

Prüfbericht zu den gesteinsmechanischen Untersuchungen  
der Oberen Süßwassermolasse

(9 Blatt)

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM | 44780 Bochum | Germany

**Smolczyk & Partner GmbH**  
Untere Waldplätze 14

D-70569 Stuttgart

**FAKULTÄT FÜR  
GEOWISSENSCHAFTEN**

**Ingenieurgeologie und Felsbau**

Gebäude IA 4/169  
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

**PROF. DR.-ING. MICHAEL ALBER**

Fon +49 (0)234 32-23296

Fax +49 (0)234 32-14120

michael.alber@rub.de

www.rub.de/inggeo

**Dr. Mandy Duda**

Fon +49 (0)234 32-19587

mandy.duda@rub.de

**01.10.2019**

## **Gesteinsmechanische Untersuchungen 19-001 Meersburg/West – Immenstaad, B31: Neubau der B31**

### **1. Veranlassung**

Die AG Ingenieurgeologie an der Ruhr-Universität Bochum wurde am 19.09.19 von Herrn Brodbeck beauftragt, gesteinsmechanische Untersuchungen durchzuführen. Grundlage dazu waren Gesteinsproben, die am 24.09.19 in das gesteinsmechanische Labor der Ruhr-Universität Bochum geliefert wurden. Aufgabe war die Erstellung von entsprechenden Probenköpern und die Durchführung von Druckversuchen zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit  $\sigma_c$  sowie die Bestimmung von Cerchar Abrasivitäts-Indizes CAI.

### **2. Probenvorbereitung**

Aus den angelieferten Probenstücken wurden durch Überbohren mit Wasserspülung Probenzylinder für einaxiale Druckversuche hergestellt. Gemäß den Vorschriften der ISRM und DGGT für die Gewinnung von Proben für einaxiale Druckversuche soll für die Zylinder ein Längen-Durchmesser Verhältnis  $L/D = 2:1$  erreicht werden. Nach dem Sägen wurden die Endflächen gemäß Vorschrift geschliffen, so dass die Unebenheit  $< 0,02$  mm betrug. Die Prüfkörper wurden bei  $60^\circ\text{C}$  getrocknet und bis zu den jeweiligen Versuchen unter Raumluftbedingungen aufbewahrt. Die Durchführung der CAI erfolgte an frischen Bruchflächen der Handstücke.

### 3. Versuchsdurchführungen und Auswertungen

#### 3.1 Einaxialer Druckversuch

Die Prüfkörper wurden hierfür in einen steifen 4000 kN Lastrahmen eingebaut und zwischen Belastungsstempeln zentriert. Der einaxiale Druckversuch wurde servo-kontrolliert nach Versuchsempfehlungen der DGGT/ISRM mit Prüfgeräten der Güteklasse 1 durchgeführt, in axialer Dehnungskontrolle mit einer Dehnungsrate von  $10^{-5}$  mm/mm/s belastet und bis zum Versagen getestet. Der Versuch wurde mit dem Steuergerät TestStar IIm der Fa. MTS durchgeführt. Während des Versuchs wurde mit einer Frequenz von 10 Hz Kraft (mittels kalibrierter Kraftmessdose) und Längsverformung (mittels kalibrierter LVDTs mit einer Auflösung von  $10^{-7}$  m) gemessen. Während der Versuchsdurchführung wurden in einer Frequenz von 10 Hz die einaxiale Druckspannung und die axiale Dehnung in Echtzeit am Bildschirm beobachtet und gesteuert. Dabei wurden folgende Berechnungsformeln verwendet:

axiale Spannung  $\sigma_a = F/(\pi D^2/4)$  [MPa]

axiale Dehnung  $\varepsilon_a = \Delta l/ L$  [mm/mm]

Die einaxiale Druckfestigkeit  $\sigma_c$  wurde als Maximalwert in den Spannungs-Dehnungskurven abgelesen, die aus den Daten der einaxialen Druckversuche erstellt wurden.

#### 3.2 Abrasivität

Die Beurteilung der Abrasivität erfolgte mittels Cerchar Abrasivitäts-Index-Test (CAI) mit dem Prüfgerät nach West. Mit dem Cerchar-Verfahren wird das Verschleißverhalten von Gesteinen direkt getestet, was eine unmittelbare Beurteilung der entsprechenden Gesteinsabrasivität zulässt.

