

DIN EN ISO 18674-4



ICS 13.080.20; 93.020

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung —
Geotechnische Messungen —
Teil 4: Porenwasserdruckmessungen: Piezometer (ISO 18674-4:2020);
Deutsche Fassung EN ISO 18674-4:2020**

Geotechnical investigation and testing —
Geotechnical monitoring by field instrumentation —
Part 4: Measurement of pore water pressure: Piezometers (ISO 18674-4:2020);
German version EN ISO 18674-4:2020

Reconnaissance et essais géotechniques —
Surveillance géotechnique par instrumentation in situ —
Partie 4: Mesure de la pression interstitielle: Piézomètres (ISO 18674-4:2020);
Version allemande EN ISO 18674-4:2020

Gesamtumfang 67 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18674-4:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-09 AA „Baugrund; Feldversuche (SpA zu CEN/TC 341/WG 5 sowie ISO/TC 182/WG 2, WG 5, WG 6, WG 7 und WG 8)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Dieses Dokument enthält in den Abschnitten 2 und G.3 Nationale Fußnoten, die durch ISO/TC 182 bestätigte Fehler in der Referenzfassung richtigstellen.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 11276	siehe	DIN EN ISO 11276
ISO 18674-1:2015	siehe	DIN EN ISO 18674-1
ISO 18674-5	siehe	DIN EN ISO 18674-5
ISO 22475-1	siehe	DIN EN ISO 22475-1
ISO 22476-1	siehe	DIN EN ISO 22476-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11276, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Porenwasserdrucks — Tensiometerverfahren*

DIN EN ISO 18674-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen — Teil 1: Allgemeine Regeln (ISO 18674-1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18674-1:2015*

DIN EN ISO 18674-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen — Teil 5: Spannungsänderungsmessungen mittels Druckmessdosen*

DIN EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung*

DIN EN ISO 22476-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck*

Deutsche Fassung

Geotechnische Erkundung und Untersuchung —
Geotechnische Messungen —
Teil 4: Porenwasserdruckmessungen: Piezometer
(ISO 18674-4:2020)

Geotechnical investigation and testing —
Geotechnical monitoring by field instrumentation —
Part 4: Measurement of pore water pressure:
Piezometers
(ISO 18674-4:2020)

Reconnaissance et essais géotechniques —
Surveillance géotechnique par instrumentation in situ —
Partie 4: Mesure de la pression interstitielle: Piézomètres
(ISO 18674-4:2020)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Juni 2020 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	13
5 Messeinrichtungen	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Offene Piezometersysteme	16
5.2.1 Allgemeines	16
5.2.2 Typen offener Piezometersysteme	16
5.3 Geschlossene Piezometersysteme	20
5.3.1 Allgemeines	20
5.3.2 Typen geschlossener Piezometersysteme	23
5.4 Gegenüberstellung von Absolut- und Relativmessung und Kompensation des atmosphärischen Drucks	24
5.5 Anforderungen an Filter	26
5.5.1 Filter in offenen Piezometersystemen	26
5.5.2 Filter in geschlossenen Piezometersystemen	26
5.6 Messbereich und Genauigkeit	27
6 Einbau und Messdurchführung	28
6.1 Einbau	28
6.1.1 Allgemeines	28
6.1.2 Einbau offener Piezometersysteme	29
6.1.3 Einbau geschlossener Piezometersysteme	30
6.1.4 Überprüfungen vor, während und nach dem Einbau	32
6.1.5 Instandhaltung	33
6.2 Messdurchführung	33
6.2.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung	33
6.2.2 Messung	33
7 Datenverarbeitung und Auswertung	34
8 Bericht	34
8.1 Installationsbericht	34
8.2 Messtechnischer Bericht	34
Anhang A (normativ) Mess- und Auswertungsverfahren	35
Anhang B (informativ) Geotechnische Anwendungen	42
Anhang C (informativ) Schutz von Piezometern auf Höhe der Geländeoberkante	44
Anhang D (informativ) Ansprechzeit bei Messungen des Porenwasserdrucks	47
Anhang E (normativ) Einbau von Piezometern durch vollständiges Verpressen	49
Anhang F (normativ) Messung des negativen Porenwasserdrucks (Bodensaugspannung)	51

Anhang G (informativ) Beispiele für Messungen.....	52
Literaturhinweise.....	64

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18674-4:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 18674-4:2020 wurde von CEN als EN ISO 18674-4:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182, *Geotechnics* in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 341 „Geotechnical Investigation and Testing“, gemäß der Vereinbarung über technische Kooperation zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18674 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

WICHTIG — In der elektronischen Version dieses Dokuments werden Farben verwendet, die als nützlich für das korrekte Verständnis dieses Dokuments angesehen werden. Anwender sollten daher in Betracht ziehen, dieses Dokument mit einem Farbdrucker auszudrucken.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Messung von Porenwasserdrücken und piezometrischen Höhen in gesättigten Böden mit Hilfe von Piezometern fest, die zur geotechnischen Überwachung installiert werden. Die allgemeinen Regeln für die messtechnische Überwachung des Baugrunds, der mit dem Baugrund in Wechselwirkung stehenden Bauwerke, geotechnischer Auffüllungen und geotechnischer Bauarbeiten sind in ISO 18674-1 angegeben.

In Verbindung mit ISO 18674-5 erlauben die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren die Bestimmung der im Baugrund wirkenden effektiven Spannungen.

