

DIN 18130-2

ICS 93.020

**Baugrund, Untersuchung von Bodenproben –
Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts –
Teil 2: Feldversuche**

Soil, investigation and testing –
Determination of the coefficient of water permeability –
Part 2: Field tests

Sol, reconnaissance et essais –
Détermination du coefficient de perméabilité à l'eau –
Partie 2: Essais sur le terrain

Gesamtumfang 53 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Bezeichnung	9
5 Versuchsgrundlagen	10
5.1 Sättigungszustand	10
5.2 Temperatur	10
5.3 Isotropie und Homogenität	10
5.4 Absenk- und Auffüllversuch	10
5.4.1 Allgemeines	10
5.4.2 Hydraulisches Gefälle	10
5.5 Einschwingversuch	10
6 Versuchsanordnungen	10
6.1 Strömungsrichtung und Druckhöhe	10
6.2 Messen der Standrohrspiegelhöhen	11
6.2.1 Bezugshöhe	11
6.2.2 Grundwasserspiegel	11
6.2.3 Wasserspiegel in der Versuchsstelle	11
6.3 Messen der Wassermenge bzw. des Durchflusses	11
6.4 Verhinderung der Umläufigkeit	12
6.5 Wahl der Versuchsanordnung	12
7 Versuche im Bohrloch	12
7.1 Bodenarten	12
7.2 Geräte	12
7.3 Anordnung	13
7.3.1 Versuch bei zurückgezogener Verrohrung	13
7.3.2 Versuch im zur Grundwassermessstelle ausgebauten Bohrloch	13
7.4 Durchführung	13
7.4.1 Herstellen des Bohrlochs	13
7.4.2 Ausbau des Bohrlochs	14
7.4.3 Versuchsablauf	17
7.5 Auswertung	20
7.5.1 Absenkversuch und Auffüllversuch	20
7.5.2 Einschwingversuch	24
8 Versuche mit Aufsatzgerät (A)	27
8.1 Bodenarten	27
8.2 Geräte	27
8.3 Anordnung	28
8.4 Durchführung	28
8.5 Auswertung	29
9 Versuche in Dichtwänden (DW)	29
9.1 Arten der Dichtwand	29
9.2 Geräte	29
9.3 Herstellen des Bohrlochs	29
9.3.1 Anforderungen an die Geometrie	29
9.3.2 Ausbau des Bohrlochs	29
9.4 Durchführung	29
9.5 Auswertung	29

10	Angabe der Versuchsergebnisse	32
11	Anwendungsbeispiele.....	33
11.1	Anwendungsbeispiele zu Abschnitt 7 (Versuche im Bohrloch)	33
11.1.1	Absenkversuch, stationär, in gespanntem Grundwasser, Vollraumbedingung.....	33
11.1.2	Auffüllversuch, stationär, in gespanntem Grundwasser, Halbraumbedingung	34
11.1.3	Instationärer Versuch mit Verdrängungskörper in gespanntem Grundwasser, Vollraumbedingung	35
11.1.4	Instationärer Auffüllversuch mit freiem Grundwasserspiegel und Auswertung nach dem Verfahren von Bouwer und Rice	38
11.1.5	Einschwingversuch: asymptotischer Verlauf des Wiederanstiegs	41
11.1.6	Einschwingversuch: oszillierender Verlauf des Wiederanstiegs	44
11.2	Anwendungsbeispiel zu Abschnitt 8 (Versuch mit dem Aufsatzgerät)	46
11.3	Anwendungsbeispiel zu Abschnitt 9 (Dichtwand)	48
Anhang A (informativ) Anpassungsgleichungen zur Ermittlung der Koeffizienten A, B und C als Funktion des Verhältnisses l_0/r_0 zur Ermittlung der bezogenen Reichweite der Absenkung R/l_0 nach Bouwer und Rice.....		52
Literaturhinweise		53

