

Empfehlungen des Arbeitskreises „Versuchstechnik Fels“



Inhaltsverzeichnis

[Cover](#)

[Titelseite](#)

[Impressum](#)

[Vorwort](#)

[Übersicht über die bisher veröffentlichten Empfehlungen des Arbeitskreis 3.3 „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.](#)

[Empfehlung Nr. 1: Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern](#)

[1 Zweck](#)

[2 Kurzbeschreibung des Verfahrens](#)

[3 Begriffe](#)

[4 Prüfeinrichtung](#)

[5 Prüfkörper und Proben](#)

[6 Versuchsdurchführung](#)

[7 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse](#)

[8 Versuchsoptionen](#)

[9 Anwendungsbeispiele](#)

[Literatur](#)

[Empfehlung Nr. 2: Dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsproben](#)

[1 Zweck](#)

[2 Begriffe](#)

[3 Prüfeinrichtung](#)

[4 Prüfkörper](#)

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Empfehlung Nr. 3: Dreiaxiale Druckversuche an geklüfteten Großbohrkernen im Labor

1 Zweck der Versuche

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtungen

4 Probenmaterial

5 Durchführung der Versuche

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Empfehlung Nr. 4: Scherversuch in situ

1 Zweck

2 Begriffe

3 Versuchseinrichtung

4 Versuchsvorbereitung

5 Versuchsdurchführung

6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Empfehlung Nr. 5: Punktlastversuche an Gesteinsproben

1 Zweck der Empfehlung

2 Kurzbeschreibung des Verfahrens

3 Begriffe und Formelzeichen

4 Prüfeinrichtung

5 Probekörper

6 Versuchsdurchführung

7 Auswertung

8 Darstellung der Ergebnisse

9 Ableitung der einaxialen Druckfestigkeit aus der Punktlastfestigkeit

10 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 6: Doppel-Lastplattenversuch in Fels

1 Zweck

2 Begriffe

3 Geräte

4 Aufbau der Versuchseinrichtung

5 Versuchsdurchführung

6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 7: Schlitzentlastungs- und Druckkissen-Belastungsversuche

1 Zweck

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtungen

4 Auswahl des Versuchsortes und Versuchsvorbereitung

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Messergebnisse

Literatur

Empfehlung Nr. 8: Dilatometerversuche in Felsbohrungen

1 Zweck

2 Begriffe

3 Geräte

4 Versuchsvorbereitung

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiele

Empfehlung Nr. 9: Wasserdruckversuch in Fels

1 Zweck

2 Begriffe

3 Versuchseinrichtung

4 Versuchsvorbereitung

5 Versuchsdurchführung

6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Empfehlung Nr. 10: Indirekter Zugversuch an Gesteinsproben - Spaltzugversuch

1 Anwendungsbereich und Zweck

2 Kurzbeschreibung des Verfahrens

3 Begriffe und Formelzeichen

4 Prüfeinrichtung

5 Probekörper

6 Versuchsdurchführung

7 Auswertung

8 Darstellung der Ergebnisse und Prüfbericht

Literatur

Empfehlung Nr. 11: Quellversuche an Gesteinsproben

1 Vorbemerkung

2 Zweck

3 Begriffe

4 Prüfeinrichtung

5 Prüfkörper

6 Versuchsdurchführung

7 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

8 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 12: Mehrstufentechnik bei dreiaxialen Druckversuchen und direkten Scherversuchen

1 Zweck der Empfehlung

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtungen

4 Proben

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Beispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 13: Laborscherversuch an Felstrennflächen

1 Zweck

2 Begriffe

3 Versuchseinrichtung

4 Prüfkörper

5 Versuchsdurchführung

6 Auswertung und Darstellung der Messergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Literatur

Empfehlung Nr. 14: Bestimmung von Gebirgsspannungen mit dem Überbohrverfahren – Teil 1: Triaxialmesssonden

1 Anwendungsbereich und Zweck

2 Begriffe

3 Versuchsprinzip

4 Messgeräte

5 Versuchsdurchführung

6 Ermittlung der Elastizitätskennwerte

7 Ermittlung des Gebirgsspannungszustands

8 Dokumentation der Bohr- und Messarbeiten

9 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 14: Bestimmung von Gebirgsspannungen mit dem Überbohrverfahren – Teil 2: Weggebersonden

1 Anwendungsbereich und Zweck

2 Begriffe

3 Versuchsprinzip

4 Messgeräte

5 Versuchsdurchführung

6 Ermittlung der Elastizitätskennwerte

7 Ermittlung des Gebirgsspannungszustands

8 Dokumentation der Bohr- und Messarbeiten

9 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 15: Verschiebungsmessungen längs der Bohrlochachse – Extensometermessungen

1 Zweck und Anwendungsgebiet

2 Begriffe und Messprinzip

3 Messgeräte

4 Extensometerbohrungen und -einbau

5 Durchführung der Messungen

6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Dokumentation

8 Anwendungsbeispiele

Empfehlung Nr. 16: Ein- und dreiaxiale Kriechversuche an Gesteinsproben

1 Zweck

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtung

4 Prüfkörper

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiele

Literatur

Empfehlung Nr. 17: Einaxiale Relaxationsversuche an Gesteinsproben

1 Zweck

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtung

4 Prüfkörper

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Empfehlung Nr. 18: Konvergenz- und Lagemessungen

