

DECKBLATT



Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
EU 449	9K	35215.42	GH	RB	0018	00

Titel der Unterlage: Sedimentationsverhalten und Durchlässigkeit von Bohrspülungen	Seite: I.
	Stand: 31.01.91

Ersteller: Leichtweiß-Institut, Braunschweig/	Textnummer:
---	--------------------

Stempelfeld:

PSP-Element TP :	zu Plan-Kapitel: 3.1.10.2
-----------------------------------	----------------------------------

	PL  19.11.1991	PL  19.11.1991
	Freigabe für Behörden	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 des BfS.

Revisionsblatt

BfS

EU 449	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	35215.42		GH	RB	0018	00

Titel der Unterlage: Sedimentationsverhalten und Durchlässigkeit von Bohrspülungen	Seite: II.
	Stand: 31.01.91

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.

SCHACHTANLAGE KONRAD

Sedimentationsverhalten und Durchlässigkeit von Bohrspülungen

Auftragnehmer: Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig
PSP-Element: 35215.42

Braunschweig, 31.01.1991

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erstellt. Das BfS behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des BfS zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	Seite 5
2. Versuchsgerät	Seite 5
3. Versuchsmaterialien	Seite 6
4. Versuchsdurchführung	Seite 8
5. Versuchsergebnisse	Seite 9
6. Sonderversuch "6-m-Säule"	Seite 10
7. Sonderversuch "Erhöhte hydraulische Gradienten"	Seite 11
8. Anlagen	
(siehe Verzeichnis auf der nächsten Seite)	

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1 Versuchsgerät
- Anlagen 2 Kornverteilung und Konsistenzgrenzen
 - Anlage 2.1 ARPKE braun
 - Anlage 2.2 ARPKE grau
 - Anlage 2.3 RÜHLER MOOR
 - Anlage 2.4 SCHACHT KONRAD B 10
 - Anlage 2.5 ██████████
- Anlagen 3 Sedimentationsversuche "1-m-Säulen"
 - Anlage 3.1 ARPKE braun
 - Anlage 3.2 ARPKE grau
 - Anlage 3.3 RÜHLER MOOR
 - Anlage 3.4 SCHACHT KONRAD B 10
 - Anlage 3.5 ██████████
- Anlagen 4 Sonderversuch "6-m-Säule"
 - Anlage 4.1 Kornverteilung und Konsistenzgr. "ARPKE braun"
 - Anlage 4.2 Sedimentationsversuch "ARPKE braun"
- Anlage 5 Sonderversuch "Erhöhte hydraulische Gradienten"

1. Einleitung

Zur Bestimmung der Dichtigkeit verfüllter Tiefbohrungen wurden im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz im Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig Modellversuche an typischen Bohrspülungen durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurde das Sedimentationsverhalten und die Durchlässigkeit bestimmt.

In diesem Bericht werden die Versuchsanordnungen und die Versuchsergebnisse beschrieben.

2. Versuchsgerät

In Anlage 1 ist die Versuchsanordnung dargestellt. Das eingesetzte Gerät ermöglicht sowohl die Bestimmung des Sedimentationsverhaltens als auch die Bestimmung der Durchlässigkeit.

Das Gerät besteht im wesentlichen aus drei Elementen:

- Fußplatte
- Zylinder
- Kopfplatte

In die Fußplatte und in die Kopfplatte ist jeweils eine nach außen geführte Bohrung eingearbeitet. Die Bohrung in der Fußplatte läßt sich für Durchlässigkeitsmessungen über einen Wasserhahn öffnen. Die Bodenprobe ist nach unten durch einen Filterstein vor Ausspülen geschützt. Die Bohrung in der Kopfplatte wird im wesentlichen zum Einfüllen der Bohrspülung benutzt. Weiterhin kann diese Bohrung dazu genutzt werden, über eine Druckluftanlage höhere hydraulische Gradienten bei der Durchströmung zu erzeugen.

Der Zylinder ist 1 m hoch und besteht aus Plexiglas, so daß während der Versuchsdurchführung die Sedimentation visuell überwacht und gemessen werden kann.

3. Versuchsmaterialien

Folgende Sedimente wurden untersucht:

Bodenmaterial: ARPKE braun

Das Material wurde aus einer Tongrube am östlichen Rand der Gemeinde Arpke () entnommen. Das Material wurde während des laufenden Abbaubetriebs aus einer Seitenfläche mit dem Spaten entnommen.

Entnahmedatum: 23.01.1990

entnommen durch: Leichtweiß-Institut

Die Kornverteilung des Materials und die Konsistenzgrenzen sind in Anlage 2.1 dargestellt.

Bodenansprache nach DIN 4022: Ton, stark schluffig, etwas feinsandig

Bodenmaterial: ARPKE grau

Das Material wurde aus einer Tongrube am östlichen Rand der Gemeinde Arpke () entnommen. Das Material wurde während des laufenden Abbaubetriebs aus einer Seitenfläche mit dem Spaten entnommen.

Entnahmedatum: 23.01.1990

entnommen durch: Leichtweiß-Institut

Die Kornverteilung des Materials und die Konsistenzgrenzen sind in Anlage 2.2 dargestellt.

Bodenansprache nach DIN 4022: Schluff, stark tonig

Bodenmaterial: RÜHLER MOOR

Das Material wurde aus der Bohrspülungsdeponie 2 der Firma (Lingen/Emsland;) entnommen. Die Probe wurde aus der Mitte der Deponiefläche nach Abgraben von 0.3 m Oberboden mit dem Spaten entnommen. Diese Spülungsdeponie wurde während der Erschließung des Erdölfeldes "Rühler Moor" angelegt. Da der geologische Aufbau der Schichten denen im Salzgitter-Gebiet nördlich der Schachanlage Konrad ähnelt und auch die Teufarbeiten in etwa zum gleichen Zeitpunkt erfolgten, wurde das Material dieser Spülungsdeponie ausgewählt.

Entnahmedatum: 25.01.1990

entnommen durch: Leichtweiß-Institut

Die Kornverteilung des Materials und die Konsistenzgrenzen sind in Anlage 2.3 dargestellt.

Bodenansprache nach DIN 4022: Schluff, tonig, etwas feinsandig

Bodenmaterial: SCHACHT KONRAD B 10

Das Material wurde aus der Streckenvorbohrung B10 im Schacht Konrad 2 in 541 m Tiefe gewonnen, die von der [REDACTED] gebohrt wurde. Bei dem Material handelte es sich um Tonstein, der vor den Versuchen im Mörser zerkleinert werden mußte.

entnommen durch: [REDACTED]

Die Kornverteilung des Materials und die Konsistenzgrenzen sind in Anlage 2.4 dargestellt.

Bodenansprache nach DIN 4022: Schluff, tonig, sandig

Bodenmaterial: [REDACTED]

Das Material wurde vom Institut für Erdölgeologie der TU Clausthal aus einer Deponie gewonnen und dem Leichtweiß-Institut zur Verfügung gestellt. Diese Deponie ist als repräsentativ für den norddeutschen Raum anzusehen.

entnommen durch: TU Clausthal-Zellerfeld

Die Kornverteilung des Materials und die Konsistenzgrenzen sind in Anlage 2.5 dargestellt. Die Kornverteilungskurve ist im Schluff- und Tonbereich gestrichelt dargestellt, da sie wegen Ausfällens der Bodenpartikel während der Schlämmanalyse nicht exakt bestimmt werden konnte. 24 Stunden nach Ansetzen der Schlämmanalyse wurde in der mit entionisiertem Wasser aufgerührten Bodenprobe ein pH-Wert von 11.9 gemessen.

Bodenansprache nach DIN 4022: Sand, (stark schluffig, etwas tonig)

Folgende Prüfflüssigkeiten wurden eingesetzt:

Prüfflüssigkeit: ENTIONISIERTES WASSER

Prüfflüssigkeit: WASSER VOM ORT 300 IN DER GRUBE KONRAD
Wasseranalysen wurden vom Leichtweiß-Institut nicht durchgeführt, da entsprechende Werte im Bundesamt für Strahlenschutz vorliegen.

entnommen durch: Leichtweiß-Institut

entnommen am: 05.02.1990

Prüfflüssigkeit: HILSWASSER AUS SCHACHT KONRAD 2
Wasseranalysen wurden vom Leichtweiß-Institut nicht durchgeführt, da entsprechende Werte im Bundesamt für Strahlenschutz vorliegen.

entnommen durch: Leichtweiß-Institut

entnommen am: 24.10.1989

4. Versuchsdurchführung

Die fünf ausgewählten Bodenmaterialien wurden jeweils den drei Prüfflüssigkeiten beigemischt, so daß insgesamt 15 Versuche durchgeführt werden mußten. Das Beimischen erfolgte unter Einsatz eines Rührgeräts. Das Mischungsverhältnis Bodenmaterial/Prüfflüssigkeit wurde so gewählt, daß jeweils eine Ausgangsdichte von 1.25 g/cm^3 entstand.

Nach der Homogenisierung wurde die Prüfflüssigkeit in das Versuchsgerät eingefüllt. Danach erfolgte über einen Zeitraum von im Mittel 750 Std. die Messung der Sedimentationshöhe.