Bilder

Bild 1 — Bohrloch mit Messstrecke in standfestem Boden; Abdichtung mit Packer	15
Bild 2 — Bohrloch mit Messstrecke in nicht standfestem Boden mit Filterkies und Abdichtung: Messstrecke im „Halbraum“ — gespanntes Grundwasser	16
Bild 3 — Bohrloch mit Messstrecke in nicht standfestem Boden mit Filterkies und Tonabdichtung: Messstrecke im „Vollraum“ — dargestellt für Grundwasser mit freier Oberfläche	17
Bild 4 — Bohrloch mit Messstrecke in nicht standfestem Boden mit Filterkies und Abdichtung: Messstrecke bildet „vollkommenen Brunnen“ — gespanntes Grundwasser	18
Bild 5 — Versuchsanordnung beim Einschwingversuch (E)	20
Bild 6 — Ermittlung des wirksamen Ruhewasserspiegels mit Hilfe der Geschwindigkeitslinie	21
Bild 7 — Koeffizienten A , B und C über l_0/r_0 (nach Bouwer und Rice, 1976)	24
Bild 8 — „Asymptotischer Verlauf“	25
Bild 9 — „Oszillierender Verlauf“	26
Bild 10 — Aufsatzgerät	28
Bild 11 — Auffüllversuch in Dichtwand	30
Bild 12 — Absenkversuch in gespanntem Grundwasser — Vollraumbedingung	33
Bild 13 — Auffüllversuch in gespanntem Grundwasser — Halbraumbedingung	35
Bild 14 — Instationärer Versuch mit Verdrängungskörper in gespanntem Grundwasser	36
Bild 15 — Zeitlicher Verlauf des Wiederansteigens im Bohrloch	37

Bild 16 — Instationärer Auffüllversuch in freiem Grundwasser.....	38
Bild 17 — Absinkgeschwindigkeit des Wasserspiegels	39
Bild 18 — Wasserstandsänderung beim Auffüllversuch	40
Bild 19 — Einschwingversuch in gespanntem Grundwasser.....	42
Bild 20 — Asymptotischer Wiederanstieg des Grundwassers	42
Bild 21 — Ermittlung des Steigungskoeffizienten δ aus Bild 20	43
Bild 22 — Einschwingversuch in freiem Grundwasser.....	44
Bild 23 — Oszillierender Anstieg des Grundwassers.....	45
Bild 24 — Ermittlung des Steigungskoeffizienten δ aus Bild 23	46
Bild 25 — Temperaturkalibrierkurve für Aufsatzgerät Nr. A2	47
Bild 26 — Bodenprofil, Geometrie und Druckhöhenverteilung an der Schlitzwand	49

Tabellen

Tabelle 1 — Bestandteile der Normbezeichnung.....	9
Tabelle 2 — Zeitlicher Verlauf des Wiederansteigens im Bohrloch	37
Tabelle 3 — Wasserstandsentwicklung beim Auffüllversuch.....	39
Tabelle 4 — Messdaten, asymptotischer Verlauf.....	43
Tabelle 5 — Messdaten, oszillierender Verlauf.....	45
Tabelle 6 — Versuchsprotokoll und Auswertung	47
Tabelle 7 — Wassertemperatur	49
Tabelle 8 — Standrohrspiegelhöhen über Schlitzwand OK.....	50
Tabelle 9 — Anwendungsbeispiel zu Abschnitt 9: Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit einer Schlitzwand ...	51

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-03 AA „Baugrund; Laborversuche“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

DIN 18130 *Baugrund — Untersuchung von Bodenproben* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Laborversuche*
- *Teil 2: Feldversuche*

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts von Böden unter dem Grundwasserspiegel und künstlich hergestellter Dichtungsmassen durch Feldversuche. Die Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit über dem Grundwasserspiegel ist noch nicht Stand der Technik und wird in dieser Norm nicht behandelt. Die Untersuchungsergebnisse werden im Grund-, Erd- und Deponiebau angewendet. Sie sind Grundlage z. B. für die Berechnung von Grundwasserströmungen und zur Beurteilung der Durchlässigkeit von Dichtungs- und Injektionswänden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4021, *Baugrund — Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben*

DIN 4022-1, *Baugrund und Grundwasser — Benennen und Beschreiben von Boden und Fels — Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Potentialfläche

geometrischer Ort aller Punkte im Grundwasserkörper mit gleicher Standrohrspiegelhöhe

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 3.5.7, modifiziert — Anmerkung wurde gestrichen]

3.2

Potentiallinie

Verschneidungslinie zwischen Potentialfläche eines Grundwasserkörpers und Grundwasserlängsschnitt

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 3.5.8]

3.3

Grundwasserstromlinie

Abbildung einer idealisierten Bewegungsspur von Grundwasserteilchen im Potentialfeld eines Grundwasserkörpers

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 3.5.9, modifiziert — Anmerkung wurde ersetzt durch Anmerkung 1 zum Begriff]

Anmerkung 1 zum Begriff: In hydraulisch isotropen Böden (d. h. in Böden, deren Durchlässigkeit in allen Richtungen gleich groß ist) stehen Grundwasserstromlinien senkrecht auf den Potenzialflächen eines Grundwasserkörpers.

