

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben
Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN
18123

ICS 93.020

Ersatz für
Ausgabe 1983-04

Deskriptoren: Baugrund, Bodenprobe, Korngrößenverteilung, Bestimmung, Bauwesen

Soil, Investigation and testing – Determination of grain-size distribution

Sol, Reconnaissance et essai – Analyse granulométrique

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	6.5 Ermittlung der Kennwerte für das Aräometer ...	4
1 Anwendungsbereich	2	6.5.1 Geometrische Beziehungen	4
2 Normative Verweisungen	2	6.5.2 Korrektur der Aräometerablesung	4
3 Definitionen	2	6.6 Probemenge	6
3.1 Korngrößenverteilung	2	6.7 Vorbereitung der Bodenprobe	6
3.2 Siebung	2	6.8 Durchführung	6
3.3 Sedimentation	2	6.9 Verhindern der Koagulation	6
4 Bezeichnung	2	6.10 Ermittlung der Trockenmasse	6
5 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung	2	6.10.1 Eindampfen	6
5.1 Anwendungsbereich	2	6.10.2 Pyknometermethode	6
5.2 Geräte	2	6.10.3 Tauchwägung	7
5.3 Probemenge	2	6.10.4 Probenteilung	7
5.4 Durchführung der Siebung	3	6.11 Auswertung	7
5.4.1 Trockensiebung	3	7 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation	8
5.4.1.1 Handsiebung	3	7.1 Anwendungsbereich	8
5.4.1.2 Maschinensiebung	3	7.2 Verfahren	8
5.4.1.3 Siebverlust	3	7.2.1 Siebung nach der Sedimentation	8
5.4.2 Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile	3	7.2.2 Siebung vor der Sedimentation	8
5.5 Auswertung	3	7.3 Durchführung und Auswertung	8
6 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sedimentation	3	7.3.1 Siebung nach der Sedimentation	8
6.1 Anwendungsbereich	3	7.3.2 Siebung vor der Sedimentation	8
6.2 Grundlagen	3	8 Meßunsicherheit	8
6.3 Verfahren	3	9 Darstellung der Ergebnisse	9
6.4 Geräte	3	10 Anwendungsbeispiele	9
		Anhang A (informativ) Literaturhinweise	11

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. im Arbeitsausschuß 05.03.00 "Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte" erarbeitet. Sie berücksichtigt die CEN/CENELEC-Regeln bzw. die Teile von DIN 820.

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe April 1983 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Das Vorwort wurde neu eingeführt.
- Die Änderungen und die früheren Ausgaben werden zu Beginn der Norm genannt.
- Die zitierten Normen sind aufgeteilt in "Normative Verweisungen" und als Abschnitt 2 in die Norm eingefügt, der Rest als Anhang A (informativ) als Literaturhinweis angefügt.
- Es wurden Formeln und Ergänzungen zur Auswertung aufgenommen.
- Das Inhaltsverzeichnis wurde um die Unterabschnitte erweitert.
- Im Text wird der Begriff "Abschnitt" nur noch bei den Hauptabschnitten und nicht mehr allgemein benutzt.
- Die Tabellen haben eine eigene Numerierung erhalten.
- Die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 18123: 1970-03, 1971-06, 1983-04

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1 Anwendungsbereich

Die Festlegungen dieser Norm werden angewendet im Erd-, Wasser- und Verkehrsbau als Grundlage für die Benennung und Klassifizierung von Böden, siehe DIN 4022-1 und DIN 18196.