Teil I: Messung von Abstandsänderungen mit Konvergenzmessgeräten

1 Allgemeines

2 Messgeräte

3 Einbau der Konvergenzbolzen und Durchführung der Messungen

4 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse, Qualitätskontrolle

5 Dokumentation

6 Anwendungsbeispiele von Konvergenzmessungen

Teil II: Geodätische Lagemessungen

1 Allgemeines

2 Messgeräte

3 Durchführung der Messung

Empfehlung Nr. 19: Messung der Spannungsänderung im Fels und an Felsbauwerken mit Druckkissen

1 Zweck und Anwendungsbereich

2 Grundlagen und Begriffe

3 Messprinzip

4 Druckkissen

5 Messgenauigkeit

6 Einbau der Spannungsgeber

7 Durchführung der Messungen

8 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

9 Dokumentation

10 Anwendungsbeispiel

Weiterführende Literatur

Empfehlung Nr. 20: Zerfallsbeständigkeit von Gestein - Siebtrommelversuch

1 Zweck

2 Begriffe

3 Prüfeinrichtung

4 Proben

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

7 Anwendungsbeispiel

Literatur

Empfehlung Nr. 21: Verschiebungsmessungen quer zur Bohrlochachse - Inklinometer- und Deflektometermessungen

1 Zweck und Anwendungsgebiet

2 Grundlagen, Begriffe und Messprinzip

3 Messgeräte

4 Bohrungen für den Einbau der Messketten bzw. der Messverrohrung

5 Durchführung der Messungen

6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Dokumentation

8 Anwendungsbeispiele

Weiterführende Literatur

Empfehlung Nr. 22: Schlitzentlastungs- und Kompensationsmethode zur Messung der Druckspannungen im Randbereich geotechnischer Bauwerke

1 Zweck

2 Kurzbeschreibung des Verfahrens

3 Grundlagen und Begriffe

4 Versuchseinrichtung

5 Versuchsdurchführung

6 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

7 Ergänzende Hinweise

8 Anwendungsbeispiel

Literatur

Empfehlung Nr. 23: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch

1 Zweck

2 Kurzbeschreibung des Verfahrens

3 Begriffe

4 Prüfeinrichtung

5 Probekörper

6 Versuchsdurchführung

7 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse

8 Einfluss sägerauer Oberflächen

Literatur

Empfehlung Nr. 24: Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen mit dem LCPC-Versuch

1 Zweck

2 Kurzbeschreibung des Verfahrens

3 Begriffe

4 Prüfeinrichtung

5 Zu prüfendes Material

6 Versuchsdurchführung

7 Versuchsauswertung

[8 Darstellung der Ergebnisse](#)

[9 Klassifizierung](#)

[10 Anwendungsbeispiel](#)

[Literatur](#)

[Empfehlung Nr. 25: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit mineralogisch-petrografischen Verfahren](#)

[1 Zweck](#)

[2 Kurzbeschreibung der Verfahren](#)

[3 Begriffe](#)

[4 Versuchsoptionen](#)

[5 Prüfeinrichtungen](#)

[6 Herstellung der Probekörper](#)

[7 Versuchsdurchführung](#)

[8 Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse](#)

[9 Härtekennwerte zur Ableitung von Indexwerten](#)

[10 Klassifizierung von Abrasivitätsindizes](#)

[11 Beispiel für einen Untersuchungsbericht](#)

[Literatur](#)

[Wiley End User License Agreement](#)

Tabellenverzeichnis

Kapitel 1

[Tab. 1 Prüfkörperschlankheit.](#)

[Tab. 2 Toleranzen der Bearbeitung von Gesteinsprüfkörpern für einaxiale Druckver...](#)

[Tab. 3 Standardoptionen für einaxiale Druckversuche \(1DV\).](#)

[Tab. 4 Versuchsprotokoll eines einaxialen Druckversuchs mit einem Lastzyklus und...](#)

[Tab. 5 Versuchsprotokoll eines einaxialen Druckversuchs mit Messung des Nachbruc...](#)

Kapitel 2

[Tab. 1 Toleranzen bei der Bearbeitung von Gesteinsproben für Dreiaxialversuche.](#)

[Tab. 2 Beispiel für ein Versuchsprotokoll.](#)

Kapitel 4

[Tab. 1 Beispiel eines Versuchsprotokolls.](#)

Kapitel 5

[Tab. 1 Probekörper beim Punktlastversuch und die zugehörigen Probekörperflächen.](#)

[Tab. 2 Anforderungen an die Gestalt und die Abmessungen der Probekörper beim Pun...](#)

Kapitel 6

[Tab. 1 Dimensionslose Beiwerte \$\omega\$ für Gl. \(1\).](#)

[Tab. 2 Messergebnisse von Anwendungsbeispiel II.](#)

Kapitel 9

[Tab. 1 Ergebnisse des WD-Versuchs.](#)

Kapitel 10

[Tab. 1 Versuchsprotokoll. Versuchsanordnung beim Spaltzugversuch gemäß Bild 3](#)

Kapitel 11

[Tab. 1 Protokoll eines Quelldruckversuches.](#)

