

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte  
**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts**  
 Laborversuche

**DIN**  
**18 130**  
 Teil 1

Soil, testing procedures and testing equipment; determination of the coefficient of water permeability; laboratory tests

Ersatz für Ausgabe 11.83

Sol, méthodes et appareils d'essais; détermination du coefficient de perméabilité à l'eau; essais de laboratoire

Diese Norm ist das Beratungsergebnis eines gemeinsamen Ausschusses des Fachbereichs Baugrund des Normenausschusses Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.

### Inhalt

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich und Zweck</b> .....	2	<b>8 Untersuchung in der Triaxialzelle</b> .....	10
<b>2 Begriffe</b> .....	2	8.1 Bodenarten .....	10
2.1 Durchfluß .....	2	8.2 Versuch mit isotroper statischer Belastung .....	10
2.2 Filtergeschwindigkeit .....	2	8.3 Versuch mit anisotroper statischer Belastung des Probekörpers und Sättigungsdruck .....	11
2.3 Standrohrspiegelhöhe .....	2	<b>9 Untersuchung bei Sättigungsdruck und bei im Verhältnis zum Porenwasserdruck kleinem Unterschied der Standrohrspiegelhöhen</b> .....	11
2.4 Hydraulischer Höhenunterschied .....	2	9.1 Bodenarten .....	11
2.5 Hydraulisches Gefälle .....	2	9.2 Geräte .....	11
2.6 Durchlässigkeitsbeiwert .....	2	9.3 Anordnung .....	11
2.7 Durchlässigkeitsbereiche .....	2	9.4 Durchführung .....	12
<b>3 Bezeichnung</b> .....	2	<b>10 Untersuchung im Standrohrgerät mit veränderlichem hydraulischen Gefälle</b> .....	14
<b>4 Versuchsgrundlagen</b> .....	2	10.1 Bodenarten .....	14
4.1 Allgemeines .....	2	10.2 Geräte .....	14
4.2 Korngröße, Korngrößenverteilung und Korngefüge .....	3	10.3 Anordnung .....	14
4.3 Verdichtungszustand .....	3	10.4 Durchführung .....	14
4.4 Beschaffenheit des Wassers .....	3	10.5 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts .....	14
4.5 Sättigungszahl .....	3	<b>11 Auswertung der Versuche</b> .....	14
4.6 Hydraulisches Gefälle .....	4	11.1 Versuch mit konstantem hydraulischen Gefälle .....	14
4.7 Temperatur .....	4	11.2 Versuch mit veränderlichem hydraulischen Gefälle .....	14
4.8 Probenabmessungen .....	4	11.3 Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwerts von der Porenzahl .....	15
<b>5 Versuchsanordnungen</b> .....	4	11.4 Versuchsergebnisse .....	15
5.1 Erzeugung des hydraulischen Gefälles .....	4	<b>12 Anwendungsbeispiele</b> .....	15
5.2 Strömungsrichtungen .....	5	12.1 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines gemischtkörnigen Bodens nach Abschnitt 6 .....	15
5.3 Messung der Standrohrspiegelhöhen .....	5	12.2 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines grobkörnigen (nichtbindigen) Bodens nach Abschnitt 7 .....	16
5.4 Messung der durchströmenden Wassermenge .....	5	12.3 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines gemischtkörnigen Bodens nach Abschnitt 8 .....	16
5.5 Verhinderung der Umläufigkeit .....	5	12.4 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines feinkörnigen Bodens nach Abschnitt 9 .....	17
5.6 Sättigung .....	6	12.5 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines grobkörnigen Bodens nach Abschnitt 10 .....	18
5.7 Spannungszustände des Probekörpers .....	6	<b>Zitierte Normen</b> .....	18
5.8 Auswahl der Versuchsanordnung .....	6		
<b>6 Untersuchung mit statischer Belastung des Probekörpers im Kompressions-Durchlässigkeitsgerät</b> .....	6		
6.1 Bodenarten, Probengröße .....	6		
6.2 Geräte .....	6		
6.3 Anordnung .....	6		
6.4 Durchführung .....	6		
<b>7 Untersuchung im Versuchszylinder mit Standrohren und konstantem hydraulischen Gefälle</b> .....	8		
7.1 Bodenarten .....	8		
7.2 Geräte .....	8		
7.3 Anordnung .....	8		
7.4 Durchführung .....	9		

