

FSB

Baugrundmechanik
Prüfungen an Lockergesteinsproben
im Laboratorium
Bestimmung der Standarddichte

TGL

* 11 462

Blatt 9

Gruppe 710

Verbindlich ab 1. 7. 1970

Maße in mm

1. BEGRIFFE

- Standarddichte ($\rho_{d,S}$)** = Trockenrohdichte einer Probe nach der Verdichtung, die unter den in diesem Standard festgelegten Bedingungen bei optimalem Wassergehalt erfolgte
- Optimaler Wassergehalt (w_{opt})** = Wassergehalt, bei dem die Verdichtung einer Probe unter den in diesem Standard festgelegten Bedingungen zur größten Trockenrohdichte führt
- Spezifische Verdichtungsarbeit (A)** = $A = \frac{Z \cdot m \cdot g \cdot h}{F \cdot a} \left[\text{kp cm/cm}^3 \right]$
 Hierin bedeuten:
 Z = Zahl der Schläge je Schicht
 m = Fallmasse in kg
 g = Erdbeschleunigung in cm/s^2
 h = Fallhöhe in cm
 F = Grundfläche des Verdichtungszyinders in cm^2
 a = Dicke der verdichteten Schicht in cm

2. PRÜFEINRICHTUNG

2.1. Prüfgerät, bestehend aus Verdichtungszyylinder nach Bild 1 und Handstampfer nach Bild 2. Sämtliche Teile des Prüfzylinders müssen aus Metall bestehen. Die zulässigen Maßabweichungen von den Werten der Tabelle 1 dürfen für neue Geräte 0,1 % betragen. Maßabweichungen am Verdichtungszyylinder, hervorgerufen durch Abnutzung, sind durch Korrekturen zu berücksichtigen.

Tabelle 1

Gerät	Verdichtungszyylinder			Amboß d_2	Fallmasse (m) kg
	d_1	h_1	Volumen (V) cm^3		
A	109	100	933	54	2,5
B	150	125	2209	75	4,5
C	250	275	13500	125	15,0

Die Masse von Führungsstange und Amboß darf das 1,2fache der Fallmasse nicht überschreiten. Anstelle des Handstampfers darf auch ein mechanisch betriebener Stampfer Verwendung finden, wenn die Forderungen der TGL 11 462 Blatt 1 eingehalten werden.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Verantwortlich: VEB Baugrund Berlin

