



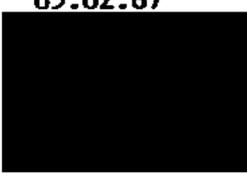
DECKBLATT

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
EU 097	9K	34545.32		HA	RB	0005	00

Titel der Unterlage: Felsmechanische Gesteinsparameter in Erkundungsstrecken: Probenahme und Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen	Seite: I.
	Stand: 31.07.86

Ersteller: GSF	Textnummer:
--------------------------	-------------

Stempelfeld:

PSP-Element TP... 9K/2122414		zu Plan-Kapitel: 3.1.9.7	
		PL 05.02.87  Freigabe für Behörden	PL 05.02.87  Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 097	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	34545.32		HA	RB	0005	00

Titel der Unterlage: Felsmechanische Gesteinsparameter in Erkundungsstrecken: Probenahme und Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen	Seite: <p style="text-align: center;">II.</p> Stand: <p style="text-align: center;">31.07.86</p>
---	--

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Auftragnehmer: Gesellschaft für Strahlen- und
Umweltforschung mbH (GSF) München,
Institut für Tieflagerung,
Abteilung für Endlagertechnologie

Titel: Felsmechanische Gesteinsparameter in
Erkundungsstrecken
Teilaufgabe 2222.02
Arbeitspaket Nr. 3
Probenahme und Durchführung
felsmechanischer Laboruntersuchungen

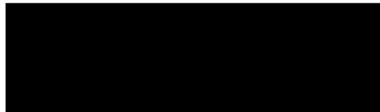
Vorhabensleiter:



Versuchsdurchführung:



Berichterstattung:



Braunschweig, den 31.07.86

Der Bericht wurde im Auftrag der Physikalisch-Technischen
Bundesanstalt (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle Rechte
vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der
PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten
zugänglich gemacht werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Probenahme und Präparation
3. Beschreibung des untersuchten Probenmaterials
4. Laboruntersuchungen
 - 4.1 Versuchstechnik
 - 4.2 Versuchsergebnisse
5. Literatur
6. Verzeichnis der Anlagen

1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes Endlager Konrad wurden gemäß dem Strukturplan Nr. 2222.02, Arbeitspaket Nr. 3, im Institut für Tief-
lagerung der GSF felsmechanische Laboruntersuchungen durchge-
führt. Dazu wurden Kernstrecken aus den im Grubengebäude Konrad
gestoßenen Erkundungsbohrungen 3/142 und 4/110 entnommen und
die mit BGR und PTB abgestimmte Anzahl Prüfkörper für die La-
boruntersuchungen präpariert.

Der vorliegende Bericht stellt die Bearbeitung des Arbeitspake-
tes Nr. 3 zu Teilaufgabe 2222.02 mit den vorliegenden und aus-
gewerteten Untersuchungsergebnissen auf der Grundlage des Zwi-
schenberichtes der GSF vom 10.10.85 dar.

2. Probenahmen und Präparation

Zur Herstellung von Prüfkörpern wurde je nach Bohrfortschritt der Erkundungsbohrungen Kernmaterial aus den im Kernlager des Betriebs P + S, Schachanlage Haverlahwiese, aufgestellten Kernkisten entnommen.

Nach Festlegung der Probenahmepunkte durch BGR und P + S am 28.03.85 fand die erste Probenahme aus Kernmaterial der Erkundungsbohrung 3/142 am 02.04.85 durch GSF gemeinsam mit P + S statt. Folgende Bereiche wurden gemäß Kernansprache durch BGR und P + S beprobt:

	Stratigraphie
1. Bereich 12,30 - 14,50 m 4 Kernstücke mit Kern-Ø 61 mm Limonitisches Erz in kalkmergeliger Matrix Probenahmepunkt: 3/142/001	Unteres Lager
2. Bereich 38,45 - 41,40 m 3 Kernstücke mit Kern-Ø 61 mm Kalkmergelstein mit limonitischen Ooiden in Nestern und Schlieren Probenahmepunkt: 3/142/002	
3. Bereich 98,60 - 101,30 m 5 Kernstücke mit Kern-Ø 50 mm Kalkmergelstein, mittel- bis dunkelgrau, karbonatische Schlieren, schwach schluffig Probenahmepunkt: 3/142/003	Zwischenmittel
4. Bereich 139,55 - 142,30 m 5 Kernstücke mit Kern-Ø 50 mm oolitischer Kalkstein, mittelgrau, mit dunkelgrauen Mergelschlieren, vorwiegend limonitische Ooide mit Schalendetritus Probenahmepunkt: 3/142/004	

	Stratigraphie
5. Bereich 177,95 - 181,55 m 5 Kernstücke mit Kern-Ø 50 mm Kalkstein, oolithisch, hellgraubraun, Brauneisenoide in karbonatischer Matrix Probenahmepunkt: 3/142/005	Oberes Lager

Eine zweite abschließende Probenahme von Kernmaterial aus der Bohrung 3/142 fand am 15.05.1985 durch GSF gemeinsam mit BGR und P + S statt. Dabei wurden die folgenden weiteren Bereiche beprobt:

	Stratigraphie
6. Bereich 199,00 - 200,00 m 1 Kernstück mit Kern-Ø 50 mm Mergelkalkstein Probenahmepunkt: 3/142/006	
7. Bereich 234,95 - 236,52 m 3 Kernstücke mit Kern-Ø 50 mm Kalkstein mit Mergelsteinschmitzen und -flasern Probenahmepunkt: 3/142/007	
8. Bereich 261,28 - 263,05 m 2 Kernstücke mit Kern-Ø 50 mm Kalkmergelstein, schwachsandig, limonitisch, oolitisch, flaseriges Gefüge Probenahmepunkt: 3/142/008	Oberer Korallen- oolith

Bei der dritten Probenahme am 05.06.85 wurden von GSF und P + S nach Vorgabe durch BGR folgende Teilbereiche der Erkundungsbohrung 4/110 beprobt:

	Stratigraphie
1. 1 Kernstück Ø 50 mm von 21,50 - 21,98 m Tonmergelstein mit braunen, bituminösen Einsprenglingen, Muschelschalen Probenahmepunkt: 4/110/001A	Kimmeridge

		Stratigraphie
2.	1 Kernstück Ø 50 mm von 36,80 - 37,13 m Kalkmergelstein Probenahmepunkt: 4/110/001B	Kimmeridge
3.	1 Kernstück Ø 50 mm von 60,44 - 60,82 m mergeliger Kalkstein Probenahmepunkt: 4/110/001C	
4.	1 Kernstück Ø 50 mm von 77,25 - 77,59 m Mergelstein, Muschelschalen Probenahmepunkt: 4/110/001 D	
5.	1 Kernstück Ø 50 mm von 106,75 - 107,15 m Kalkmergelstein Probenahmepunkt: 4/110/001E	

Die Zuordnung zur Stratigraphie erfolgte nach der vorliegenden makroskopischen Kernkartierung der Schachanlage Konrad (siehe Anlage 1).

Im Anschluß an jede Probenahme wurden aus den beprobten Bereichen der Bohrung 3/142 jeweils fünf Prüfkörper und aus den beprobten Teilbereichen der Bohrung 4/110 jeweils ein bzw. zwei Prüfkörper präpariert. Bei trockener Bearbeitung wurden planparallele, zylindrische Probekörper mit einem Verhältnis von Länge zu Durchmesser von 2 zu 1 hergestellt. Mit den präparierten Probekörpern wurden einaxiale Druckversuche (siehe Pkt. 4) durchgeführt. Jede einzelne Probe wurde nach den Versuchen unter ingenieurgeologischen Gesichtspunkten einer Gesteinsansprache (siehe Pkt. 3) unterzogen.