3.4**Strömungsfeld**

Bereich im Boden, in dem Grundwasser strömt

3.5**Strömungsnetz**

Netz aus Grundwasserstromlinien und Potentiallinien im Strömungsfeld

3.6**Formfaktor**

F

Verhältnis zwischen dem Zufluss zu oder dem Abfluss aus einer Kugelquelle Q_{kug} und dem Zufluss zu bzw. dem Abfluss aus einer zylindrischen Versuchsstelle Q_{zyl} bei gleichem Radius r_0 und gleichem hydraulischen Unterschied h zur Druckhöhe des Grundwassers

$$F = Q_{\text{kug}} / Q_{\text{zyl}} \quad (1)$$

3.7**Transmissivität**

Integral des Durchlässigkeitsbeiwerts über die Grundwassermächtigkeit

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 3.5.23]

3.8**Zufluss**

einem Raum in der Zeiteinheit zufließendes Wasservolumen

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 2.2.15, modifiziert — Verweisung wurde gestrichen]

3.9**Ausfluss**

aus einem Raum in der Zeiteinheit ausfließendes Wasservolumen

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 2.2.16, modifiziert — Anmerkung wurde gestrichen]

3.10**Durchfluss**

Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 2.2.14, modifiziert — Anmerkung wurde gestrichen]

3.11**Volumenstrom**

Überbegriff für das einem Raum in der Zeiteinheit zufließende, aus ihm ausfließende oder durch einen Querschnitt durchfließende Wasservolumen

3.12**Filterstrecke**

Höhe der Schüttung aus Filterkies oder -sand im Bohrloch

3.13**Absenkversuch**

zeitlich begrenzte Entnahme von Grundwasser aus einem Brunnen oder einer Grundwassermessstelle zur Bestimmung geohydraulischer Kenngrößen des Bodens

3.14

Auffüllversuch

zeitlich begrenztes Einbringen von Wasser in Brunnen oder Grundwassermessstellen zur Bestimmung geohydraulischer Kenngrößen des Bodens

[QUELLE: DIN 4049-3:1994-10, Begriff 3.5.25]

3.15

Versuch mit Verdrängungskörper

Versuch, bei dem die Wasserspiegelhöhe in einem Brunnen oder einer Grundwassermessstelle für einen instationären Bohrlochversuch durch einmaliges Einbringen oder Herausziehen eines Verdrängungskörpers eingestellt wird

3.16

Einschwingversuch

Bestimmung der Transmissivität eines Grundwasserleiters durch Messen der Wasserspiegelsbewegung einer einmalig dynamisch angeregten Wassersäule in einer Grundwassermessstelle

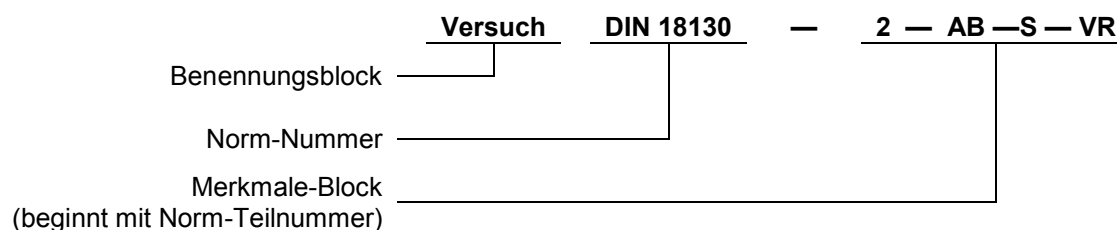
4 Bezeichnung

Folgende Bestandteile ergeben die Bezeichnung dieser Norm.

Tabelle 1 — Bestandteile der Normbezeichnung

Bestandteil der Normbezeichnung	Angabe in dieser Norm
Benennungsblock	Versuch
Identifizierungsblock	
Norm-Nummer	DIN 18130-2
Merkmale	Absenkversuch (AB) Auffüllversuch (AU) Einschwingversuch (E) Versuch mit Verdrängungskörper (V) Versuch mit Aufsatzgerät (A) Versuch in Dichtwand (DW) Stationärer Versuch (S) Instationärer Versuch (I) Vollraumbedingungen (VR) Halbraumbedingungen (HR)

BEISPIEL Bezeichnung eines Feldversuchs nach dieser Norm (DIN 18130-2) zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts im Boden, mit dem Absenkversuch (AB) mit gleichbleibender Druckhöhe (S) bei Vollraumbedingungen (VR).