Bestätigt: 11. 12. 1969 Ministerium für Bauwesen, Berlin

FSB zuständiger Fachbereich 110 bis 119

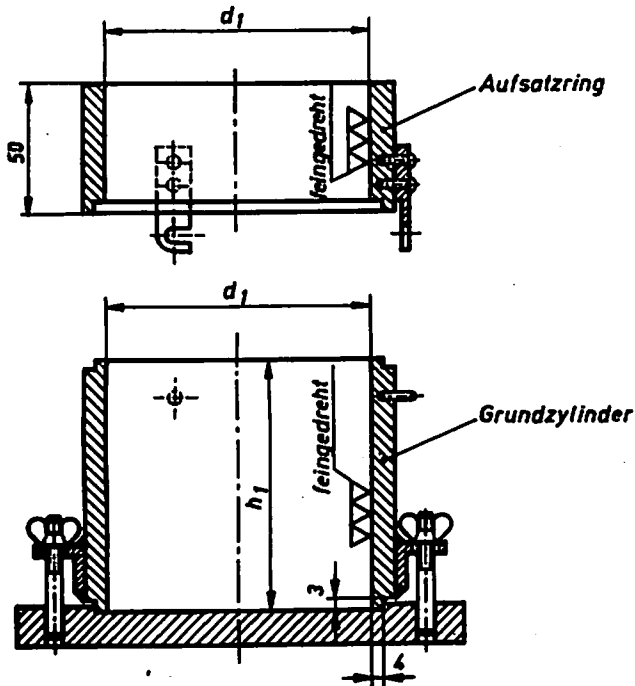


Bild 1 Standardverdichtungszyylinder mit angeschraubter Grundplatte

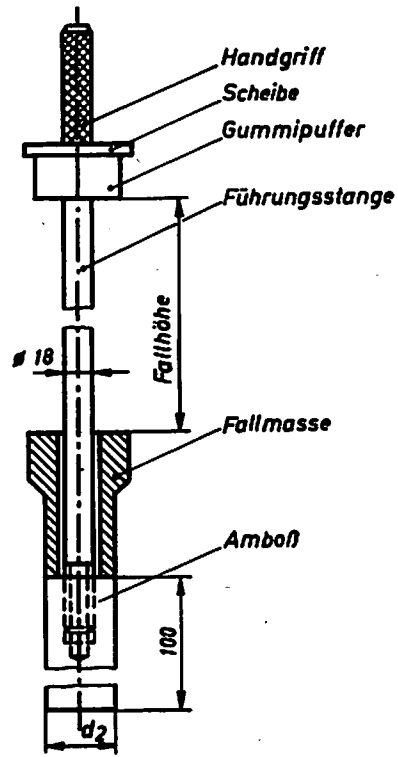


Bild 2 Handstamper

2.2. Tafelwaage mit maximal 20 kg Höchstlast
 Dezimalwaage mit maximal 200 kg Höchstlast für Gerätetyp C

2.3. Maschensiebe mit Maschenweiten von 10 und 20 mm nach TGL 0-4188 Blatt 1
 Rundlochsiebe mit Lochweite 31,5 mm nach TGL 8252 Blatt 1

2.4. Spachtel, Metallblech, Schüsseln, Trockenblech, Geräte für die Bestimmung des Wassergehaltes nach TGL 11 462 Blatt 2 und für die Bestimmung der Reindichte nach TGL 11 462 Blatt 5 oder TGL 11 462 Blatt 14

3. GRUNDSÄTZE DER PRÜFUNG

3.1. Die Prüfung hat mit einer spezifischen Verdichtungsarbeit von 6 kpm/cm^3 zu erfolgen, die bei Einhaltung der den Gerätetypen A, B oder C in Tabelle 1 und 2 zugeordneten Werte gewährleistet ist.

Tabelle 2

Gerät	Größter zulässiger Korndurchmesser von 75 % der Probenmasse	Fallhöhe	Anzahl der Schichten	Anzahl der Schläge je Schicht	Benötigte Probenmasse einschließlich Überkornanteil	
					Teilprüfung	Einzelprüfung
A	10 ^{x)}	300	3	25	2,5	7,5
B	20	450		22	5,5	16,5
C	31,5	600		30	33	100

x) Wenn eine Prüfung für Mitgliedsländer des RGW vorgesehen ist, ist nur ein Korndurchmesser bis 5 mm zulässig.

3.2. Das aufbereitete Probenmaterial darf nur für 2 Teilprüfungen verwendet werden.

3.3. Das Prüfverfahren gilt für den Gerätetyp A. Es ist für die Gerätetypen B und C sinngemäß anzuwenden.

4. VORBEREITUNG DER PROBEN

4.1. Sofern der natürliche Wassergehalt nicht wesentlich geringer als der zu erwartende optimale Wassergehalt ist, muß das Probenmaterial vor der Prüfung getrocknet werden. Die Trocknung hat vorzugsweise an der Luft zu erfolgen. Es darf auch eine künstliche Trocknung vorgenommen werden unter der Bedingung, daß die Trockentemperatur 50 °C nicht überschreitet.

4.2. Die Probe, deren Masse in Tabelle 2 angegeben ist, ist so zu zerkleinern, daß eine Trennung des Überkornes möglich ist.

Hierbei sind Erdkrümel > 7 mm zu zerkleinern. Einzelkörner dürfen nicht zerstört werden. Für die Prüfung ist das Überkorn abzusieben.

Der Überkornanteil (\ddot{u}) ist aus der Trockenmasse des Überkorns ($m_{S,\ddot{u}}$) und der Trockenmasse der Gesamtprobe ($m_{S,G}$) zu errechnen.

$$\ddot{u} = \frac{m_{S,\ddot{u}}}{m_{S,G}} \quad (1)$$

$$m_{S,G} = \frac{m_G}{1 + w_A} \quad (2)$$

Die Trockenmasse der Gesamtprobe ist zu ermitteln aus der nach Abschnitt 4.1. aufbereiteten Ausgangsmasse der Gesamtprobe (m_G) und dem mittleren Ausgangswassergehalt (w_A).

