

Fachbereich  
**FSB**  
Bauwesen

*Baugrundmechanik*  
*Prüfungen an Lockergesteinsproben im Laboratorium*  
*Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit*

(2)  
**TGL**  
11 462  
Blatt 11  
Gruppe 717

Zur Anwendung empfohlen

Dieser Standard gilt für die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Erdstoffen im Falle laminarer Wasserströmung nach dem Darcyschen Gesetz.

Dieser Standard gilt nicht für Durchlässigkeitsversuche in Ödometern.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Allgemeines	1
2. Prüfverfahren für nichtbindige Erdstoffe	2 bis 4
3. Prüfverfahren für bindige Erdstoffe	5 bis 6

### 1. Allgemeines

Die Durchlässigkeit wird ausgedrückt durch den Durchlässigkeitsbeiwert ( $k$ ); dieser ist eine empirische Kennzahl, die das lineare Verhältnis der Filtergeschwindigkeit zum piezometrischen Gefälle für den Bereich der laminaren Strömung nach Darcy bei vollständiger Wassersättigung des Erdstoffes darstellt. Unter Filtergeschwindigkeit versteht man den Wasserdurchfluß, bezogen auf die Einheit des Querschnittes der Erdstoffprobe

$$\left[ \frac{m^3}{s} \cdot \frac{1}{m^2} \right]$$

Wird der Durchlässigkeitsbeiwert an nicht voll wassergesättigten Proben bestimmt, so ist dieser unter Angabe des Sättigungsgrades zu kennzeichnen.

Die Wasserdurchlässigkeit eines Erdstoffes ist außer von den physikalischen Eigenschaften des Probenmaterials, auch von denen des durchströmenden Wassers abhängig. Bei ihrer Bestimmung ist die Veränderlichkeit der kinematischen Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur wie folgt zu berücksichtigen:

$$k_1 \cdot \nu_1 = k_2 \cdot \nu_2 = \dots = k_n \cdot \nu_n = \text{const.}$$

Darin bedeuten:

$$k_n = \text{Wasserdurchlässigkeitsbeiwert bei der Temperatur } t_n$$

$$\nu_n = \text{kinematische Viskosität bei der Temperatur } t_n$$

Die Durchlässigkeitsuntersuchungen sind bei nichtbindigen Erdstoffen mit Durchströmung unter gleichbleibenden Zu- und Abflußdruckhöhen und bei bindigen Erdstoffen mit Durchströmung unter gleichbleibenden Zu- und Abflußdruckhöhen oder Durchströmung bei fallender Zuflußdruckhöhe infolge freier Absenkung und gleichbleibender Abflußdruckhöhe durchzuführen.

Vorzugsweise ist die Methode mit gleichbleibenden Zu- und Abflußdruckhöhen anzuwenden, weil bei stationärer Strömung die Meßzeiträume beliebig lang gewählt werden können, wodurch die Genauigkeit der Ergebnisse erhöht wird.

Fortsetzung Seite 2 bis 6

Bestätigt am 14. März 1967

Ministerium für Bauwesen, Berlin

## 2. Prüfverfahren für nichtbindige Erdstoffe

### 2.1. Versuchseinrichtung

Alle Teile, die mit Wasser in Berührung kommen, müssen aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Für die Messung der Wassertemperatur müssen entsprechende Meßstellen vorhanden sein.

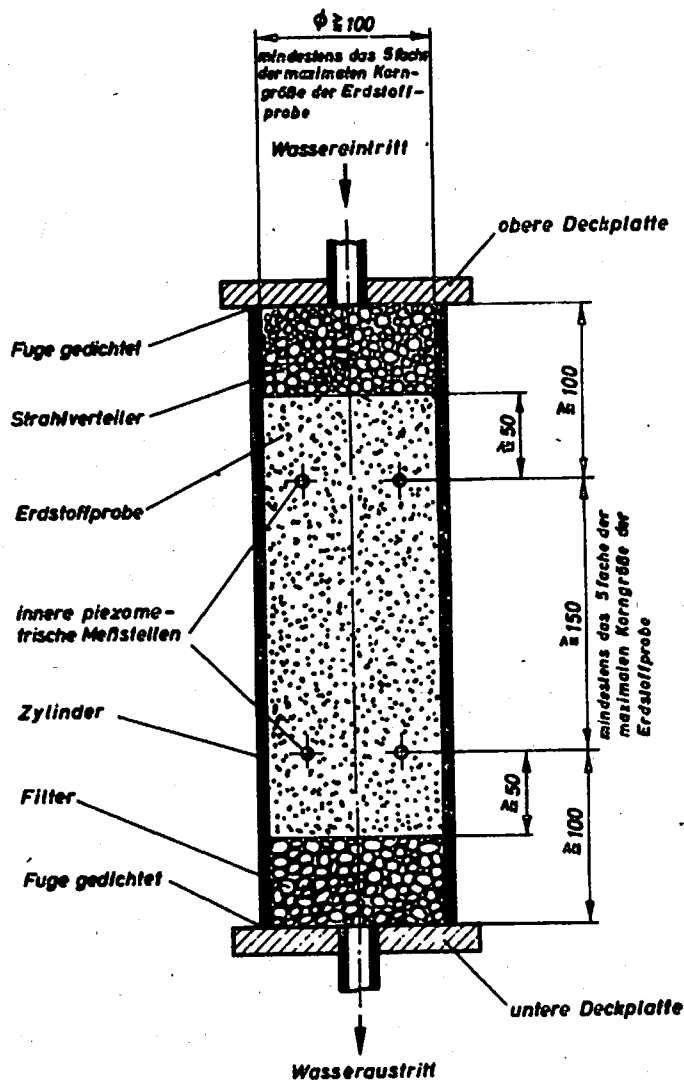
Die Versuchseinrichtung muß so beschaffen sein, daß während der Dauer der Messung die gleichmäßige Zufuhr von möglichst luftfreiem Wasser vorzugsweise gleicher Temperatur unter gleichbleibendem Druck gewährleistet ist.

