



# **OPEN-END-TEST**

## **Versuchsbeschreibung**

### **Inhalt**

- 1 Einführung
- 2 Verfahren und Vorgehen
  - 2.1 Allgemeines
  - 2.2 Durchführung
  - 2.3 Auswertung



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

### 1 Einführung

Um beurteilen zu können, ob und welche Verfahren zur Versickerung von Niederschlagswasser eingesetzt werden können, ist es erforderlich, die Durchlässigkeit des anstehenden Untergrundes zu kennen. Der erforderliche signifikante Bodenkennwert wird als Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  (Einheit: m/s) bezeichnet und entspricht der Infiltrationsrate bei vollständiger Wassersättigung des Bodens.

Eine bewährte Methode zur Ermittlung der Durchlässigkeit ist der OPEN-END-TEST, der im folgenden beschrieben wird.

### 2 Verfahren und Vorgehen

#### 2.1 Allgemeines

Eine sehr einfache Versuchsanordnung stellt der sogenannte Open-End-Test (zit. bei LANGGUTH, H.-R. und VOIGT, R. (1980): Hydrogeologische Methoden, Springer Verlag, Berlin) dar, der hier angewendet wurde. Wie in Bild 1 dargestellt ist, handelt es sich um eine Einfachrohranordnung. Im Gegensatz zu anderen Verfahren geht bei diesem Versuch die infiltrierte Wassermenge bei konstanter Druckhöhe direkt in die Bestimmungsgleichung ein.



$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H} \quad (m/s)$$

mit  $Q =$  Wasserzugabe ( $m^3/s$ )

$r =$  Radius des Rohres (m)

$H =$  konstante Druckhöhe (m)

**Bild 1:** Versuchsanordnung Open-End Test

Die Bestimmungsgleichung hat einen eindeutig empirischen Charakter und ist am elektrischen Analogon entwickelt worden.

In umfangreichen Feldversuchen ist nachgewiesen worden, daß mit diesem einfachen Versuchsaufbau in gleicher Weise zuverlässige Versickerungsraten ermittelt wurden, wie mit den



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

Doppelrohrmethoden nach BOUWER und SCHAFFER/COLLINS. Wegen der Robustheit und der guten Reproduzierbarkeit des Open-End-Test hat diese Methode deutliche Vorteile gegenüber den anderen Methoden. Sie wird deshalb als eine geeignete Methode empfohlen.

### **2.2 Durchführung**

Der Handel bietet derzeit kein "Open-End-Test-Versickerungsgerät" an, so daß die erforderlichen Geräteteile durch einen metallverarbeitenden Betrieb angefertigt werden müssen. Bild 2 enthält ein Beispiel für einen Versuchsaufbau. Alle erforderlichen Einzelheiten sind dargestellt und die Maßangaben ermöglichen einen problemlosen Nachbau.

Die erforderlichen Schritte zur Anordnung der Versuchsgeräte und zur Versuchsdurchführung werden im folgenden detailliert beschrieben:

1. Nach Möglichkeit sollten die Versickerungsversuche in einer Tiefe durchgeführt werden, die der späteren Sohlenlage der Versickerungsanlage entspricht. Dies bedeutet, daß bei Tiefen größer als 90 cm zunächst eine Grube auszuheben ist, in deren Sohle das Meßrohr eingebaut werden kann.
2. Mit dem Büchsenbohrer ist bis in die gewünschte Tiefe ein Bohrloch vorzubereiten. Bei leicht bindigen Böden ist die Bohrlochsohle anschließend ein wenig mit einer Stange aufzurauen, da durch die Drehbewegung des Erdbohrers die Bohrlochsohle verschmiert sein könnte.
3. Nun wird das Meßrohr in das Bohrloch eingebracht und durch leichtes Nachklopfen etwa 0,5 cm in die Bohrlochsohle eingedrückt. Es empfiehlt sich weiterhin, einige Handvoll Kies in das Meßrohr zu geben. Dadurch wird auch bei vorsichtiger Befüllung des Meßrohres mit Wasser ein Verschlämmen der Bohrlochsohle verhindert.