Die Korngrößenverteilung beschreibt den Boden aufgrund einer mittleren geometrischen Ausdehnung seiner Bestandteile und deren Massenanteile. Sie dient als Grundlage für Beurteilungs- und Anwendungskriterien von Böden. Sie läßt Rückschlüsse auf bestimmte bodenmechanische Eigenschaften zu.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 4022-1

Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels – Teil 1: Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernteten Proben im Boden und im Fels

DIN 12336

Laborgeräte aus Glas – Abdampfschalen mit flachem Boden

DIN 12348

Laborgeräte aus Glas – Rundkolben und Stehkolben mit Kegelhülse, Kegel 1:10

DIN 12445

Laborgeräte aus Glas – Trichter mit kurzen Stiel

DIN 12775

Laborgeräte aus Glas – Laborthermometer, Skalenwerte 0,1 °C, 0,2 °C und 0,5 °C

DIN 18122-1

Baugrund – Untersuchung von Bodenproben, Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

DIN 18124

Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung der Korndichte – Kapillarpiknometer – Weithalspiknometer

DIN 18196

Erd- und Grundbaubau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 19683-4

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Physikalische Laboruntersuchungen – Teil 4: Bestimmung des Wassergehalts des Bodens

DIN 66115

Partikelgrößenanalyse – Sedimentationsanalyse im Schwerfeld – Pipette-Verfahren

DIN ISO 3310-1

Analysensiebe – Anforderungen und Prüfungen – Teil 1: Analysensiebe mit Metalldrahtgewebe (ISO 3310-1:1990)

DIN ISO 3310-2

Analysensiebe – Anforderungen und Prüfung – Teil 2: Analysensiebe mit Lochblechen (ISO 3310-2:1990)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Korngrößenverteilung: Die Korngrößenverteilung gibt die Massenanteile der in einer Bodenart vorhandenen Körnungsgruppen an.

3.2 Siebung: Die Siebung ist die Trennung eines Bodens in Körnungsgruppen mit Hilfe von Prüfsieben. Die durch Siebe ermittelten Korngrößen werden nach der Lochweite der Quadratlochsiebe oder Maschenweite der Siebgewebe benannt, durch die sie zuletzt gefallen sind. Diese Weite wird als Korngröße oder Korndurchmesser bezeichnet.

3.3 Sedimentation: Die Sedimentation ist das Absinken von Körnern eines Bodens in einer Flüssigkeit. Die unterschiedliche Sinkgeschwindigkeit führt zur Trennung der Korngrößen. Die durch die Sedimentation ermittelten Korngrößen werden nach dem gleichwertigen Durchmesser bezeichnet, d.h. nach dem Durchmesser von Kugeln gleicher Dichte, die beim Sedimentieren mit der gleichen Geschwindigkeit zu Boden sinken.

4 Bezeichnung

Bezeichnung der Untersuchung einer Bodenprobe zur Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung nach Abschnitt (5):

Versuch DIN 18123 – 5

5 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung

5.1 Anwendungsbereich

Die Korngrößenverteilung im Boden mit Korngrößen über 0,063 mm wird durch Trennen der vorhandenen Korngruppen durch Siebung bestimmt. Erhält der zu untersuchende Boden keine Korngrößen unter 0,063 mm, dann wird die Trockensiebung angewandt. Bei Böden, die auch Anteile von Korngrößen unter 0,063 mm enthalten, wird die Korngrößenverteilung durch Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile ermittelt.

5.2 Geräte

Ein Satz Siebe von mindestens 200 mm Durchmesser, und zwar:

- Analysensiebe mit Metalldrahtgewebe nach DIN ISO 3310-1
Maschenweite: 0,063 mm, 0,125 mm, 0,25 mm, 0,4 mm¹⁾, 0,5 mm, 1,0 mm, 2,0 mm;
- Analysensiebe mit Quadratlochblechen nach DIN ISO 3310-2
Lochweiten: 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm, 63 mm;
- weitere Siebe nach Bedarf,
- Deckel,
- Auffanggefäß,
- Bottich (bei nassem Abtrennen der Feinteile),
- Waage mit einer Fehlergrenze kleiner als 0,1 % der Probemenge,
- Trocknungssofen oder andere Trocknungsanlage,
- Bürste mit Stiel.

5.3 Probemenge

Die Probemenge soll einen kennzeichnenden Durchschnitt des zu untersuchenden Bodens darstellen und ist dem darin enthaltenen Größtkorn anzupassen.