Dieses Dokument ist anzuwenden für:

- die Überwachung von auf und in geotechnischen Bauwerken (z.B. Kaimauern, Deiche, Baugrubenwände, Gründungen, Dämme, Tunnel, Böschungen, Aufschüttungen usw.) wirkenden Wasserdrücken;
- die Überwachung von Konsolidierungsprozessen von Böden und Schüttmaterial (z.B. unterhalb von Gründungen und in Aufschüttungen);
- die Bewertung der Stabilität und Gebrauchstauglichkeit von geotechnischen Bauwerken;
- die Überprüfung geotechnischer Entwürfe im Zusammenhang mit der Beobachtungsmethode.

ANMERKUNG Dieses Dokument erfüllt die Anforderungen für die messtechnische Überwachung des Baugrunds, der mit dem Baugrund in Wechselwirkung stehenden Bauwerke und geotechnischer Bauarbeiten, die mittels Piezometern durchgeführt wird, die im Rahmen der geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach Verweisung [4] und [5] eingebaut werden. Dieses Dokument bezieht sich auf Messgeräte, die im Baugrund eingebaut werden. Für Informationen zu im Zusammenhang mit Drucksondierungen durchgeführten Porenwasserdruckmessungen siehe ISO 22476-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ISO 18674-1:2015, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 1: General rules*

ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing — Sampling by drilling and excavation methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution*^{N1)}

N1) Nationale Fußnote: Der korrekte Titel der Norm lautet: ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 18674-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Piezometer

Feldmesssystem für die Messung des *Porenwasserdrucks* (3.2) oder der *piezometrischen Höhe* (3.4), bei der der *Messpunkt* (3.15) innerhalb des Baugrunds oder der geotechnischen Aufschüttung liegt, sodass die Messung auf den gemessenen Bereich/den Messpunkt umgebenden Fluiddruck anspricht und nicht auf Fluiddrücke auf einer anderen Höhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System besteht aus einem abgedichteten, mit einem Fluid gefüllten *Reservoir* (3.1.2), einem *Filter* (3.1.3) und einem *Messgerät* (3.1.7).

Anmerkung 2 zum Begriff: Es handelt sich entweder um ein *offenes Piezometersystem* (3.6) oder um ein *geschlossenes Piezometersystem* (3.7).

3.1.1

Zuflussbereich

Bereich, der von *Dichtungen* (3.1.6) begrenzt ist, zwischen denen Wasser im Baugrund zum Messgerät fließen kann, wodurch der *Messpunkt* (3.15) definiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es wird angenommen, dass entlang des Zuflussbereichs eine hydrostatische Verteilung des *Porenwasserdrucks* (3.2) herrscht.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Proportionalitätskonstante zwischen dem Zufluss in ein oder dem Abfluss aus einem *Piezometer* (3.1) und der Änderung des Porenwasserdrucks wird als Zuflussfaktor *F* bezeichnet.

3.1.2

Reservoir

Raum zwischen dem Baugrund und dem *Messgerät* (3.1.7), der mit einem Fluid ausgefüllt ist, wodurch der *Porenwasserdruck* (3.2) auf den Signalgeber des Messgeräts wirken kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Poren innerhalb des *Filters* (3.1.3) sind untrennbarer Bestandteil des Reservoirs.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei *offenen Piezometersystemen* (3.6) ist der wassergefüllte Teil des Standrohrs Teil des Reservoirs.

3.1.3

Filter

durchlässiger Abschnitt eines *Piezometers* (3.1), der den *Zuflussbereich* (3.1.1) definiert, das Eindringen von Wasser ermöglicht und zugleich das Eindringen von Bodenpartikeln in das Standrohr oder das *Messgerät* (3.1.7) verhindert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Filter kann aus einer Kombination von Bauelementen wie etwa einer Sandtasche, einem gelochten Rohr, einem geotextilen Schlauch, einer *Filterspitze* (3.1.4) und, in besonderen Fällen, Injektionsgutverfüllungen bestehen.

3.1.4

Filterspitze

Filter (3.1.3)-Element als ein häufig verwendeter Bestandteil eines *geschlossenen Piezometersystems* (3.7)

Anmerkung 1 zum Begriff: Filterspitzen bestehen aus einem Werkstoff mit speziell ausgelegten Porendurchmessern, d. h. *HAE-Filter* (3.1.4.1) oder *LAE-Filter* (3.1.4.2).

3.1.4.1

Filter mit hohem Luft eindringwiderstand

HAE-Filter (en: high air entry filter)

Filterspitze (3.1.4) mit vergleichsweise kleinen Poren, die einen höheren Widerstand gegen das Durchströmen mit Luft als gegen das Durchströmen mit Wasser bieten

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise liegen die Porendurchmesser von Filterspitzen mit hohem Luft eindringwiderstand zwischen 1 µm und 3 µm.

Anmerkung 2 zum Begriff: HAE-Filterspitzen werden verwendet, um das Eindringen von Gasen in das *Messgerät* (3.1.7) zu verhindern.

Anmerkung 3 zum Begriff: In ungesättigtem Boden oder bei der Messung von negativen *Porenwasserdrücken* (3.2) (d. h. Saugspannung, siehe Anhang F) ist der Druck der gasförmigen Phase stets höher als der Porenwasserdruck. Der erforderliche Porendurchmesser der HAE-Filterspitze ist abhängig von der Differenz zwischen dem Porenluftdruck und dem Porenwasserdruck.