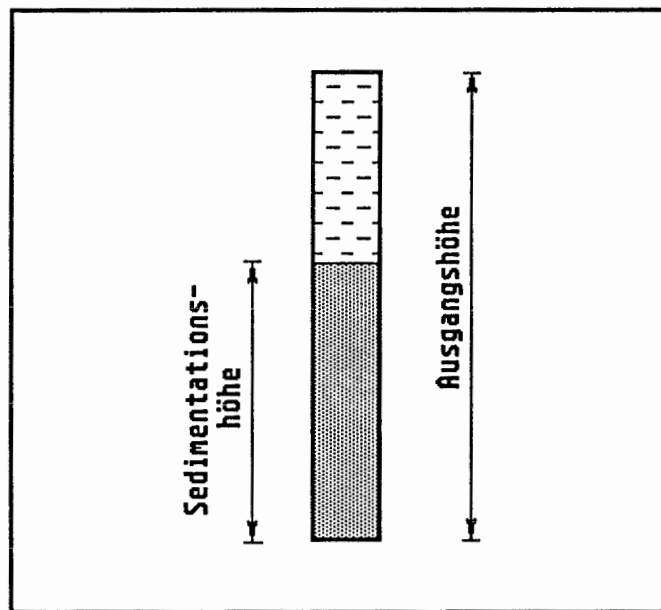


Abbildung 1 Definition "Sedimentationshöhe"

Nach ca. 750 Std. erfolgte die Durchlässigkeitsmessung. Dazu wurde der untere Wasserhahn in der Bodenplatte geöffnet. Die Messung entspricht der in der Bodenmechanik üblichen Versuchsanordnung des

Standrohrversuches (Durchlässigkeitsmessung bei fallender Druckhöhe). Der hydraulische Gradient ist abhängig von der Sedimentationshöhe und lag im Mittel bei etwa 2.

5. Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Sedimentationsversuche sind in den Anlage 3.1 bis 3.5 im halblogarithmischen Maßstab dargestellt. Die Anlagen enthalten für das jeweilige Bodenmaterial die zeitlichen Verläufe der Sedimentation in Abhängigkeit von der Prüfflüssigkeit. Gekennzeichnet ist weiterhin der Beginn der Durchlässigkeitsmessung. Zu diesem Zeitpunkt weisen nahezu alle Kurvenverläufe ein Abknicken nach unten auf, der auf die einsetzende Durchströmung der Probe zurückzuführen ist.

Folgende Sedimentationshöhen und Durchlässigkeiten wurden gemessen:

Tabelle 1 *Sedimentationshöhen in Prozent der Ausgangshöhe bei Beginn der Durchlässigkeitsmessungen*

Bodenmaterial	Prüfflüssigkeit	Meßzeitpunkt [Std]	Sedimentations- höhe [%]
ARPKE, braun	Ention. Wasser	694	50.7
	Hilswasser	919	53.7
	Ort 300	974	48.8
ARPKE, grau	Ention. Wasser	695	53.1
	Hilswasser	839	62.9
	Ort 300	988	56.8
RÜHLER MOOR	Ention. Wasser	671	57.3
	Hilswasser	809	59.9
	Ort 300	1152	62.6
KONRAD B 10	Ention. Wasser	620	67.9
	Hilswasser	739	63.3
	Ort 300	876	59.9
■■■■■	Ention. Wasser	332	56.8
	Hilswasser	209	40.0
	Ort 300	285	45.5

Tabelle 2 Durchlässigkeiten [m/s]

Bodenmaterial	Prüfflüssigkeit	Meßzeitpunkt [Std]	Durchlässigkeit [m/s]
ARPKE, braun	Ention. Wasser	694	$4.0 * 10^{-8}$
	Hilswasser	919	$1.2 * 10^{-8}$
	Ort 300	974	$1.0 * 10^{-8}$
ARPKE, grau	Ention. Wasser	695	$3.8 * 10^{-8}$
	Hilswasser	839	$1.1 * 10^{-8}$
	Ort 300	988	$1.6 * 10^{-8}$
RÜHLER MOOR	Ention. Wasser	671	$5.2 * 10^{-8}$
	Hilswasser	809	$2.8 * 10^{-8}$
	Ort 300	1152	$3.4 * 10^{-8}$
KONRAD B 10	Ention. Wasser	620	$1.1 * 10^{-8}$
	Hilswasser	739	$2.5 * 10^{-9}$
	Ort 300	876	$2.1 * 10^{-9}$
[REDACTED]	Ention. Wasser	332	$5.2 * 10^{-6}$
	Hilswasser	209	$3.4 * 10^{-6}$
	Ort 300	285	$3.8 * 10^{-6}$

6. Sonderversuch "6-m-Säule"

Zusätzlich zu den Versuchen in den 1-m-Säulen wurde in einer späteren Versuchsphase eine 6 m lange Säule angefertigt. Bei ansonsten gleichen Versuchsbedingungen wurde beispielhaft an dem Probenmaterial "ARPKE braun" (Prüfflüssigkeit: Entionisiertes Wasser) die Sedimentation bei entsprechend größerer Ausgangshöhe gemessen. Eine Durchlässigkeitsmessung war bei dieser Versuchsanordnung nicht möglich.

Parallel zur 6-m-Säule wurde auch eine neue 1-m-Säule mit exakt der gleichen Bohrspülung beschickt, um absolut vergleichbare Ergebnisse

zu erhalten. Die Kornverteilung und die Konsistenzgrenzen wurden zu Versuchsbeginn nochmals bestimmt und sind in Anlage 4.1 dargestellt. Die gemessenen Werte stimmen mit denen in Anlage 2.1 gut überein. Der zeitliche Verlauf der Sedimentationshöhen (6-m-Säule und 1-m-Säule) kann aus Anlage 4.2 entnommen werden. Nach 1000 Stunden Versuchsdauer wurde eine Sedimentation von 54.5 % gemessen. Zum Vergleich wurde bei der 1-m-Säule ein Wert von 52.0 % bestimmt. Der Versuch wird zur Zeit noch weitergeführt.

7. Sonderversuch "Erhöhte hydraulische Gradienten"

Neben dem eigentlichen Absetzen der Bodenpartikel wird die Sedimentation einer Bohrspülung auch durch das Eigengewicht der Bohrspülung beeinflusst (Konsolidationsprozeß). Dieser Prozeß setzt ein, wenn bei fortschreitender Zeitdauer ein Kontakt zwischen den Bodenpartikeln mit gegenseitigen Abstützungsvorgängen entsteht. Wegen des kleinen Modellmaßstabs (1:200 bis 1:1000) läßt sich dieser Vorgang durch die bisher durchgeführten Versuche kaum nachbilden.

Um auch hinsichtlich des Konsolidationsprozesses zu einer Aussage zu gelangen, wurde am Leichtweiß-Institut ein Versuch in einer 1-m-Säule gefahren, der eine allmähliche Steigerung des hydraulischen Gradienten i bei der Durchströmung der Probe vorsieht. Der hydraulische Gradient erzeugt eine Volumenkraft s :

$$s = i * \gamma_w$$

s = Volumenkraft infolge Durchströmung [kN/m³]
 i = hydraulischer Gradient [-]
 γ_w = Wichte des Wassers [kN/m³]

Diese Volumenkraft ist unter der Voraussetzung einer homogenen Bodenprobe über die Probenhöhe konstant. Die daraus resultierende

Spannungsverteilung in der Bodenprobe σ ergibt sich aus der Multiplikation:

$$\sigma = s * x$$

x = Ordinate [m] (siehe Abbildung 2)

und besitzt einen entsprechend linearen Verlauf. Mit dieser Versuchsanordnung ist es möglich, Konsolidationsprozesse im Versuchsgerät nachzubilden.

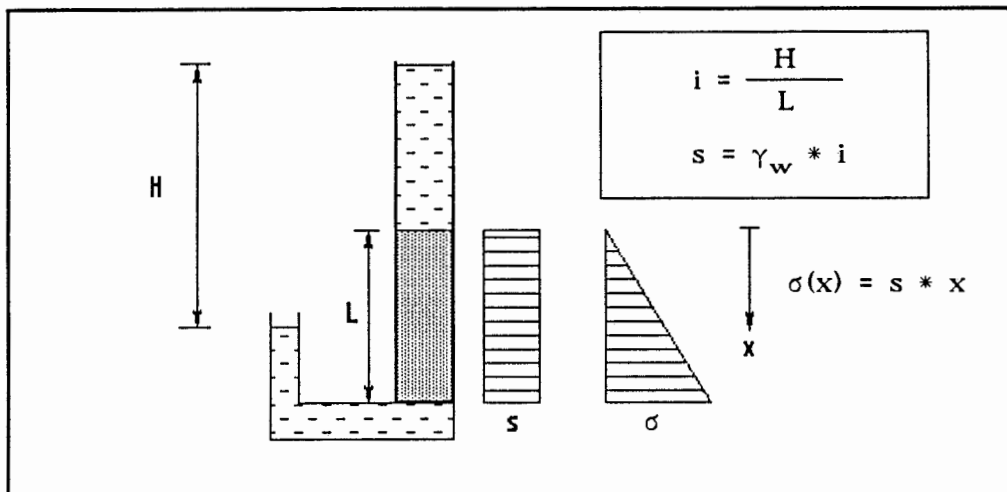


Abbildung 2 Spannungsverlauf infolge Strömungskraft

Das in Abschnitt 2 beschriebene Versuchsgerät erlaubt über eine Druckluftzuführung im Kopfplattenbereich die Einstellung von Druckhöhen bis 30 m Wassersäule, so daß hydraulische Gradienten in der Größenordnung von etwa $i = 25$ möglich sind.