¹⁾ Dieses Sieb wird nur zur Korntrennung für die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1 benötigt.

Die Probemengen betragen:

Tabelle 1: Probemenge

bei geschätztem Größtkorn der Bodenprobe in mm	Probemenge in g mindestens
2	150
5	300
10	700
20	2000
30	4000
40	7000
50	12000
60	18000

Bei großen Probemengen ergeben sich in der Regel große Siebdurchgänge. Um den Arbeitsumfang in erträglichen Grenzen zu halten, können bei großen Probemengen aus dem Siebdurchgang kleinere, kennzeichnende Teilproben nach Tabelle 1 zur weiteren Siebung entnommen werden.

5.4 Durchführung der Siebung

5.4.1 Trockensiebung

Die Probe wird im Trocknungssofen bei 105 °C getrocknet, nach Abkühlen auf 0,1 % der Probemenge gewogen (Einwaage) und durch den aufeinandergesetzten Siebsatz gesiebt. Werden die Siebrückstände bei den in 5.2 genannten Siebweiten in weniger als drei Sieben aufgefangen, so sind im Bedarfsfall weitere Siebe einzuschalten.

Das Sieben kann von Hand oder mit einer Siebmaschine vorgenommen werden.

5.4.1.1 Handsiebung

Bei der Handsiebung wird zweckmäßig eine Aufhängevorrichtung benutzt. Es werden vorwiegend waagerechte Schüttelbewegungen ausgeführt. An den Sieben mit Maschenweiten kleiner als 0,5 mm ist die Korntrennung durch Einzelsiebung unter Zuhilfenahme einer weichen Bürste (Nachsiebung) nachzuweisen.

Die Massen der Rückstände auf den einzelnen Sieben und in der Auffangschale werden einschließlich des Durchganges beim Nachsieben auf 0,1 % der Probemenge ermittelt.

5.4.1.2 Maschinensiebung

Bei Maschinensiebung ist in der Regel eine Siebdauer von 10 Minuten erforderlich. An den Sieben mit Maschenweite kleiner als 0,5 mm ist die Korntrennung durch Einzelsiebung von Hand nachzuweisen.

Die Massen der Rückstände werden nach 5.4.1.1 ermittelt.

5.4.1.3 Siebverlust

Der Massenunterschied zwischen der Einwaage und der Summe der Rückstände soll nicht mehr als 1 % der Einwaage betragen. Ist der Massenunterschied größer, dann muß die Siebung mit einer neuen Probe wiederholt werden.

5.4.2 Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile

Die Probe wird im Trocknungssofen bei 105 °C bis zur Massenkonstanz getrocknet, nach Abkühlen auf 0,1 % ihrer Masse gewogen und in einem Bottich mit Wasser vermengt. Zum Lösen der Feinteilchen von den größeren Körnern wird das Gemenge von Hand bearbeitet. Nach kräftigem Durchrühren wird die Aufschlämmung durch ein Sieb

mit Maschenweite 0,063 mm oder 0,125 mm (Feinsieb) gewaschen. Der Siebdurchgang wird in einem Gefäß aufgefangen, der Siebrückstand zum Ausgangsmaterial im Bottich zurückgegeben. Nach erneuter Wasserzugabe wird der Vorgang so oft wiederholt, bis die abgegossene Flüssigkeit keine Trübung mehr zeigt.

ANMERKUNG: Zum Schutz der Feinsiebgewebe ist es zweckmäßig, über dem Feinsieb ein Sieb mit 1 mm Maschenweite anzuordnen. Die Wasserzugabe soll bei den einzelnen Arbeitsvorgängen möglichst sparsam gehandhabt werden.

Das vom Feinkorn befreite Grobkorn einschließlich des letzten Siebrückstandes wird getrocknet und nach 5.4.1 trocken gesiebt. Der Siebdurchgang durch das Feinsieb wird bei 105 °C bis zur Massenkonstanz getrocknet und gewogen.