Kapitel 12

[Tab. 1 Versuchsprotokoll eines direkten Scherversuches in situ mit Mehrstufenver...](#)

[Tab. 2 Versuchsdaten eines Mehrstufenversuches an Jurakalkstein.](#)

Kapitel 14

[Tab. 1 Gneiss - berechneter Gebirgsspannungszustand \[18\].](#)

[Tab. 2 Tonstein - berechneter Gebirgsspannungszustand \[1\].](#)

[Tab. 1 Im Granit in Überbohrversuchen ermittelte Gebirgsspannungen.](#)

Kapitel 15

[Tab. 1 Erzielbare Genauigkeit von Bohrlochextensometern.](#)

Kapitel 16

[Tab. 1 Toleranzen bei der Bearbeitung von Gesteinsproben für Kriechversuche.](#)

Kapitel 17

[Tab. 1 Toleranzen bei der Bearbeitung von Gesteinsproben für Kriechversuche.](#)

[Tab. 2 Versuchsprotokoll eines Relaxationsversuchs.](#)

Kapitel 18

[Tab. I-1 Genauigkeitsklassen und Systemgenauigkeiten von handelsüblichen Konverg...](#)

Kapitel 19

[Tab. 1 Erforderliche minimale Prüfspannung \(Vorspanndruck \$p_V\$ \).](#)

Kapitel 20

[Tab. 1 Überblick über Prüfverfahren und wesentliche Einflussfaktoren auf die Ver...](#)

[Tab. 2 Zerfallsbeständigkeit in Anlehnung an *Gamble* \(1971\) \[2\].](#)

Kapitel 21

[Tab. 1 Messgrößen und Messgeräte zur Ermittlung von Gebirgsverschiebungskomponen...](#)

Kapitel 23

[Tab. 1 Gültige und ungültige Versuche mit zugehörigen Verschleißfasen der Prüfst...](#)

[Tab. 2 Klassifizierung der Abrasivität beim CERCHAR-Versuch.](#)

Kapitel 24

[Tab. 1 Eigenschaften des Prüflügels.](#)

[Tab. 2 Klassifizierung des Abrasivitätsindex ABR.](#)

[Tab. 3 Klassifizierung der Brechbarkeit BR nach \[7\].](#)

Kapitel 25

[Tab. 1 Übersicht über mineralogisch-petrografische Analyseverfahren und den empf...](#)

[Tab. 2 Versuchsoptionen für mineralogisch-petrografische Untersuchungen.](#)

[Tab. 3 Rosiwal- und Vickers-Härten sowie daraus abgeleitete Faktoren \(bezogen au...](#)

[Tab. 4 Klassifizierung der Gesteinsabrasivität nach dem RAI.](#)

[Tab. 5 Klassifizierung der Gesteinsabrasivität nach dem VHNR.](#)

[Tab. 6 Klassifizierung der Gesteinsabrasivität nach dem FSchim.](#)

[Tab. 7 Begriffe zur Klassifizierung des FÄqu.](#)

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

[Bild 1 Schematische Darstellung eines Prüfkörpers.](#)

[Bild 2 Schematische Darstellung des Vorbruch-Bereichs der Spannungs-Dehnungs-Lin...](#)

[Bild 3 Schematische Darstellung der Spannungs-Längsdehnungs-Kurve eines einaxial...](#)

[Bild 4 Prinzip der Messung der Längs- und Querdehnung mit geklemmten Wegaufnehmern über eine Messlänge \$m\$.](#)

[Bild 5 Beispiel einer Anordnung von Dehnungsmessstreifen \(DMS\) zur Messung der L...](#)

[Bild 6 Einaxialer Druckversuch mit drei Lastzyklen und Lasthaltepausen \(Prinzips...](#)

[Bild 7 Einaxialer Druckversuch mit einem Lastzyklus und Lasthaltepausen.](#)

[Bild 8 Einaxialer Druckversuch mit Messung des Nachbruch-Verhaltens einschließli...](#)

Kapitel 2

[Bild 1 Mohr'scher Spannungskreis.](#)

[Bild 2 Beispiel einer linearen \(a\) und einer nichtlinearen \(b\) Bruchbedingung.](#)

[Bild 3 Bruchdehnung \$l, u\$.](#)

[Bild 4 Beispiel einer Versuchseinrichtung für Dreiaxialversuche an Gesteinsprüfk...](#)

[Bild 5 Bestimmung der Festigkeitsparameter \$c\$ und aus den Ergebnissen von drei Dreiaxialversuchen.](#)

[Bild 6 Unterschiedliche Darstellungsweisen der Versuchsergebnisse.](#)

[Bild 7 Bestimmung des Verformungsmoduls.](#)

[Bild 8 Beispiel dreier Spannungs-Verformungskurven.](#)

[Bild 9 Bestimmung der Festigkeitsparameter \$c\$ und aus drei dreiaxialen Druckversuchen.](#)

Kapitel 3

[Bild 1 Belastungsschema.](#)

[Bild 2 Beispiel einer Versuchseinrichtung.](#)

[Bild 3 Abdichtung mit Axialklemmring.](#)

[Bild 4 Muster für ein Versuchsprotokoll.](#)