Die entsprechenden Versuchsergebnisse sind in den Anlagen 5.1 und 5.2 dargestellt. Die Anlage 5.1 zeigt den zeitlichen Verlauf der Versuchsdurchführung. Bis etwa 1000 Stunden wurde der Versuch ohne hydraulischen Gradienten durchgeführt. Danach wurde in mehreren Schritten der Gradient auf maximal 26 gesteigert. Der detaillierte Ablauf kann der nachfolgende Tabelle entnommen werden:

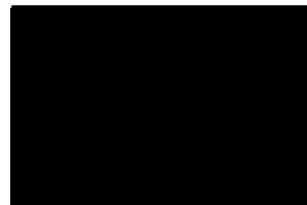
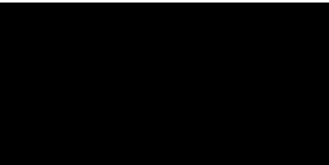
<i>Zeit</i>	<i>hydraulischer Gradient i</i>
von 0 bis 1000 Std.	0.0
von 1000 bis 1096 Std.	1.9
von 1096 bis 1168 Std.	3.7
von 1168 bis 1264 Std.	5.7
von 1264 bis 1312 Std.	7.6
von 1312 bis 1408 Std.	11.6
von 1408 bis 1480 Std.	15.9
von 1480 bis 1552 Std.	20.2
von 1552 bis 1672 Std.	25.3

Die Sedimentationshöhe ist in Anlage 5.2 als Funktion des hydraulischen Gradienten dargestellt. Danach wird beim maximalen Gradienten von 26 eine Sedimentationshöhe von 47.5 cm (= 47.5 % der Ausgangshöhe von 100cm) erreicht. Mit diesen Versuchsendwerten wird gemäß Abbildung 2 ein Spannungsmaximum $\max \sigma$ an der Unterkante der Probe von

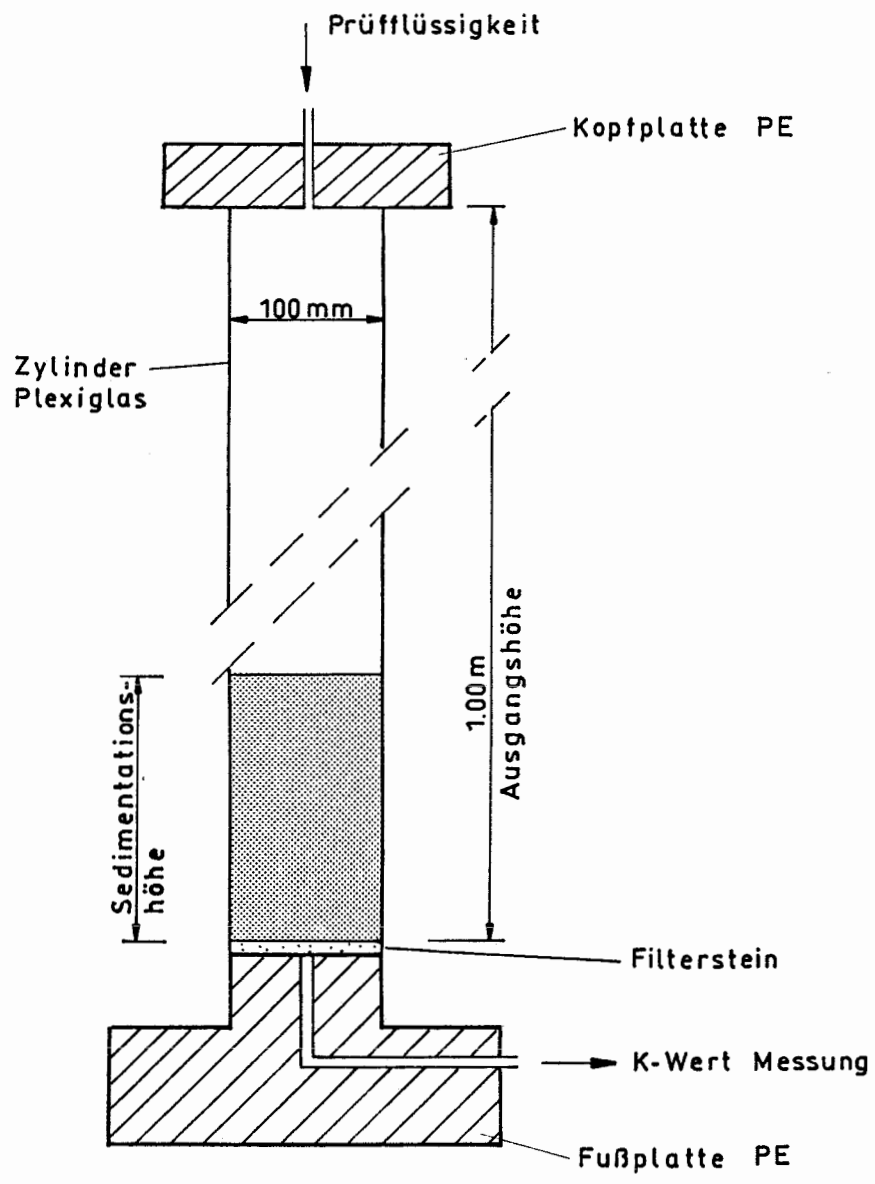
$$\max \sigma = 10 * 26 * 0.475 = 123.5 \text{ kN/m}^2$$

erreicht.

Die detaillierte Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgt vereinbarungsgemäß durch das 

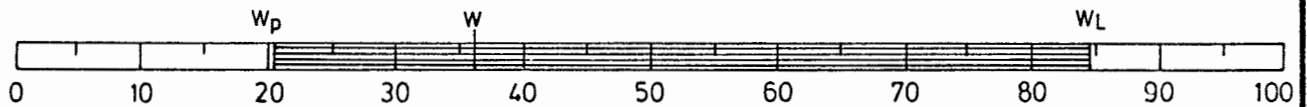


VERSUCHSGERÄT

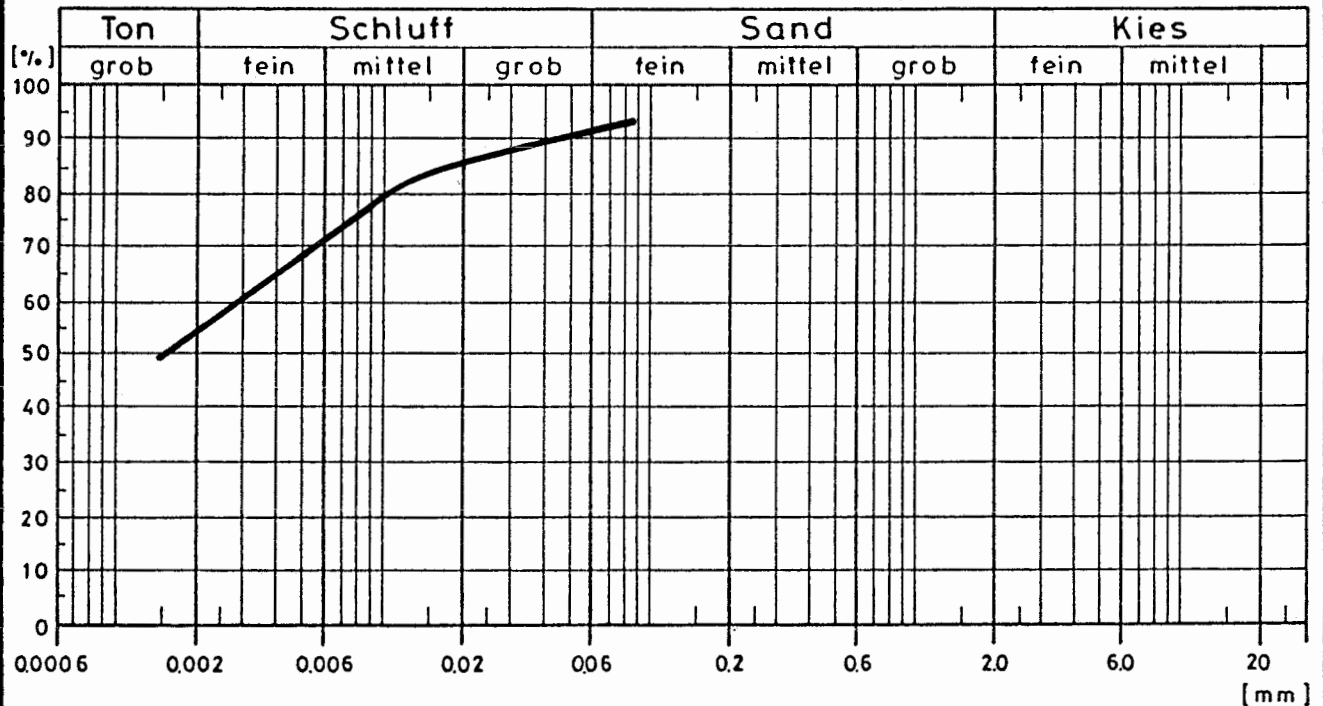


Zustandsgrenzen

Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
Ausrollgrenze W _p [%]	Fließgrenze W _L [%]			
20.7	84.3	36.2	75.6	weich - steif



Kornverteilung (Gew. %)