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

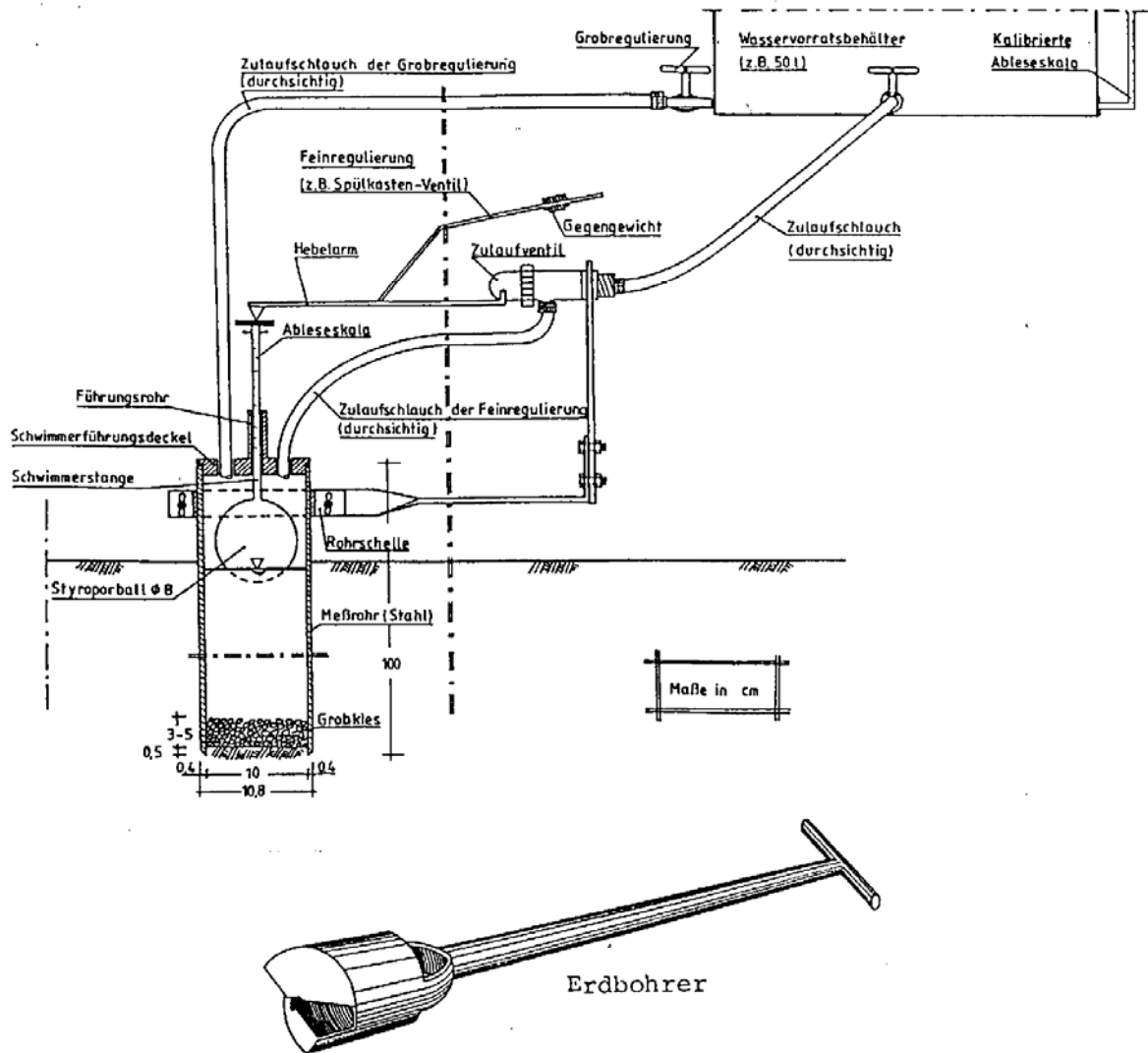


Bild 2: Versuchsaufbau des Open-End-Test



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

4. Da für die spätere Messung eine weitestgehende Sättigung des Bodens unterhalb des Meßrohres anzustreben ist, kann nun bereits eine Befüllung des Meßrohres mit Wasser erfolgen. Man wird feststellen, daß zunächst, entsprechend der Bodenart, ein hoher Wasserverbrauch vorhanden ist. Deshalb ist meistens ein mehrfaches Nachfüllen erforderlich. Ist zwischen Bohrlochwand und Meßrohr ein Wasseraustritt zu beobachten, läßt dies auf einen Grundbruch an der Meßrohrsohle schließen und der Versuch muß abgebrochen werden. Dies kann natürlich nur festgestellt werden, wenn der Wasserspiegel im Meßrohr über der Geländeoberkante liegt. Ein solcher Wasserstand sollte deshalb beim Befüllen angestrebt werden. Die Ursache für einen Grundbruch ist die unsachgemäße Vorbereitung des Bohrloches, vornehmlich im Sohlenbereich, so daß kein bindiger Schluß zwischen Meßrohr und Bohrlochwandung vorhanden ist.
5. In der Regel wird man spätestens nach einer Stunde feststellen, daß sich eine etwa konstante Versickerungsleistung eingestellt hat. Nun können die eigentlichen Messungen vorbereitet werden.