[Bild 5 Spannungs-Dehnungslinien eines Mehrstufen-Dreiaxialversuchs an Keupermerg...](#)

[Bild 6 Schubspannungs-Normalspannungsdiagramm eines Mehrstufen-Dreiaxialversuchs...](#)

[Bild 7 Aufnahme des Trennflächengefüges an der Entnahmestelle und Scherfugenrich...](#)

[Bild 8 Prüfkörper nach dem Versuch.](#)

Kapitel 4

[Bild 1 Verschiebung nach Aufbringen der Normalkraft.](#)

[Bild 2 Verschiebung in Scherkraftrichtung.](#)

[Bild 3 Verschiebung in Normalkraftrichtung nach Aufbringen der Scherkraft.](#)

[Bild 4 Scherfestigkeit des Gebirges.](#)

[Bild 5 Beispiel einer Versuchseinrichtung für Scherversuche in situ.](#)

[Bild 6 \(a\) und \(b\): Ausgearbeiteter Prüfkörper und Versuchsanordnung beim Scherv...](#)

[Bild 7 Scherkraft-Verschiebungs-Diagramm.](#)

[Bild 8 Zeit-Verschiebungs-Diagramm.](#)

[Bild 9 Scherversuch in situ. Verschiebung in Scherkraftrichtung – Verschiebung i...](#)

[Bild 10 Scherversuch in situ.](#)

Kapitel 5

[Bild 1 Prinzipskizze und Bild eines Punktlastgeräts und der Prüfspitzen der Bela...](#)

[Bild 2 Gültige und ungültige Einzeltests beim Punktlastversuch.](#)

[Bild 3 Statistische Auswertung von Punktlastindizes aus einer Serie von 25 Einze...](#)

[Bild 4 Ermittlung des Umrechnungsfaktors \$c\$ mithilfe von Werten der einaxialen Dr...](#)

[Bild 5 Punktlastversuch; Beispiel einer Auswertung von 19 Probekörpern einer San...](#)

[Bild 6 Punktlastversuch; Beispiel einer Auswertung von 19 Probekörpern einer San...](#)

[Bild 7 Punktlastversuch; Beispiel einer Auswertung von 25 Probekörpern einer Qua...](#)

Kapitel 6

[Bild 1 Schema der Versuchsanordnung.](#)

[Bild 2 Spannungs-Verschiebungs-Diagramm.](#)

[Bild 3 Beispiel einer Versuchseinrichtung.](#)

[Bild 4 Messfühler.](#)

[Bild 5 Extensometer.](#)

[Bild 6 Zeitlicher Ablauf der Belastung \(Schema\).
Last: mittlere Sohnormalspannung...](#)

[Bild 7 Last-Verschiebungslinien von
Anwendungsbeispiel I \(untere Lastplatte; zwe...](#)

[Bild 8 Last-Verschiebungslinien von
Anwendungsbeispiel II.](#)

Kapitel 7

[Bild 1 Schlitzentlastungs- und
Druckkissenbelastungsversuch. \(a\) Messbolzen mit
...](#)

[Bild 2 Gesteinsbohrmaschine zur Herstellung von
großen Schlitzten mit mittlerer u...](#)

[Bild 3 Druckkissen für große Bohrschlitzte. \(a\)
Druckkissen, \$F \geq 1 \text{ m}^2\$; \(b\) Kleinw...](#)

[Bild 4 Kombinierte Gesteinsbohr- und
Sägemaschine zur Herstellung von großen Sch...](#)

[Bild 5 Druckkissen für große Sägeschlitzte. \(a\)
Einzelschlitz mit Druckkissen \$F \approx \dots\$](#)

[Bild 6 Gesteinssäge zur Herstellung von kleinen
Schlitzten für Kleinwegdruckkisse...](#)

[Bild 7 Kleinwegdruckkissen für kleine Schlitze.](#)

[Bild 8 Anwendungsbeispiel 1: Schlitzentlastungs- und Druckkissenbelastungsversuc...](#)

[Bild 9 K-Werte für Druckkissenabmessungen nach Bild 5 bei der Aufweitung des Sch...](#)

[Bild 10 Anwendungsbeispiel 2: Bestimmung des Gebirgsverformungsmoduls, Sägeschli...](#)

Kapitel 8

[Bild 1 Bohrlochaufweitung \(\$\Delta d\$ \).](#)

[Bild 2 Schematische Darstellung des Dilatometers in der Bohrung.](#)

[Bild 3 Arbeitslinien eines Dilatometersversuchs.](#)

[Bild 4 Anordnung der Messstellen und geologische Situation.](#)

[Bild 5 Aufweitung des Bohrloches bei Belastung.](#)

[Bild 6 Arbeitslinien von fünf Messstellen.](#)

[Bild 7 \$E\$ - und \$E_v\$ -Modul in Abhängigkeit von der Belastung \(fünf Messstellen\).](#)

Kapitel 9

[Bild 1 Schema des Wasserdruckversuchs.](#)

[Bild 2 Messprinzip der Luftdruckwaage.](#)

[Bild 3 Charakteristische Ergebnisse des WD-Versuchs.](#)

[Bild 4 Beziehung zwischen \$k_i\$ und der Wasseraufnahme \$W\$ in l / \(min m · 10 bar\).](#)