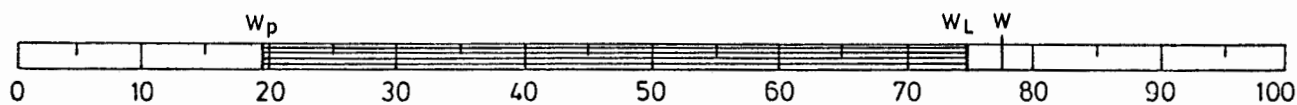


Bodenart: Ton, stark schluffig, etwas feinsandig

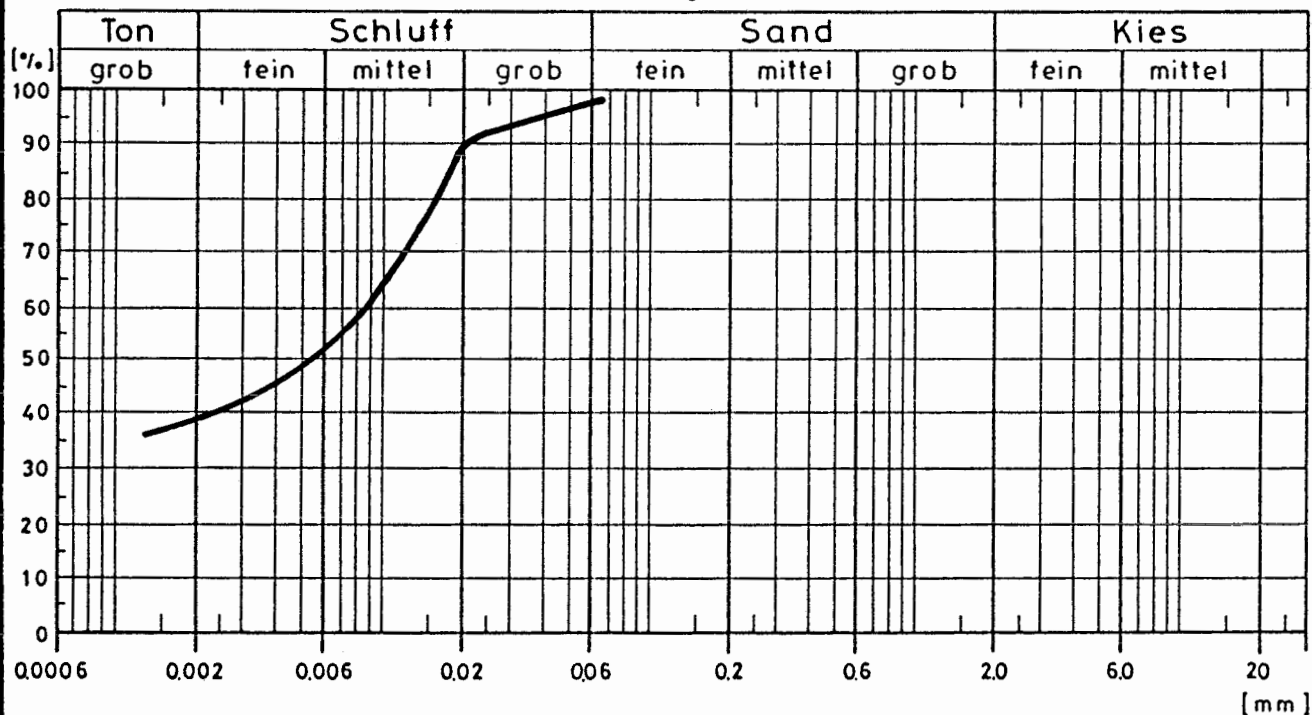
Arpke braun

Zustandsgrenzen

Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
Ausrollgrenze Wp [%]	Fließgrenze W _L [%]			
19.4	75.0	32.0	77.3	steif



Kornverteilung (Gew. %)

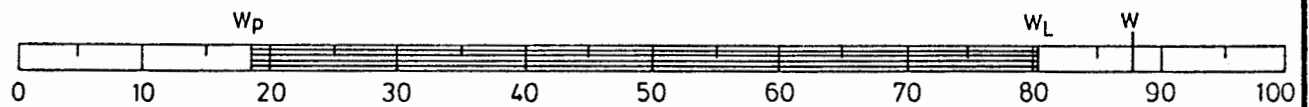


Bodenart: Schluff, stark tonig

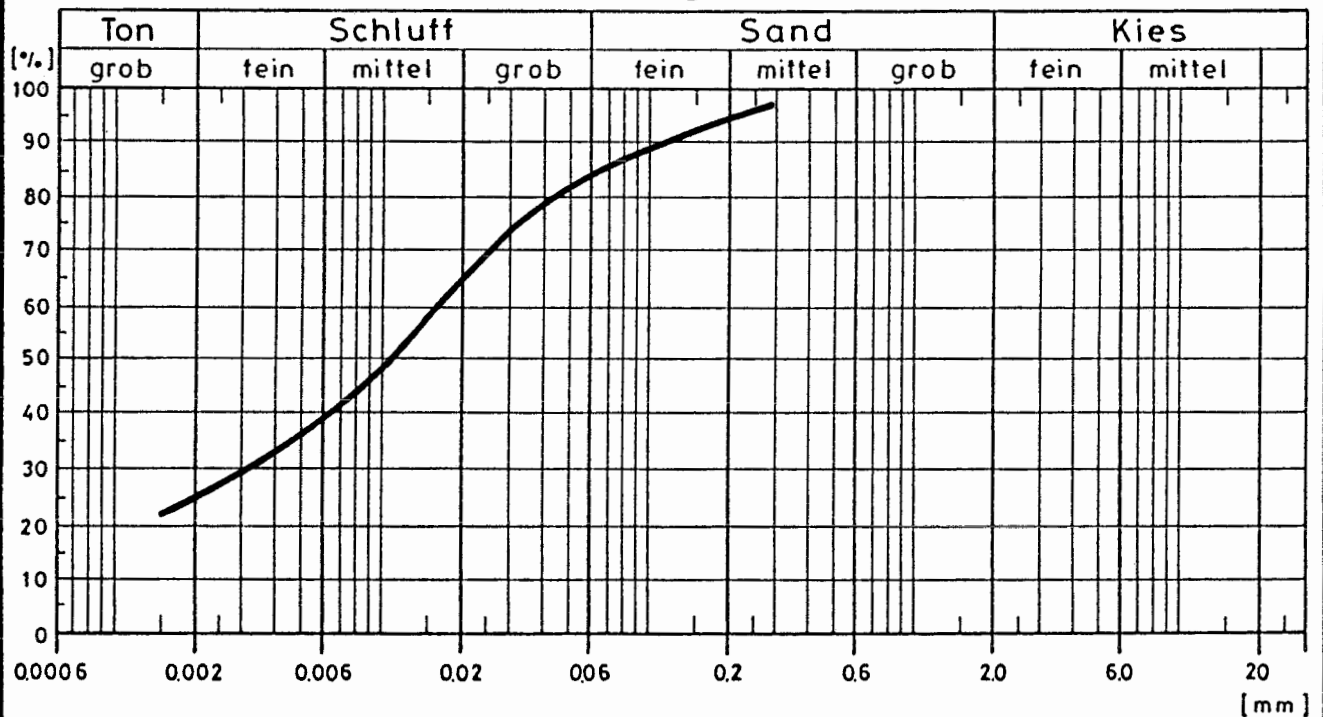
Arpke grau

Zustandsgrenzen

Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
Ausrollgrenze W _p [%]	Fließgrenze W _L [%]			
18.5	80.4	87.6	/	/



Kornverteilung (Gew. %)

