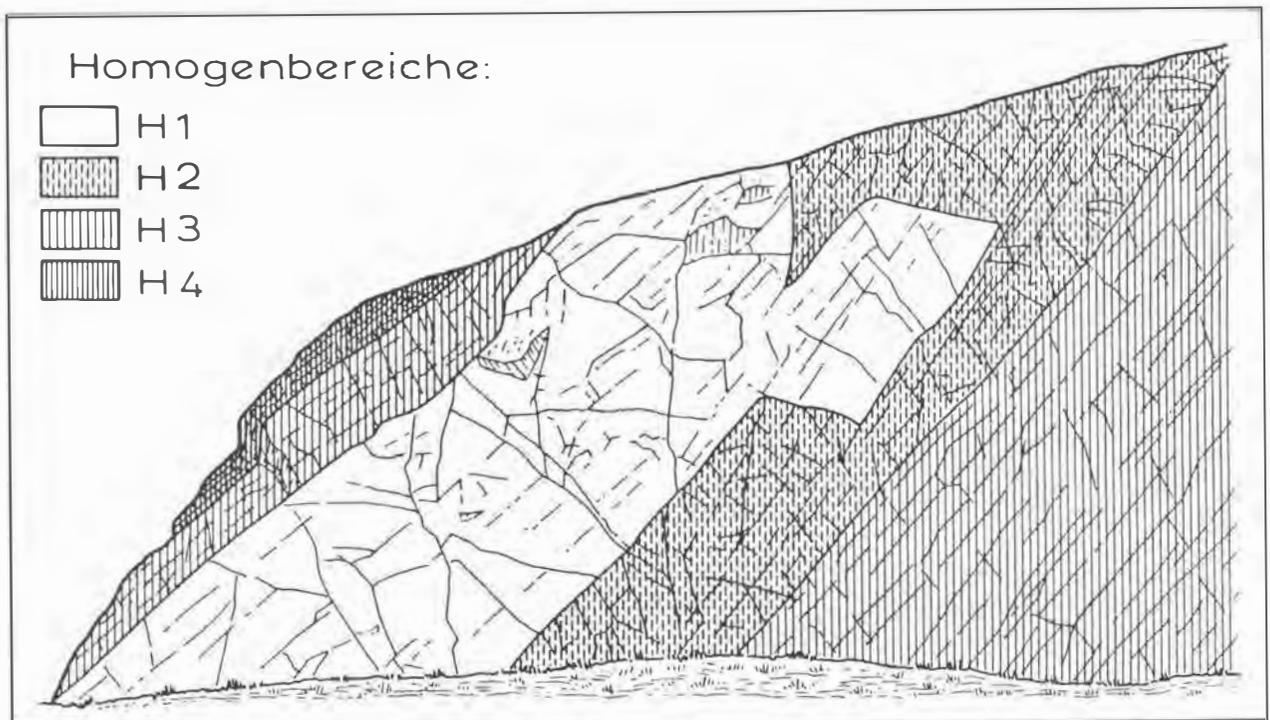


Abb. 8: Oben: Felsböschung; Es stehen hier massive,bereichsweise bankige und verschieden intensiv geklüftete Marmore, Biotitschiefer und Quarzite an.

Unten: Skizze des oben abgebildeten Aufschlusses mit Unterteilung in vier Homogenbereiche. Homogenbereich H 1: weitständig geklüfteter Marmor; H 2: intensiv geklüfteter Marmor; H 3: Biotitschiefer; H 4: intensiv geklüfteter Quarzit.

Fig. 8: Above: Outcrop with massiv and bedded marbles, particullary intensive jointed, biotiteschists, and quartzits. Below: Sketch of the outcrop with subdivision in four homogeneous areas. Homogeneous area 1: Discontinuity spacing is very widely; H 2: Closely spaced marble; H 3: Biotiteschist; H 4: Very closly spaced quartzite.

