

DIN EN ISO 22476-4



ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN ISO 22476-4:2013-03

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Felduntersuchungen –
Teil 4: Vorgebohrter Pressiometerversuch nach Ménard
(ISO 22476-4:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 22476-4:2021**

Geotechnical investigation and testing –
Field testing –

Part 4: Prebored pressuremeter test by Ménard procedure (ISO 22476-4:2021);
German version EN ISO 22476-4:2021

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais en place –

Partie 4: Essai pressiométrique dans un forage préalable selon la procédure Ménard
(ISO 22476-4:2021);
Version allemande EN ISO 22476-4:2021

Gesamtumfang 76 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22476-4:2021) 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 nationale 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).

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

ISO 14688-1	siehe	DIN EN ISO 14688-1
ISO 14689	siehe	DIN EN ISO 14689
ISO 22475-1	siehe	DIN EN ISO 22475-1
ISO 22476-15	siehe	DIN EN ISO 22476-15

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 22476-4:2013-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige technische Überarbeitung;
- b) vollständige redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 4094-5: 2001-06
DIN EN ISO 22476-4: 2013-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung*

DIN EN ISO 14689, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels*

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

DIN EN ISO 22476-15, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 15: Aufzeichnung der Bohrparameter*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Geotechnische Erkundung und Untersuchung —
Felduntersuchungen —
Teil 4: Vorgebohrter Pressiometerversuch nach Ménard
(ISO 22476-4:2021)

Geotechnical investigation and testing —
Field testing —
Part 4: Prebored pressuremeter test by Ménard
procedure (ISO 22476-4:2021)

Reconnaissance et essais géotechniques —
Essais en place —
Partie 4: Essai pressiométrique dans un forage
préalable selon la procédure Ménard
(ISO 22476-4:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. August 2021 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	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole	12
4 Ausrüstung	15
4.1 Allgemeine Beschreibung	15
4.2 Pressiometer-Sonde	15
4.2.1 Allgemeines	15
4.2.2 Messsonde mit elastischem Mantel	17
4.2.3 Messsonde mit elastischem Mantel und einer zusätzlichen starrereren Schutzeinrichtung	17
4.2.4 Messsonde mit elastischem Mantel und geschlitztem Stahlrohr	18
4.3 Verbindungsleitungen und eingepresste Flüssigkeit	19
4.4 Druck-Volumen-Steuereinheit	20
4.4.1 Allgemeines	20
4.4.2 Messen und Steuern	21
4.4.3 Elektronische Messwerterfassungsanlage	21
5 Versuchsdurchführung	22
5.1 Zusammenbau der Teile	22
5.2 Kalibrierung und Korrekturen	22
5.3 Pressiometer-Versuchsvorbohrung und Einbringen der Messsonde	22
5.4 Vorbereitung des Versuchs	23
5.5 Festlegen des Belastungsprogramms	23
5.6 Festlegen des Drucks der Schutzzellen bei Sonden mit drei Zellen	25
5.7 Aufweitung	25
5.7.1 Allgemeines	25
5.7.2 Ablesewerte und Aufzeichnungen	25
5.7.3 Ende des Versuchs	25
5.8 Verfüllen der Vorbohrungen	26
5.9 Sicherheitsanforderungen	26
6 Versuchsergebnisse	26
6.1 Datenblatt und Ausdruck oder Anzeige am Versuchsort	26
6.1.1 Datenblatt bei Steuereinheit Typ A	26
6.1.2 Ausdruck am Versuchsstandort für Steuereinheiten Typ B und Typ C	26
6.1.3 Unkorrigierte Pressiometerkurve	27
6.2 Korrigierte Pressiometerkurve	27
6.3 Berechnete Ergebnisse	28
7 Berichte	29
7.1 Allgemeines	29
7.2 Feldprotokoll	29
7.3 Untersuchungsbericht	29