3.1.4.2

Filter mit niedrigem Luft eindringwiderstand

LAE-Filter (en: low air entry filter)

Filterspitze (3.1.4) mit vergleichsweise großen Poren, die einen geringeren Widerstand gegen das Durchströmen mit Luft bieten und das Durchströmen sowohl mit Luft als auch mit Wasser ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise liegen die Porendurchmesser von Filterspitzen mit niedrigem Luft eindringwiderstand zwischen 20 µm und 50 µm.

3.1.5

Filterpackung

durchlässiger Werkstoff, der einen geschlitzten Abschnitt eines offenen *Piezometers* (3.1) oder einer *Filterspitze* (3.1.4) umhüllt und ermöglicht, dass Wasser an das *Messgerät* (3.1.7) gelangt

3.1.6

Dichtung

Schicht in einem Bohrloch, die aus einem Werkstoff mit einer Durchlässigkeit besteht, die zur hydraulischen Trennung von zwei *Grundwasserleitern* (3.10) geeignet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dichtungen werden allgemein verwendet, um *Zuflussbereiche* (3.1.1) zu begrenzen.

3.1.7

Messgerät

Teil des *Piezometer* (3.1)-Systems, der zum Messen der *piezometrischen Höhe* (3.4) in einem *offenen System* (3.6) oder des *Porenwasserdrucks* (3.2) in einem *geschlossenen System* (3.7) verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem *offenen Piezometersystem* (3.6) handelt es sich bei dem Messgerät üblicherweise um ein *Wasserstandsmessgerät* (3.1.7.1) für manuelle Messungen oder um einen Drucksensor für automatische Messungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem *geschlossenen Piezometersystem* (3.7) handelt es sich bei dem Messgerät üblicherweise um einen Membran-Drucksensor (siehe 7b in Bild 1 b)). Die Membran trennt ein *Reservoir* (3.1.2) und eine innere Kammer im Drucksensor voneinander. Die Durchbiegung der Membran ist eine Funktion des *Porenwasserdrucks* (3.2) (siehe Bild 3).

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei geschlossenen Piezometersystemen wird das Messgerät häufig synonym als Piezometer im engeren Sinne bezeichnet.

3.1.7.1

Wasserstandsmessgerät

Messgerät mit einem mit einer Längeneinteilung versehenen Maßband und einer Spitze, die ein Signal (Licht, Ton) auslöst, wenn sie in Kontakt mit Wasser gerät

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Wasserstandsmessgerät wird üblicherweise für manuelle Messungen in *offenen Systemen* (3.6) oder während des Einbaus von *Piezometern* (3.1) verwendet.

3.1.7.2

elektrisches Piezometer

Piezometer (3.1), bei dem das *Messgerät* (3.1.7) mit einer Membran ausgestattet ist und bei dem die vom *Porenwasserdruck* (3.2) abhängige Durchbiegung der Membran von einem elektrischen Sensor gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Elektrische Piezometer basieren üblicherweise auf Dehnungsmessstreifen, piezoelektrischen Sensoren, Schwingsaiten oder kapazitiven Sensoren. Es existieren Geräte zur fernerkundlichen Aufnahme für alle Arten von elektrischen Piezometern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 3.

3.1.7.3

faseroptisches Piezometer

Piezometer (3.1), bei dem das *Messgerät* (3.1.7) mit einer Membran ausgestattet ist, und bei dem die Durchbiegung der Membran von einem optischen Sensor gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei faseroptischen Piezometern ist keine elektrische Verbindung zwischen Ableseeinheit und Sensor erforderlich.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für faseroptische Piezometer werden spezielle Ableseeinheiten benötigt.

3.1.7.4

pneumatisches Piezometer

Piezometer (3.1), bei dem das *Druck-Messgerät* (3.1.7) mit einem Ventil ausgestattet ist, das aufgrund eines Gasdrucks, der von außen über gasgefüllte Schläuche beaufschlagt wird, pneumatisch öffnet und aufgrund des *Porenwasserdrucks* (3.2) schließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 4.

3.2

Porenwasserdruck

u

Druck des Wassers in den Hohlräumen im Baugrund oder in einer Aufschüttung, relativ zum atmosphärischen Luftdruck

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Porenwasserdruck ist die Differenz zwischen der totalen Spannung und der effektiven Spannung in gesättigtem Baugrund (siehe Verweisungen [6] und [7]).

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Fels lautet die zugehörige Benennung Kluftwasserdruck.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Zustand von Böden oder Aufschüttungen, bei dem die Poren vollständig mit Wasser gefüllt sind, wird als „gesättigt“ bezeichnet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Messungen des Porenwasserdrucks können positive oder negative Werte ergeben (siehe Verweisung [8] und Anhang F). Messgeräte, mit denen negative Porendrucke direkt gemessen werden können, werden gelegentlich als „Tensiometer“ bezeichnet, sie fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments (siehe ISO 11276).

Anmerkung 5 zum Begriff: Messungen des Porenwasserdrucks können durch Änderungen des atmosphärischen Luftdrucks beeinflusst werden (siehe 5.4.1 und Anhang A).

3.3

Druckhöhe

ψ

Verhältnis u/γ_w des Porenwasserdrucks u (3.2) und der Wichte des Wassers γ_w oberhalb eines Punkts

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem *offenen Piezometersystem* (3.6) ist die Druckhöhe proportional zum Höhenunterschied zwischen der *piezometrischen Höhe* (3.4) und der Höhe des *Messpunkts* (3.15) (siehe Bild 1).