Die Versuchsanordnung besteht aus einer beweglichen Einspannvorrichtung (Schlitten) zur Aufnahme der Probe sowie aus einem fixierten Prüfstift definierter Geometrie und Härte (Stahlstift mit Rockwell-Härte 54-56), der an einem 7 kg Gewicht befestigt ist. Der Prüfstift wird behutsam auf die Probenoberfläche gelegt. Die Prüfkörperoberfläche wird mit Hilfe des Schlittens gleichmäßig 10 mm unter der Prüfspitze bewegt. Der CAI berechnet sich aus der Abnutzung des Stahlstiftes.

Dieser Versuch wurde fünfmal (mit jeweils neuer Prüfspitze) für jede Probe durchgeführt. Die Abnutzung  $d$  [mm] der Prüfspitze wurde unter einem Auflichtmikroskop mit einer Genauigkeit von 0,02 mm abgemessen. Die Werte werden gemittelt. Der einzelne Cerchar Abrasivitäts-Index (CAI) berechnet sich daraus mit

$$\text{CAI} = d \cdot 10 .$$

Der CAI-Wert der Probe ist der Mittelwert aus fünf Einzelwerten. Die Gesteinsabrasivität wird dann nach folgender Tabelle klassifiziert:

Tab. 1 Klassifizierung der Abrasivität beim Cerchar-Versuch nach H. Käsling und R. J. Plinninger (DGGT Nr. 23)

CAI	Klassifikation
0,1 – <0,5	extrem niedrig
0,5 – <1,0	sehr niedrig
1,0 – <2,0	niedrig
2,0 – <3,0	mittel
3,0 – <4,0	hoch
4,0 – <5,0	sehr hoch
≥ 5,0	extrem hoch

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Druckfestigkeiten

Tab. 2 Zusammenfassung der Ergebnisse der felsmechanischen Versuche.

Probe	Teufe (m)	Länge (mm)	Durchmesser (mm)	Einbaudichte $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Einaxiale Druckfestigkeit $\sigma_c$ (MPa)
Probe 1 BK5	19,5-19,6	80,99	39,97	2,58	113,3
Probe 2 BK5	22,3-22,5	81,16	39,96	2,52	61,3

### 4.2 Cerchar Abrasivitäts-Indizes

Tab. 3 Ergebnisse CAI (Mittelwerte aus fünf CAI-Werten)

Probe	Teufe (m)	CAI	Standardabweichung	Klassifikation
Probe 1 BK5	19,5-19,6	1,0	0,06	niedrig
Probe 2 BK5	22,3-22,5	0,7	0,07	sehr niedrig

Im Anhang befinden sich eine Fotodokumentation mit detaillierten Aufzeichnungen der einzelnen Versuchskurven sowie ein Foto der jeweiligen Probenkörper vor dem Versuch und ein Foto mit entsprechendem Bruchbild nach dem Versuch.

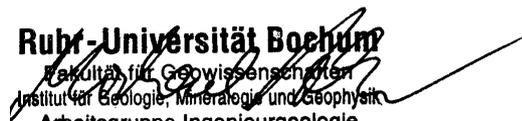
## 5. Literatur und Vorschriften

DGGT, Arbeitskreis 3.3, Empfehlung Nr. 1 „Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern“

DGGT (2015) Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 Versuchstechnik Fels „Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch“.

Für Fragen stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung und verbleibe mit freundlichem Glückauf

**Ruhr-Universität Bochum**  
Fakultät für Geowissenschaften  
Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik  
Arbeitsgruppe Ingenieurgeologie  
D-44780 Bochum