7.3.1	Allgemeines	29
7.3.2	Bericht des Pressiometerversuchs nach Ménard	29
7.3.3	Prüfprotokoll eines Pressiometerversuchs.....	30
Anhang A (normativ) Geometrische Merkmale von Pressiometer-Sonden		32
A.1	Geometrische Spezifikationen für Messsonden	32
A.2	Auswählen der Pressiometer-Sonde und der Komponenten.....	33
Anhang B (normativ) Kalibrierung und Korrekturen		34
B.1	Messgeräte	34
B.2	Einzelner Druckverlust der Membran der zentralen Messzelle	34
B.2.1	Allgemeines	34
B.2.2	Vorbereitung der Pressiometer-Sonde für den Druckverlust-Versuch der Membran der zentralen Messzelle	34
B.2.3	Messung des Druckverlustes der Membran der zentralen Messzelle.....	35
B.3	Überprüfung der Messgeräte vor Ort.....	35
B.4	Korrekturen der Ablesewerte	35
B.4.1	Allgemeines	35
B.4.2	Voraufräumen der Messsonde und Nullsetzen des Volumenmessgerätes	36
B.4.3	Kalibrierversuch des Volumenverlustes der Ausrüstung	36
B.4.4	Kalibrierversuch des Druckverlustes der Messsonde	38
B.4.5	Abschätzung des Gasdruckes in den Schutzzellen bei einem gegebenen Versuch	40
Anhang C (normativ) Einbringen der Pressiometer-Sonde in den Baugrund		43
C.1	Allgemeine Betrachtungen	43
C.1.1	Überblick	43
C.1.2	Abstand zwischen Versuchen und Mindestdiefe der Messsonde im Baugrund	43
C.1.3	Maximale Länge des Bohrabschnitts vor dem Einbringen der Pressiometer-Sonde	43
C.1.4	Zeitabstand zwischen dem Herstellen der Pressiometer-Versuchsvorbohrung und dem Versuch.....	44
C.2	Verfahren des Einbringens der Messsonde ohne Bodenverdrängung	45
C.2.1	Allgemeines	45
C.2.2	Durchmesser des Schneidwerkzeugs für die Vorbohrung.....	45
C.2.3	Verfahren zum Stabilisieren des Bohrlochs	46
C.2.4	Andere Verfahren des Einbringens der Messsonde ohne Bodenverdrängung	47
C.2.5	Einpressen, Einhämmern oder Einrütteln von Rohren (OS-T/W, OS-TK/W und VDT)	49
C.3	Verfahren des Einbringens der Messsonde mit Bodenverdrängung	49
Anhang D (normativ) Ermitteln der Pressiometer-Parameter		53
D.1	Ermitteln einer korrigierten Pressiometerkurve	53
D.1.1	Allgemeines	53
D.1.2	Korrektur der hydraulischen Druckhöhe der Sonde	53
D.1.3	Korrektur des Druckverlustes der Sonde	53
D.1.4	Korrektur des Volumenverlustes.....	54
D.1.5	Korrigierte Pressiometerkurve	55
D.2	Beurteilung der Qualität des Pressiometerversuchs	55
D.2.1	Analyse eines Pressiometerversuchs.....	55
D.2.2	Qualität des Pressiometerversuchs	56
D.3	Pressiometer-Kriechdruck	57
D.4	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers	58
D.4.1	Definition.....	58
D.4.2	Direkte Lösung	59
D.4.3	Kurvenanpassungs- und Extrapolationsverfahren.....	59
D.4.4	Bestimmung des Grenzdruckes durch Extrapolation, abschließender Schritt	60
D.5	Ermitteln des Ménard-Pressiometer-Moduls	60
D.5.1	Allgemeines	60
D.5.2	Auswahl des pseudoelastischen Bereichs	60

D.5.3	Ménard-Pressiometer-Modul E_M	62
D.6	Abschließende Überprüfung der Pressiometer-Parameter	62
Anhang E (normativ) Unsicherheiten		63
E.1	Unsicherheiten der Messgeräte	63
E.2	Messunsicherheiten.....	63
Anhang F (informativ) Untersuchungsberichte für Pressiometerversuche.....		65
F.1	Allgemeines	65
F.2	Feldprotokoll - Datenblatt eines Pressiometerversuchs nach Ménard.....	65
F.3	Untersuchungsbericht - Prüfprotokoll eines Pressiometerversuchs nach Ménard	70
Literaturhinweise.....		72

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22476-4:2021) 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 März 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2022 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 22476-4:2012.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

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 22476-4:2021 wurde von CEN als EN ISO 22476-4:2021 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, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 22476-4:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

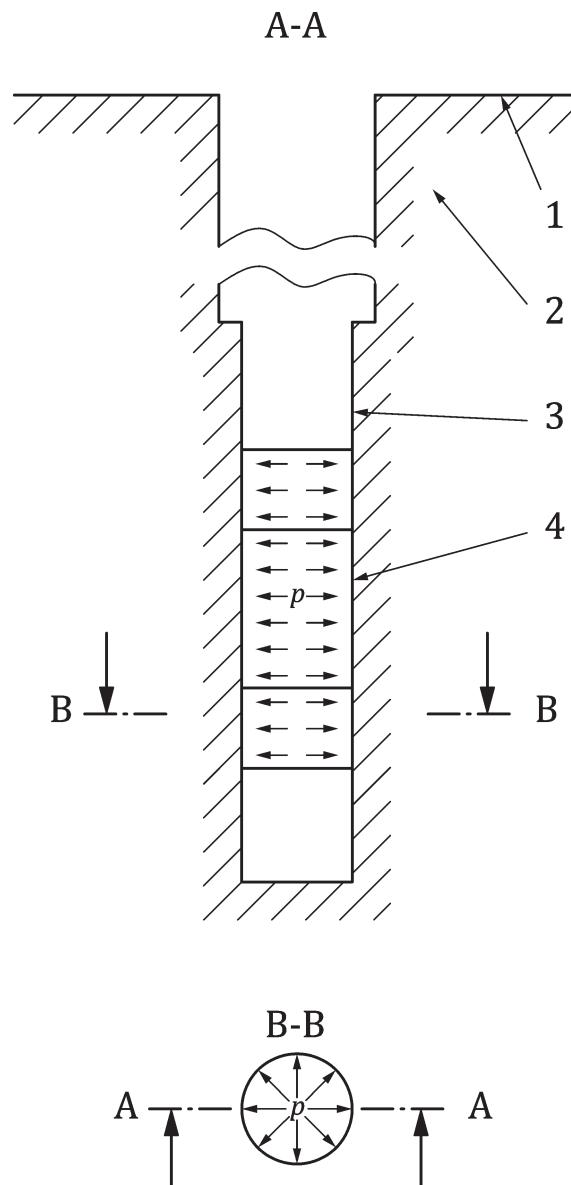
- Bauarten der Messsonden;
- Verfahren zur Korrektur;
- Verfahren zum Einbringen der Sonde in Anhang C;
- Klarstellung von D;
- Harmonisierung der Benennungen und Symbole.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 22476 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.