3. Beschreibung des untersuchten Probenmaterials

Jeder einzelne untersuchte Prüfkörper (siehe Anlage 3) wurde nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten einer makroskopischen Gesteinsansprache unterzogen. Das Ergebnis dieser Gesteinsansprache ist auf Anlage 2 tabellarisch zusammengefaßt. Es wurden für jede Probe die Gesteinsfazies, die Gefügemerkmale unter Einbeziehung der Betrachtung der Scherflächen, die Salzsäure (HCl)-Reaktion als Maß für den Karbonatgehalt sowie der im AP2 dieser Teilaufgabe quantitativ ermittelte Kalkgehalt nach Scheibler [1] angegeben.

4. Laboruntersuchungen

An den präparierten Prüfkörpern wurde zunächst die Gesteinsdichte ρ bestimmt. Anschließend wurden weggeregelte einaxiale Druckversuche mit den Weggeschwindigkeiten $v = 1 \text{ mm/min}$ bzw. $v = 0,01 \text{ mm/min}$ zur Bestimmung der Bruchspannung σ_D , der Bruchdehnung ϵ und des Elastizitätsmoduls E_D durchgeführt. Die Ausführung der Versuche war vor Untersuchungsbeginn mit BGR abgestimmt worden.

4.1 Versuchstechnik

4.1.1 Dichtebestimmungen

Die Bestimmung der Gesteinsdichte ρ erfolgte nach der Beziehung

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

mit $m = \text{Masse des Prüfkörpers [kg]}$
 $V = \text{Volumen des Prüfkörpers [m}^3\text{]}$

Die Massen der Prüfkörper wurden auf einer Präzisionswaage der Fa. Mettler bestimmt. Die Volumina wurden über mehrfaches Ausmessen von Durchmesser und Länge an verschiedenen Stellen der Prüfkörper mittels Schieblehre und Meßständer rechnerisch ermittelt.

4.1.2 Einaxiale Druckversuche

Die einaxialen Druckversuche wurden in der institutseigenen Triaxial-Prüfmaschine (Karman'sches Prinzip) durchgeführt, wobei das Manteldrucksystem außer Funktion blieb.

Die Maschine hat einen Kraftbereich von 0 bis 1600 kN, der in 5 Bereiche aufgeteilt ist. Die Kraftmessung erfolgt mittels einer Kraftmeßdose. Die Wegmessung wird mittels induktiver Wegmesser außerhalb der Druckzelle am Maschinengerüst (Stempel-Druckzelle) durchgeführt. Bei kleinen Wegen und großen Lasten wird deswegen der Meßwert um die Maschinendehnung reduziert. Der Korrekturwert wurde an Metall-Prüfzylindern bekannter elastischer Eigenschaften als Funktion der Belastung ermittelt. Auf diese Weise lassen sich sowohl für die Kraft- als auch für die Wegmessung die Anforderungen der Genauigkeitsklasse 1 mit der genannten Prüfmaschine erfüllen.

Gemäß Abstimmung mit BGR wurden die einaxialen Druckversuche weggeregelt gefahren (Weggeschwindigkeit $v = 1,0$ mm/min bzw. $v = 0,01$ mm/min). Die untersuchten Prüfkörper hatten einen Durchmesser von 50 bzw. 61 mm und eine Länge von 100 bzw. 122 mm. Die Versuchstemperatur lag bei ca. 20°C.

Für jeden Prüfkörper wurden die Bruchkennwerte σ_D und ϵ_D anhand der Meßwertaufzeichnungen (Spannungsverformungskurve) ermittelt. Für die Bestimmung der statischen E-Moduli E_D wurde aus den Versuchsergebnissen der/die Entlastungsäste gewählt. Zur Berechnung der E-Moduli wurde jeweils der lineare Abschnitt der Entlastungsäste herangezogen.

4.2 Versuchsergebnisse

Sämtliche Versuchsergebnisse sind in Anlage 2 zusammengestellt.

Für die Bewertung der erzielten Festigkeiten σ_D kann in Anlehnung an [2] folgende Einstufung für Sedimentgesteine herangezogen werden:

25 MPa	-	sehr geringe Festigkeit
25 - 50 MPa	-	geringe Festigkeit
50 - 100 MPa	-	mittlere Festigkeit
100 - 200 MPa	-	große Festigkeit
200 MPa	-	sehr große Festigkeit

Nach dieser Einstufung wurden die Versuchsergebnisse in Tabelle 1 zusammengestellt.

Danach schwanken die mittleren Festigkeiten für die Bohrung 3/142 insgesamt zwischen ca. 24 MPa und ca. 62 MPa je nach petrographischer Zuordnung des Probenmaterials. Dabei streuen die Einzelwerte innerhalb der Probenahmepunkte in relativ engen Grenzen. Die geringste mittlere Festigkeit mit ca. 24 MPa weist der in einer Teufe von 199,0 m bis 200,0 m beprobte Mergelkalkstein aus dem Oberen Korallenoolith auf. Die höchste mittlere Festigkeit mit ca. 62 MPa weist der in einer Teufe von 139,5 m bis 142,3 m beprobte Kalkstein aus dem Zwischenmittel auf. Gemäß der oben angegebenen Zuordnung sind die Druckfestigkeiten überwiegend als gering bis mittel einzustufen, wobei nur eine vergleichsweise niedrige Streubreite der mittleren Druckfestigkeiten zu verzeichnen ist. Die größten Druckfestigkeiten mit ca. 53, 54 und 62 MPa liegen noch im unteren Bereich der Einstufung als mittlere Festigkeit (50 - 100 MPa).

Probenahme- punkt	Mittlere Druckfestigkeit σ_D [MPa]	Bandbreite σ_D [MPa]	Festigkeit σ_D mittel	Bandbreite Festigkeit	Petrographie	Stratigraphie
3/142/001	40,07	28,50-49,07	gering	gering	Eisenerz	Unteres Lager
3/142/002	53,85	47,16-61,70	mittel	gering-mittel	Kalkmergel- stein	Zwischen- mittel
3/142/003	53,43	39,91-77,71	mittel	gering-mittel	Kalkmergel- stein	
3/142/004	61,62	53,10-71,02	mittel	mittel	Kalkstein	
3/142/005	39,38	28,86-45,39	gering	gering	Kalkstein	Oberes Lager
3/142/006	24,19	21,15-27,35	sehr gering	sehr ger.-ger.	Mergelkalk- stein	Oberer Korallenoolith
3/142/007	35,97	22,21-45,97	gering	sehr ger.-ger.	Kalkstein	
3/142/008	31,96	25,78-40,00	gering	gering	Kalkmergel- stein	
4/110/001	55,28	30,99-81,06	mittel	gering-mittel	Kalkmergel- stein	Kimmeridge

Tabelle 1: Festigkeiten und deren Bandbreiten bei Einstufung der Versuchsergebnisse nach [2]

Der beprobte Bereich des Kimmeridge aus der Bohrung 4/110 weist im Vergleich zur Bohrung 3/142 eine größere Streubreite für die ermittelten Einzelwerte der Druckfestigkeiten (ca. 31 bis 81 MPa) auf. Die Ursache ist in der über eine große Kernstrecke verteilten Probenahme (zwischen 21,5 m und 102,2 m) der Einzelproben und damit doch größeren Änderungen der Gesteinsfazies und der Gefügemerkmale (siehe Anlage 2) zu erkennen. Die mittlere Festigkeit mit ca. 55 MPa ist auch hier dem unteren Bereich gemäß o. a. Einteilung (50 - 100 MPa) der Einstufung der Festigkeit zuzuordnen.