An den Hochpunkten der Versuchseinrichtung, insbesondere des Prüfgerätes, müssen Entlüfter vorhanden sein.

Die Versuchseinrichtung muß aus folgenden Teilen bestehen:

#### 2.1.1. Prüfgerät nach Bild 1

*Nicht angegebene Einzelheiten sind zweckentsprechend zu wählen.*



#### Hauptteile:

Zylindrische Hülse aus durchsichtigem Material  
 obere und untere Deckplatte mit Wasserein- und Wasseraustritt

Die in der unteren Deckplatte befindliche Wasserausflußöffnung ist durch ein Siebfilter abzudecken. Der Ein- und Auslauf sind strömungsgünstig zu gestalten.

### piezometrische Meßvorrichtung

Die in der Probe befindlichen Enden der piezometrischen Meßstellen von mindestens 3 mm lichter Weite sind durch geeignete Vorkehrungen, z. B. feine Siebgaze, Leinentuch, gegen das Eindringen von Sandkörnern zu schützen. Sie sind mit Standrohren nach Abschnitt 2.1.4. zu verbinden.

Die Versuchsanlage muß so eingerichtet sein, daß sich der Unterwasserspiegel mindestens 50 mm oberhalb der Probenkante befindet.

Vor Inbetriebnahme der Versuchseinrichtung und in betrieblich festzulegenden Zeitabständen sind folgende Werte zu bestimmen:

- mittlere lichte Querschnittsfläche des Zylinders
- mittlere Länge des Zylinders
- mittlere Länge der piezometrischen Meßstrecken.

#### 2.1.2. Vorrichtung zum Konstanthalten von Ober- und Unterwasserspiegel

#### 2.1.3. Vorratsgefäß mit Einrichtung zur Temperierung und Entlüftung des Wassers

#### 2.1.4. Standrohre mit mm-Teilung

#### 2.1.5. Meßgefäße

#### 2.1.6. Stoppuhr

#### 2.1.7. Thermometer

### 2.2. Versuchsvorbereitung und Probeneinbau

Für die Durchführung eines Versuches wird an Erdstoffmaterial ungefähr die doppelte Menge des Inhaltes des Prüfgerätes benötigt.

Die zulässige maximale Korngröße des einzubauenden Probenmaterials darf 0,2 des lichten Gerätedurchmessers betragen, jedoch ist ein Überkornanteil von höchstens 25 % der Gesamttrockenmasse zulässig.

Beim Einbau der Proben soll eine gleichmäßige Lagerungsdichte innerhalb des Zylinders erreicht werden.

Der Einbau der Probe ist möglichst unter Wasser vorzunehmen, um Luft einschließen zu vermeiden. Ist das nicht möglich, so ist durch geeignete Maßnahmen, z. B. Aufbringen eines Vakuums auf die Probe, zu gewährleisten, daß keine Luftporen in der Probe verbleiben. Bei Durchströmung der Probe von unten nach oben, also entgegen der in Bild 1 angegebenen Richtung, ist die Probe im Prüfgerät zu verspannen.

Nach Einbau der Probe ist die Porenzahl ( $e$ ) zu bestimmen.

Das Erdstofffilter ist so aufzubauen - gegebenenfalls mehrstufig -, daß seine Durchlässigkeit mindestens das 100fache der Durchlässigkeit des zu untersuchenden Erdstoffes beträgt und Erosionen der Erdstoffprobe nicht auftreten. Die Verhältnisse der Durchlässigkeiten gelten auch für den Strahlverteiler.

Vor Beginn des Versuches ist die Versuchseinrichtung zu entlüften.

### 2.3. Versuchsdurchführung

Die Durchflußmessungen sind mindestens 3 mal bei gleicher Porenzahl durchzuführen.

Zur Feststellung der Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Porenzahl ( $e$ ) sind mindestens 3 Einzelversuche mit jeweils verschiedenem  $e$  durchzuführen.