5 Versuchsgrundlagen

5.1 Sättigungszustand

Der Durchlässigkeitsbeiwert k des gesättigten Bodens kann zuverlässig nur an einem Strömungsfeld unterhalb des Grundwasserspiegels ermittelt werden. Bei Versuchen oberhalb des geschlossenen Kapillarsaums tritt bei allen Versuchsanordnungen im Boden zunächst ein Sättigungsvorgang ein. Solche Versuche sind erst bewertbar, wenn sich der Volumenstrom bei gleichem Potentialunterschied mit der Zeit nicht mehr ändert. Der Durchlässigkeitsbeiwert k bezieht sich dann auf einen mittleren Sättigungsgrad im Strömungsfeld, der durch Fortsetzung des Versuchs nicht mehr signifikant erhöht werden kann.

ANMERKUNG Da die Auswertung von Versuchen zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts in der wasserungesättigten Zone des Bodens noch nicht hinreichend erforscht ist, beschränkt sich die Norm auf die Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts im gesättigten Boden.

5.2 Temperatur

Die Messung der Wassermengen bei geringem Volumenstrom wird durch die Volumenänderung des Wassers infolge der täglichen Temperaturänderungen beeinträchtigt. Zudem ändert sich mit der Temperatur auch die Zähigkeit des Wassers (siehe DIN 18130-1:1998-05, 5.7). Daher ist bei den Versuchen die Temperatur zu berücksichtigen.

5.3 Isotropie und Homogenität

Isotropie liegt vor, wenn Eigenschaften — hier die Wasserdurchlässigkeit — richtungsunabhängig, Homogenität liegt vor, wenn sie ortsunabhängig sind.

5.4 Absenk- und Auffüllversuch

5.4.1 Allgemeines

Zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts im Feld wird im Boden ein Strömungsfeld mit bekanntem Formfaktor erzeugt. Potentialunterschied und Volumenstrom (zeitlicher Zu- oder Abfluss) werden gemessen.

5.4.2 Hydraulisches Gefälle

Das hydraulische Gefälle ist an der Eintrittsfläche bzw. Austrittsfläche der Versuchsstelle am größten und nimmt von hier längs einer Stromlinie mit zunehmender Entfernung ab.

Änderungen des Porenanteils beeinflussen die Wasserdurchlässigkeit des Bodens und damit das hydraulische Gefälle. Deshalb sollten im Bereich unmittelbar neben der Ein- bzw. Austrittsfläche die Bodeneigenschaften durch Einflüsse bei der Versuchsvorbereitung (z. B. Auflockerung oder Verdichtung beim Bohren) oder durch Einflüsse bei der Versuchsdurchführung (Ausspülen von Feinteilen [Suffosion] oder Zusetzen von Poren von im Versuchswasser schwebenden Feinteilen [Kolmation]) nicht verändert werden.

5.5 Einschwingversuch

Der Versuch dient dazu, die Transmissivität eines Grundwasserleiters und daraus dessen Durchlässigkeitsbeiwert zu ermitteln. Dazu wird der Ruhewasserspiegel einer Grundwassermessstelle mittels Druckluft abgesenkt. Nach plötzlicher Entspannung kehrt der abgesenkte Wasserspiegel, mehr oder weniger gedämpft, in seine Ausgangslage zurück.

6 Versuchsanordnungen

6.1 Strömungsrichtung und Druckhöhe

a) Nach der Strömungsrichtung wird unterschieden zwischen:

- 1) Versuch mit Wasserentnahme (Absenkversuch (AB)) oder Verdrängung des Wasserspiegels durch Zugabe von Druckluft in die Versuchsstelle: der freie Wasserspiegel in der Versuchsstelle liegt während des Versuchs unterhalb des Grundwasserspiegels;
- 2) Versuch mit Wasserzugabe (Auffüllversuch (AU)): der freie Wasserspiegel in der Versuchsstelle liegt während des Versuchs oberhalb des Grundwasserspiegels.

b) Nach der Art der Druckhöhe wird unterschieden zwischen:

- 1) Versuch mit gleich bleibender Druckhöhe (stationärer Versuch (S)):
Der freie Wasserspiegel wird durch Zugabe oder Entnahme von kontrollierten Wassermengen während der Dauer der Versuchsdurchführung auf gleicher Höhe gehalten. Der Versuch ist so lange fortzusetzen, bis auch die Strömungsrate konstant bleibt;
- 2) Versuch mit veränderlicher Druckhöhe (instationärer Versuch (I)):
Nach Erhöhen des freien Wasserspiegels wird ohne weitere Wasserzugabe dessen Absinken bzw. nach Absenken des freien Wasserspiegels wird ohne weitere Wasserentnahme oder ohne Änderung des Luftdruckes in der Messstelle dessen Ansteigen zeitabhängig beobachtet.