Auf Blatt 6 der Anlage 3 wurden tabellarisch die aus den Versuchsergebnissen gewonnenen statischen E-Moduli zusammengestellt, die für verschiedene Entlastungszyklen bei verschiedenen Weggeschwindigkeiten ermittelt wurden.

Für sämtliche Probenahmepunkte ist eine vernachlässigbar kleine Streubreite innerhalb der verschiedenen Weggeschwindigkeiten zu erkennen. Aufgrund dieser Ergebnisse sind keine plastischen Eigenschaften bzw. kein Kriechen des untersuchten Probenmaterials zu erkennen. Aufgrund der geringen Festigkeit konnte für die Proben des Probenahmepunktes 3/142/006 (Mergelkalkstein) nur ein Entlastungszyklus gefahren werden. Dieses Gesteinsmaterial weist auch die geringsten statischen E-Moduli zwischen 10,9 und 17,1 GPa (siehe Blatt 2, Anlage 3) auf. Insgesamt ergaben sich folgende mittlere statische E-Moduli:

Probenahme	stat. E-Modul Mittelwert (GPa)	Petrographie	Stratigraphie
3/142/001	21,912	Eisenerz	Unteres Lager
3/142/002	26,671	Kalkmergel- stein	Zwischenmittel
3/142/003	29,987	Kalkmergel- stein	
3/142/004	31,612	Kalkstein	
3/142/005	20,812	Kalkstein	Oberes Lager
3/142/006	13,788	Mergelkalk- stein	Oberer Korallenoolith
3/142/007	17,005	Kalkstein	
3/142/008	17,891	Kalkmergel- stein	
4/110/001	33,149	Kalkmergel- stein	Kimmeridge

Tab. 2: Statische E-Moduli der untersuchten Gesteinsmaterialien
Ähnlich wie bei den einaxialen Druckfestigkeiten ist eine Dif-
ferenzierung der statischen E-Moduli nach stratigraphisch/pe-
trographischen Einheiten erkennbar. So weisen die Gesteine des
Oberen Korallenooliths die geringsten Festigkeiten und E-Moduli
auf.

Das Untere und Obere Lager weisen höhere, aber nahezu gleiche
Kennwerte auf.

Die Gesteine des Zwischenmittel und des Kimmeridge weisen größenordnungsmäßig die gleichen Festigkeiten auf. Der statische E-Modul des Kimmeridge liegt geringfügig über denen des Zwischenmittel.

5. Literatur

- [1] Schultze/Muhs (1967)
 Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten
 2. Auflage, Springer-Verlag
- [2] Bender, F. (1984)
 Angewandte Geowissenschaften
 Band III

6. Verzeichnis der Anlagen

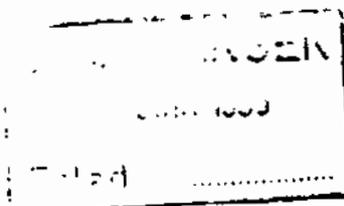
- Anlage 1: Makroskopische Kernkartierung der
 Schachtanlage Konrad
- Anlage 2: Makroskopische Gesteinsansprache
 der untersuchten Prüfkörper
- Anlage 3: Ergebnisse der felsmechanischen
 Laboruntersuchungen

Anlage 1

Makroskopische Kernkartierung

der Schachtanlage Konrad

Schachtanlage KONRAD



Salzgitter, 13.08.1985
ZES [REDACTED]

Bohrung 3/142

Geologische Erkundung

1. Bohrfirma: Deilmann-Haniel
2. Ansatzpunkt: Schachtanlage KONRAD, 3.Sohle, Ort 300
R 96 613,125 H 83 938,329
- 893,288 m NN
3. gebohrt: vom 27.02. bis 25.04.1985
4. Richtung: 177,12 Gon
5. Neigung: + 24,6 bis 11 Gon
6. Endteufe: 275 m
7. Bohrloch- \emptyset :
 - o - 202 m Teufe = 118 mm
 - 202 - 275 m Teufe = 104 mm
8. Kern- \emptyset :
 - 0,00 - 28,20 m \emptyset 60 mm
 - 28,20 - 31,25 m \emptyset 51 mm
 - 31,25 - 58,95 m \emptyset 60 mm
 - 58,95 - 272,20 m \emptyset 51 mm
 - 272,20 - 275,20 m mit Rollenweißel
9. Bohrlochvermessung: bei 25 m
50 m
75 m
100 m
110 m
130 m
150 m
160 m
190 m
202 m
244,75 m
271,15 m
275,0 m Bohrteufe
10. Standrohr: wurde gesetzt
11. Verpressen: ist erfolgt



Makroskopische Kernkartierung Bhr. 3/142

JURA

Malm

Oxfordium

Mittlerer Korallenoolith:

Unteres Erzlager:

0,00 - 10,90 m

Brauneisenoolith mit Kalkstreifen und viel Muschelschill; stark kalkiges Erz. Schichtung teils durch hauchdünne Tonsteinblätter nachgezeichnet.

10,90 - 20,10 m

Brauneisenoidschlieren und -streifen mit limonitischen Trümmererzanteil in kalkiger, tonmergeliger bis teilweise karbonatischer Matrix; schwach sandig mit viel Fossilde-
tritrus; die Schichtung ist vielfach durch Schillagen nachgezeichnet.

bei 20,10 m

Kopf des Unteren Lagers ist als Gerölllage aus limonitischen Brauneisengeröllen in fossilreicher Kalkmergelsteinmatrix ausgebildet.

Zwischenmittel:

- 20,10 - 22,15 m Tonmergelstein, dunkelgrau mit Brauneisen- und Limonitoiden in Nestern und Schlieren; dünne, pyritstaubige Lagen. Gelegentlich treten kleine, limonitische Erzgerölle und Schillanreicherungen auf.
- 22,15 - 68,10 m Kalkmergelstein, mittelgrau bis dunkelgrau; hoher Anteil an Fossil-detritus; Schalenschill und Echinodermenstachel als Kristallisationskerne von karbonatischen und/oder limonitischen Krusten und Ooiden. Die Limonitkrusten und -oide nehmen wie die Schillführung zum Hangenden hin ab. Bei 68,10 m Teufe befindet sich eine glatte Kluftfläche mit sehr gut ausgebildetem Harnisch. Die Kluft ist mit weißem, körnigen Calcit bis 1 cm Mächtigkeit verheilt und z. T. drüsig.
- 68,10 - 70,00 m Toniger Kalkoolith mit braunen Eisenoiden (Erzkalk) und untergeordneten Trümmererkorn. Das Gestein besitzt eine schlierige Textur und weist mehrfach mit Calcit verheilte Klüftchen auf.