3.4

piezometrische Höhe

z_w

Höhe, bis auf die Wasser in einem *offenen Standrohr-Piezometer* (3.6.1) steigt und gleich der Höhe ist, bei der der Druck des Wassers im Baugrund dem atmosphärischen Luftdruck entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die piezometrische Höhe z_w ist die Summe der geometrischen Höhe z und der Druckhöhe ψ (3.3): $z_w = z + u/\gamma_w$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.5

Grundwasserspiegel

Wasserspiegel

Höhe, auf der der Porenwasserdruck u (3.2) null ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine alternative Benennung ist phreatische Oberfläche.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Grundwasserspiegel ist das Niveau des Grundwasserspiegels an einer geographischen Koordinate.

3.6

offenes System

offenes Piezometersystem

Feldmesssystem, bei dem das Fluid in direktem Kontakt mit der Atmosphäre steht, und die *piezometrische Höhe* (3.4) am *Messpunkt* (3.15) gemessen wird

3.6.1

offenes Standrohr-Piezometer

offenes Piezometersystem (3.6), das aus einem (im Baugrund installierten) Rohr besteht, dessen oberes Ende zur atmosphärischen Umgebung hin offen ist und einen perforierten Abschnitt aufweist, der sich im *Zuflussbereich* (3.1.1) befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1 a).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Innendurchmesser des Rohrs beträgt üblicherweise 19 mm bis 60 mm.

3.6.2

Casagrande-Piezometer

offenes Standrohr-Piezometer (3.6.1) mit ein oder zwei Rohren mit vergleichsweise kleinem Innendurchmesser und einer porösen *Filterspitze* (3.1.4) am *Messpunkt* (3.15)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 5.2.2.4, Bild 2 und Verweisung [9].

3.6.3

Überwachungsbrunnen

offenes Standrohr-Piezometer (3.6.1) mit einem großen Innendurchmesser des Rohrs (üblicherweise ≥ 100 mm)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Überwachungsbrunnen kann als *Standrohr-Piezometer* (3.1) verwendet werden, falls die *Ansprechzeit* (3.9) zufriedenstellend ist (siehe Anhang D).

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Überwachungsbrunnen wird häufig für die Probenahme von Grundwasser oder die Durchführung von Pumpprüfungen genutzt.

3.6.4

Beobachtungsbrunnen

offenes Rohr innerhalb eines Bohrlochs, bei dem der *Zuflussbereich* (3.1.1) freiliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Beobachtungsbrunnen werden häufig fälschlicherweise als *offenes Standrohr-Piezometer* (3.6.1) bezeichnet. Beobachtungsbrunnen fallen nicht unter den Begriff des *Piezometers* (3.1), da sie nicht mit *Dichtungen* (3.1.6) ausgestattet sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe 5.2.2.3.2.

3.7

geschlossenes System

geschlossenes Piezometersystem

Messsystem, in dem das *Reservoir* (3.1.2) nicht in direktem Kontakt mit der Atmosphäre steht, und in dem der Druck im Fluid mit einem *Druck-Messgerät* (3.1.7) gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1 b).

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele für in geschlossenen Systemen verwendete Druckmessgeräte sind elektrische Sensoren, faseroptische Sensoren und Druckventile.

3.7.1

Membran-Piezometer

geschlossenes System (3.7) mit einer *Filterspitze* (3.1.4), einem kleinen *Reservoir* (3.1.2) und einer Membran, die das Porenwasser vom Messsystem abtrennt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Durchbiegung der Membran wird gemessen und das Signal wird durch ein Kabel zu einer zugänglichen Stelle geleitet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Mögliche Membran-Piezometer sind *elektrische Piezometer* (3.1.7.2) oder *faseroptische Piezometer* (3.1.7.3).

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Druck wird im an die Filterspitze angrenzenden Bereich gemessen.

3.7.2

geschlossenes hydraulisches Piezometer mit zwei Rohren

geschlossenes System (3.7) mit einer porösen Keramik-*Filterspitze* (3.1.4), die sich innerhalb eines *Zuflussbereichs* (3.1.1) befindet und über zwei fluidgefüllte Rohre mit einem entfernt gelegenen Standort verbunden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Druckmessung findet am entfernt gelegenen Standort statt, nicht an der Filterspitze. Die Messungen müssen um Höhenunterschiede zwischen der Filterspitze und dem entfernt gelegenen Standort korrigiert werden.

3.7.3

Sonden-Piezometer

geschlossenes System (3.7), bei dem ein bewegliches *Messgerät* (3.1.7) in ein Rohr eingebracht wird, das mit einem oder mehreren Messfenstern ausgestattet ist, die jeweils in einem *Zuflussbereich* (3.1.1) liegen

3.8

Multilevel-Piezometer

System mit mehreren dauerhaft auf verschiedenen Tiefenlagen im Baugrund installierten *Messpunkten* (3.15), bei dem jeder Messpunkt einen eigenen *Zuflussbereich* (3.1.1) hat

3.9

hydrodynamische Zeitverzögerung

Ansprechzeit

Zeitspanne zwischen einer Änderung des *Porenwasserdrucks* (3.2) im Baugrund und der damit verbundenen Änderung in der Messung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zeitverzögerung ist hauptsächlich von der Art und den Abmessungen des *Piezometers* (3.1) (im Wesentlichen der Größe des *Reservoirs* (3.1.2)), der Durchlässigkeit des Baugrunds und dem Einbauverfahren abhängig (siehe Anhang D).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bezeichnung „langsame Ansprechzeit“ des Piezometers ist synonym für eine lange hydrodynamische Zeitverzögerung.