[Bild 5 Beziehung zwischen \$k_i\$ und der Wasseraufnahme \$W\$ in l / \(min m · 5 bar\).](#)

[Bild 6 Bestimmung der Wasseraufnahme \$W\$.](#)

Kapitel 10

[Bild 1 Spaltzugversuch; Verlauf der Spannungen normal zur Belastungsebene.](#)

[Bild 2 Versuchsanordnung mit Belastungsjoch \(a\), Versuchsanordnung mit Lastverte...](#)

[Bild 3 Varianten der Probekörperorientierung \[8\].
oben: Probekörper, \$\sigma_f\$ Gefügee Ebene, \$P\$
Probekörperachse, \$B\$ Belastungsrichtung unten:
zugehöriges Symbol als Darstellung von Stirnfläche
und Aufsicht \$\alpha\$ Winkel:
Gefügee Ebene/Probekörperachse \$\alpha\$ Winkel:
Gefügee Ebene/Belastungsrichtung](#)

Kapitel 11

[Bild 1 Beispiel einer Versuchseinrichtung für Quellversuche.](#)

[Bild 2 Beispiel eines Quellversuches nach Kaiser/Henke.](#)

[Bild 3 Beispiel eines Quellversuches nach Huder/Amberg.](#)

[Bild 4 Quellhebungsversuch.](#)

[Bild 5 Quellversuch nach Kaiser/Henke.](#)

[Bild 6 Quellversuch nach Huder/Amberg,
Spannungs-Dehnungsdiagramm.](#)

[Bild 7 Quellversuch nach Huder/Amberg,
Quelldehnungsdiagramm.](#)

[Bild 8 Quelldruckversuch.](#)

Kapitel 12

[Bild 1 Anforderungen an das Probenmaterial zur Anwendbarkeit der Mehrstufenversu...](#)

[Bild 2 Charakteristische Scherkraft-Verschiebungskurven beim direkten Scherversu...](#)

[Bild 3 Charakteristische Spannungs-Dehnungslinien bei dreiaxialen Druckversuchen...](#)

[Bild 4 Direkter Scherversuch in situ in einer Mergelschicht im Weißjura und Prüfkörper vor dem Aufbau der Belastungsvorrichtung.](#)

[Bild 5 Scherspannungs-Verschiebungsdiagramm.](#)

[Bild 6 Ermittlung der Schergeraden.](#)

[Bild 7 Prüfzelle für Triaxialversuche an Großproben.](#)

[Bild 8 Prüfkörper.](#)

[Bild 9 Ergebnis eines triaxialen Druckversuches an einer Großprobe aus dem Weißj...](#)

[Bild 10 Mohr'sches Diagramm eines Triaxialversuches mit Mehrstufentechnik.](#)

Kapitel 13

[Bild 1 Begriffe und Definitionen im Laborscherversuch.](#)

[Bild 2 Scherkraft, Aufgleitweg und Scherweg bei Dilatanz.](#)

[Bild 3 Prinzipskizze einer Schermaschine.](#)

[Bild 4 Detailaufnahme der Scherapparatur.](#)

[Bild 5 Verschiebungsmessrahmen.](#)

[Bild 6 Entnahme der natürlichen Granittrennflächen in situ.](#)

[Bild 7 Parallel überbohrte Felstrennfläche.](#)

[Bild 8 Anwendungsbeispiel, Versuchsspuren.](#)

[Bild 9 Anwendungsbeispiel, Materialkennwerte.](#)

Kapitel 14

[Bild 1 Prinzip eines Triaxialmesssondenversuchs \(Zeichnung nicht maßstäblich\): \(...\)](#)

[Bild 2 CSIRO-Zelle \(mit freundlicher Genehmigung von © GIF GmbH, Ettlingen, 2019...\)](#)

[Bild 3 Anordnung der DMS in einer CSIRO-Zelle mit neun DMS.](#)

[Bild 4 Schematischer Verlauf der gemessenen Dehnungsänderungen in Abhängigkeit v...](#)

[Bild 5 Biaxialzelle: \(a\) Biaxialzelle mit Manometer; \(b\) Belastung des Gesteinsk...](#)

[Bild 6 Biaxialversuch an einem Gesteinskern mit einer überbohrten CSIRO-Zelle \[1...](#)

[Bild 7 Im Biaxialversuch ermittelte Arbeitslinien \(schematisch\).](#)

[Bild 8 Definition der Elastizitätskennwerte von transversal isotropem Gestein \[2...](#)

[Bild 9 Anordnung der DMS zur Bestimmung der Elastizitätskonstanten des Gesteins ...](#)

[Bild 10 Darstellungsarten von Hauptspannungen: \(a\) isometrischer Plot; \(b\) fläch...](#)

[Bild 11 Gneis - überbohrter Gesteinskern \[18\].](#)

[Bild 12 Gneis - gemessene Dehnungsänderungen und Temperaturen in Abhängigkeit vo...](#)

[Bild 13 Gneis - gemessene Dehnungsänderungen und Temperaturen in Abhängigkeit vo...](#)

[Bild 14 Gneis - im Biaxialversuch am überbohrten Kern gemessene Arbeitslinien \[1...](#)