Der Ausgangswassergehalt ist nach TGL 11 462 Blatt 2 durch mindestens zwei Teilprüfungen aus der Gesamtprobe zu ermitteln.

4.3. Vorbereitung nichtbindiger Lockergesteine

4.3.1. Die erste Teilprüfung ist mit einem Wassergehalt (w) gleich 0,04 durchzuführen. Für jede weitere Teilprüfung ist der Wassergehalt um 0,01 bis 0,02 zu erhöhen, wobei die fehlende Wassermasse wie bei der ersten Teilprüfung zuzugeben ist. Eine Ermittlung des Wassergehaltes an Proben aus dem Verdichtungszyylinder ist nicht zulässig.

4.3.2. Die Trockenmasse für die Teilprüfung ($m_{S,T}$) ist mit 2000 g vorzugeben. Die für die Teilprüfung zu verwendende Ausgangsmasse (m_A) ist nach Formel 3 zu errechnen.

$$m_A = m_{S,T} (1 + w_A) \quad (3)$$

Für die Teilprüfung ist die vorgegebene Porenwassermasse (m_w), bezogen auf die Trockenmasse ($m_{S,T}$) und die Bruttomasse ($m_{br,T}$), zu errechnen.

Die Ausrechnung ist nach Prüfprotokoll vorzunehmen, siehe Bild 3.

4.3.3. Die Probe ist intensiv durchzumischen und bei erstmaliger Verwendung vor der Prüfung mindestens eine Stunde lang in einem geschlossenen Behälter stehenzulassen.

4.3.4. Wird das gleiche Probenmaterial zu einer weiteren Teilprüfung herangezogen, so ist die Ausgangsprobenmasse auf Konstanz nachzuprüfen.

Bei Differenzen ≥ 10 g darf dieses Probenmaterial nur nach erneuter Trocknung wiederverwendet werden, oder es ist neues Material aufzubereiten.

Die Probe muß nach Wasserzugabe und nochmaliger Durchmischung mindestens 15 Minuten bis zur weiteren Verwendung in einem geschlossenen Behälter aufbewahrt werden.

4.4. Vorbereitung bindiger Lockergesteine

4.4.1. Die Ermittlung der Ausgangsmasse der luftgetrockneten Probe ist nach Abschnitt 4.3.2. vorzunehmen.

4.4.2. Der für jede Teilprüfung maßgebende Wassergehalt ist unmittelbar vor der Verdichtung durch mindestens zwei Probenahmen aus dem aufbereiteten Material nach TGL 11 462 Blatt 2 zu bestimmen und als arithmetisches Mittel anzugeben.

4.4.3. Die Probe ist intensiv durchzumischen und vor Verwendung zur Prüfung mindestens 15 Stunden lang in einem geschlossenen Behälter aufzubewahren.

4.4.4. Für jede weitere Teilprüfung ist der Wassergehalt um 0,02 bis 0,05 zu erhöhen. Hierfür gilt die untere Grenze für schwachbindige und die obere Grenze für hochbindige Lockergesteine. Die Probe muß nach Wasserzugabe und nochmaliger Durchmischung mindestens 15 Minuten bis zur weiteren Verwendung in einem geschlossenen Behälter aufbewahrt werden.

5. DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG

5.1. Der Verdichtungszyylinder ist mit befestigter Grundplatte auf einer starren Unterlage aufzustellen. Die Unterlage muß mindestens die 5fache Masse des mit der Probe gefüllten Verdichtungszyinders besitzen.

5.2. Die vorbereitete Probe ist in 3 gleich dicken Schichten in den Verdichtungszyylinder einzubauen und zu verdichten. Jede Schicht ist durch gleichmäßig auf die Oberfläche verteilte Schläge des Stampfers zu verdichten, indem die Fallmasse bis zum Anschlag hochgezogen und anschließend frei fallengelassen wird.