6.2 Messen der Standrohrspiegelhöhen

6.2.1 Bezugshöhe

Die versuchsrelevanten Höhen, wie z. B. die Höhe der Grundwasseroberfläche, des freien Wasserspiegels in der Versuchsstelle sowie die Höhenlage der Eintrittsfläche und gegebenenfalls der oberen und unteren Begrenzungsflächen des Strömungsfeldes sind auf die gleiche, eindeutig beschriebene Bezugshöhe einzumessen.

6.2.2 Grundwasserspiegel

Der Grundwasserspiegel in der Versuchseinrichtung ist vor und nach der Versuchsdurchführung auf weniger als 5 % der im Versuch erzielten maximalen Spiegeldifferenz, mindestens aber auf 1 cm, zu messen. Sind Veränderungen der Höhe des Grundwasserspiegels während der Versuchsdurchführung zu erwarten (z. B. Tideeinfluss), ist auch die Beobachtung einer benachbarten, durch den Versuch nicht beeinflussten Grundwassermessstelle während des Versuchs erforderlich.

6.2.3 Wasserspiegel in der Versuchsstelle

Der Wasserspiegel in der Versuchsstelle ist während der Versuchsdurchführung auf weniger als 5 % der Spiegeldifferenz, mindestens aber auf 1 cm, zu messen.

Dies wird erreicht:

- bei Versuchen im Bohrloch mit Druckaufnehmern, Lichtlot oder Schwimmerlot;
- bei Wasserspiegel über Gelände auch in skalierten Standrohren.

Es wird entweder die Zeitspanne für das Durchfahren der Wasserspiegelhöhen einer vorgegebenen Messstrecke oder die Wasserspiegelhöhen für ein vorgegebenes Zeitintervall gemessen.

6.3 Messen der Wassermenge bzw. des Durchflusses

Bei Versuchen mit konstant gehaltenem Wasserspiegel ist die in der Zeiteinheit eingefüllte oder entnommene Wassermenge (Durchfluss) mit Wasserzählern, Messwehr oder elektrischem Durchflussmessgerät zu messen. Bei sehr geringem Durchfluss wird die Wassermenge in Messgefäßen (Messzylinder) gemessen und die zugehörige Zeit erfasst.

Bei Versuchen mit veränderlichem freiem Wasserspiegel ergibt sich die Wassermenge aus den Wasserspiegeldifferenzen und der Querschnittsfläche der im Rohr, Standrohr oder Messpipette gemessenen freien Wasseroberfläche. Rohre, Standrohre und Messpipetten müssen im Messbereich konstante Querschnitte aufweisen.

6.4 Verhinderung der Umläufigkeit

Durch Abdichtungen ist dafür zu sorgen, dass die gemessenen Wassermengen gleich den Wassermengen sind, die durch die Eintrittsfläche dem Strömungsfeld zufließen bzw. durch die Austrittsfläche ausfließen.

ANMERKUNG Die zuverlässige Abdichtung ist besonders bei der Untersuchung geringdurchlässiger Böden versuchsentscheidend.

6.5 Wahl der Versuchsanordnung

Die Abmessungen der Eintrittsfläche des Strömungsfeldes und die Einrichtung zur Messung der Wassermenge bzw. des Durchflusses sind der Größenordnung des zu erwartenden Durchlässigkeitsbeiwerts anzupassen.

7 Versuche im Bohrloch

7.1 Bodenarten

Diese Anordnung eignet sich zur Untersuchung von Kiesen (beim Einschwingverfahren bis $k = 10^{-2}$ m/s), Sanden sowie von gemischtkörnigen und feinkörnigen Böden mit $k > 1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

7.2 Geräte

Je nach Versuchsanordnung werden benötigt:

7.2.1 Einfachpacker oder Doppelpacker, die dem Bohrlochdurchmesser angepasst sind.

7.2.2 Messrohr mit Filterstrecke im Messbereich.

7.2.3 Filtersand oder Filterkies.

7.2.4 Tonkugeln und Bentonitgranulat o. Ä. im Grundwasser bzw. Ton-Zementsuspension über dem Grundwasser zur Abdichtung.

7.2.5 Druckaufnehmer, Lichtlot oder Schwimmerlot zur Messung des Wasserspiegels.

7.2.6 Stoppuhr.

7.2.7 Gerät zur Datenerfassung.

7.2.8 Temperaturmessgerät mit einer Fehlergrenze von 1 °C.

7.2.9 Standrohr mit Markierungen bzw. Maßstab.

bei Wasserzugabe:

7.2.10 Wasserbehälter mit Wasser.

7.2.11 Wassermengensmesser.

bei Wasserentnahme:

7.2.12 Wasserpumpe mit Rückschlagventil.

7.2.13 Wassermengenmessgerät bzw. Durchflussmessgerät.

beim Einschwingversuch:

7.2.14 Stopfen zur Abdichtung der Messstelle und Druckluft zur Absenkung des Wasserspiegels.

7.2.15 Druckaufnehmer für dynamische Vorgänge zur Messung von Luftdruck und Wasserdruck und damit zur Bestimmung des Wasserspiegels.

7.2.16 Gerät zur Datenerfassung mit Messfolge $< 0,05$ s;

Versuch mit Verdrängungskörper:

7.2.17 Verdrängungskörper: Zylinderförmiger Körper mit einem Durchmesser kleiner als der Durchmesser des Standrohrs und einer Dichte, die größer als die Dichte des Wassers ist.

7.2.18 Seilwinde.

7.3 Anordnung

7.3.1 Versuch bei zurückgezogener Verrohrung

Der Messbereich liegt im unverrohrten Bohrlochtiefsten und wird zur Vermeidung einer Umläufigkeit nach oben abgedichtet (siehe Bild 1). Der Wasserspiegel im Bohrloch wird in einem Messrohr mit Lichtlot oder Ähnlichem gemessen. Einschwingversuche sind über das Rohr des Packers als Messrohr ausführbar.

7.3.2 Versuch im zur Grundwassermessstelle ausgebauten Bohrloch

Das Filterrohr eines Messrohres steht im unverrohrten Bohrlochtiefsten (siehe Bilder 2 bis 4). Der zu untersuchende Boden wird gegen das Filterrohr mit Filtersand oder Filterkies abgefiltert. Die Filterstrecke wird nach oben abgedichtet. Der Wasserspiegel im Messrohr wird mit Lichtlot oder Ähnlichem gemessen.

Beim Einschwingversuch (siehe Bild 5) muss das Vollrohr so weit unter den Ruhewasserspiegel geführt werden, dass die Druckluft beim Absenken des Wasserspiegels nicht über die Filterschlitzte entweichen kann.

7.4 Durchführung

7.4.1 Herstellen des Bohrlochs

Die Bohrung ist nach DIN 4021 auszuführen. Sie ist mit einem Außendurchmesser $d \geq 159$ mm verbohrt abzuteufen.

Die Bohrung muss ein zutreffendes Bild über Schichtung und Feinschichtung des Bodens liefern.

Für Versuche, bei denen in Böden mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten $k > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s die Wasserentnahme durch Pumpen erfolgen soll, ist der Bohrdurchmesser $d \geq 219$ mm zu wählen.

ANMERKUNG Je kleiner der Bohrdurchmesser, umso stärker werden die Versuchsergebnisse durch Störungen in der Bohrlochwandung verfälscht.

Die Bohrung muss so tief in die zu untersuchende Schicht geführt werden, dass die Geometrie der Messstrecke eine Auswertung nach 7.5 ermöglicht.

Der Bohrvorgang sollte Wandung und Sohle der Messstrecke möglichst wenig stören.

Bei Anordnungen nach 7.3.2, d. h. in Grundwassermessstellen, die zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit herangezogen werden, sollte die Filterstrecke im Bohrlochtiefsten liegen und unter einer Deckschicht in einen mächtigeren Grundwasserleiter auf geringe Tiefe einbinden (siehe Bilder 2 und 3).

7.4.2 Ausbau des Bohrlochs

7.4.2.1 Allgemeines

a) Halbraumbedingung (HR):

Die Messstrecke grenzt an eine undurchlässige Schicht. Die Filterstrecke muss auf Höhe der undurchlässigen Schicht enden.