Fortsetzung Seite 2 bis 18

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für die Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit von Böden (Lockergestein) durch Laborversuche (im folgenden kurz: Durchlässigkeit). Die Versuchsergebnisse werden im Grund- und Erdbau angewendet. Sie sind Grundlage z. B. für die Berechnung von Grundwasserströmungen und zur Beurteilung der Durchlässigkeit von künstlich hergestellten Dichtungs- oder Filterschichten.

## 2 Begriffe

### 2.1 Durchfluß

Der Durchfluß  $Q$  ist diejenige Wassermenge, die in der Zeit aus einer Querschnittsfläche  $A$  (Feststoffe und Poren) eines Probekörpers austritt (siehe Bild 1):

$$Q = \frac{V_w}{t} \quad (1)$$

$V_w$  Wasservolumen, das in der Zeit  $t$  aus dem Querschnitt  $A$  austritt.

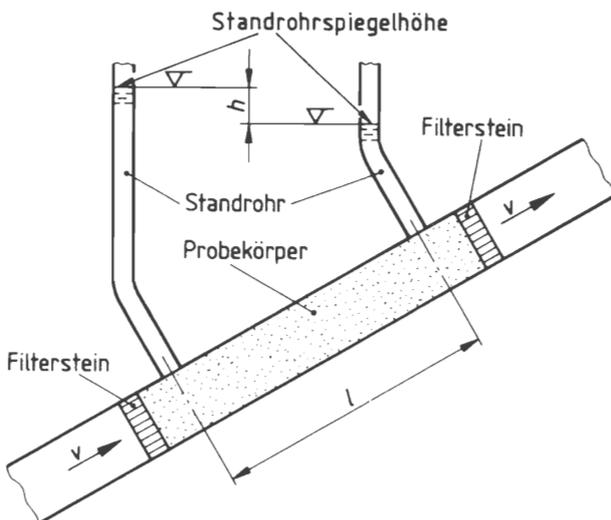


Bild 1. Strömungsvorgang in einer Bodenprobe

### 2.2 Filtergeschwindigkeit

Die Filtergeschwindigkeit  $v$  ist der Durchfluß in der Fläche  $A$  senkrecht zur Fließrichtung:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

### 2.3 Standrohrspiegelhöhe

Die Standrohrspiegelhöhe in einem bestimmten Querschnitt ist diejenige Wasserspiegelhöhe, die sich während des Strömungsvorganges in einem – wirklichen oder gedachten – genügend hohen Rohr einstellt, das an diesen Querschnitt angeschlossen ist, ohne die Strömung merklich zu stören (siehe Bild 1).

### 2.4 Hydraulischer Höhenunterschied

Der hydraulische Höhenunterschied  $h$  ist die Differenz zweier Standrohrspiegelhöhen in zwei Querschnitten des Probekörpers (siehe Bild 1).

### 2.5 Hydraulisches Gefälle

Das hydraulische Gefälle  $i$  ist der hydraulische Höhenunterschied  $h$  bezogen auf die durchströmte Länge  $l$  (Abstand der Ansatzpunkte der Standrohre in Fließrichtung) des Probekörpers

$$i = \frac{h}{l} \quad (3)$$

### 2.6 Durchlässigkeitsbeiwert

Der Durchlässigkeitsbeiwert eines wassergesättigten Bodens  $k_r$  ist nach dem Fließgesetz von DARCY der Verhältniswert zwischen der Filtergeschwindigkeit  $v$  und dem hydraulischen Gefälle  $i$  bei gleichmäßiger, linearer Durchströmung:

$$k_r = \frac{v}{i} \quad (4)$$

Für teilgesättigte Böden gilt:

$$k = \frac{v}{i} \quad (5)$$

Anmerkung: Es ist stets  $k_r > k$  (siehe auch Anmerkung zu Abschnitt 4.5).