Anzahl der Schläge und Fallhöhe nach Tabelle 2.

Der Stampfer ist so zu versetzen, daß nach jeweils 8 bis 9 Schlägen der Ausgangspunkt erreicht ist.

Die letzte verdichtete Schicht darf nicht mehr als 10 mm in den Aufsatzring hineinreichen. Die Oberfläche der verdichteten Schicht ist nach Entfernung des Aufsatzringes sorgfältig in Höhe des oberen Zylinderrandes abzugleichen.

5.3. Die Feuchtmasse der verdichteten Probe ($m_{f,T}$) ist auf ± 5 g zu ermitteln.

5.4. Die Wasserzugaben sind so zu bemessen, daß die Werte des Wassergehaltes zum Teil über und zum Teil unter dem zu erwartenden Wert des optimalen Wassergehaltes liegen. Es sind mindestens 5 Teilprüfungen, in der Regel jedoch so viele Teilprüfungen durchzuführen, bis mit steigendem Wassergehalt die Trockenrohdichte merklich abklingt.

Sofern Wasser aus dem Verdichtungszyylinder austritt, darf die Prüfung abgeschlossen werden.

5.5. Beim Abgleichen grobkörniger Lockergesteine ist die aufgerissene Oberfläche durch feinere Fraktionen des gleichen Materials auszufüllen.

6. AUSWERTUNG DER PRÜFUNG

6.1. Die Auswertung ist im Prüfprotokoll vorzunehmen, siehe Bild 3.

Bestimmung der Standarddichte									
Auftrags - Nr.		Entnahmestelle			Bearbeiter				
Projekt		Entnahmetiefe			Datum				
Prüfungs - Nr.		Erdart							
Gerätetyp: A Volumen Verdichtungszykl. $V = 933 \text{ cm}^3$, zul. Größtkorn 10 mm									
Überkornanteil ermittelt aus der Gesamtprobe:									
Ausgangsmasse	m_G	=	7 000	g					
mittlerer Ausgangswassergehalt	W_A	=	0,02						
Trockenmasse Überkorn	$m_{s\bar{u}}$	=	550	g					
Trockenmasse	$m_G(1+W_A)$	$m_{s,G}$	=	6 860	g				
Überkornanteil	$m_{s\bar{u}}/m_{s,G}$	\bar{u}	=	0,08					
Vorbereitung der Probe									
Teilprüfung Nr.				1	2	3	4	5	6
Ausgangsmasse	$m_{s,T}(1+W_A)$	m_A	g	2040			2040		
Trockenmasse		$m_{s,T}$	g	2000	2000	2000	2000	2000	
vorgegebene Porenwassermasse	$m_{s,T} \cdot w$	m_w	g	80	120	160	200	240	
Behältermasse		$m_{B,1}$	g	420	420	420	420	420	
Bruttomasse	$m_{s,T} + m_{B,1} + m_w$	$m_{br,T}$	g	2500	2540	2580	2620	2660	
Durchführung der Prüfung									
Verdichtete Probe + Verdichtungszyklinder	$m_{f,T} + m_{B,2}$	m_{br}	g	6 610	6 640	6 700	6 740	6 730	
Verdichtungszyklinder		$m_{B,2}$	g	4 910	4 910	4 910	4 910	4 910	
Verdichtete Probe	$m_{br} - m_{B,2}$	$m_{f,T}$	g	1 700	1 730	1 790	1 830	1 820	
Feuchtrohdichte	$m_{f,T}/V$	ρ_f	$\frac{g}{\text{cm}^3}$	1,82	1,95	1,92	1,96	1,95	
mittlerer Wassergehalt		w		0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	
Trockenrohdichte	$\rho_f/(1+w)$	ρ_d	$\frac{g}{\text{cm}^3}$	1,755	1,76	1,78	1,78	1,74	
Korrekturen für Überkornanteil									
Wassergehalt	$w(1-\bar{u})$	w'		0,037	0,055	0,073	0,092	0,11	
Trockenrohdichten	$\rho_d \cdot \rho_s / [\rho_s - \bar{u}(\rho_s - \rho_d)]$	ρ_d'	$\frac{g}{\text{cm}^3}$	1,805	1,81	1,83	1,83	1,79	
Korrekturen für maschinelle Geräte									
Wassergehalt		w^a							
Trockenrohdichten		ρ_d^a	$\frac{g}{\text{cm}^3}$						
Bestimmung des Wassergehaltes									
Feuchtmass + Behältermasse	$m_f + m_{B,3}$	g	358,4						
Trockenmasse + Behältermasse	$m_s + m_{B,3}$	g	320						
Porenwassermasse	m_w	g	38,4						
Behältermasse	$m_{B,3}$	g	152						
Trockenmasse	m_s	g	168						
Wassergehalt	w		0,022						
Feuchtmass + Behältermasse	$m_f + m_{B,3}$	g	389,9						
Trockenmasse + Behältermasse	$m_s + m_{B,3}$	g	353						
Porenwassermasse	m_w	g	36,9						
Behältermasse	$m_{B,3}$	g	140						
Trockenmasse	m_s	g	213						
Wassergehalt	w		0,018						
Summe Wassergehalt			0,04						
mittlerer Wassergehalt			0,02						