3.10

Grundwasserleiter

Körper aus einer durchlässigen Fels- oder Bodenmasse, die dazu geeignet ist, Grundwasser zu enthalten und weiterzuleiten

3.11

ungespannter Grundwasserleiter

Grundwasserleiter (3.10), bei dem die Grundwasseroberfläche die obere Grenze bildet

3.12

gespannter Grundwasserleiter

Grundwasserleiter (3.10), der oberhalb und unterhalb durch *Grundwassernichtleiter* (3.14) begrenzt ist

3.13

Grundwasserhemmer

Aquitard

gering durchlässige Schicht aus Fels oder Boden, die den Grundwasserfluss einschränkt und *Grundwasserleiter* (3.10) trennt

3.14

Grundwassernichtleiter

Körper aus Boden oder Fels mit äußerst geringer Transmissivität, der den Wasserfluss durch den Baugrund effektiv verhindert

3.15

Messpunkt

Punkt im Baugrund, auf den sich der *Porenwasserdruck* (3.2) bezieht

4 Symbole und Abkürzungen

Symbol	Benennung	Einheit
A	Querschnittsfläche des Standrohrs	m ²
d	Bohrlochdurchmesser/Durchmesser des Zuflussbereichs	m
D	Durchmesser eines Standrohrs	m
F	Zuflussfaktor	—
EW	Endwert (en: full scale (FS))	—
GWT	Grundwasserspiegel (en: groundwater table)	—
HAE	hoher Lufteindringwiderstand (en: high air entry)	—
k_s	hydraulische Leitfähigkeit des Bodens	m/s
k_g	hydraulische Leitfähigkeit des Injektionsguts	m/s
L	Länge des Zuflussbereichs	m
LAE	niedriger Lufteindringwiderstand (en: low air entry)	—
p	Druck	kPa
q_u	einaxiale Druckfestigkeit	Pa
RL	Bezugshöhe (en: reference level)	—
t	Zeit	s
u	Porenwasserdruck	kPa
z	geometrische Höhe	m
z_{mp}	geometrische Höhe der Messpunkte	m
z_w	piezometrische Höhe	m
γ_w	Einheitsgewicht des Wassers	kN/m ³
ψ	Druckhöhe	m

5 Messeinrichtungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Es sollte zwischen offenen Piezometersystemen und geschlossenen Piezometersystemen unterschieden werden (siehe Tabelle 1 und Bild 1).

Tabelle 1 — Typen von Piezometern

Nr.	Typ	Untertyp	Merkmal
1	offenes Piezometer-system (siehe 5.2)	<ul style="list-style-type: none"> — offenes Standrohr-Piezometer — Überwachungsbrunnen — Casagrande-Piezometer 	<p>Ein Filter und ein Reservoir, im Baugrund installiert und offen zur Atmosphäre.</p> <p>Das Messgerät ist ausbaubar. Die Ablesung kann entweder manuell oder automatisch erfolgen.</p> <p>Ein Vorteil von offenen Systemen ist die Möglichkeit, dass automatische Messungen durch manuelle Messungen überprüft werden können.</p> <p>Die Ansprechzeit von offenen Piezometern ist in Böden mit geringer Durchlässigkeit möglicherweise unzureichend.</p>
2	Geschlossenes Piezometer-system (siehe 5.3)	<ul style="list-style-type: none"> — elektrisches, faseroptisches oder Sonden-Piezometer — pneumatisches Piezometer — Piezometer mit zwei Rohren 	<p>Ein Filter, ein Reservoir und ein Drucksensor sind im Baugrund installiert und zur Atmosphäre hin abgeschlossen.</p> <p>Bei Verwendung spezieller Systeme sind ausbaubare Drucksensoren möglich.</p> <p>Geschlossene Systeme haben üblicherweise eine kürzere Zeitverzögerung als offene Systeme.</p>

5.1.2 Die Auswahl zwischen offenen oder geschlossenen Systemen sollte nach dem Überwachungsplan (siehe ISO 18674-1:2015, 4.3) und unter Berücksichtigung der Belastungsbedingungen und der hydrodynamischen Zeitverzögerung des Systems erfolgen.

ANMERKUNG 1 Die Auswahl zwischen einem offenen oder einem geschlossenen System ist von großer Bedeutung und kann in Bezug auf Erfolg oder Versagen der Messung ein entscheidender Faktor sein. Beispielsweise wird ein offenes System unter undrängten Bedingungen die realen Änderungen des Porenwasserdrucks nicht korrekt wiedergeben (siehe Anhang D).

ANMERKUNG 2 Klimatische Bedingungen spielen bei der Auswahl zwischen einem offenen und geschlossenen System ebenfalls eine wichtige Rolle. Beispielsweise ist bei Frostgefahr ein geschlossenes System vorzuziehen.

5.1.3 Der Zuflussbereich des Filters sollte auf einen angemessen kurzen vertikalen Abschnitt des Grundwasserleiters begrenzt sein.

ANMERKUNG Porenwasserdrücke können je nach Tiefe oder in geschichteten Grundwasserleitern oder bei vertikalem Grundwasserdurchfluss variieren.

5.1.4 Alle für den Einbau im Baugrund bestimmten Bauteile und Geräte müssen ausreichend widerstandsfähig gegen mechanische Belastung und chemischen Angriff durch Bestandteile des Grundwassers sein. Reaktionen zwischen den verwendeten Werkstoffen und dem Baugrund, insbesondere Auswirkungen unterschiedlicher elektrochemischer Potentiale, z. B. galvanische Effekte, müssen verhindert werden.