[Bild 15 Gneis - berechnete Hauptspannungen: \(a\) isometrischer Plot; \(b\) flächentreu...](#)

[Bild 16 Tonstein - Geologie und Topografie im Bereich der Bohrung B4 \(Schnitt A-...](#)

[Bild 17 Tonstein - Richtungen der berechneten Hauptspannungen in der flächentreu...](#)

[Bild 1 Prinzip eines Überbohrversuchs mit einer Weggebersonde \(Zeichnung nicht m...](#)

[Bild 2 BGR-Sonde, Bauart Glötzl \[10\]: \(a\) Zentrierspitze; \(b\) Markierungsvorrich...](#)

[Bild 3 Messgeräte und Datenerfassung für Überbohrversuche mit einer BGR-Sonde \[1...](#)

[Bild 4 Orientierung der Weggeber am Beispiel einer BGR-Sonde nach Bild 2.](#)

[Bild 5 Schematischer Verlauf der gemessenen Durchmesseränderung des Pilotbohrloc...](#)

[Bild 6 Beispiel einer Prüfanlage für Biaxialversuche \[17\]: \(a\) Biaxialzelle; \(b\)...](#)

[Bild 7 Belastung des Gesteinskerns mit Weggebersonde durch den Manteldruck \$p\$.](#)

[Bild 8 In einem Biaxialversuch an Tonstein ermittelte Arbeitslinien \[17\].](#)

[Bild 9 Unendlich ausgedehnte, gelochte Scheibe mit isotropem Verformungsverhalte...](#)

[Bild 10 Unendlich ausgedehnte, gelochte Scheibe mit transversal isotropem Verfor...](#)

[Bild 11 In einer Vertikalbohrung im Granit gemessenen Durchmesseränderungen in A...](#)

[Bild 12 Darstellung der aus den gemessenen Durchmesseränderungen ermittelten max...](#)

[Bild 13 Gemessene Durchmesseränderungen in Tonstein in Abhängigkeit vom Überbohr...](#)

Kapitel 15

[Bild 1 Extensometer-Messprinzipien.](#)

[Bild 2 Prinzip-Beispiele von Mehrfachextensometern.](#)

[Bild 3 Auswertungsprinzip Mehrfach-Stangen- und Drahtextensometer, dargestellt a...](#)

[Bild 4 Auswertungsprinzip Sondenextensometer, dargestellt am Beispiel der Auffah...](#)

[Bild 5 Beispiel eines vermörtelten Ankers bei einem Mehrfach-Stangenextensometer...](#)

[Bild 6 Prinzip-Beispiele Extensometerkopf. \(a\) Stangenextensometer mit Kopfplatt...](#)

[Bild 7 Prinzip-Beispiele abkoppelbarer Extensometer. \(a\) Tunnelauffahrung mit vo...](#)

[Bild 8 Beispiele von Messringfixierungen. \(a\) Durchgehendes Messrohr; \(b\) unterb...](#)

[Bild 9 Beispiele für Kürzungen von Sondenextensometern. \(a\) Böschungsrückversetz...](#)

[Bild 10 5-Fach-Stangenextensometer über der Tunnelfirste.](#)

[Bild 11 Verschiebungsverlauf 5-Fach-Stangenextensometer.](#)

[Bild 12 15-Fach-Sondenextensometer vertikal unter der Tunnelsohle.](#)

[Bild 13 Verschiebungsverlauf Sondenextensometer.](#)

Kapitel 16

[Bild 1 Wahre Längsdehnung in Abhängigkeit von der Versuchszeit.](#)

[Bild 2 Kriechrate in Abhängigkeit von der Versuchszeit als Steigung über jeweils 11 Werte, \$\dot{\epsilon}_s\$ = stationäre Kriechrate.](#)

[Bild 3 Kriechrate in Abhängigkeit von der wahren Längsdehnung für Probe 90009.](#)

[Bild 4 Wahre Längsdehnung in Abhängigkeit von der Versuchszeit.](#)

[Bild 5 Kriechrate in Abhängigkeit von der Versuchszeit als Steigung über jeweils 9 Werte, \$\dot{\epsilon}_s\$ = stationäre Kriechrate.](#)

Kapitel 17

[Bild 1 Relaxationskurve.](#)

[Bild 2 Zeitliche Entwicklung der Spannungsrate im Relaxationsversuch.](#)

Kapitel 18

[Bild I-1 Prinzipskizze einer Konvergenzanordnung.](#)

[Bild I-2 Konvergenzbolzen für Messungen mit Messband. Gewinde G3 / 8" und Messa...](#)

[Bild I-3 Konvergenzmessquerschnitt mit Konvergenzmessstrecken K1, K2, K3, K4.](#)

[Bild I-4 Zeitlicher Verlauf der Längenänderung der Konvergenzmessstrecken in Abh...](#)

[Bild I-5 Konvergenzmessungen in einem Schacht unter Verwendung von Gehängen.](#)

[Bild I-6 Konvergenzmessungen zur Überwachung einer tiefen Baugrube. Messstrecken...](#)