6. Der Schwimmerführungsdeckel mit dem Schwimmer wird auf das Meßrohr gesetzt und die Zufluß-Feinregulierung durch eine Schelle in der erforderlichen Höhe am Meßrohr befestigt, so daß der Hebelarm der Feinregulierung auf der Schwimmerstange aufliegt. Am Feinregulierungsventil sollte das Gegengewicht so eingestellt werden, daß vom Schwimmer nur eine geringe Auftriebskraft zur Schließung des Ventils aufgebracht werden muß. Der Ventil-Ablaufschlauch ist zum Schwimmerdeckel zu führen und der Zulaufschlauch zum Ventil ist mit dem Wasserbehälter zu verbinden. Bei weniger stark durchlässigen Böden empfiehlt es sich, als Wasserbehälter ein kleines Gefäß, z.B. gefertigt aus einem Plexiglasrohr DN 100 mm mit etwa 5 l Inhalt, zu verwenden, was auf einem Stativ für Vermessungsgeräte aufgesetzt ist. Böden mit großer Durchlässigkeit erfordern einen größeren Wasserbehälter. Geeignet ist ein (gereinigtes) 50 l Ölfass, das entsprechend mit 2 Absperrventilen und einem Schauglas oder außen angebrachtem Plexiglasröhrchen bestückt wird. Die Wasserbehälter sind so hoch aufzustellen, daß ein Wasserdruck von mindestens 1 m WS gewährleistet ist. Die Durchflußleistung der schwimmerabhängigen Feinregulierung beträgt maximal etwa 1 l/min. Ist die angetroffene Versickerungsleistung größer als 1 l/min, so ist durch eine Schlauchverbindung zwischen dem Wasserbehälter und dem Meßrohr ein zusätzlicher Zufluß herzustellen. Das Absperrventil ist dabei so einzustellen, daß der Zufluß etwas geringer ist als die Versickerungsleistung. Der zusätzliche Wasserbedarf wird durch die Schwimmer-Ventil-Anordnung geregelt und damit ein konstanter Wasserstand im Meßrohr erreicht.