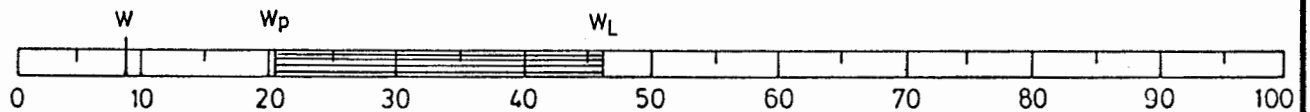


Bodenart: Schluff, tonig, etwas feinsandig

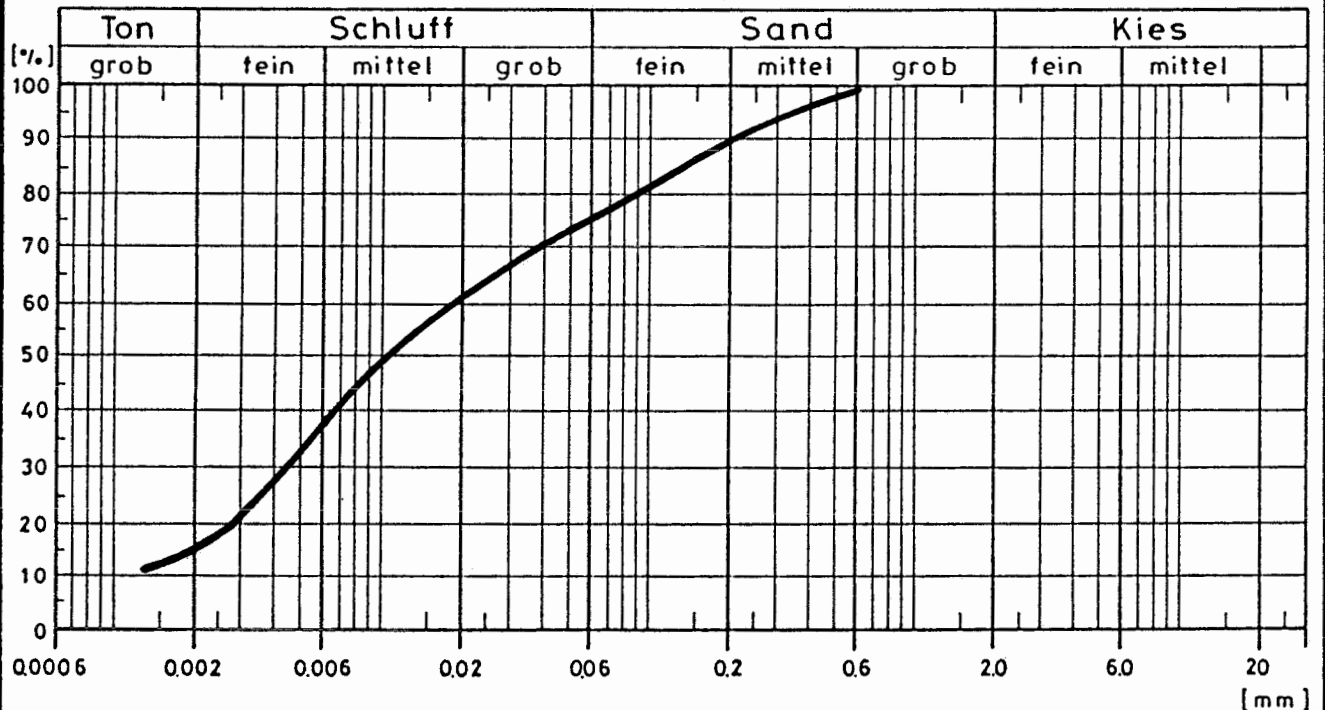
Rührer Moor

Zustandsgrenzen

Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
Ausrollgrenze W _p [%]	Fließgrenze W _L [%]			
20.4	46.7	8.9	143.7	halbfest - hart



Kornverteilung (Gew. %)



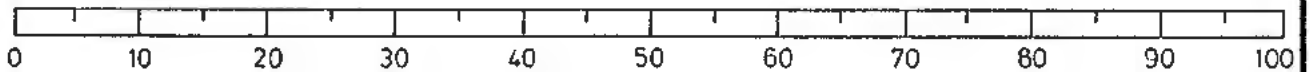
Bodenart: Tonstein, gemahlen, Schluff (tonig, sandig)

Schacht Konrad B 10

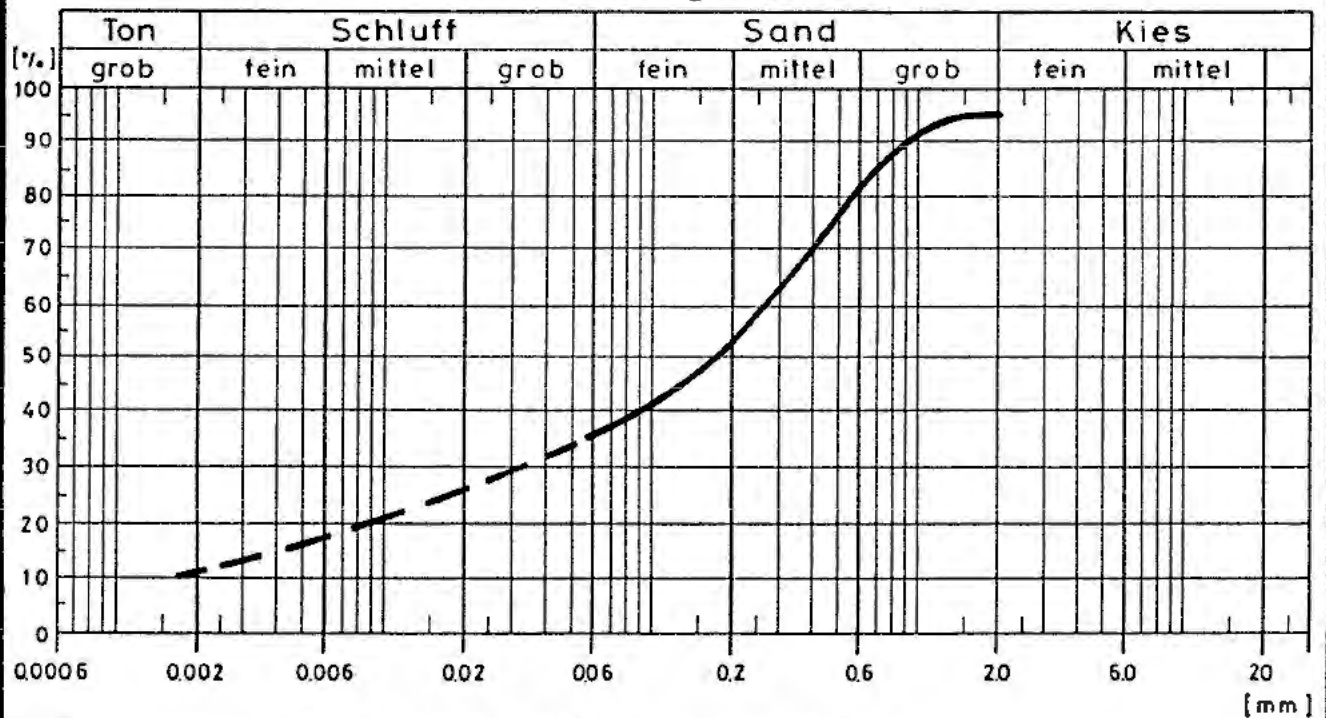
Zustandsgrenzen

Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
Ausrollgrenze W _p [%]	Fließgrenze W _L [%]			

Zustandsgrenzen konnten wegen des hohen Sandanteils nicht ermittelt werden



Kornverteilung (Gew. %)



Bodenart: Sand, stark schluffig, etwas tonig



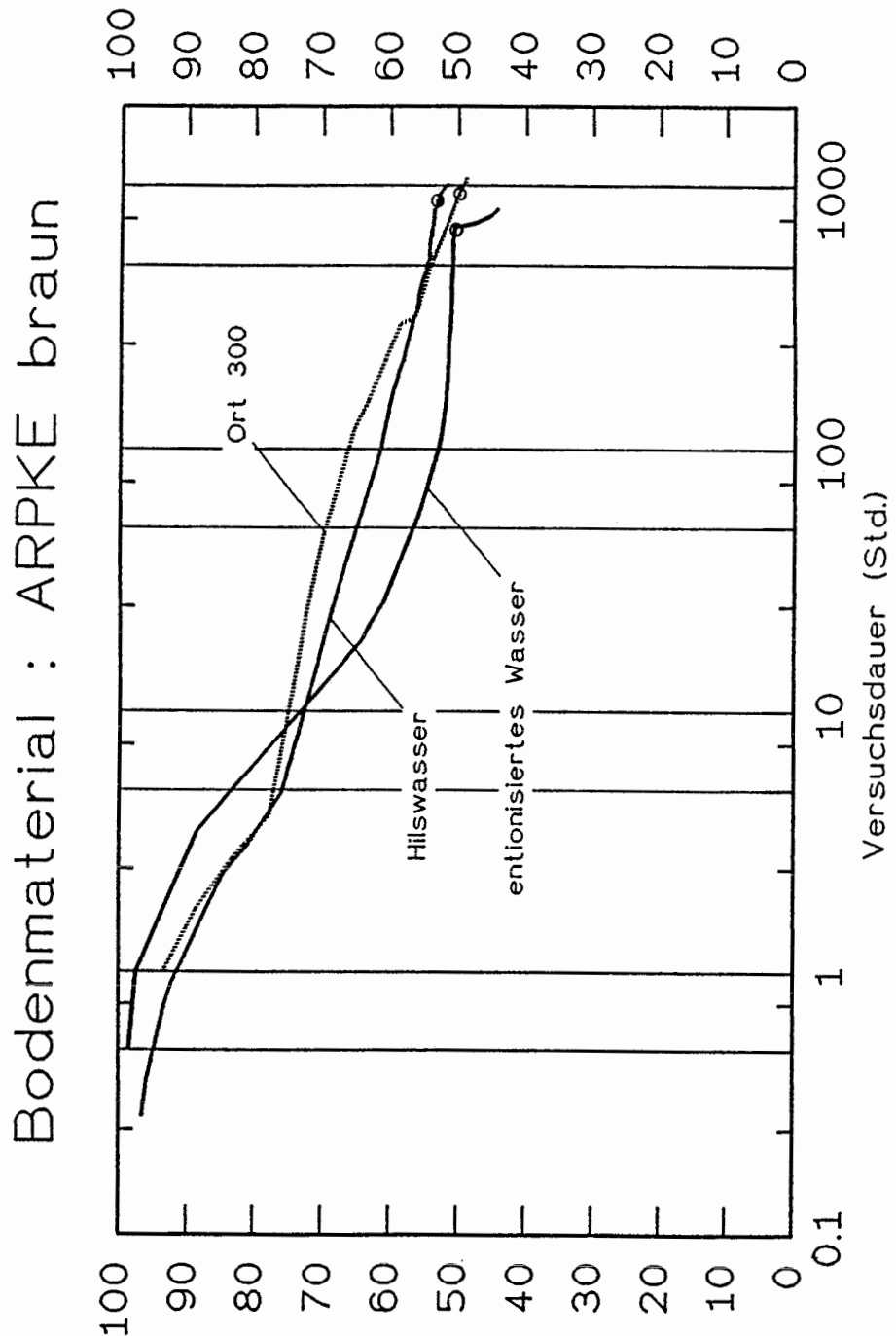
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 m