Bild 3 Beispiel eines Prüfprotokolls

6.2. Aus der Feuchtmasse ($m_{p,T}$), dem Wassergehalt (w) und dem Volumen des Verdichtungs-
zylinders (V) ist für jede Teilprüfung die Trockenrohddichte (ρ_d) nach Formel (5) zu
bestimmen.

$$\rho = \frac{m_{p,T}}{V} \quad (4)$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1+w)} \quad (5)$$

6.3. Sofern ein Überkornanteil vorliegt, müssen die Wertepaare nach Formel (6) und (7)
korrigiert werden. Die korrigierte Trockenrohddichte ist zu ermitteln.

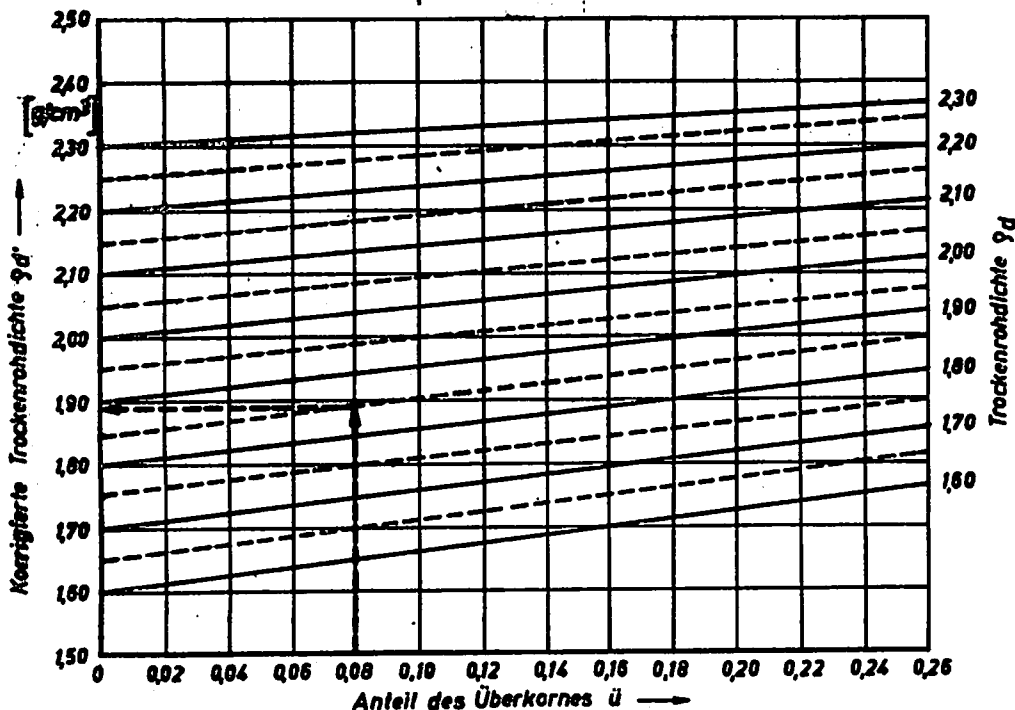
$$\rho_d' = \frac{\rho_s \cdot \rho_d}{\rho_s - \bar{u} \cdot (\rho_s - \rho_d)} \quad (6)$$

Der korrigierte Wassergehalt ist zu ermitteln aus

$$w' = w \cdot (1 - \bar{u}) \quad (7)$$

Für ρ_s ist die Reindichte des Überkornes einzusetzen.