Prof. Dr.-Ing. M. Alber



Dr. Mandy Duda

## **Anhang**

### **19-001 Meersburg/West – Immenstaad, B31: Neubau der B31**

#### **A Einaxiale Druckversuche**

#### **B Cerchar Abrasivitäts-Index-Tests**

## A Einaxiale Druckversuche

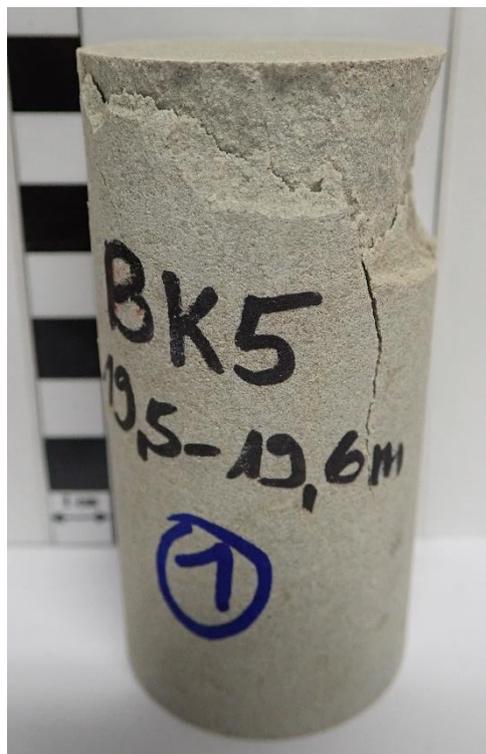
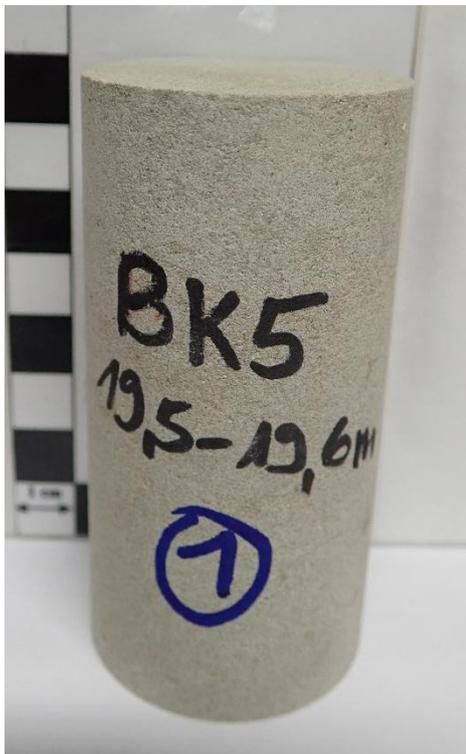
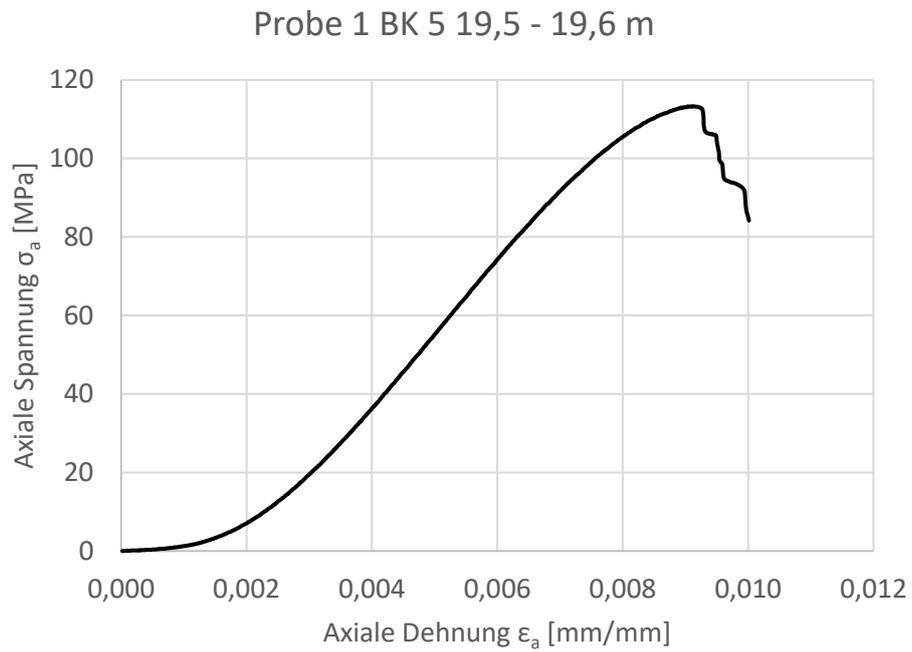


Abbildung 1: Einaxialer Druckversuch Probe 1 BK 5 19,5-19,6 m: Spannungs-Dehnungsdiagramm, Probe vor dem Versuch, Probe nach dem Versuch.