- 70,00 - 125,40 m Schwach schluffiger, milder Tonmergelstein, dunkel- bis mittelgrau; geringe bis keine Fossilführung; Feinschichtung, scharfkantiger Bruch und z. T. Einlagerungen von kalkigen, festen Flasern. Diese nehmen zum Hangenden hin zu, so daß dort das Gestein einen Kalkmergelstein darstellt. Klüfte, alle mit Harnischen, wurden festgestellt in den Teufen:
70,4 m; 71,1 m; 71,4 m; 71,6 m;
72,35 m; 72,55 m; 73,5 m und
74,0 m.
- 125,40 - 135,00 m Im Bereich um 125 m Teufe geht der o.g. Kalkmergelstein fließend in einen knorpelig brechenden Mergelstein über. Eingestreut sind Limonit- und Kalkooide, die oft lokal angereichert sind und dann als Schlieren auftreten. Die Durchmesser der Ooide liegen etwa bei 1 mm.
Daneben tritt wieder Schalendetritis auf.
Das Gestein ist dunkelgrau und wird zum Hangenden hin zunehmend kalkiger und sandiger.
Klüfte wurden bei 146,5 m (mit sehr gut ausgebildetem Harnisch auf weißer Calcitfüllung) und 147,75 m Teufe beobachtet.

135,00 - 163,30 m Um 135 m Teufe geht der eben beschriebene Mergelstein in einen eisenschüssigen, tonig-sandigen Kalkstein über. Der Eisengehalt resultiert aus zahlreich eingestreuten Limonitöoiden. Das Gestein ist tonschlierig und führt Schalen detritus. Zum Hangenden hin nehmen die Tonschlieren und der Fossilgehalt zu und es findet ein allmählicher Übergang zu einem sandigen Erzkalk statt.

Oberes Erzlager:

163,30 - 197,75 m Erzkalk des Oberen Erzlagers; ein eisenschüssiger tonig-sandiger Kalkstein, hellgrau bis rot-bräunlich, teils tonsteinschlierig. Der höchste Eisengehalt, bedingt durch braune Eisenooide, tritt im Teufenbereich von 172,5 bis 189,0 m auf. Das Gestein ist deutlich geschichtet.

...

Oberer_Korallenoolith:

- 197,75 - 199,10 m Eisenschüssiger Kalkstein mit reichlich Muschelschalen, der teils einen Biosparit bis Bio-mikrit darstellt. Das hellgraue bis bräunliche Gestein zeigt keine Schichtungsmerkmale. Kennzeichnend für diesen Bereich sind Muschelschalen, die eine hellbläulich-graue Karbonatfüllung besitzen.
- 199,10 - 202,05 m Ein dunkelgraubrauner Kalkmergelstein mit sehr hohem Muschelschalenanteil, dieser ist lagenweise als Schalendetritus angereichert. In der Matrix sind zahlreiche Limonitooide eingestreut.
- Bei 202,05 m entweder geringer Kernverlust oder eine Störung, da von Kernkiste 67 zu Kernkiste 68 im Bohrkern petrographisch und faziell ein totaler Wechsel auftritt.
- 202,05 - 205,28 m Ein weißgrauer bis schmutzigweißer Schillkalk mit einem hohen Anteil an Muschelschalen. Diese sind hin und wieder innen hohl und dann mit winzigen Calcit-

kristallen ausgekleidet. Meist aber sind sie bei Erhaltung bei der Klappen mit einer dichten bräunlich- bis grünlichgrauen Karbonatmasse ausgefüllt. Die Muscheln sind bis maximal ca. 3 cm groß. In geringer Menge sind Limonitooide eingesprengt.

- 205,28 - 207,13 m Ein hell- bis mittelgrauer, toniger, fossilreicher (Muschelschalen), leicht eisenschüssiger (Limonitooide) Kalkstein, schwach sandig, mit schlieriger Textur. Die Limonitooide haben Durchmesser um 1 mm; daneben treten vereinzelt Trümmererzkörner bis ca. 5 mm Durchmesser auf.
- 207,13 - 207,80 m Ein grauweißer bis sehr hellgrauer Schillkalk mit hohem Anteil an Muschelschalen, die nicht selten zweiklappig erhalten sind. Die Schalenstücken besitzen Größen um 10 mm.

Das Gestein ist dicht, hart und bricht muschelig bis splittrig. Die Grundmasse ist weitgehend mikritisch bis sparitisch. Typisch sind Muschelfüllungen und unregelmäßig eingestreute Bruchstücke aus einem schmutzigweißen, feinstkörnigen Kalk (Kryptokristalliner Kalk?), der sich aus der dunkleren,

mikritischen bis sparitischen Matrix deutlich abhebt. Das Gestein erweckt den Eindruck einer Kalkbreccie.

- 207,80 m Störung (Abschiebung)
- 207,80 - 212,50 m wie 205,28 - 207,13 m.
- 212,50 - 213,90 m wie 207,13 - 207,80 m, zum Hangenden hin teils tonschliefertig.
- 213,90 m Störung
- 213,90 - 214,50 m Ein tonschliefertiger, fossilreicher Kalkstein, sehr ähnlich dem Gestein von 207,13 bis 207,80 m nur mit höherem Tonanteil und stärker schliefertiger Textur.
(Der Winkel zwischen Bohrkernachse und Schichtung beträgt 4 bis 5 Gon).
- 214,50 - 227,00 m Ein dichter, harter mittel- bis hellgrauer Kalkoolith mit mäßiger Muschelschillführung. Er ist tonschliefertig, schwach sandig und zeigt hin und wieder Klüftchen, die durch weißen, zuckerkörnigen Calcit verheilt sind.

- 227,00 - 227,40 m Störungszone: Mylonitbereich aus Tonmergelstein, Glanzharnische. Der Bohrkern ist völlig zerlegt.
- 227,40 - 267,90 m Im Liegendbereich ein Kalkstein, mittelgrau, mit Mergelsteinschmitzen und -flasern und teils sehr ähnlich dem Gestein von 214,50 bis 227,00 m.
- Der Tongehalt nimmt zum Hangenden hin zu. Das Gestein wird allmählich dunkelgrau.
- Ab ca. 241 m Teufe treten Limonitooide auf, die zum Hangenden hin deutlich zunehmen.
- Das Gestein wird im Hangenden zu einem dunkel- bis schwarzgrauen Tonmergelstein, kalkoolithisch, eisenschüssig, sandig mit ausgeprägt flasriger, schlieriger Textur.
- Klüfte wurden beobachtet bei:
248,0 m, 248,25 m, 257,13 m,
257,66 m, 258,0 m, 258,65 m,
259,0 m und 267,90 m (mit Glanzharnisch) Teufe.
- 267,90 - 268,65 m Ein eisenschüssiger, hellgrauer bis leicht bräunlicher Kalkoolith, der dem Erzkalk im Bereich des

Oberen Lagers (Mittlerer Korallenoolith) sehr ähnelt.

Klüfte bei 268,15 m, 268,40 m und 268,65 m Teufe.

268,65 - 272,20 m

Störungszone: das Gebirge ist völlig zerlegt, sehr intensive tektonische Beanspruchung, häufig auftretende Glanzharnische, mehrfach durch Tektonik bedingter petrographischer Wechsel:

268,85 - 269,35 m:

Gestein ähnlich 240 - 250 m Teufe.

269,35 - 269,85 m:

Ein limonitischer Erzkalk, wie er im Unteren Korallenoolith zu finden ist. Offene Klüfte mit Calcit- und Coelestinkriställchen.

269,85 - 272,0 m:

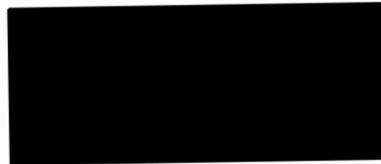
Ein tektonisch völlig durchmengtes Gestein mit Tonmergelsteinmatrix in der "Kalkgerölle" (?) eingebettet sind. Keine stratigraphische Einordnung durch makroskopische Kartierung möglich!