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

7. In zeitlichen Abständen von etwa 15-30 min wird nun der gesamte Wasserverbrauch in Abhängigkeit der Zeit festgestellt und protokolliert. Die Meßdauer sollte so gewählt werden, daß mögliche Fehler beim Ablesen des Wasserstandes im Wasserbehälter keine signifikanten Auswirkungen auf das Ergebnis haben. Es muß streng darauf geachtet werden, daß alle Zuleitungsschläuche jederzeit blasenfrei mit Wasser gefüllt sind. Eine sinnvolle Meßdauer liegt im Bereich von 5-15 min. Diese Messungen werden so oft wiederholt, wobei ggf. die Wasserbehälter zwischenzeitlich wieder aufzufüllen sind, bis drei aufeinanderfolgende Messungen etwa den gleichen Wasserverbrauch zeigen. Erst dann gilt der Versickerungsversuch als abgeschlossen.
8. Sofern die Wasserbeschaffung nicht durch eine nahegelegene Zapfstelle einer zentralen Wasserversorgung erfolgen kann, ist es sinnvoll, einen größeren zusätzlichen Wasserbehälter (500-1000 l) vorzuhalten, um die kalibrierten Behälter nachfüllen zu können. Der Wasserverbrauch beträgt in Abhängigkeit der Versickerungsleistung je Versuch etwa 15-100 l.
9. Auch für kleine Versickerungsanlagen (z.B. Versickerungsmulden) sollten im Bereich des zukünftigen Standorts mindestens drei Versuche durchgeführt werden. Nicht zuletzt hat der Vergleich der Feldmethoden (vgl. Abschnitt 2.1) gezeigt, daß es wichtig ist, mehrere Versuche durchzuführen.  
Die Unterschiede der Ergebnisse waren vornehmlich auf die Inhomogenität des Bodens zurückzuführen, weniger auf die gewählte Feldmethode.
10. Zur Beschleunigung der Versuchsdurchführung ist es sinnvoll, mehrere Meßrohre bereitzuhalten. Während an einem Meßpunkt die Messungen durchgeführt werden, kann an weiteren Meßpunkten schon die Vorsättigung erfolgen. Auf diese Weise können mit 2 Personen bis zu 10 Versuche pro Tag abgeschlossen werden.



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

### 2.3 Auswertung

Die Berechnung der Versickerungsrate  $k$  erfolgt mit einer empirischen Formel gemäß (vgl. S.2):

$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H} \quad ( m / s )$$

Der Radius des Meßrohres  $r$  ist eine Gerätekonstante. Der Zufluß  $Q$  jedoch, der erforderlich ist, um einen konstanten Wasserstand im Rohr zu halten, ist zeitabhängig. Die Druckhöhe  $H$  sollte eigentlich konstant sein. Sie kann sich jedoch von einer Messung zu anderen aufgrund der schwimmerabhängigen Zuflußregelung geringfügig verändern. Die Meßwertaufnahme und -auswertung werden anhand des nachfolgenden Beispiels erläutert (Tabelle 1).



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

### Versickerungsversuch mit dem Open-End-Test

#### Allgemeine Angaben

Datum : . .199

Standort :

Versuchs-Nr. : S Meßtiefe : , cm u. GOK

Bodenart :

Flächennutzung :

Sonstige Beobachtungen :

#### Gerätekonstanten

Radius des Meßrohres : r = 5,00 cm

Länge des Meßrohres :  $H_r = 100,00$  cm

Grundfläche des Wasserbehälters : A = 78,54 cm<sup>2</sup>

#### Meßprotokoll und Auswertung

Nr.	Uhrzeit	Meß-dauer	Wasserstand im Wasserbehälter			mittlere Schwimmerhöhe $H_s$	$H=H_r-H_s$	$Q=A*\Delta h/t$	$k=\frac{Q}{5,5*r*H*6000}$
			Beginn	Ende	$\Delta h$				
		min	cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup> /min	m/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	13.-	5	0,0	6,0	6,0	12,6	87,4	94,2	$6,54*10^{-6}$
2	13.-	4	6,0	10,7	4,7	12,6	87,4	92,3	$6,40*10^{-6}$
3	13.-	3	10,7	14,2	3,5	12,5	87,5	91,6	$6,35*10^{-6}$
4	13.-	4	0,6	5,1	4,5	12,4	87,6	88,4	$6,11*10^{-6}$
5	13.-	8	5,1	14,3	9,2	12,4	87,6	90,3	$6,25*10^{-6}$
6	13.-	4	0,3	4,8	4,5	12,5	87,5	88,4	$6,12*10^{-6}$
7	13.-	4	4,8	9,3	4,5	12,5	87,5	88,4	$6,12*10^{-6}$