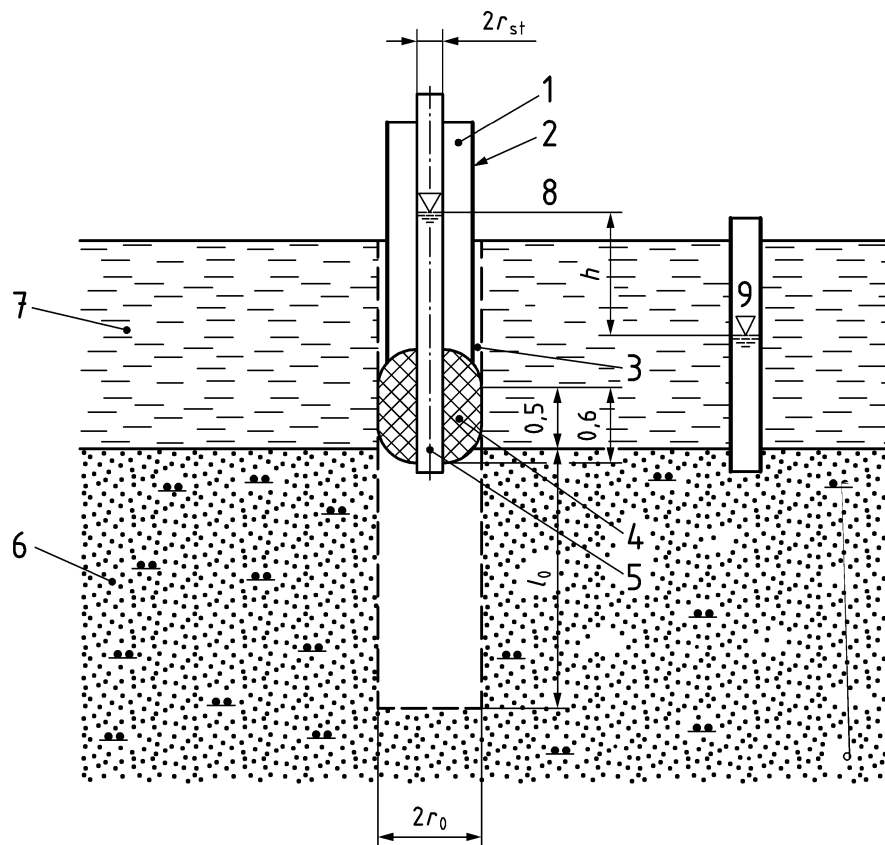
b) Vollraumbedingung (VR):

Die Messstrecke liegt innerhalb des Grundwasserleiters. Das Bohrloch ist oberhalb der Filterstrecke des Messrohrs in gespanntem Grundwasser bis in die Deckschicht, bei freiem Grundwasserspiegel bis über die Grundwasseroberfläche so abzudichten, dass hier keine Strömung längs der Verrohrung auftreten kann.

7.4.2.2 Anordnung nach 7.3.1 (Versuch bei zurückgezogener Verrohrung)

- a) Liegt die Messstrecke in standfestem Boden, wird die Verrohrung zunächst bis mindestens 0,6 m oberhalb der Schichtgrenze zur geringdurchlässigen Deckschicht zurückgezogen. Dann wird ein mindestens 0,6 m langer Packer mit Messrohr eingeführt und so fixiert, dass er unterhalb der Verrohrung sitzt. Durch Aufblasen des Packers ist der Ausbau abgeschlossen (siehe Bild 1).

Maße in Meter



Legende

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|--|
| 1 | Ringraum | 6 | standfester durchlässiger Boden |
| 2 | Bohrrohr | 7 | standfeste gering durchlässige Deckschicht |
| 3 | Freischnitt durch Rohrschuh | 8 | Standrohrspiegel |
| 4 | Einfachpacker | 9 | Ruhewasserspiegel |
| 5 | Messrohr | | |

Bild 1 — Bohrloch mit Messstrecke in standfestem Boden; Abdichtung mit Packer

- b) Liegt die Messstrecke in nicht standfestem Boden, wird vor Zurückziehen der Verrohrung nach Absatz a) ein in der Messstrecke mit Filterschlitz versehenes Messrohr zentrisch eingebracht und der verbleibende Hohlraum mit Filtersand oder Filterkies so verfüllt, dass die Filterstrecke nach Ziehen der Verrohrung von ihm auf volle Länge umhüllt bleibt. Das Filterrohr ist auf der Unterseite mit einer Kappe zu verschließen. Für die Mindestmaße gilt DIN 4021.