Bei 271,20 m Wasser in sehr geringer Menge angetroffen.

272,0 - 272,20 m:

Tonmergelstein, schwarzgrau,
völlig mylonitisiert.

272,20 - 275,25 m nicht gekernt, mit Rollenmeißel
gebohrt. Das Bohrklein reagiert
stark auf HCl, ist sandig und
zeigt zahlreiche Kalkooide so-
wie weniger häufig Limonitooide.
Dieses stark gestörte Gestein
dürfte demnach dem Korallen-
oolith zuzurechnen sein. Bei
275,25 m nicht beprobbar, ge-
ringe Menge Wasser angetroffen.
Rollenmeißel festgefahren.



5/85

Makroskopische Kernkartierung Bohrung 4/110

JURA

====

MALMOXFORDIUM
-----Unterer Korallenoolith:

0.00	-	4.00 m	Tonmergelstein, dunkelgrau, mild, tektonisch stark zerlegt
		4.00 m	= Vorstörung zum Bleckenstedter Sprung
4.00	-	12.90 m	Kalkstein, mikritisch bis sparitisch, hart grau bis braun-weiß streifig durch wechselnden Fe-Gehalt. Limonitooide bis 2 mm Durchmesser sind eingestreut oder lagig angereichert. Bei 11,65 m bis 11,73 m Tiefe befindet sich eine Eisenoolithlage. Der Fe-Gehalt nimmt zur Bohrtiefe hin zu. Neben Eisenoiden sind Trümmererzgeröllchen und Muschelschalenbruchstücke zu beobachten.
12.90	-	14.35 m	Tonmergelstein bis Mergelstein; grau, keine Fossilien beobachtet. Stratigraphische Zuordnung erfolgte nicht.
14.35	-	18.20 m	Mylonitzone des Bleckenstedter Sprunges; Tonmergelstein, dunkelgrau, völlig zerrieben.

18.20 m = Hauptstörung, Bleckenstedter Sprung

KIMMERIDGE

18.20	-	19.70 m	Tonmergelstein, dunkelgrau, mit mittelgrauen Mergelsteinschlieren und -knollen. Eingelagert sind rosafarbene Anhydritknollen.
19.70	-	23.15 m	Kalkmergelstein, schlierige Textur, grau mit hellgrauen, stark kalkigen Knollen und Schlieren
23.15	-	ca. 26.40 m	Tonmergelstein, dunkelgrau, wenig braune, bituminöse Einsprenglinge
ca. 26.40	-	27.25 m	Kalkmergelstein, grau, hart; braune, bituminöse Einsprenglinge, Ausbildung sehr ähnlich dem Gestein aus dem Bereich 19.70 - 23.15 m Probe 4/110/2 = 26.65 m.
27.25	-	28.45 m	Kalkmergelstein, graugrünlich, dicht, hart, grüngefleckt. Probe 4/110/3 = 27.50 m
28.45	-	30.10 m	Tonmergelstein, grau bis schwach bräunlich; stark zerbohrter Kern
30.10	-	? m	Kalkmergelstein bis mergeliger Kalkstein, "Knollenkalk"-Ausbildung, teils mit Mergelkalksteingeröllen. Der Kalkmergelstein ist vorwiegend mittel- bis dunkelgrau, die stärker kalkigen Komponenten sind hellgrau. Das Gestein besitzt eine schlierige bis flaserig-knollige Textur.

Kleine, braune, bituminöse Einsprenglinge treten unregelmäßig verteilt auf.

Probe 4/110/4 = 32,85 m.

39.95	-	ca. 42.00 m	Kalkmergelstein, grau bis hellgrau, knollige bis schlierige Textur
ca. 42.00	-	ca. 56.00 m	Kalkmergelstein, graugrünlich, mild; Kern z.T. stark zerlegt; bei 55.80 m ist das Gestein grün gefärbt; vereinzelt wurden winzige Pyritkriställchen beobachtet, die im Gestein unregelmäßig eingestreut sind.
ca. 56.00	-	60.10 m	Kalkmergelstein, grau bis weißlichgrau, flaserige, knollige bis schlierige Textur; geringer Fossilgehalt zu erkennen
60.10	-	63.65 m	Kalkmergelstein wie vorher, geht in mergeligen Kalkstein über; deutlicher Fossilgehalt (Muschelschalenbruchstücke).
63.65	-	67.30 m	Mergelstein, kalkig, mild, grau bis braungrau, feinschichtig bis schlierig, wenige Muschelschalenbruchstücke zu beobachten.
67.30	-	ca. 77.00 m	Mergelstein, grau bis hellgrau, kalkig, massig, dicht, ungeschichtet.
ca. 77.00	-	78,70 m	Tonmergelstein bis Mergelstein, grau, ungeschichtet; zahlreiche Muschelschalen, 2 - 3 cm groß.
78.70	-	ca. 83.40 m	Tonmergelstein bis Mergelstein, grau bis dunkelgrau, sehr selten Fossilien zu beobachten.

ca. 83.40	-	84.60 m	Kalkmergelstein, grau/graurosa-fleckig, keine Fossilien beobachtet, knorpeliger Bruch
84.60	-	86.10 m	Kalkmergelstein, hellgrau, dicht, fest, massig, ungeschichtet
86.10	-	88.50 m	Tonmergelstein, grau bis dunkelgrau, feinschichtig; bei 88 m mit rosafarbenen Anhydritknöllchen
88.50	-	99.65 m	Tonmergelstein bis Mergelstein, braungrau, grau, teils schlierige Textur (um 95 - 96 m); zerfällt in Süßwasser sofort!
99.65	-	105.20 m	Mergelstein, grau, dicht, massig; Kern völlig zerlegt.
105.20	-	109.80 m	Kalkmergelstein bis mergeliger Kalkstein; knollig-flaserige Textur, grau bis hellgrau, fest.