ANMERKUNG Unterschiede im elektrochemischen Potential können eine Änderung der Porenwasserdrücke zur Folge haben. Dieser Effekt wird durch Gase verursacht, die aufgrund von elektrischen Strömen entstehen, die aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Metalle oder Legierungen in der Piezometerspitze und / oder im Filtermaterial erzeugt werden.

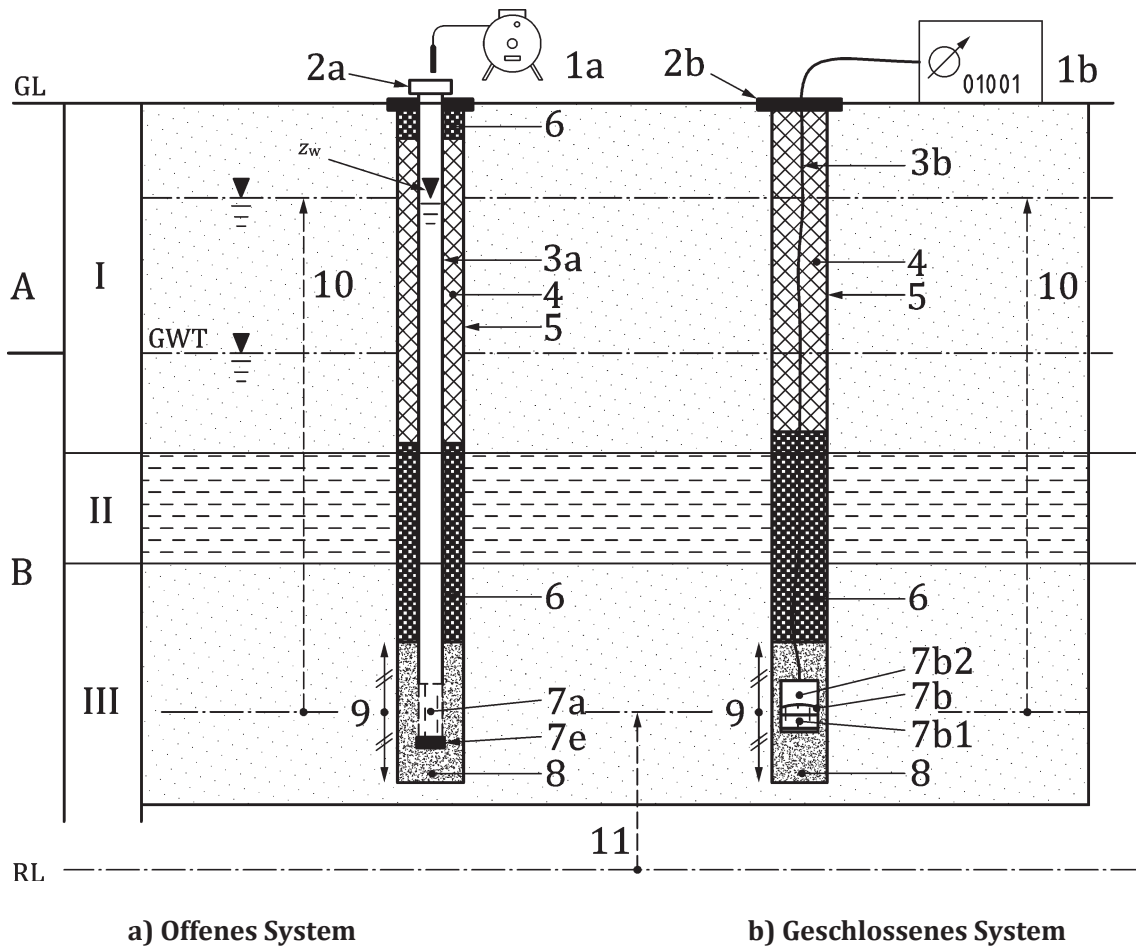


Bild 1 — Typen von Piezometersystemen

5.2 Offene Piezometersysteme

5.2.1 Allgemeines

5.2.1.1 Ein offenes Piezometersystem muss folgende Bauteile umfassen: einen den Messpunkt umgebenden Filter, eine Dichtung oberhalb des Filters und ein offenes Rohr, das vom Filter ausgehend durch die Dichtung nach oben zur Geländeoberkante reicht.

BEISPIEL Siehe Bild 1a).

ANMERKUNG 1 Zwischen dem Wasserdruck am piezometrischen Pegel und dem atmosphärischen Luftdruck herrscht Gleichgewicht.

ANMERKUNG 2 Falls das Bohrloch tiefer reicht als der Zuflussbereich, wird eine Dichtung unterhalb des Filters eingebaut. Es hat sich außerdem bewährt, eine Dichtung unterhalb des Filters zu verwenden, falls eine horizontale Durchströmung erforderlich ist (z. B. für die Durchführung von Versuchen mit steigender oder fallender Druckhöhe).

5.2.1.2 Der Messpunkt eines offenen Piezometers ist als Mittelpunkt des Zuflussbereichs definiert.

ANMERKUNG 1 Die am Messpunkt eines offenen Piezometers gemessene piezometrische Höhe wird durch den Zuflussbereich beeinflusst. Es wird davon ausgegangen, dass über die Höhe des Zuflussbereichs eine hydrostatische Druckverteilung vorherrscht.