### 2.7 Durchlässigkeitsbereiche

Ein Durchlässigkeitsbereich ist eine bestimmte Spanne von Durchlässigkeitsbeiwerten. Für bautechnische Zwecke werden die Böden in fünf Durchlässigkeitsbereiche eingeteilt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1. Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert

$k_r$ m/s	Bereich
unter $10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
$10^{-8}$ bis $10^{-6}$	schwach durchlässig
über $10^{-6}$ bis $10^{-4}$	durchlässig
über $10^{-4}$ bis $10^{-2}$	stark durchlässig
über $10^{-2}$	sehr stark durchlässig

## 3 Bezeichnung

Bezeichnung des Laborversuchs zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts mit den Kurzzeichen nach Tabelle 4:

z. B. an feinkörnigem Boden im Kompressions-Durchlässigkeitsgerät (KD) mit Messung des hydraulischen Gefälles in einem Standrohr (ES) und des Wasservolumens im Standrohr (ST) sowie mit statischer Belastung (SB) des Probekörpers

Prüfung DIN 18130 – KD – ES – ST – SB

## 4 Versuchsgrundlagen

### 4.1 Allgemeines

Der Durchfluß und das hydraulische Gefälle müssen an der zu untersuchenden Bodenprobe zuverlässig gemessen werden können. Die Versuchsanordnung ist entsprechend zu wählen. Anhaltspunkte hierfür geben die Korngrößenverteilung und das Korngefüge des Bodens. Des weiteren ist der Einfluß

von Verdichtungszustand, Beschaffenheit des Wassers und Sättigung des Porenraums zu beachten. Diese Bedingungen sollen im Versuch den Verhältnissen im Feld möglichst treu angepaßt werden (siehe Abschnitte 4.3, 4.4 und 4.5), da sie von Einfluß aus das Ergebnis sind. Sie müssen bei der Deutung des Versuchsergebnisses berücksichtigt werden und sind im Versuchsbericht zu nennen (siehe Abschnitt 11.4).

**4.2 Korngröße, Korngrößenverteilung und Korngefüge**

Die Korngröße bestimmt die Mindestabmessungen der Proben (siehe Abschnitt 4.8). Korngrößenverteilung und Korngefüge dürfen sich während der Durchströmung nicht verändern.

Anmerkung: Feinkörnige Proben sind in der Regel schwächer durchlässig, grobkörnige Proben stärker durchlässig. Bei gleichem Korndurchmesser  $d_{10}$  ist eine ungleichförmige Probe bei sonst gleichen Verhältnissen weniger durchlässig als eine gleichförmige. Auch kolloidale Eigenschaften des Feinkorns können die Durchlässigkeit herabsetzen.

Fein- und gemischt-körnige Böden haben bei Krümelstruktur infolge der vorhandenen Grobporen eine größere Durchlässigkeit als bei homogener Verteilung der Körner. Krümelstruktur ist bei gestörten und mit niedrigem Wassergehalt künstlich aufbereiteten fein- und gemischt-körnigen Proben zu erwarten.

Geschichtete Böden und Böden mit plattigen oder stabförmigen Körnern mit bevorzugter Orientierung weisen parallel zur Schichtung oder der Kornorientierung eine größere Wasserdurchlässigkeit auf als senkrecht dazu.

Bei zu hohem hydraulischen Gefälle können insbesondere in gemischt-körnigen und stark durchlässigen Böden Kornumlagerungen während des Versuchs zu einer Veränderung der Durchlässigkeit führen.

Ebenso kann es insbesondere bei feinkörnigen Böden mit geringen Feinstkornanteilen zu Kolmationen an den Filtersteinen kommen, wodurch eine zu geringe Wasserdurchlässigkeit vorgetäuscht werden würde. In diesem Falle ist es ratsam, den Versuch mit kleinem hydraulischem Gefälle zu beginnen und das hydraulische Gefälle allmählich zu steigern.

**4.3 Verdichtungszustand**

Soll der Einfluß der Dichte auf die Durchlässigkeit geprüft werden, sind mindestens 3 Durchströmungsversuche mit jeweils unterschiedlichen Porenzahlen des Probekörpers auszuführen (siehe Abschnitt 11.3).