5.5 Auswertung

Die Masse der Rückstände auf den einzelnen Sieben und in der Auffangschale wird in Prozente der Summe dieser Trockenmassen und diese in die entsprechenden Siebdurchgänge umgerechnet. Die Siebdurchgänge werden – wie in Abschnitt 9 erläutert – in einem Diagramm zeichnerisch dargestellt.

6 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sedimentation

6.1 Anwendungsbereich

Durch die Sedimentation wird die Korngrößenverteilung der Kornanteile unter 0,125 mm bestimmt. Teilchen mit Korngrößen kleiner als 0,001 mm können durch dieses Verfahren nicht weiter unterteilt werden.

6.2 Grundlagen

Verschieden große Körner sinken im stehenden Wasser mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Der Zusammenhang zwischen Korngröße, Dichte und Sinkgeschwindigkeit wird durch das Gesetz von Stokes angegeben. Da dieses Gesetz für kugelförmige Körper gilt, werden bei seiner Anwendung für die Körner natürlicher Böden nur gleichwertige Korndurchmesser ermittelt (siehe 3.3).

6.3 Verfahren

Zur Korntrennung wird die Bodenprobe im Wasser zu einer Suspension aufgerührt und diese in einem Standglas sich überlassen. Durch das je nach Korngröße unterschiedlich schnelle Absinken der Körner verändert sich dabei zeitlich die Verteilung der Korngröße und damit auch die Verteilung der Dichte in der Suspension über die Höhe des Standglases. Zum Messen dieser Veränderung und zur Ermittlung der Massenanteile der Korngrößen sind das Aräometer-Verfahren, das Pipettverfahren Köhn (siehe DIN 19683-4) und das Verfahren nach Andreasen (siehe DIN 66115) gebräuchlich. In der Bodenmechanik wird das Aräometer-Verfahren nach Bouyoucos-Casagrande bevorzugt, das im folgenden beschrieben wird.

Bei dem Aräometer-Verfahren wird die Dichte der Suspension mit einem Aräometer in zweckmäßig festgelegten Zeitabständen (siehe 6.8) gemessen. Aus den Suspensionsdichten und den Eintauchtiefen des Aräometers wird die Korngrößenverteilung berechnet.

6.4 Geräte

- Aräometer nach Bild 1 bei 20 °C geeicht,
- Bereich von $\rho = 0,995 \text{ g/cm}^3$ bis $1,030 \text{ g/cm}^3$,
- Teilung $0,0005 \text{ g/cm}^3$;

- Meßzylinder ohne Ausguß,
60 mm lichter Durchmesser,
440 mm Höhe, Meßmarke bei 1000 cm³;
- Wasserbad für die Meßzylinder, wenn im Prüfraum große Temperaturschwankungen zu erwarten sind;
- Feinthermometer 0 °C bis 50 °C mit einer 0,1 °C-Teilung nach DIN 12775;
- Rührgerät;
- Trocknungsofen;
- Präzisionswaage mit einer Fehlergrenze kleiner als 0,1 g;
- Stoppuhr;
- Spatel;
- verschließbare Flasche mit einer Stammlösung von Natriumpyrophosphat als Dispergierungsmittel (20,0 g Na₄P₂O₇ · 10 H₂O je 1000 cm³ destilliertes Wasser anzusetzen).
- Für die Ermittlung der Trockenmasse je nach Verfahren: Eindampfungsvorrichtung;
- Abdampfschalen nach DIN 12336, 115 mm und 190 mm Außendurchmesser;
- Kolben nach DIN 12348, etwa 250 cm³ Nennvolumen, mit Glasstopfen;
- Weithalsflasche, etwa 500 cm³ Inhalt, mit Kapillarschloß;
- Trichter nach DIN 12445.

6.5 Ermittlung der Kennwerte für das Aräometer

Da die in Bild 1 festgelegten Maße des Aräometers und der Meßzylinder vom Hersteller nicht genau eingehalten werden können, müssen die Kennwerte eines jeden Aräometers vor seiner Verwendung ermittelt werden.