Anlage 2

Makroskopische Gesteinsansprache

der untersuchten Prüfkörper

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew. %)
3/142/001/FM1	Eisenoolith, rotbraun mit Schalendetritus	feinoolithisch, Schalendetritus feinverteilt, eingeregelt; Prüf-körperachse parallel zur Schüt-tungsfläche (keine besond. Gefügemerkmale)	stark, anhaltend + → ++	25,5
3/142/001/FM2	Eisenoolith, rotbraun mit Schalendetritus	wie zuletzt, Scherfläche zeigt Tonschmitzen	stark, anhaltend + → ++	
3/142/001/FM5	Eisenerz, rotbraun mit komp.Tonfladen, dunkel-grau, hellbraune limo-nitische Einsprenglinge	feinoolithisch, mit Tonfladen-steineinsprengling (7x3x2 cm) Scherfläche an Tonsteinkörper	stark, nicht- anhaltend aufbrausend +	
3/142/001/FM8	Eisenerz, rotbraun mit Schalendetritus, Ton-steinplättchen	wie zuletzt, ohne Tonstein-körper, Scherfläche zeigt Tonsteinplättchen	stark aufbrausend + → ++	
3/142/001/FM10	Eisenerz, rotbraun mit Schalendetritus, Ton-steinschmitzen dunkel-grau, hellbraune (ocker) limonitische Konkretionen	wie zuletzt, Scherfläche ist durchgehend mit Tonsteinplätt-chen belegt	stark aufbrausend + → ++	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew.-%)
3/142/002/FM1	Mergelkalkstein, dunkelgrau mit limonitisiertem Schalendetritus t.w.von Ton ummantelt	Gestein kompakt mit regellos verteiltem Schalendetritus Gestein unregelmäßig brechend; keine besond. Merkmale auf der/den Scherfläche(n)	stark aufbrausend *, nicht anhaltend + → ++	73,0
3/142/002/FM2	Mergelkalkstein, wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhaltend + → ++	
3/142/002/FM6	Mergelkalkstein, dunkelgrau wie zuletzt	Gestein mit grobkörnigen Einsprenglingen (0,3-1 cm); daneben kompakte Mergelsteinbereiche ohne Einsprenglinge <u>keine</u> ausgeprägte Textur	stark aufbrausend *, nicht anhaltend + → ++	
3/142/002/FM10	Mergelkalkstein, wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhaltend + → ++	
3/142/002/FM13	Mergelkalkstein,	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhaltend + → ++	
gsf			*Bläschen mit Tonhäutchen	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL Reaktion	Kalkgehalt (Gew. - %)
3/142/003/FM2	Mergel-Kalkstein, grau kompakt, ohne Einspreng- linge	keine Textur (kompakt), Struktur massig, Scherfläche glatt (t.w. splittrig) ohne bevorzugte Aus- richtung	stark aufbrausend, mäßig anhält. (+) → ++	40,6
3/142/003/FM5	Mergel-Kalkstein,	lagige Textur in Prüfkörperachse (unterschiedliche Grautönung) keine Einsprenglinge; Gestein: splittrig brechend	stark aufbrausend, mäßig anhält. (+) → ++	
3/142/003/FM6	wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend, mäßig anhält. (+) → ++	
3/142/003/FM10	Mergel-Kalkstein, grau- dunkelgrau, kompakt, ohne Einsprenglinge	kompakte Textur, massige Struktur, Bruch/Scherfläche unregelmäßig (wellig)	stark aufbrausend, mäßig anhält. (+) → ++	
3/142/003/FM13	Mergel-Kalkstein; wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend, mäßig anhält. (+) → ++	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew.-%)
3/142/004/FM1	Mergel-Kalkstein, dunkelgrau-hellgraubraun fleckig, limonitführend, dunkelgraue Mergelstein- flasern/schlieren	feinkörnige Ooide, eingebettet in massiger Mergelsteinmatrix Textur massig mit Mergelstein- flasern und Schlieren, Scher- fläche ohne auffällige Gefüge- merkmale	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	53,4
3/142/004/FM2	wie zuletzt, mit wenig feinverteiltem Schalen- detritus	feinkörnige Ooide überwiegend calcitisch zementiert, sowie in massiger Mergelsteinmatrix ein- gebettet, Gefüge sonst wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/004/FM6	wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/004/FM8	wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/004/FM11	wie zuletzt	wie zuletzt	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
			*Bläschen mit graubraunem Überzug	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew.-%)
3/142/005/FM1	Kalkstein, hellbraun, oolithisch mit dunkelgrauen Mergelsteinschmitzen	Struktur feinkörnig-oolithisch mit dünnen (vereinzelt auftret.) Mergelsteinschmitzen, daneben treten grobkörn. (0,3-0,7 cm) Einsprenglinge auf, Schalendemitritus liegt feinverteilt vor, Textur kompakt mit Schüttungsstreifen, Mergelsteinschmitzen und Einsprenglingen als Inhomogenitäten; Scherfl. rauh, Mergelsteinschmitze	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	71,7
3/142/005/FM2	Kalkstein, hellbraun	Struktur feinkörnig-oolithisch Textur kompakt mit angedeutetem Schüttungsstreifen (30° zur Prüfkörperachse) Scherfläche parallel zur Schüttung	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/005/FM5	Kalkstein, hellbraun, hellstreifig	Struktur feinkörnig-oolithisch Textur kompakt mit helleren Schüttungsstreifen, Scherfläche schneidet Schüttungsstreifen an	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/005/FM11	Kalkstein, hellbraun, oolithisch	Struktur feinkörnig-oolithisch, mit grobkörn. (0,3-0,7 cm) verteilten Einsprenglingen, Textur durch unterschiedl. Braunfärbung d. Schüttungsstreifen angedeutet Scherfläche ohne Inhomogenitäten etwa parallel z. Schüttungsstreif. (Schütt. streif. 35° z. Prüfk. achse)	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
3/142/005/FM16	Kalkstein, hellgrau oolithisch mit schwarzgrauen Mergelsteinschmitzen	wie zuletzt, mit papierdünnen Mergelsteinschmitzen, Scherfläche zeigt schwarzgrauen Belag (parallel z. Schüttungsfläche)	stark aufbrausend *, nicht anhält. + → ++	
			*Bläschen mit rotbraunem Überzug	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew. %)
3/142/006/FM2	Mergel-Kalkstein, dunkelgrau-braunfleckig Schalendetritus	Struktur massig mit feinverteilt- tem, eingeregelter Schalendetritus und grobkörnigen Einspreng- lingen, eingebettet in Mergel- steinmatrix; Textur lagig bis kompakt (eingeregelter Schalen deuten Schichtung an); Scher- fläche unregelmäßig	aufbrausend *, nicht anhält. +	58,9
3/142/006/FM3	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/006/FM4	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/006/FM6	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/006/FM7	wie zuletzt	wie zuletzt, mit Härtlingen als Inhomogenitäten, Härtling festere Bereiche mit calcitischer Matrix	aufbrausend *, nicht anhält. +	
			*Bläschen mit Tonhäutchen	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew.-%)
3/142/007/FM3	Kalk-Mergelstein, dunkelgrau	Struktur massig-feinkörnig ohne grobkörnige Einsprenglinge	aufbrausend *, nicht anhält. +	64,2
3/142/007/FM4	wie zuletzt, mit großen gelblichweißen Schalen- resten	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/007/FM5	wie zuletzt, mit wenig feinverteilten, dünnen Schalenresten	wie zuletzt, zunehmend calcitische Matrix	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/007/FM6	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/007/FM7	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
			*mit Tonhäutchen	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew.-%)
3/142/008/FM4	Kalk-Mergelstein, dunkel-schwarzgrau, braun-grau-fleckig durch Limonit-ooide in Calcitmatrix, vereinz. Schalendetritus	Struktur feinkörnig-oolithisch bis massig; Ooide eingebettet in mergeliger/calcitischer Matrix Textur kompakt bis lagig	aufbrausend *, nicht anhält. +	44,8
3/142/008/FM5	Kalk-Mergelstein, dunkel-grau, wie zuletzt	wie zuletzt Scherfläche unregelmäßig spröde	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/008/FM6	wie zuletzt; etwas braunfleckiger	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/008/FM7	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
3/142/008/FM8	wie zuletzt	wie zuletzt	aufbrausend *, nicht anhält. +	
			*Bläschen mit Tonhäutchen	