Jeder Versuch ist mit einer Einlaufzeit zu beginnen, während der die Durchflußmenge nicht gemessen wird; dabei ist der Wasserdruck langsam zu erhöhen. Die Einlaufzeit gilt als beendet, wenn das Druckgefälle einen gleichbleibenden Wert erreicht hat, die Einlauf- und Auslauftemperatur konstant ist und das Wasser keine Trübung aufweist. Die Temperatur des Wassers darf 5 °C bis 30 °C betragen und ist bei jeder Durchflußmessung einzeln zu registrieren. Die während der Meßzeit durchgelaufene Wassermenge ist in Meßgefäßen aufzufangen; die Mengemessung hat mit einer Genauigkeit von  $\pm 3\%$  zu erfolgen, die Meßzeit ist mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  Sekunde zu ermitteln.

### 3.2. Versuchsvorbereitung und Probeneinbau

Der Versuch darf mit gestörten und ungestörten Erdstoffproben durchgeführt werden. Die Porenzahl (  $e$  ) der Erdstoffproben ist zu bestimmen. Die Mindestabmessungen der zylindrischen Probe sind aus Bild 2 zu entnehmen.

Es ist eine Randabdichtung vorzunehmen; das Material dafür muß leicht einbaufähig sein, dicht an Zylinder und Erdstoff anschließen, darf jedoch nicht in Erdstoffprobe oder Filter eindringen. Die Durchlässigkeit der Randabdichtung muß mindestens 100fach kleiner sein als die der Erdstoffprobe.

Das Erdstofffilter ist so aufzubauen - gegebenenfalls mehrstufig -, daß seine Durchlässigkeit mindestens das 100fache der Durchlässigkeit des zu untersuchenden Erdstoffes beträgt und Erosionen der Erdstoffprobe nicht auftreten. Die Verhältnisse der Durchlässigkeiten gelten auch für den Strahlverteiler.

Vor Beginn des Versuches ist die Versuchseinrichtung zu entlüften.

### 3.3. Versuchsdurchführung

Jeder Versuch ist mit einer Einlaufzeit zu beginnen, dabei ist die Abflußmenge zu kontrollieren. Stimmt diese mit der Einlaufmenge überein, gilt die Einlaufzeit als beendet. Der aufgebrauchte Wasserdruck ist so groß zu wählen, daß innerhalb von 24 Stunden mindestens  $10 \text{ cm}^3$  durchfließen. Eine Verdunstung des aufgefangenen Wassers ist zu verhindern. Während des Versuches ist die Wassertemperatur zu messen.

Bei Versuchen mit fallender Druckhöhe muß der Druckhöhenunterschied zu Beginn des Versuches mindestens 500 mm und bei Beendigung des Versuches noch mindestens 100 mm betragen. Die Absenkgeschwindigkeit im Standrohr darf nicht größer als 10 mm/min sein.

Die Meßzeit ist mit einer Genauigkeit von  $\pm 1 \text{ min}$  zu ermitteln.

Die Mengemessung hat mit einer Genauigkeit von  $\pm 3 \%$  zu erfolgen.

### 3.4. Probenausbau

Nach Beendigung des Versuches ist der Sättigungsgrad der Probe zu ermitteln.

Die Probe ist aufzuschneiden und auf Steineinschlüsse und bevorzugte Stromkanäle zu prüfen.

### 3.5. Versuchsauswertung

Für die Auswertung der Durchlässigkeitsversuche mit konstanter Druckhöhe gilt Abschnitt 2.4.

Bei der Auswertung von Versuchen mit fallender Druckhöhe ist der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert wie folgt zu berechnen:

$$k = \frac{f \cdot l}{F \cdot t} \ln \frac{h_A}{h_B} = 2,3 \frac{f \cdot l}{F \cdot t} \lg \frac{h_A}{h_B} \quad [\text{m/s}] \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

$f$  = mittlerer Querschnitt des Standrohres in  $\text{cm}^2$

$F$  = mittlerer Querschnitt der Erdstoffprobe senkrecht zur Fließrichtung in  $\text{cm}^2$

$l$  = Länge der Erdstoffprobe in m

$t$  = Meßzeit in s

$h_A$  = Anfangsdifferenz zwischen Höhe des Wasserspiegels im Standrohr und Auslaufniveau in cm

$h_B$  = Enddifferenz zwischen Höhe des Wasserspiegels im Standrohr und Auslaufniveau in cm

Für die Berücksichtigung der Temperatur und die Angabe des  $k$ -Wertes gilt Abschnitt 2.4.

### Hinweise

Baugrundmechanik;

Baugrunduntersuchungen,

Prüfungen im Laboratorium, Bestimmung der Wassersahl

-; -, -, Bestimmung der Zustandsgrenzen

-; -, -, Bestimmung der Reindichte und Reinwichte

-; Prüfungen im Laboratorium, Korngrößenverteilung

-; -, Proctorprüfung

siehe TGL 11 462 Blatt 2

siehe TGL 11 462 Blatt 3

siehe TGL 11 462 Blatt 5

siehe TGL 11 462 Blatt 7

siehe TGL 11 462 Blatt 9