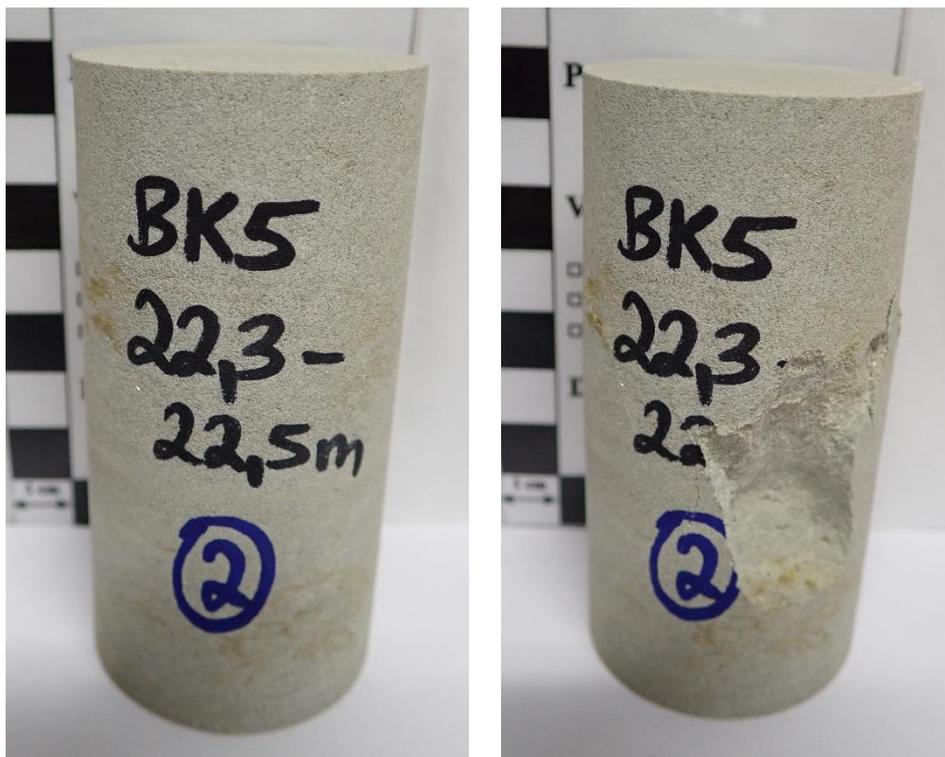
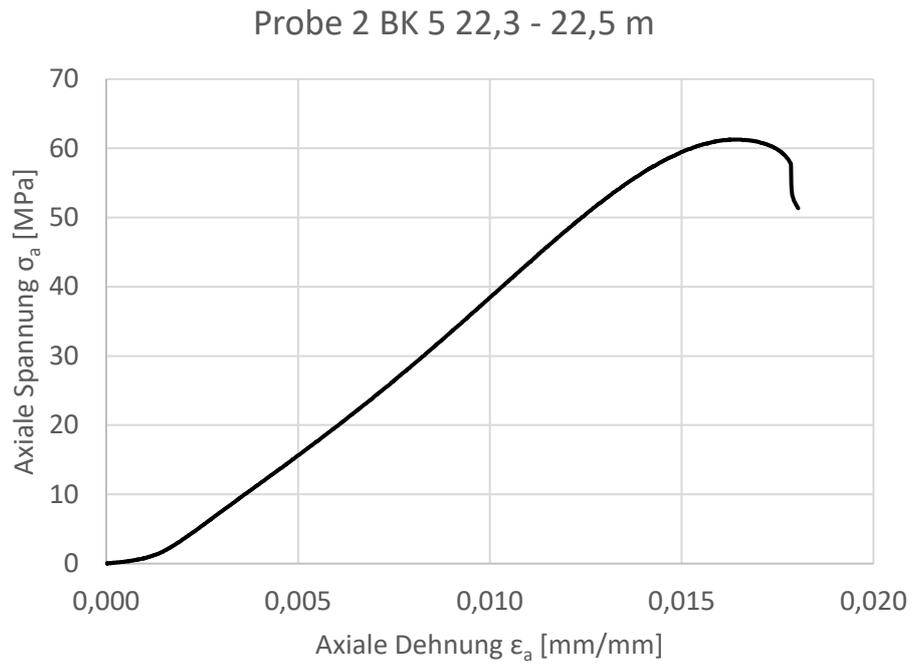


Abbildung 2: Einaxialer Druckversuch Probe 2 BK 5 22,3-22,5 m: Spannungs-Dehnungsdiagramm, Probe vor dem Versuch, Probe nach dem Versuch.

## B Cerchar Abrasivitäts-Index-Tests

### Probe 1 BK 5 19,5-19,6 m

CAI-Einzelwerte: | 0,099 | 0,103 | 0,110 | 0,096 | 0,107 |  $\varnothing = 0,103$



Abbildung 3: CAI-Test Probe 1 BK 5 19,5-19,6 m: Kratzspuren auf der Probe.

**Probe 2 BK 5 22,3-22,5 m**

CAI-Einzelwerte: | 0,063 | 0,077 | 0,074 | 0,063 | 0,066 |  $\varnothing = 0,069$



Abbildung 4: CAI-Test Probe 2 BK 5 22,3-22,5 m: Kratzspuren auf der Probe.