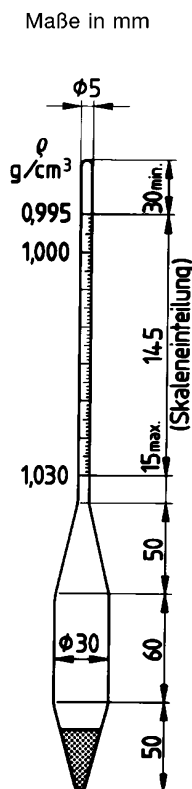


Bild 1: Aräometer

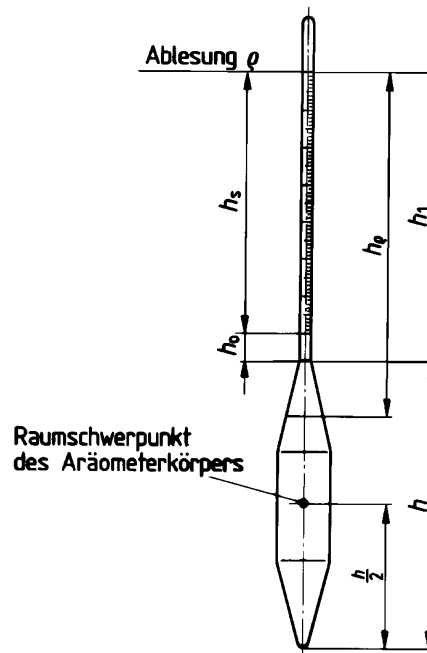


Bild 2: Kennwertermittlung

6.5.1 Geometrische Beziehungen

Die den Aräometerablesungen entsprechenden Höhen h_e in cm, (siehe Bild 2) sind zu errechnen aus:

$$h_e = h_s + h_0 + \frac{1}{2} \left(h - \frac{V_A}{A_Z} \right)$$

Die Gleichung gilt nur für symmetrische Aräometerkörper. Hierin bedeutet:

- h die Höhe, in cm, des Aräometers bis zum Ansatz des Stengels;
- h_0 der Abstand, in cm, zwischen dem Ansatz des Stengels und dem unteren Ende der Skala;
- h_s der Abstand, in cm, zwischen dem unteren Ende der Skala und der Ablesung
= 4142,8 (1,03 – ρ) in mm; ρ siehe Bild 3;
- V_A Inhalt des Aräometers, in cm³;
- A_Z Querschnittsfläche des Meßzylinders, in cm².

Die den Höhen h_e entsprechenden Ablesungen wären nun in dem Nomogramm nach Bild 3 auf der rechten Seite der Leiter $h_e/R, \rho$ aufzutragen. Beim Auswerten des Versuches (siehe 6.11) wird aber zweckmäßigerweise nicht mit einer Ablesung ρ , sondern mit dem Hilfwert R nach der Zahlenwertgleichung $R = (\rho - 1) \cdot 10^3$ gerechnet (ρ ist darin in g/cm³ einzusetzen).

Es empfiehlt sich deshalb, auf der rechten Seite der Leiter $h_e/R, \rho$ des Nomogramms nach Bild 3 die Zahlenwerte R einzutragen. Die Leiter der Werte R ist entsprechend der Aräometerteilung unter Berücksichtigung der Meniskuskorrektur C_m nach 6.5.2 $R = R' + C_m$ zu unterteilen.

6.5.2 Korrektur der Aräometerablesung

Beim Versuch wird das Aräometer am oberen Meniskusrand abgelesen (ρ' bzw. R'); die Skala des Aräometers gilt jedoch für den ebenen Wasserspiegel. Deshalb ist der Ablesung eine Meniskuskorrektur zuzuzählen. Außerdem ist die Dichte des Wassers durch Zugabe eines Dispergierungsmittels (siehe 6.9) etwas größer als die von destilliertem Wasser²⁾.

²⁾ Unter destilliertem Wasser wird hier auch durch Ionenaustausch gereinigtes Wasser verstanden.