ANMERKUNG 2 Bei einem offenen Piezometer ist der Messpunkt nicht an die Position des Messgeräts gebunden. Beispielsweise ist bei der Verwendung eines Drucksensors in einem offenen Piezometer der Messpunkt weiterhin der Mittelpunkt des Zuflussbereichs, der üblicherweise nicht der Position des Drucksensors entspricht.

5.2.1.3 Die Verschlusskappe am oberen Ende des Standrohrs muss mit einer Lüftungsöffnung ausgestattet sein, damit Schwankungen des Wasserstands im Rohr nicht begrenzt werden.

5.2.1.4 Messungen können entweder durch die Bestimmung der piezometrischen Höhe (z. B. mit einem Wasserstandsmessgerät) oder durch die Messung des Wasserdrucks im Standrohr in einer festgelegten Tiefe unterhalb der piezometrischen Höhe (z. B. mit einem Drucksensor) erfolgen. Wenn zur Bestimmung der piezometrischen Höhe ein Drucksensor verwendet wird, sollte ein Ausgleich von Schwankungen des atmosphärischen Luftdrucks in Betracht gezogen werden (siehe 5.4).

5.2.1.5 Bei artesischen Bedingungen und einem Überlaufen des Standrohrs kann das Standrohr auf eine Höhe über der höchsten piezometrischen Höhe verlängert werden, oder das offene System kann in ein geschlossenes System (siehe 5.3) umgewandelt werden, z. B. indem ein Druckmessgerät mit Dichtungsmittel am oberen Ende des Standrohrs angebracht wird.

5.2.2 Typen offener Piezometersysteme

5.2.2.1 Allgemeines

Offene Piezometersysteme können folgenden Typs sein:

- offenes Standrohr-Piezometer
- Überwachungsbrunnen
- Casagrande-Piezometer

5.2.2.2 Offenes Standrohr-Piezometer

Ein offenes Standrohr-Piezometer muss aus folgenden Komponenten bestehen:

- einem geraden Rohr mit einem Mindestinnendurchmesser von 12 mm;

ANMERKUNG 1 Der Mindestinnendurchmesser bezieht sich auf selbstentlüftende Systeme mit offenem Standrohr.

ANMERKUNG 2 Bei der Auswahl des Innendurchmessers sind im Wesentlichen der Zustand des Baugrunds und die hydrodynamische Zeitverzögerung zu berücksichtigen. Rohre mit größerem Durchmesser verursachen eine längere hydrodynamische Zeitverzögerung.

- einem geschlitzten oder perforierten Abschnitt im unteren Teil des Standrohrs;

ANMERKUNG 3 Bei Verwendung in stark durchlässigem Baugrund mit großen und raschen Wasserschwankungen ist es notwendig, dass die Öffnungen im perforierten oder geschlitzten Rohr ausreichend groß sind, damit der Strömungswiderstand minimiert wird.

- einer den geschlitzten oder perforierten Abschnitt des Standrohrs umgebenden Filterpackung nach 5.5.1.1 und 5.5.1.2;

- einer Abdichtung von mindestens 1 m oberhalb der Filterpackung, um den Zuflussbereich zu begrenzen und zu verhindern, dass Regenwasser direkt in das Piezometersystem eindringt;

ANMERKUNG 4 Wenn Tonpellets zur Bildung einer Abdichtung verwendet werden, hat es sich bewährt, dass sich mindestens 1 m der Abdichtung unterhalb des Grundwasserspiegels befindet, damit die Pellets aufquellen können. Wenn dies nicht möglich ist, hat es sich bewährt, eine Injektionsmischung als Abdichtung zu verwenden.

- einer Abdichtung mit mindestens einem Meter Länge in jedem Grundwasserhemmer. Die Lage und Länge der Abdichtung sollten an den Zustand des Baugrunds angepasst werden.

5.2.2.3 Überwachungsbrunnen

5.2.2.3.1 Ein Überwachungsbrunnen (siehe 3.6.3) mit geeigneten Dichtungen darf als offenes Standrohr-Piezometer (siehe 5.2.2.2) genutzt werden, sofern die Ansprechzeit für den Zweck akzeptabel ist.

5.2.2.3.2 Überwachungsbrunnen sollten klar von Beobachtungsbrunnen unterschieden werden. Da die Grundwasserbilanz a priori nicht bekannt sein kann, wird von der Verwendung von Beobachtungsbrunnen ausdrücklich abgeraten.

ANMERKUNG Beobachtungsbrunnen (siehe 3.6.4) fallen nicht unter den Begriff des Piezometers, da sie nicht mit Dichtungen ausgestattet sind, weshalb sie Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserleitern herstellen und so die Grundwasserbilanz stören können. Die Verwendung von Beobachtungsbrunnen ist beschränkt auf die Messung des Grundwasserspiegels in der obersten Schicht des Baugrunds, in der, ausgehend vom Grundwasserspiegel, der Wasserdruck mit zunehmender Tiefe gleichmäßig ansteigt.

5.2.2.4 Casagrande-Piezometer

5.2.2.4.1 Ein Casagrande-Piezometer muss aus folgenden Komponenten bestehen:

- einem Filter mit niedrigem Lufteindringwiderstand aus einem geeigneten Werkstoff wie etwa Quarzsand, Keramikwerkstoff, Sintermetall oder porösem Kunststoff, der in einem Bohrloch eingebaut wird;
- einem oder zwei Standrohren mit einem vergleichsweise geringen Innendurchmesser, die am Filter befestigt sind und nach oben an die Oberfläche reichen.

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2.