Ergebnis :  $k = 6,1*10^{-6}$  m/s

Tabelle 1: Auswertung des Open-End-Test





## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

### Allgemeine Angaben:

Hierzu gehören Angaben zum Standort, den Untergrundverhältnissen, der derzeitigen Flächennutzung. Unter sonstigen Beobachtungen sind Wetterverhältnisse, Geländeneigung, evtl. Beobachtungen von Anwohnern bezüglich der GW-Stände, stauende Nässe o.ä. aufzuführen. Nach Versuchsende und Ziehen des Meßrohres ist es ratsam, mit dem Erdbohrer das Bohrloch um weitere 30-50 cm zu vertiefen, um entsprechende Aufschlüsse der Bodenverhältnisse zu bekommen. Besonders wichtig ist es, festzustellen, daß man auf keinen stauenden Horizont stößt. Stellt man einen Stauer im Bereich der geplanten Sohlenlage der Versickerungsanlage fest, so ist die Eignung des Standorts zu überdenken bzw. der Versickerungsversuch in entsprechender Tiefe zu wiederholen und ggf. die Versickerungsanlage neu zu konzipieren. Wichtige Angaben sind natürlich auch die Versuchsnummer und die Meßtiefe.

### Gerätekonstanten:

Als Meßrohr wird ein Stahlrohr der Länge  $H_R$  und dem Innendurchmesser  $r$  verwendet. Desweiteren muß die Grundfläche (innen) des verwendeten Wasserbehälters bekannt sein. Es ist sinnvoll, in jedem Fall einen zylindrischen Wasserbehälter zu verwenden, so daß das Volumen proportional dem Wasserstand ist. Bezüglich der Meßanordnung ist Bild 2 als Vorschlag zu verstehen, mit der gute Erfahrungen gemacht wurden. Denkbar ist natürlich auch, daß ein Meßrohr mit einem eingebauten Überlauf verwendet wird. Die Differenz zwischen Zu- und Überlauf stellt dann die Versickerungsrate dar. Der Nachteil ist jedoch, daß ein kalibriertes Auffanggefäß vorhanden sein muß und zwei zeitgleiche Ablesungen notwendig sind.

### Meßprotokoll und Auswertung:

Es ist sinnvoll, die Uhrzeit der Einzelmessungen zu notieren, weil damit eine spätere Plausibilitätskontrolle erfolgen kann. In den Spalten 4 und 5 ist der Wasserstand im Wasserbehälter zu Beginn und am Ende der jeweiligen Meßdauer  $t$  (Spalte 3) einzutragen und die Differenz zu ermitteln. Der Wasserstand im Meßrohr ergibt sich aus der Länge des Meßrohres  $H_R$  und der Schwimmerstellung  $H_S$ . Die Schwimmerstellung  $H_S$  ist abhängig vom Eigengewicht und Auftrieb des Schwimmers, der Auflast der Feinregulierungsanordnung und des Zuflusses. Deshalb ist es sinnvoll, für jede Messung das mittlere  $H_S$  festzustellen (Spalte 7). Die Differenz  $H_R - H_S$  ergibt dann den Wasserstand  $H$  im Meßrohr (Spalte 8). Der Zufluß  $Q$  und danach die Versickerungsrate  $k$  können mit bekannten Werten berechnet werden.



## Versuchsbeschreibung OPEN-END-TEST

Die Einzelmessungen sind solange zu wiederholen, bis sich eine etwa konstante Versickerungsleistung einstellt.

Trägt man die ermittelten Versickerungsleistungen in Abhängigkeit der Zeit auf, so muß sich ein abnehmender exponentieller Verlauf ergeben, es sei denn, es hat eine sehr lange Vorsättigung stattgefunden.