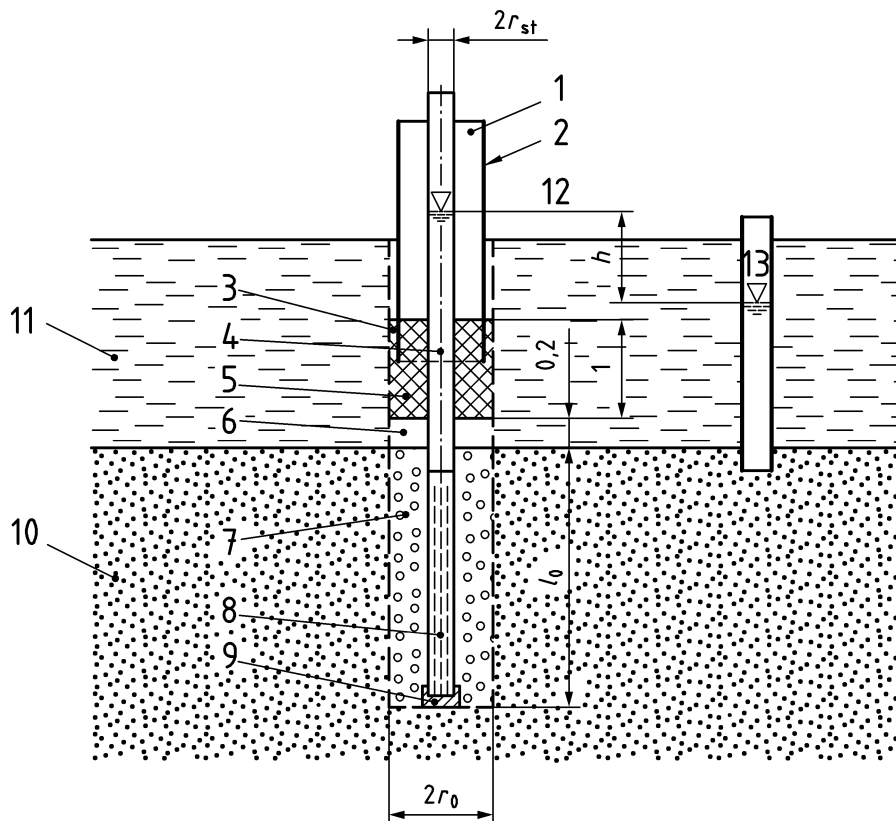
Die Körnung des Filtersandes/Kieses muss dem zu untersuchenden Boden und der Schlitzweite des Filters angepasst sein. Es darf am Übergang von Bohrlochwandung zum Filtersand/Kies keine Kolmation durch Anlagerung von ausgespülten Feinteilen des Bodens auftreten (mechanische Wirksamkeit). Die untere Nenngröße des Filtersandes/Kieses darf nicht kleiner als die Schlitzweite des Filterrohres sein. Die Oberkante des eingebrachten Filtersandes/Kieses ist durch Loten nachzuweisen.

Oberhalb des Filtersandes/Kieses wird als Abdichtung im Grundwasser z. B. ein Gemisch von Tonkugeln und Bentonitgranulat und über dem Grundwasser eine Ton-Zementsuspension auf mindestens 1 m Höhe eingefüllt und das Aufquellen abgewartet. Zur Kontrolle der Quellzeit sollte eine Rückstellprobe des Gemisches in Wasser der gleichen Temperatur beobachtet werden.

ANMERKUNG Tonkugeln allein haben sich zur Abdichtung nicht bewährt.

Die Abdichtung darf nicht in den Filtersand/Kies eindringen. Gegebenenfalls sind zwischen Sandfilter und Abdichtung Gegenfilter zwischenschalten.

Maße in Meter



Legende

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 Ringraum | 8 Filterrohr |
| 2 Bohrrohr | 9 Kappe |
| 3 Freischnitt durch Rohrschuh | 10 nicht standfester Boden |
| 4 Messrohr | 11 Deckschicht (Grundwasserhemmer) |
| 5 Abdichtung | 12 Standrohrspiegel |
| 6 Gegenfilter | 13 Ruhewasserspiegel |
| 7 Filterkies oder -sand | |

**Bild 2 — Bohrloch mit Messstrecke in nicht standfestem Boden mit Filterkies und Abdichtung:
Messstrecke im „Halbraum“ — gespanntes Grundwasser**

Nach dem Ausbau ist die Abdichtung nach Füllen des Ringraums mit Wasser bis mehrere Meter über den Grundwasserspiegel durch Kontrolle des Wasserspiegels im Standrohr zu überprüfen.

7.4.2.3 Anordnung nach 7.3.2 (Versuch im zur Grundwassermessstelle ausgebauten Bohrloch)

Bei Anordnung nach 7.3.2 gelten die Bilder 2 und 3 ohne Bohrrohr. Der Messstellenabschluss ist nach DIN 4021 durchzuführen.

7.4.2.4 Dokumentation der Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung und die Durchführung sind zu dokumentieren und zu skizzieren.