Dichte der Prüflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



o : k - Wert - Messung

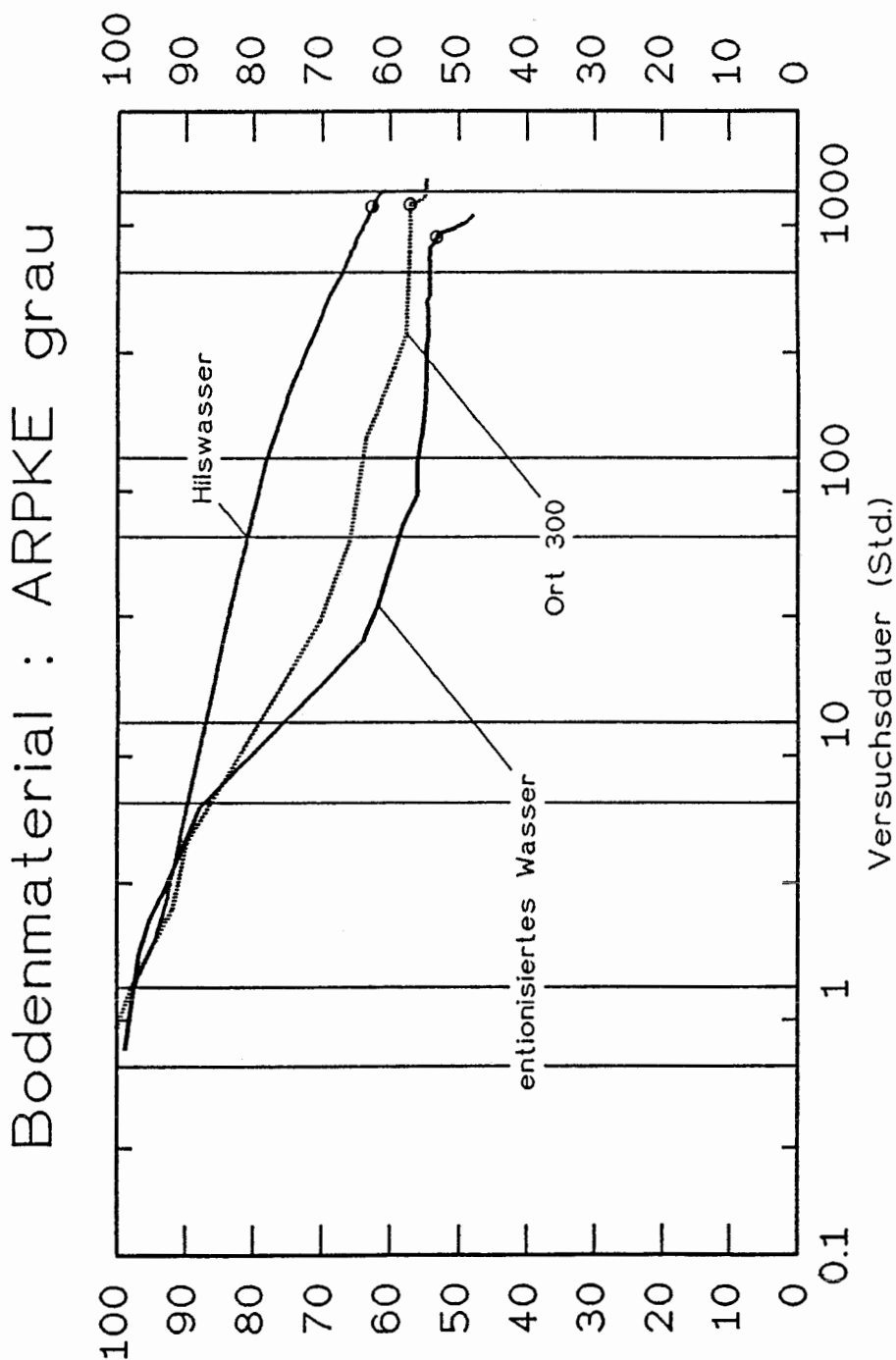
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 m

Dichte der Prüflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g / cm}^3$$

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



o: k-Wert - Messung

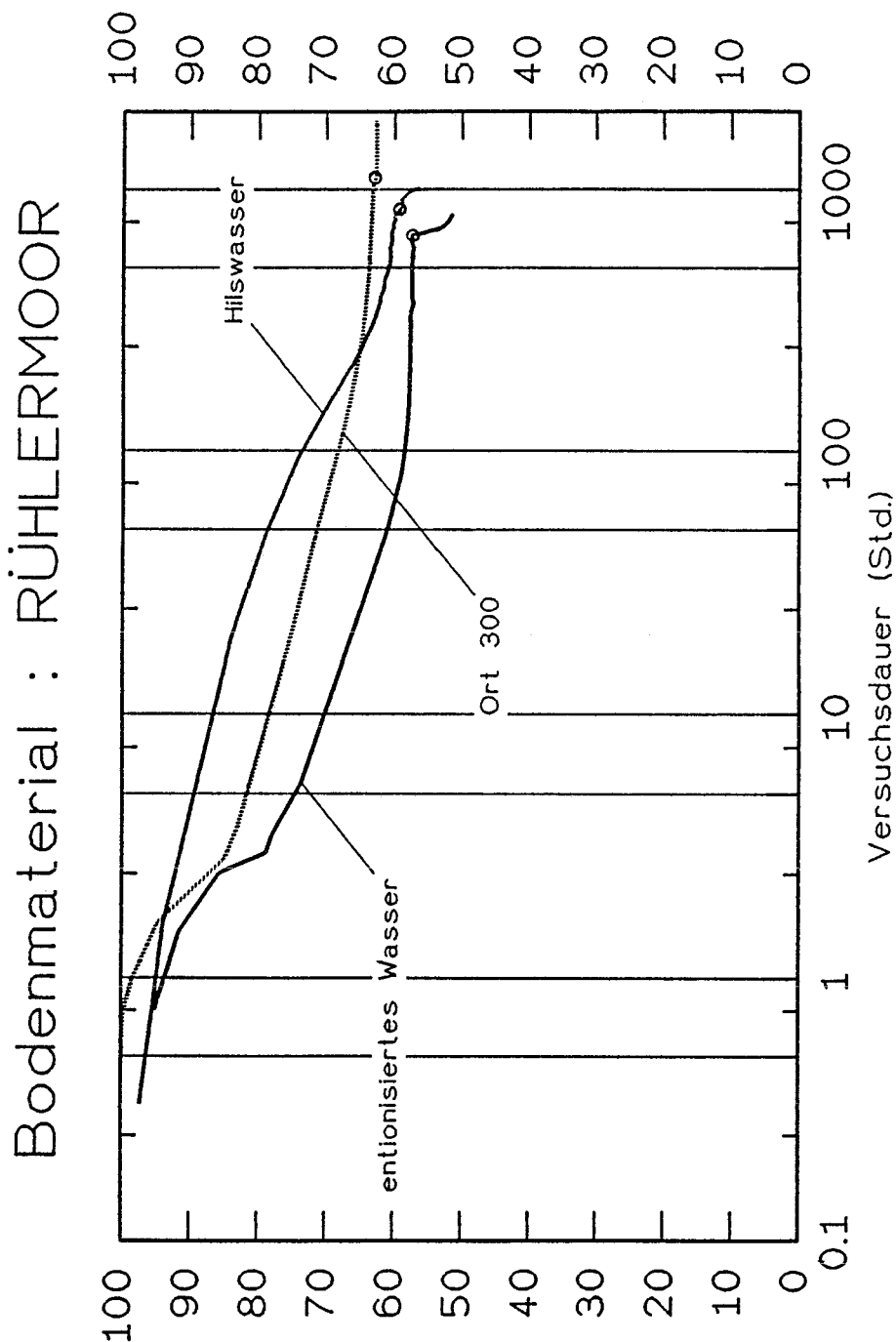
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 m

Dichte der Prüfflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g / cm}^3$$