1. Projekt: <i>Steinbruch</i>		2. Bearbeiter: <i>Rockenschäubl</i>	3. Dat.: 14.3.1991
4. Lokalität: <i>Steinbruch Eibenstein, NÖ</i>			
5. Gesteinsbezeichnung: <i>Kalkmarmor</i>		6. Mineralbestand: <i>Kalzit</i>	
8. Anzahl der Homogenbereiche: <i>4</i>		7. Raumst. d. Aufschl.: <i>180/80</i>	
		9. Nr. des Homogenbereiches: <i>1</i>	
10. Gefügemerkmale: <i>mäßig geschieferter Kalkmarmor;</i>			
11. Korngröße: <input type="checkbox"/> ≥ 30 mm <input type="checkbox"/> 5-30 mm <input type="checkbox"/> 1-5 mm <input checked="" type="checkbox"/> ≤ 1 mm	12. Verwitterung: <input checked="" type="checkbox"/> V 1 unverwittert <input type="checkbox"/> V 2 angewittert <input type="checkbox"/> V 3 verwittert <input type="checkbox"/> V 4 entfestigt	13. Gesteinsfestigkeit: <input checked="" type="checkbox"/> GF 1 sehr fest <input type="checkbox"/> GF 2 fest <input type="checkbox"/> GF 3 mäßig fest <input type="checkbox"/> GF 4 brüchig	
14. Punktlastindex: <input type="checkbox"/> Is 1 ≥ 8 N/mm ² <input checked="" type="checkbox"/> Is 2 4-8 N/mm ² <input type="checkbox"/> Is 3 2-4 N/mm ² <input type="checkbox"/> Is 4 ≤ 2 N/mm ²	15. Gebirgsverband: <input checked="" type="checkbox"/> VB 1 sehr gut <input type="checkbox"/> VB 2 gut <input type="checkbox"/> VB 3 mäßig <input type="checkbox"/> VB 4 gering	16. Gr. KA: <i>2,5 m</i> Kl. KA: <i>0,3 m</i>	
		17. Gr. Kk: <i>2x2x1,5 m</i> Kl. Kk: <i>0,5x0,5x0,3 m</i>	
18. Lin. Auflockerung: <input checked="" type="checkbox"/> AG 1 ≤ 5 mm <input type="checkbox"/> AG 2 5-15 mm <input type="checkbox"/> AG 3 15-30 mm <input type="checkbox"/> AG 4 ≥ 30 mm	19. Kluftkörpergröße: <input type="checkbox"/> KG 1 ≥ 200 cm <input checked="" type="checkbox"/> KG 2 200-60 cm <input type="checkbox"/> KG 3 60-20 cm <input type="checkbox"/> KG 4 20-6 cm	20. Kluftkörperform: <input checked="" type="checkbox"/> polyedrisch <input type="checkbox"/> prismatisch <input type="checkbox"/> plattig <input type="checkbox"/> säulig	
21. Trennflächenabst.: <input type="checkbox"/> TA 1 ≥ 300 cm <input checked="" type="checkbox"/> TA 2 300-100 cm <input type="checkbox"/> TA 3 100-30 cm <input type="checkbox"/> TA 4 30-10 cm <input type="checkbox"/> TA 5 10-3 cm <input type="checkbox"/> TA 6 ≤ 3 cm	22. Kluftwandung: <input type="checkbox"/> KW 1 stufig <input checked="" type="checkbox"/> KW 2 wellig <input type="checkbox"/> KW 3 eben <input checked="" type="checkbox"/> KR 1 rauh <input type="checkbox"/> KR 2 glatt <input type="checkbox"/> KR 3 poliert	23. RQD-Index: <input type="checkbox"/> 90-100% <input type="checkbox"/> 75-90% <input type="checkbox"/> 50-75% <input type="checkbox"/> 25-50% <input type="checkbox"/> $\leq 25\%$	
24. Bergwasser: <input checked="" type="checkbox"/> keines <input type="checkbox"/> tropfend <input type="checkbox"/> fließend			
25. Quellaustritte: <i>keine</i>			
26. Vegetation: <i>Nadelwald</i>			
27. Kluftfüllung: <i>keine</i>			