Anmerkung: Mit zunehmender Dichte nimmt die Durchlässigkeit bei gleicher Korngrößenverteilung und gleichartiger Einregelung der Körner ab.

**4.4 Beschaffenheit des Wassers**

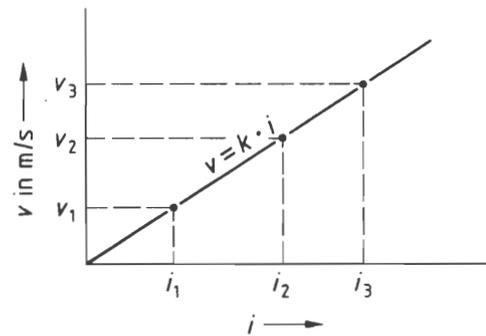
Das für den Versuch zu verwendende Wasser darf weder aus dem Probekörper Bestandteile herauslösen noch gelöste oder in Schwebel befindliche Teile in dem Probekörper ablagern noch die kolloidchemische Beschaffenheit des Bodens verändern. Nach Möglichkeit ist ein dem Porenwasser ähnliches Wasser zu verwenden. In der Regel genügt entlüftetes Leitungswasser. In besonderen Fällen (z.B. marine Sedimente) ist das Wasser aufzubereiten oder zur Sicherstellung der natürlichen Bedingungen besonders zu beschaffen.

**4.5 Sättigungszahl**

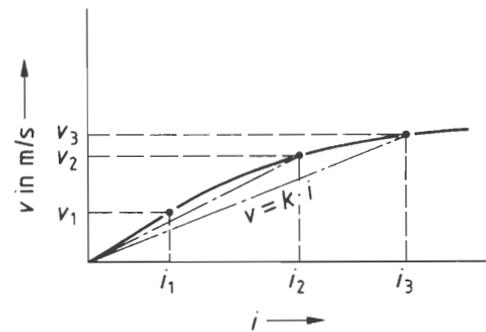
Die Sättigungszahl darf sich während der Meßphase nicht ändern, oder es darf sich das Meßergebnis bei Wiederholung der Messung mit gleichem hydraulischen Gefälle nicht mehr

ändern. Dies ist gegeben, wenn bei konstantem Druck und konstantem Gefälle die in die Probe einströmende der aus ihr austretenden Wassermenge gleich ist.

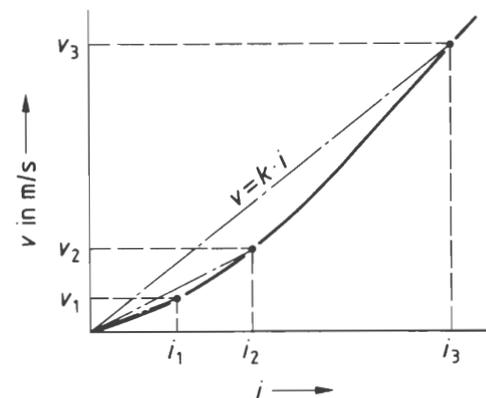
Anmerkung: Diese Forderung ist durch volle Sättigung der Probe am einfachsten zu erfüllen. Der bei voller Sättigung ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert  $k_r$  ist zugleich die Bodenkenngroße, die die Wasserdurchlässigkeit des Korngerüsts beschreibt. Luftporen verengen nämlich den Durchflußquerschnitt und können damit eine Verringerung der Durchlässigkeit bewirken.



a) für lineare Strömung (Gesetz von DARCY)  
 $k_1 = k_2 = k_3 = \text{const.}$



b) für turbulente Strömung in grobkörnigen Böden (post-linearer Bereich)  
 $k_1 = k_{\text{DARCY}} > k_2 > k_3$



c) für Strömung in feinkörnigen Böden, die durch diffuse Wasserhüllen eingengt ist (prälinearer Bereich).  
 $k_1 < k_2 < k_3$

Bild 2. Zusammenhang zwischen Filtergeschwindigkeit  $v$  und hydraulischem Gefälle  $i$