Liegt ρ_s in den Grenzen von $2,62 \text{ g/cm}^3$ bis $2,68 \text{ g/cm}^3$, so darf mit ausreichender Genauigkeit
Bild 4 für die Ermittlung von ρ_d' benutzt werden.



Beispiel $\bar{u} = 0,08$; $\rho_d = 1,85 \text{ g/cm}^3$; $\rho_d' = 1,89 \text{ g/cm}^3$

Bild 4 Nomogramm zur Ermittlung der korrigierten Trocken-
rohddichte

6.4. Die Wertepaare $\rho_d - w$ oder, bei Überkornanteil, $\rho_d' - w'$ der Teilprüfungen sind im
doppellinearen Maßstab nach Bild 5 aufzutragen.
Die erhaltenen Punkte sind durch eine ausgleichende Kurve miteinander zu verbinden. Im
Gipfelpunkt der Kurve ergibt sich das Wertepaar Standarddichte ($\rho_{d,S}$) und optimaler Wasser-
gehalt (w_{opt}).

Ergeben sich bei gleichkörnigen nichtbindigen Lockergesteinen Kurven ohne ausgeprägten Gipfelpunkt, so darf w_{opt} nicht als Einzelwert für die Baupraxis angegeben werden. In den Prüfprotokollen ist in solchen Fällen auf das Verhalten der Standardverdichtungskurve besonders hinzuweisen.

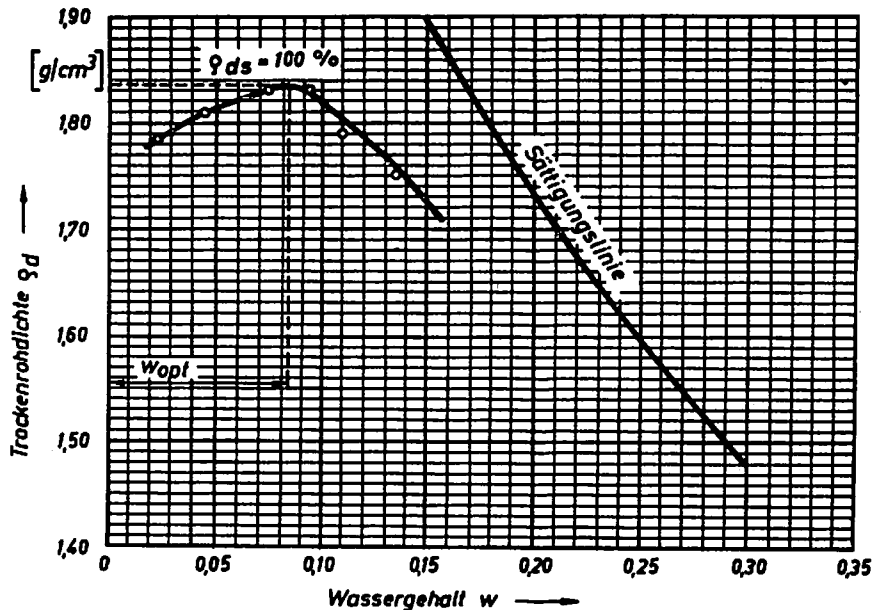


Bild 5 Darstellung der Standardverdichtungskurve

6.5. Zur Kontrolle der Standardverdichtungskurve ist in der doppellinearen Darstellung nach Bild 5 die Sättigungslinie einzutragen. Sie gibt für eine betrachtete Wasserzahl die durch weitere Verdichtung infolge vollständiger Austreibung der Porenluft zu erreichende Trockenrohdichte der Probe an. Die Kurve ist von der Reindichte (ρ_s) des Lockergesteins abhängig und ist nach Formel (8) zu ermitteln.