28. Raumstellung der Trennflächen (Schieferung, Schichtung, Klüfte), Kluftkörpergrößen, Bemerkungen:				
150/45	012/30	176/33	200/33	274/50
270/40	140/60	004/50	220/45	275/50
270/45	125/50	000/48	178/55	200/84
284/45	125/60	318/40	028/65	255/45
290/50	145/45	132/50	145/25	030/65
015/10	142/58	135/32	150/30	140/50
035/55	118/55	134/60	120/65	182/88
020/35	170/68	140/30	122/80	350/88
192/78	178/30	185/70	358/45	352/85
162/60	180/30	160/85	352/87	170/85
<i>Schieferung 285/40</i>				
29. Ermittlung der Kluftziffer und des lin. Auflockerungsgrades:				
	Anzahl der Klüfte	Linearer Auflockerungsgrad	Meßgeradenlängen	Meßgeradenorientierungen
0°	<i>2</i>	<i>1 mm/m</i>	<i>2 m</i>	<i>180/85</i>
45°	<i>3</i>	<i>2 mm/m</i>	<i>5 m</i>	<i>230/50</i>
90°	<i>6</i>	<i>1 mm/m</i>	<i>10 m</i>	<i>270/00</i>
135°	<i>3</i>	<i>2 mm/m</i>	<i>4 m</i>	<i>130/50</i>
Trennflächenziffer: <i>0,7</i> Mittlerer Trennflächenabst.: <i>1,5 m</i>				
30. Proben (Bezeichnung, Nummer):				
<i>E 1 Marmor</i>				
<i>E 2 Biotitschiefer</i>				
<i>E 3 Quarzit</i>				
31. Photo (Blickrichtung, Nummer):				
<i>1. u. 2. Aufsicht - Überblick</i>				
<i>3. Detail aus Homogenbereich 2</i>				

Abb. 9: Ausgefüllte Formblätter für den Homogenbereich H 1 des in Abb. 8 dargestellten Aufschlusses.
Fig. 9: Filled in checklists for the homogeneous area H 1, which is shown in Fig. 8.

5. Literatur

- BROSCH, F. J. & RIEDMÜLLER, G. (1987): Ein Beitrag zur Baugeologischen Erfassung von Bodenklassen beim Abtrag von Felsböschungen. — Österr. Ingenieur- u. Arch. Zeitschrift (ÖIAZ), **132/1**, 19–23, Wien.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERD- UND GRUNDBAU (1982): Grundbegriffe der Felsmechanik und der Ingenieurgeologie. — 426 S, 26 Abb., Glück Auf Ges. m. b. H., Essen.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS (1978): Suggested method for petrographic description of rocks. — Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., **15**, 41–45.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS (1984): Suggested Method for determining Point Load Strength. — Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., **21**, 53–60.
- DGEG (1982): Grundbegriffe der Felsmechanik und der Ingenieurgeologie. — 426 S, 46 Abb., Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau.
- LEMP, CH. & NATHAU, O. (1985): Mechanische Eigenschaften von Störungen und Verwitterungszonen im Granitgebirge und deren genetische Charakterisierung. — Univ. Karlsruhe, 175–183, Karlsruhe.
- MATULA, M. (1981): Rock and soil description for engineering geological mapping report by the IAEG Commission on engineering geological mapping. — Bull. Int. Ass. Eng. Geol., **19**, 364–371, Krefeld.
- MÜLLER, L. (1963): Der Felsbau, Bd. 1, Theoretischer Teil, Felsbau über Tage. — 624 S, Stuttgart (Enke).
- SCHWINGENSCHLÖGL, R. & WEISS, E.H. (1985): Ingenieurgeologische Probleme bei der Boden- und Felsklassifikation im Autobahnabschnitt A 2. — Felsbau, Fachz. f. Geomech. u. Ing. Geol. i. Bauwesen., **3/4**, 218–223, Wien.
- SCHWINGENSCHLÖGL, R. & PÜCHL, G. (1988): Die Standsicherheit von künstlichen Böschungen in Phylliten. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **34/35**, 43–78, 23 Abb., Wien.
- SCHWINGENSCHLÖGL, R. & ROCKENSCHAUB, M. (1990): Ingenieurgeologische Charakteristika zur Felsklassifizierung. — BM f. Wirtsch. Angelegenheiten, Straßenforschung, 380, Wien.
- STINI, J. (1922): Technische Geologie. — 789 S, 463 Abb., 1 Karte, Stuttgart (Enke).