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



o : k - Wert - Messung

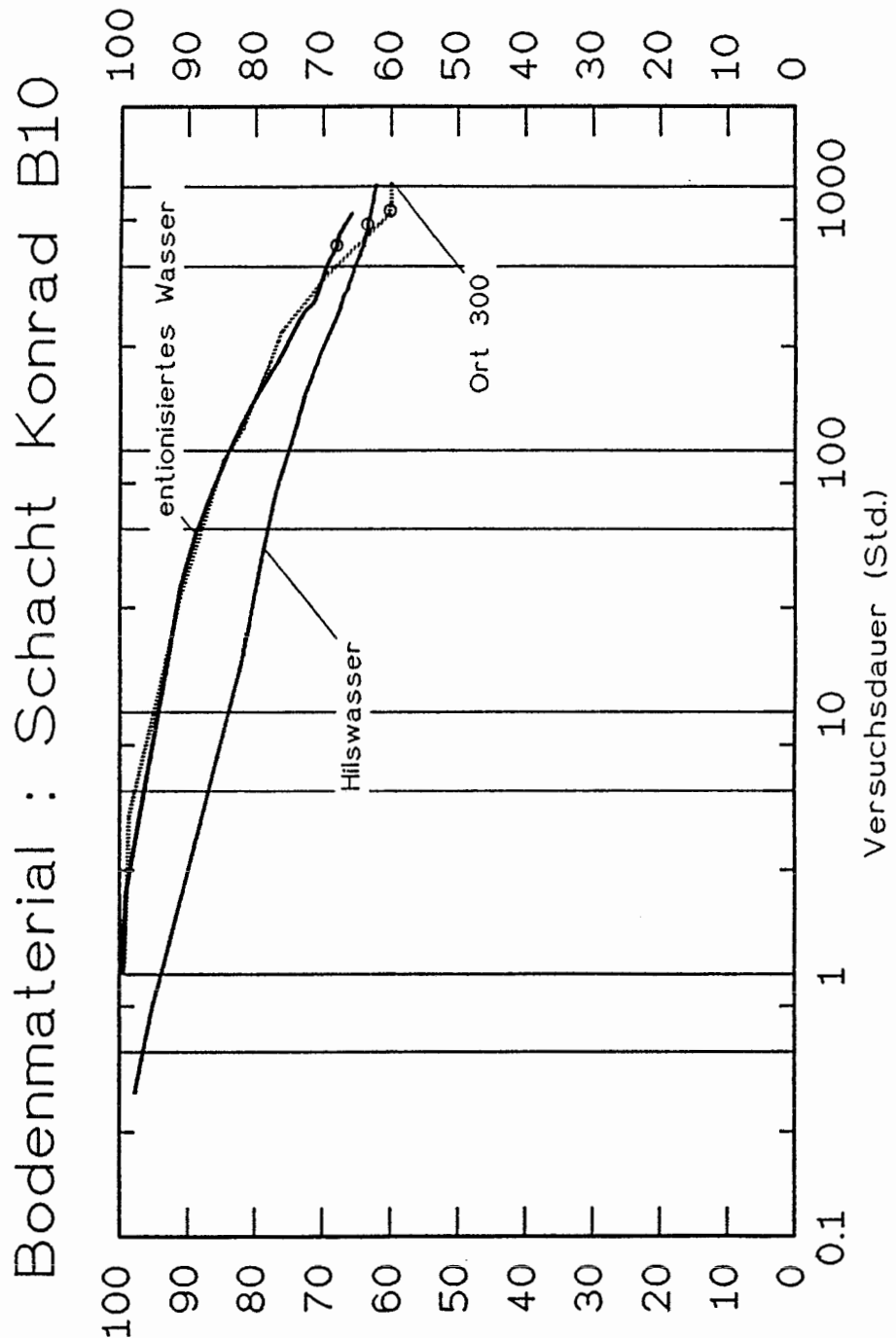
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 m

Dichte der Prüfflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe

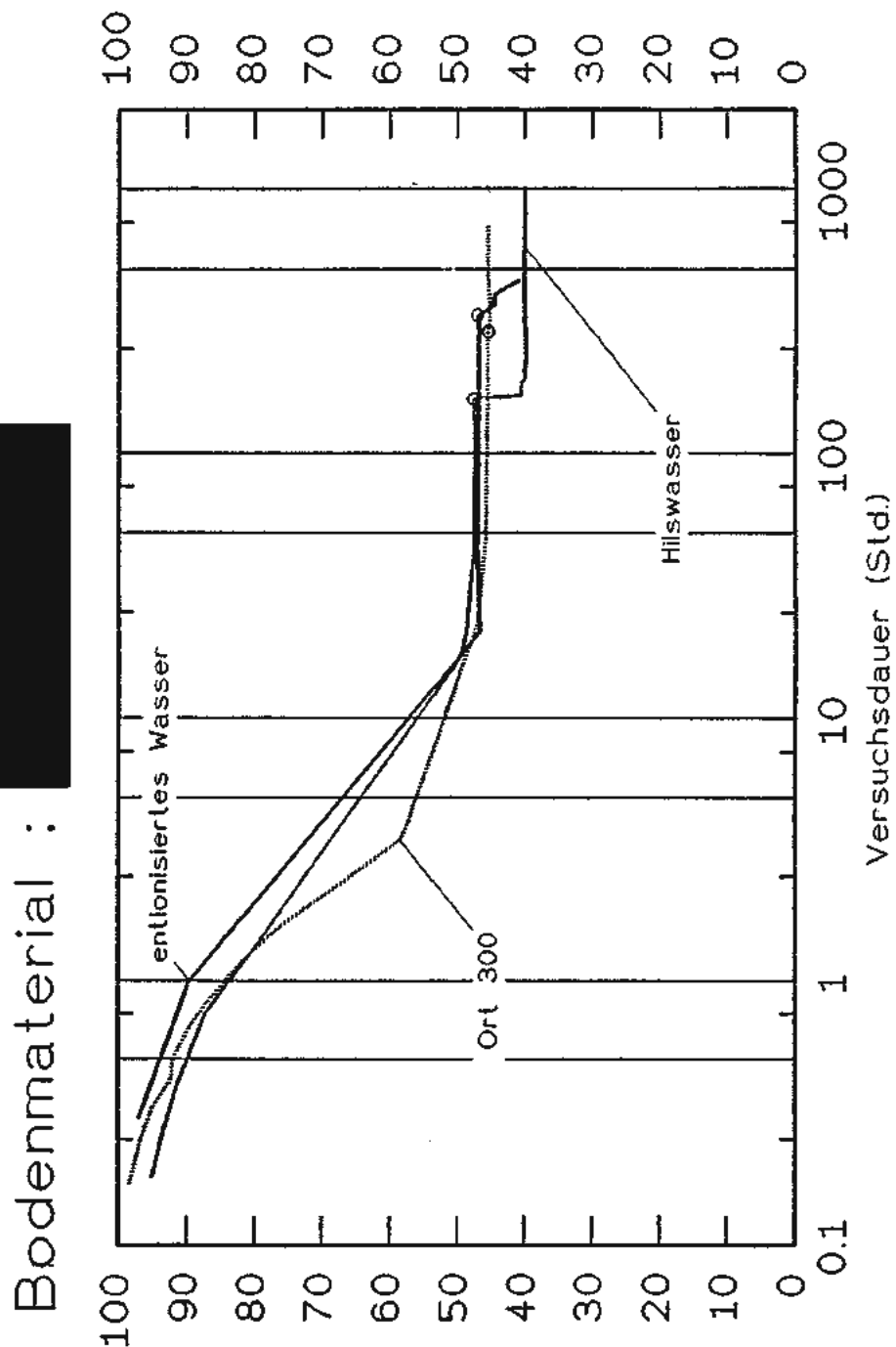
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 m

Dichte der Prüflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

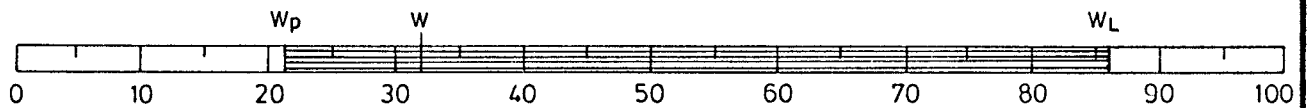
Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



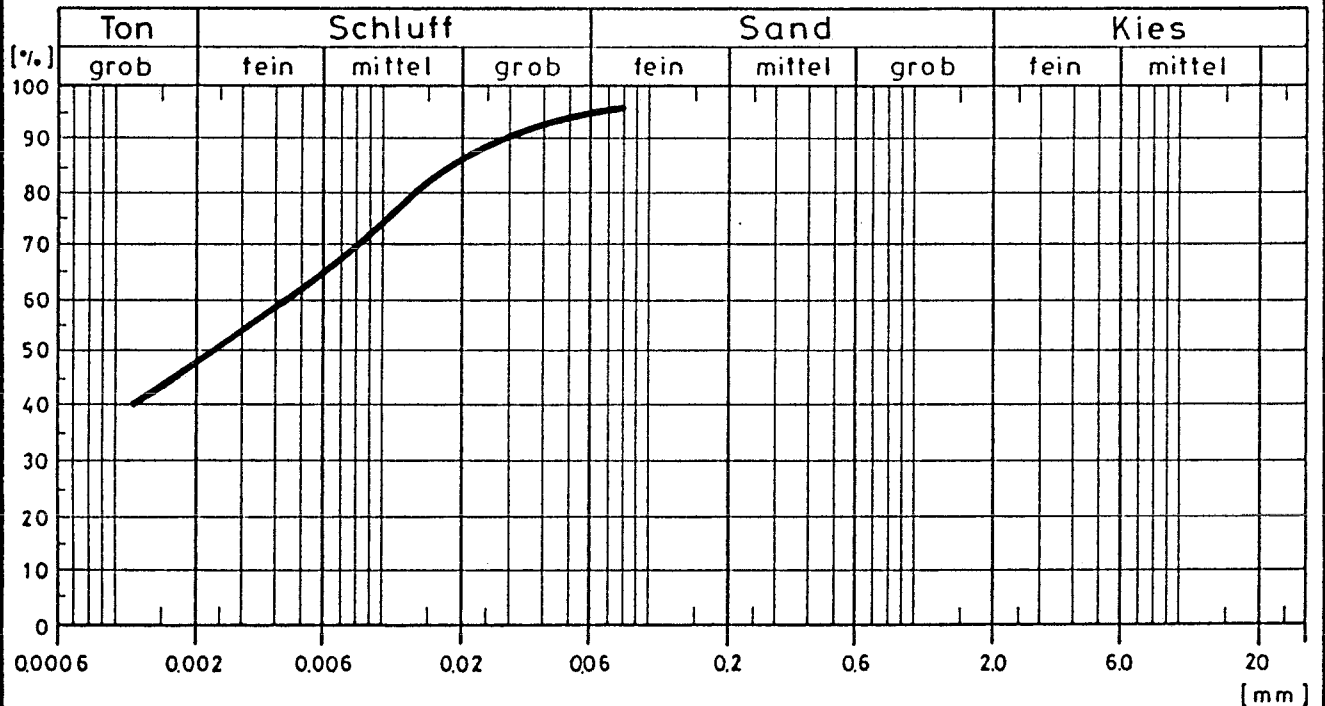
Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe

Zustandsgrenzen

Ausrollgrenze W _p [%]	Wassergehalt der		Natürlicher Wassergehalt W [%]	Konsistenzzahl $I_c = 100 \frac{W_L - W}{W_L - W_p}$	Konsistenzbereich breiig, weich, steif halbfest, hart
	Fließgrenze W _L [%]				
21.5	86.2		31.8	84.0	steif



Kornverteilung (Gew. %)



Bodenart: Schluff u. Ton

Arpke braun 6m Säule

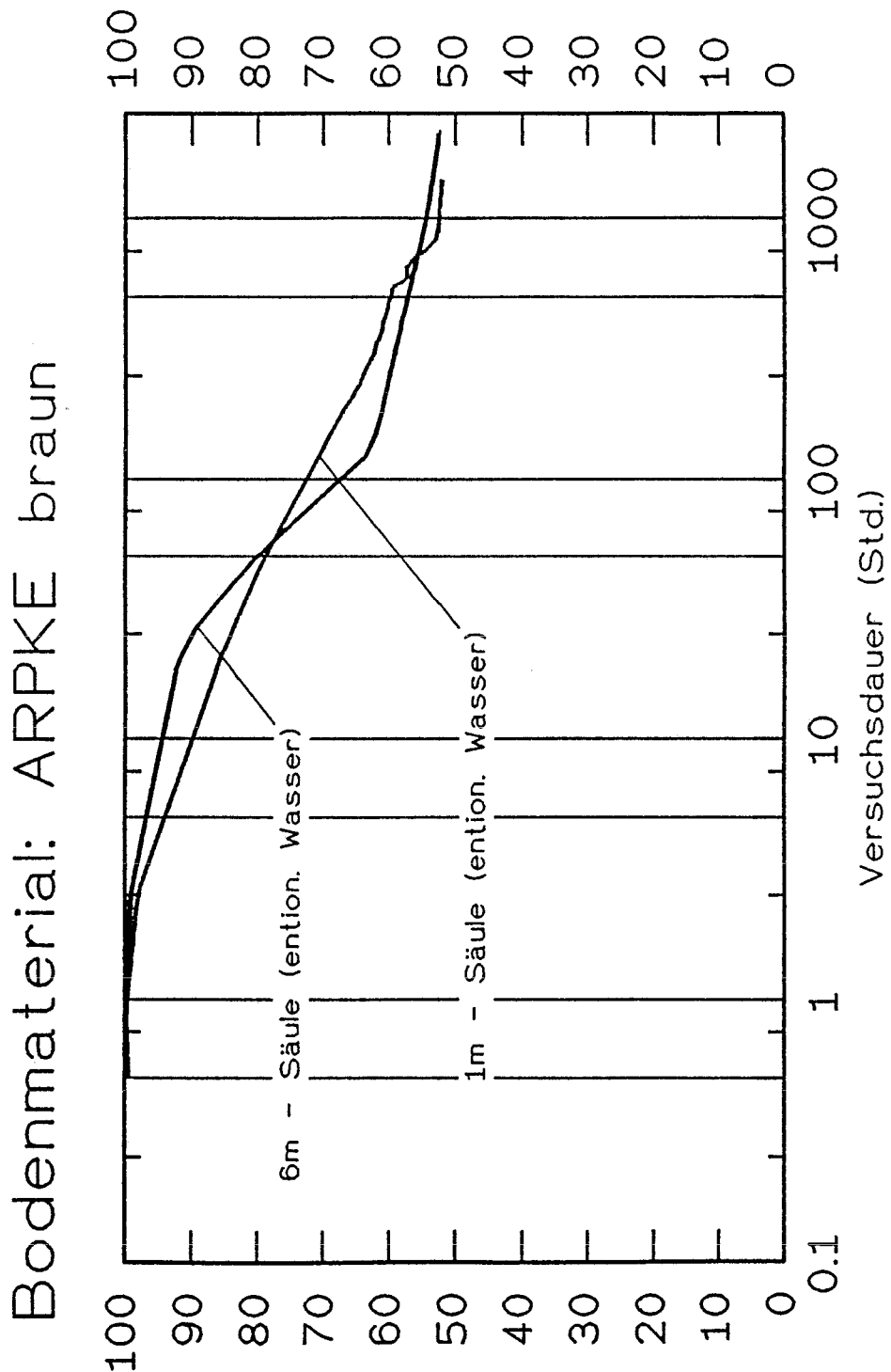
SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1.00 u. 6.00 m

Dichte der Prüflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g / cm}^3$$

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe

SEDIMENTATIONSVERSUCH

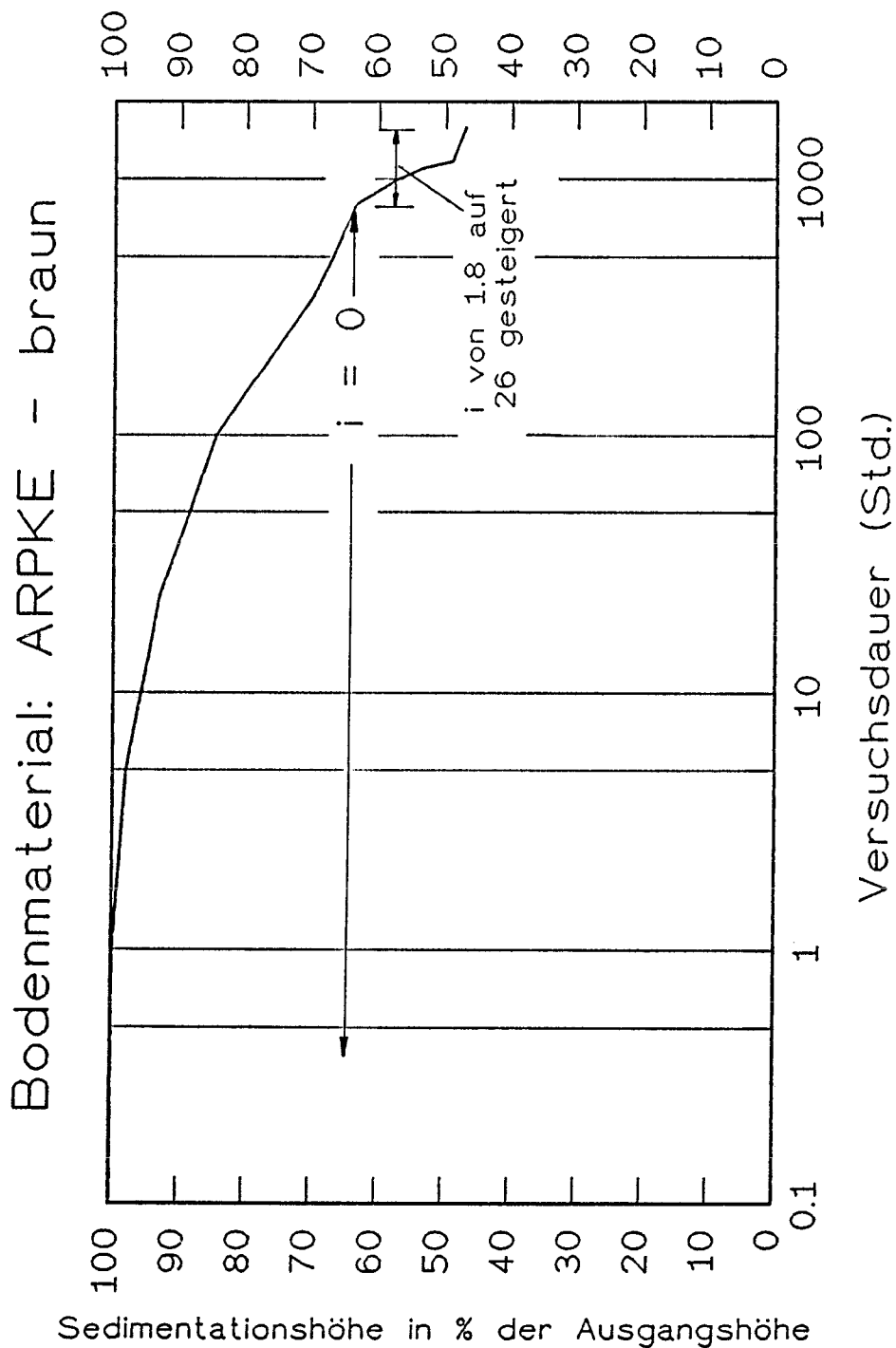
Ausgangshöhe: 1,0 m

Dichte der Prüflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

Erhöhte hydraulische Gradienten

Sedimentationshöhe in % der Ausgangshöhe



SEDIMENTATIONSVERSUCH

Ausgangshöhe: 1,0 m

Dichte der Prüfflüssigkeit bei Versuchsbeginn

$$\rho = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

Erhöhte hydraulische Gradienten

Bodenmaterial: ARPKE - Mischprobe