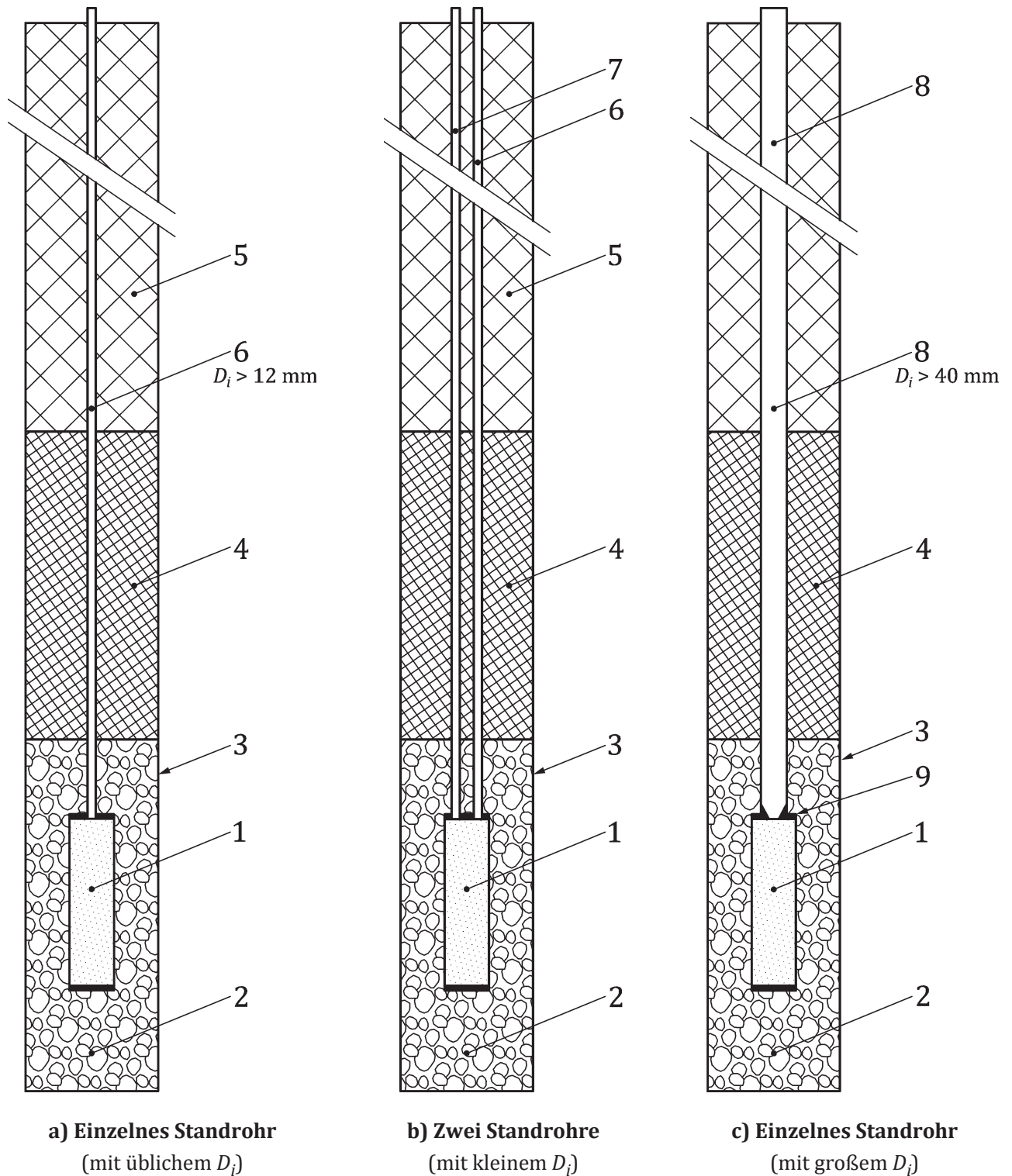
ANMERKUNG 2 Der Innendurchmesser der Standrohre beträgt üblicherweise 12 mm. Rohre mit kleineren Innendurchmessern können verwendet werden, sind dann aber möglicherweise nicht selbstentlüftend.

5.2.2.4.2 Piezometer mit zwei Rohren können gespült werden, um Luft und/oder Bodenpartikel aus dem System zu entfernen.

ANMERKUNG 1 Werden zwei Rohre (siehe Bild 2b)) verwendet, kann der Durchmesser der Rohre kleiner als 12 mm sein.

ANMERKUNG 2 Die Verwendung eines Rohrs mit einem größeren Durchmesser (siehe Bild 2c)) ermöglicht den Einbau eines Druckmessgeräts in das Standrohr. Das Gerät kann ausgebaut und ausgetauscht werden.

ANMERKUNG 3 Durch die Verwendung einer speziellen Spitzenverbindung (siehe 9 in Bild 2c) kann ein Casagrande-Piezometer in ein geschlossenes Piezometersystem umgewandelt werden. Das Rohr oder die Rohre können mit einer Vorrichtung verschlossen werden, die einen Drucksensor und eine geeignete Lösung zur Abdichtung der Verrohrung(en) umfasst.



Legende

- | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 poröser Filter | 4 Dichtung | 7 zweites Rohr zum Spülen |
| 2 Filterpackung (Filtersand) | 5 Verfüllung | 8 Rohr mit größerem Durchmesser, geeignet für die Installation eines Drucksensors |
| 3 Bohrlochwand | 6 Rohr mit kleinem Durchmesser | 9 Filterspitzenverbindung (optional) |

Bild 2 — Casagrande-Piezometer mit unterschiedlichen Verbindungen zur Oberfläche