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{1 + w \cdot \rho_s / \rho_w} \quad (8)$$

Die zur Festlegung der Sättigungslinie erforderlichen Wertepaare dürfen für die vorkommenden Reindichten aus Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3

Reindichte (ρ_s) g/cm ³	Trockenrohdichten (ρ_d) bei einem Wassergehalt von					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
2,52	2,238	2,013	1,829	1,676	1,546	1,435
2,54	2,254	2,026	1,839	1,684	1,554	1,442
2,56	2,270	2,038	1,850	1,693	1,561	1,448
2,58	2,285	2,051	1,860	1,702	1,568	1,454
2,60	2,301	2,064	1,871	1,711	1,576	1,461
2,62	2,317	2,076	1,881	1,719	1,583	1,467
2,64	2,332	2,089	1,891	1,728	1,590	1,473
2,65	2,339	2,099	1,896	1,732	1,594	1,476
2,66	2,348	2,101	1,901	1,736	1,598	1,479
2,68	2,363	2,114	1,912	1,745	1,605	1,486
2,70	2,379	2,126	1,922	1,753	1,612	1,492
2,72	2,394	2,138	1,932	1,762	1,619	1,498
2,74	2,410	2,151	1,942	1,770	1,626	1,504
2,76	2,425	2,163	1,952	1,778	1,633	1,510

Zwischenwerte sind zu interpolieren.

Hinweise

Ersatz für TGL 11 462 Blatt 9 Ausg. 12.63

Änderungen gegenüber Ausg. 12.63: völlige Überarbeitung

Entstanden unter Berücksichtigung des Beschlusses der Ständigen Kommission Bauwesen im RGW vom Oktober 1965 "Gründungen von Bauwerken, Prüfungen an Lockergesteinsproben".

Gegenüber dem Beschluß des RGW wurden folgende Ergänzungen und Abweichungen vorgenommen:

Vergrößerung der zulässigen Korngröße von 1/20 auf 1/10 des Innendurchmessers vom Verdichtungszyliner

Ermittlung des Wassergehaltes bei nichtbindigen Lockergesteinen durch vorgegebene Porenwassermassen

Ermittlung des Wassergehaltes bei bindigen Lockergesteinen an unverdichteten Proben aus dem Aufbereitungsbehälter

Prüfgeräte und Prüfverfahren für Korngrößen, die nicht in der RGW-Empfehlung erfasst wurden.

Siebe; Prüfsiebbleche, Rundlochung, versetzt

siehe TGL 8252 Bl. 1

Baugrundmechanik; Formelzeichen

siehe TGL 11 459

- ; Prüfungen an Lockergesteinsproben im Laboratorium, Allgemeine Grundsätze

siehe TGL 11 462 Bl. 1

- ; - , Bestimmung des Wassergehaltes

siehe TGL 11 462 Bl. 2

- ; - , Bestimmung der Reindichte

siehe TGL 11 462 Bl. 5

- ; - , Bestimmung der Korngrößenverteilung

siehe TGL 11 462 Bl. 7

- ; Prüfungen im Laboratorium, Bestimmung der Wasserzahl und der Reindichte durch Luftpyknometerprüfung

siehe TGL 11 462 Bl. 14

Siebe; Prüfsiebgewebe, Abmessungen

siehe TGL 0-4188 Bl. 1

Für das maschinell betriebene Gerät der Firma Rauhut, Berlin, dürfen die in Tabelle 4 angegebenen Faktoren angewendet werden, sofern nicht durch Vergleichsprüfungen zwischen dem Standardgerät und dem maschinell betriebenen Gerät genauere Werte ermittelt werden. Hierbei liegen die Standardabweichungen der Prüfergebnisse beider Verfahren in der gleichen Größenordnung.

Tabelle 4

Korrigierte Werte	Faktoren K für systematische Abweichungen	
	nichtbindige Lockergesteine	bindige Lockergesteine
$w^* = w' \cdot K$	1,00	1,05
$\rho_d^* = \rho_d' \cdot K$	1,00	0,96

Hierin bedeuten die mit * gekennzeichneten Formelzeichen die in Bild 5 einzutragenden Wertepaare.