Probenbezeichnung	Gesteinsfazies	Gefügemerkmale	HCL-Reaktion	Kalkgehalt (Gew. %)
4/110/001A/FM1	Mergelstein, mittel- dunkelgrau mit feinver- teiltem hellbraunen Einsprenglingen	Struktur massig "körnungslos" Textur massig, keine Schichtung erkennbar, Scherflächen ohne auffällige Gefügemerkmale	stark aufbrausend *, nicht anhält. helle Bläschen +→++	77,1
4/110/001A/FM3	wie zuletzt	wie zuletzt; vermehrt mittelkörn. Einsprenglinge, Scherfläche un- regelmäßig	stark aufbrausend *, nicht anhält. helle Bläschen +→++	
4/110/001B/FM1	Kalk-Mergelstein, mittelgrau, schwach feinsandig	Struktur massig, keine (nur we- nige) feinkörnige Anteile, Textur massig, keine Schichtung erkennb., Gestein sehr hart beim Anschlag, Scherfläche ohne auffällige Gefügemerkmale	stark aufbrausend *, nicht anhält. +→++	63,3
4/110/001C/FM1	Kalk-Mergelstein, grau, Schalendetritus graufleckig durch Mergelsteineinschlüsse	Struktur: diverse Kornfraktionen und -größen in massige Karbonat- matrix eingebettet, Textur komp., Schalenreste und Mergelsteinkon- kretionen nur undeutlich einge- regelt, Scherfläche zeigt bevor- zugt Schalenoberflächen, Gestein sehr hart beim Anschlag	stark aufbrausend *, mäßig anhält., weiße Bläschen +→++	76,5
4/110/001E/FM1	Kalk-Mergelstein, mittelgrau, schwach feinsandig	Struktur massig, Textur massig, keine Schichtung erkennbar, Scherfläche ohne auffällige Gefügemerkmale	aufbrausend *, mäßig anhält. +→++	54,9
			*Bläschen mit Tonhäutchen	

Anlage 3

Ergebnisse der felsmechanischen

Laboruntersuchungen

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte ρ (kg/m ³)	elastische Kennwerte					Bruchspannung			Bruch- dehnung ϵ, γ (%)	Bemerkung
			dynamisch			statisch		σ_0 (MPa)	σ_{Sz} (MPa)	τ (MPa)		
			E (GPa)	G (GPa)	ν (-)	E (GPa)	G (GPa)					
142/001/FH1	0,01	2.640	—	—	—	21,337	—	40,03	—	—	0,334	—
142/001/FH2	$\frac{1,00}{0,01}$	2.636	—	—	—	s. Blatt 6	—	49,07	—	—	0,348	s. Blatt 4
142/001/FH5	0,01	2.598	—	—	—	—	—	28,50	—	—	0,321	s. Blatt 4
142/001/FH8	0,01	2.637	—	—	—	20,608	—	40,81	—	—	0,351	—
142/001/FH10	0,01	2.630	—	—	—	21,039	—	41,92	—	—	0,401	—
142/002/FH1	0,01	2.577	—	—	—	24,217	—	47,16	—	—	0,336	—
142/002/FH2	$\frac{1,00}{0,01}$	2.611	—	—	—	s. Blatt 6	—	48,72	—	—	0,304	s. Blatt 4
142/002/FH6	0,01	2.595	—	—	—	26,829	—	56,66	—	—	0,353	—
142/002/FH10	0,01	2.611	—	—	—	21,660	—	55,01	—	—	0,443	—
142/002/FH13	0,01	2.603	—	—	—	31,677	—	61,70	—	—	0,297	—
142/003/FH2	0,01	2.578	—	—	—	—	—	43,10	—	—	0,316	s. Blatt 4
142/003/FH5	0,01	2.614	—	—	—	31,251	—	66,14	—	—	0,386	—
142/003/FH6	$\frac{1,00}{0,01}$	2.607	—	—	—	s. Blatt 6	—	77,71	—	—	0,404	s. Blatt 4
142/003/FH10	0,01	2.577	—	—	—	—	—	40,29	—	—	0,420	s. Blatt 4
142/003/FH13	0,01	2.567	—	—	—	—	—	39,91	—	—	0,320	s. Blatt 4

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte ρ (kg/m ³)	elastische Kennwerte					Bruchspannung			Bruch- dehnung ϵ, γ (-)	Bemerkung
			dynamisch			statisch		σ_D (MPa)	σ_{Sz} (MPa)	τ (MPa)		
			E (GPa)	G (GPa)	ν (-)	E (GPa)	G (GPa)					
3/142/004/F11	0,01	2.638	—	—	—	35,782	—	71,02	—	—	0,330	—
3/142/004/F12	1,00 0,01	2.634	—	—	—	s. Blatt 6	—	68,94	—	—	0,450	s. Blatt 4
3/142/004/F16	0,01	2.611	—	—	—	29,467	—	53,10	—	—	0,330	—
3/142/004/F18	0,01	2.619	—	—	—	30,176	—	56,09	—	—	0,280	—
3/142/004/F111	0,01	2.637	—	—	—	32,921	—	58,95	—	—	0,298	—
3/142/005/F11	0,01	2.512	—	—	—	22,494	—	45,39	—	—	0,430	—
3/142/005/F12	1,00 0,01	2.490	—	—	—	s. Blatt 6	—	44,58	—	—	0,540	s. Blatt 4
3/142/005/F15	0,01	2.498	—	—	—	18,967	—	42,41	—	—	0,495	—
3/142/005/F111	0,01	2.519	—	—	—	20,666	—	35,64	—	—	0,480	—
3/142/005/F116	0,01	2.509	—	—	—	—	—	28,86	—	—	0,530	s. Blatt 4
3/142/006/F12	0,01	2.585	—	—	—	10,92	—	24,33	—	—	0,377	—
3/142/006/F13	0,01	2.567	—	—	—	12,73	—	27,35	—	—	0,300	—
3/142/006/F14	0,01	2.581	—	—	—	12,83	—	21,15	—	—	0,525	—
3/142/006/F16	0,01	2.602	—	—	—	17,09	—	26,31	—	—	0,434	—
3/142/006/F17	0,01	2.600	—	—	—	15,37	—	21,83	—	—	0,413	—

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte ρ (kg/m ³)	elastische Kennwerte					Bruchspannung			Bruch- dehnung ϵ, γ (-)	Bemerkung
			dynamisch			statisch		σ_D (MPa)	σ_{Sz} (MPa)	τ (MPa)		
			E (GPa)	G (GPa)	ν (-)	E (GPa)	G (GPa)					
3142/007/F13	0,01	2.604	—	—	—	9,65	—	22,21	—	—	0,512	—
3142/007/F14	0,01	2.617	—	—	—	16,89	—	35,17	—	—	0,392	—
3142/007/F15	0,01	2.632	—	—	—	17,68	—	45,97	—	—	0,370	—
3142/007/F16	^{1,00} 0,01	2.638	—	—	—	s. Blatt 6	—	40,71	—	—	0,268	s. Blatt 4
3142/007/F17	0,01	2.629	—	—	—	18,02	—	35,77	—	—	0,340	—
3142/008/F14	0,01	2.596	—	—	—	16,78	—	31,03	—	—	0,407	—
3142/008/F15	0,01	2.333	—	—	—	15,61	—	25,78	—	—	0,374	—
3142/008/F16	0,01	2.585	—	—	—	19,77	—	36,54	—	—	0,377	—
3142/008/F17	0,01	2.594	—	—	—	21,70	—	40,00	—	—	0,470	—
3142/008/F18	^{1,00} 0,01	2.595	—	—	—	s. Blatt 6	—	26,45	—	—	0,473	s. Blatt 4
H110/001A/F11	0,01	2.597	—	—	—	30,71	—	71,79	—	—	0,383	—
H110/001A/F13	^{1,00} 0,01	2.608	—	—	—	s. Blatt 6	—	56,00	—	—	0,262	s. Blatt 4
H110/001B/F11	0,01	2.626	—	—	—	—	—	36,57	—	—	0,463	s. Blatt 4
H110/001C/F11	0,01	2.675	—	—	—	38,46	—	81,06	—	—	0,329	—
H110/001E/F11	0,01	2.596	—	—	—	—	—	30,99	—	—	0,433	s. Blatt 4