Name der durchführenden Institution Projekt Nr.: Bauvorhaben Petrografische Beschreibung Versuchsoption DS2 gemäß DGGT-Empfehlung Nr. 25 (+Auflichtanalyse)	
Probenbezeichnung: AUT P04	
Probenherkunft:	KB 10/2019, 18,9-19,5 m
Gesteinsbeschreibung	
Makroskopisch P04_1 - P04_4	Nahezu reinweißer, leicht grünstichiger, relativ grobkörniger (Korngrößen bis zu 6 mm) Metamorphit, feldspatdominiert, hellglimmerführend, biotitfrei, akzessorisch Granat; eine den Bohrkern durchschlagende Scherzone
Mineralbestand (Durchlicht) P04_5 - P04_22	Haupt- und Nebengemengteile: Quarz, Feldspäte der Alkalifeldspat- und Plagioklasreihe, Muskovit, Magnetkies Akzessorien: Karbonat, Epidot/Zoisit, Chlorit Quarz: mittel- bis grobkörnig, wasserklar, oft stark undulös Feldspat: durch Entmischungsvorgänge bzw. beginnende Serizitisierung leicht getrübe, grobblockige Individuen aus der Alkalifeldspatreihe, stellenweise mit perthitischen Flecken und Mikroklingitterung; polysynthetisch verzwilligte Feldspat-Glieder aus der Plagioklasreihe i. d. R. gespickt mit Mikrolithen aus Hellglimmer, Epidot/Zoisit, Karbonat (Saussuritisierung) Muskovit: grobblättrige Bildungen, kaum Regelungsmuster
Mineralbestand (Auflicht)	Sulfide (Magnetkies): in kleinen diskreten Körnern
Gefüge	Grobkörniges Feldspat-Quarz-Pflastergefüge mit vereinzelt Muskovit-Scheiter ohne bevorzugte Orientierung, massig; eine geringmächtige mylonitische Scherzone durchschlägt den Schliff in Querrichtung und äußert sich in feinblättrig geregelten Seriziten und Quarz-Subkörnern
Alteration	Primär Ca-führende Plagioklas-Feldspäte sind saussuritisert

Modaler Mineralbestand und Ermittlung des Äquivalenten Quarzgehalts			
Mineral	Vol.-%	Faktor ^{a)}	Gewichteter Anteil
Quarz	42,9 %	1,00	42,90
Feldspat, frisch (v. a. Alkalifeldspat)	36,4 %	0,30	10,92
Feldspat, alteriert (Plagioklas)	10,9 %	0,20	2,18
Glimmerminerale (Muskovit)	7,6 %	0,04	0,30
Glimmerminerale (Chlorit)	0,2 %	0,04	0,00
Karbonate (Calcit, Dolomit)	0,4 %	0,03	0,01
Epidot/Zoisit	0,4 %	0,62	0,25
Opake (Magnetkies)	1,1 %	0,50	0,55
Summe:	99,9 %	—	57,11
Äquivalenter Quarzgehalt $F_{\text{Äqu}}$:			57,1 %

a) Wichtungsfaktoren für die auf Quarz bezogene Rosiwal-Härte gemäß DGGT-Empfehlung Nr. 25, [Tab. 3](#) sowie eigenen Erfahrungen (kursiv).

P04_1



P04_2

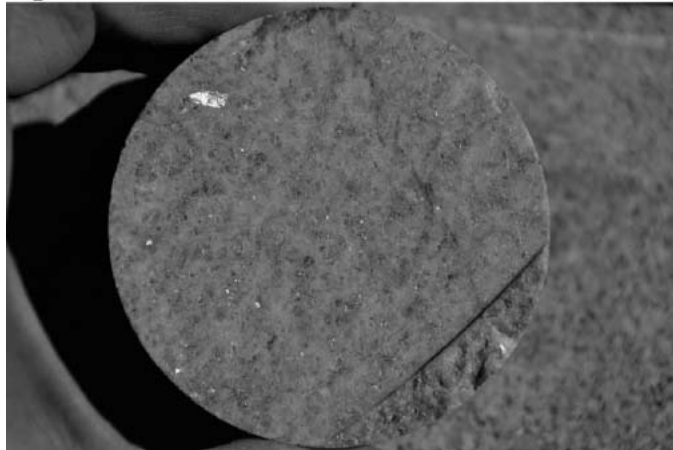


Bild 9 Beispiel eines Laborformblattes für die Dünnschliffauswertung. Hier: Fotodokumentation der Ausgangsprobe.

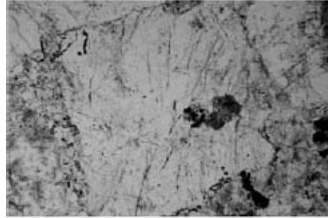
Petrographische Beschreibung des Dünnschliffs P04

Schliffbilder im Durchlicht

P04_9

Leicht getrübbtes Alkalifeldspat-Korn im Zentrum des Bildes

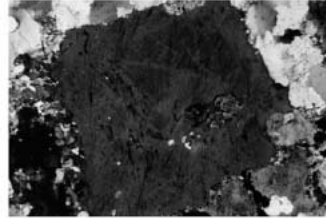
Bb: 4mm



P04_10

Feldspat mit geringer Doppelbrechung (dunkelgraue Interferenzfarbe), im Bild oben hellgraue bis gelbliche Quarzkörner (Schliff ist geringfügig zu dick)

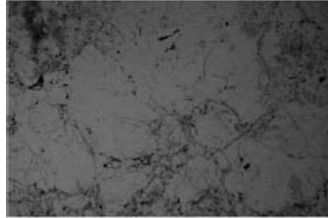
+ Nicols



P04_11

Granoblastische Quarz- (klare Korn-Aggregate) und Feldspat-Aggregate (leicht getrübbte Bereiche)

Bb: 4mm



P04_12

Wie P04_17 unter gekreuzten Polarisatoren

+ Nicols

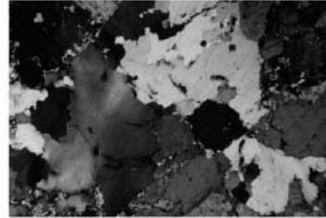


Bild 10 Beispiel eines Laborformblattes für die Dünnschliffauswertung. Hier: Fotodokumentation der Dünnschliffanalyse.

Literatur

- 1 DIN 22021:1985-07 (1985). *Rohstoffuntersuchungen im Steinkohlenbergbau; Unterteilung der Nebengesteine aufgrund mikroskopischer Untersuchungen zur Kennzeichnung technologischer Eigenschaften*. Berlin: Beuth-Verlag.
- 2 DIN EN 12407:2019-12 (2019). *Prüfverfahren für Naturstein - Petrographische Prüfung*. Deutsche Fassung EN 12407:2019. Berlin: Beuth-Verlag.
- 3 ISRM - International Society for Rock Mechanics (1978). Suggested method for petrographic description of rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* 15 (2): 41-45.
- 4 Thuro, K. (1996). Bohrbarkeit beim konventionellen Sprengvortrieb. Geologischfelsmechanische Untersuchungen anhand sieben ausgewählter Tunnelprojekte. *Münchner Geologische Hefte, Reihe B, Angewandte Geologie*, B1: 145 S. München: Hieronymus.
- 5 Bruland, A. (1998). *Project Report 13A-98 - Hard Rock Tunnel Boring: Drillability Test Methods*. Trondheim: NTNU.
- 6 Plinninger, R.J. (2002). Klassifizierung und Prognose von Werkzeugverschleiß bei konventionellen Gebirgslösungsverfahren im Festgestein. *Münchner Geologische Hefte, Reihe B, Angewandte Geologie* B17: 146 S. München: Hieronymus.
- 7 DIN 18141-1:2014-05 (2014). *Baugrund - Untersuchung von Gesteinsproben - Teil 1: Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit*. Berlin: Beuth-Verlag.

- 8** Schimazek, J. und Knatz, H. (1970). Der Einfluss des Gesteinsaufbaus auf die Schnittgeschwindigkeit und den Meißelverschleiß von Streckenvortriebsmaschinen. *Glückauf* 106 (6): 274–278.
- 9** Schimazek, J. und Knatz, H. (1976). Die Beurteilung der Bearbeitbarkeit von Gesteinen durch Schneid- und Rollenbohrwerkzeuge. *Erzmetall* 29 (3): 113–119.
- 10** Lepique, M. (2010). Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.: Indirekter Zugversuch an Gesteinsproben – Spaltzugversuch. *Bautechnik* 85 (9): 623–627.
- 11** DIN EN ISO 14689:2018-05 (2018). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels* (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018. Berlin: Beuth-Verlag.
- 12** DIN ISO 8037-1:2003-05 (2003). *Optik und optische Instrumente – Mikroskope; Objektträger – Teil 1: Maße, optische Eigenschaften und Kennzeichnung*; Deutsche Fassung ISO 8037-1:1986. Berlin: Beuth-Verlag.
- 13** ISO 8255-1:2017-06 (2017). *Mikroskope – Deckgläser – Teil 1: Maßtoleranzen, Dicke und optische Eigenschaften*. Berlin: Beuth-Verlag.
- 14** DIN EN 13925-3:2005-07 (2005). *Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 3: Geräte*; Deutsche Fassung EN 13925-3:2005. Berlin: Beuth-Verlag.
- 15** Ney, P. (1986). *Gesteinsaufbereitung im Labor*. Stuttgart: Enke.
- 16** Tröger, W.E. (2017). *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1: Bestimmungstabellen*. 5. neu bearbeitete Aufl., 188 S., Stuttgart: Schweizerbart.
- 17** Tröger, W.E. (1969). *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 2: Textband*. 2. Aufl., 822 S., Stuttgart: Schweizerbart.
- 18** Raith, M.M., Raase, P. und Reinhardt, J. (2011). *Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie*. 125 S. ISBN 978-3-00-036420-4 (PDF via Internet frei verfügbar).
- 19** Pettijohn, F.J., Potter, P.E. und Siever, R. (1987). *Sand and Sandstone*, 553 S. Springer, New York: Springer.
- 20** DIN EN 13925-1:2003-07 (2003). *Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 1: Allgemeine Grundlagen*; Deutsche Fassung EN 13925-1:2003. Berlin: Beuth-Verlag.
- 21** DIN EN 13925-2:2003-07 (2003). *Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 2: Verfahrensabläufe*; Deutsche Fassung EN 13925-2:2003. Berlin: Beuth-Verlag.