Prüfkörper	Anmerkung gemäß Blatt 1, 2, 3	Prüfkörper	Anmerkung gemäß Blatt 1, 2, 3
3/142/001/FM2	1, 3	3/142/005/FM2	1, 3
3/142/001/FM5	2	3/142/005/FM16	2
3/142/002/FM2	1, 3		
3/142/003/FM2	2	3/142/007/FM6	1, 3
/FM6	1, 3	3/142/008/FM8	1, 3
/FM10	2	4/110/001A/FM3	1, 3
/FM13	2	4/110/001B/FM1	2
3/142/004/FM2	1, 3	4/110/001E/FM1	2

1 Der Versuch wurde in Abstimmung mit BGR nach dem in Bild 1 dargestellten Schema durchgeführt.

2 Bruchspannung wurde vor Einschaltung des geplanten Entlastungszyklus erreicht, daher keine E-Modulbestimmung aus Entlastungsast möglich.

3 E-Moduli aus verschiedenen Ästen der Spannungsverformungskurve ermittelt (siehe Blatt 6).

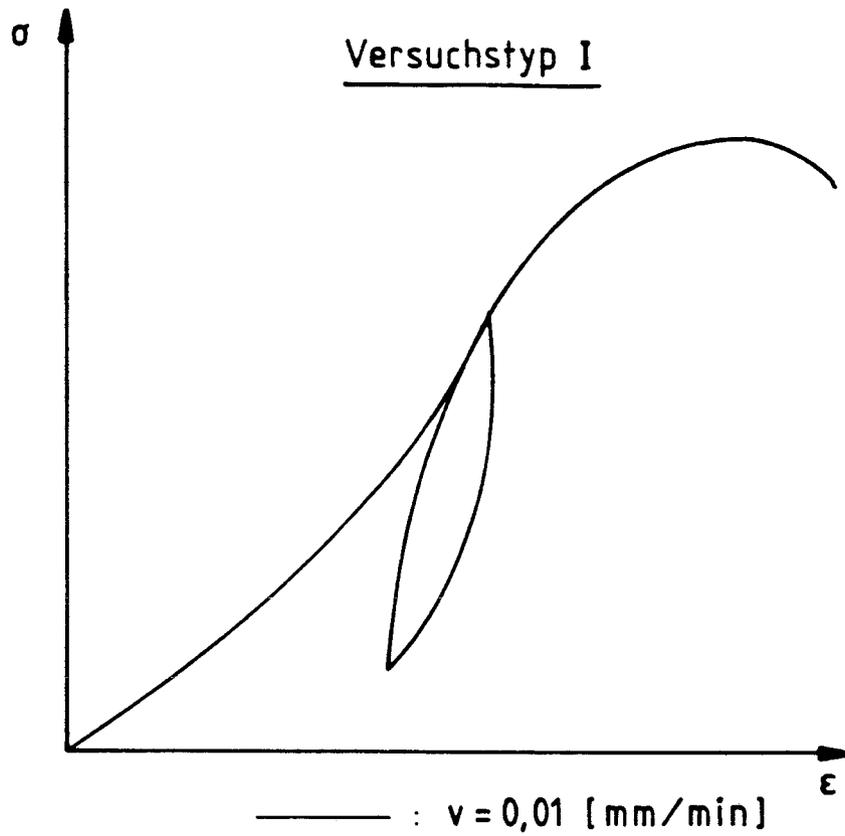


Bild 2

Schematisierte σ - ϵ -Diagramme der einaxialen Druckversuche

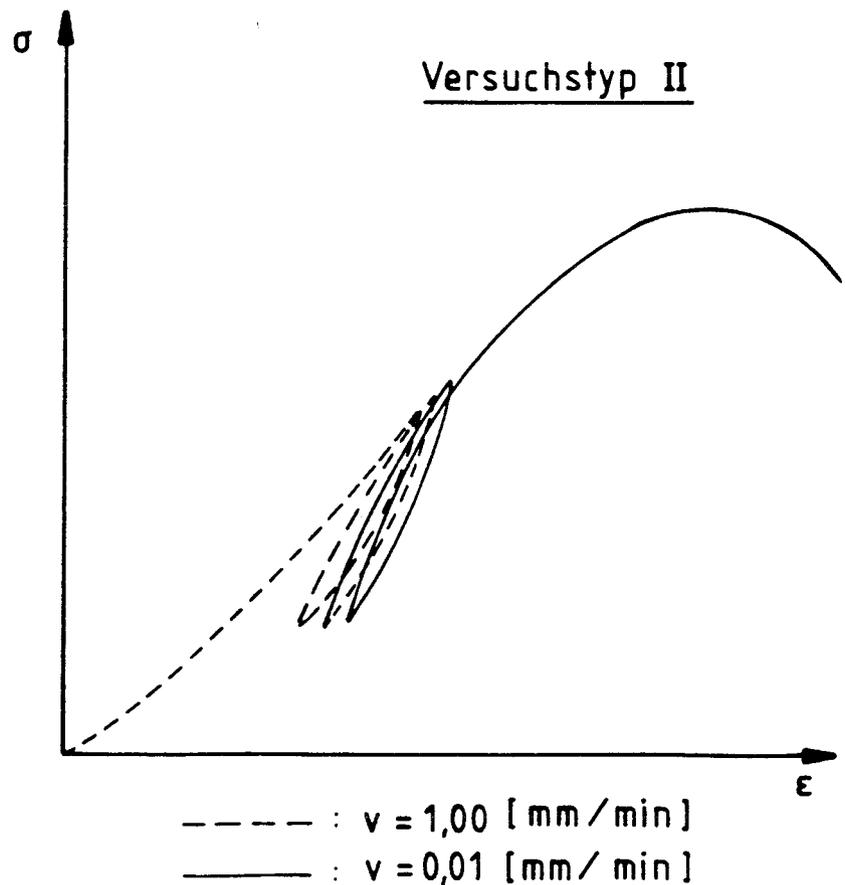


Bild 1

Prüfkörper Nr.	Stat. E-Modul E_1 [GPa]	Weggeschw. [mm/min]	Stat. E-Modul E_2 [GPa]	Weggeschw. [mm/min]	Stat. E-Modul E_3 [GPa]	Weggeschw. [mm/min]
3/142/001/FM2	25,050	1,0	24,488	0,01	24,449	0,01
3/142/002/FM2	28,492	1,0	28,786	1,0	29,632	0,01
3/142/003/FM6	28,454	0,01	28,454	1,0	29,262	0,01
3/142/004/FM2	29,590	1,0	29,350	1,0	30,207	0,01
3/142/005/FM2	20,845	1,0	22,120	0,01	20,394	0,01
3/142/007/FM6	23,538	1,0	23,220	1,0	21,590	0,01
3/142/008/FM8	15,510	1,0	15,620	0,01	15,650	0,01
4/110/001A/FM3	30,421	1,0	30,228	1,0	30,180	0,01

Statische E-Moduli für verschiedene Weggeschwindigkeiten aus den Spannungsverformungskurven ermittelt