Einleitung

Der Pressiometerversuch nach Ménard erfolgt durch radiale Aufweitung einer in den Baugrund eingebrachten zylindrischen Messsonde mit einer Schlankheit von mindestens 6 (siehe Bild 1). Während des Einpressens des Flüssigkeitsvolumens in die Messsonde bewirkt das Aufweiten der Messzelle zunächst, dass der Außenmantel der Messsonde die Vorbohrungswandung berührt und dann zu einer Bodenverdrängung führt. Der ausgeübte Druck und die zugehörige radiale Aufweitung der Messsonde werden entweder durch Volumen- oder Radial-Messwertaufnehmer gemessen und aufgezeichnet, um das Verhältnis von Belastung und Verformung des Baugrunds im Untersuchungszustand zu ermitteln.



Legende

- 1 Geländeoberkante
- 2 Baugrund
- 3 Vorbohrung
- 4 sich aufweitende Pressiometer-Sonde

- p aufgebrachter Druck
- A-A Axialschnitt
- B-B Querschnitt

Bild 1 — Prinzip eines Pressiometerversuchs nach Ménard

Gemeinsam mit den verfügbaren Ergebnissen der Untersuchungen nach ISO 22475-1 oder zumindest mit der während der Durchführung des Pressiometerversuchs ermittelten Identifizierung und Beschreibung des Baugrunds nach ISO 14688-1 und ISO 14689 werden die Versuche durchgeführt, um die quantitative Bestimmung eines Bodenprofils zu ermitteln, einschließlich des

- Ménard-Pressiometer-Moduls, E_M ,
- Grenzdruckes des Ménard-Pressiometers p_{IM} und
- Ménard-Pressiometer-Kriechdruckes p_t .

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument erfüllt die Anforderung an den Pressiometerversuch nach Ménard als Teil der geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach EN 1997-1 und EN 1997-2.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument bezieht sich auf eine Sonde, die traditionell als „60-mm-Messsonde (auch als BX bezeichnet) der Bauart G“ beschrieben wird, was einer Sonde mit einem Durchmesser von 58 mm und einem Bohrlochdurchmesser zwischen 60 mm und 66 mm mit einer Druckbegrenzung von 5 MPa entspricht. Sofern von der zuständigen Behörde festgelegt oder für ein bestimmtes Projekt von den maßgeblichen Parteien vereinbart, kann ein abweichender Druck, der 8 MPa nicht überschreitet, eingestellt werden.

ANMERKUNG 3 Eine Messsonde der Bauart G steht für Messsonden, deren äußerer Mantel von Schutzzellen gebildet wird (siehe 4.2).

ANMERKUNG 4 Der Pressiometerversuch nach Ménard kann auch mit Messsonden anderer Durchmesser, wie 32 mm, 44 mm und 76 mm, durchgeführt werden.

ANMERKUNG 5 Beispiele für andere Abmessungen der Messsonde oder Vorbohrung sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Abmessungen der Sonde und der Vorbohrung

Sonde Bezeichnung	Sonde Durchmesser mm	Bohrlochdurchmesser mm	
		min.	max.
AX	44	46	52
NX	70/74	74	80

ANMERKUNG 6 Versuche mit einem Höchstdruck über 8 MPa werden in ISO 22476-5 behandelt.

ANMERKUNG 7 Für den Anwendungsbereich dieses Dokuments (sowie für das zugehörige Messgerät und die maximalen Messunsicherheiten in Tabelle E.1) können üblicherweise die E_M -Werte bis zu 500 MPa (durch Berechnung) ermittelt werden. Um den Bereich der Messungen zu vergrößern, kann die Ausrüstung zur Reduzierung der Messunsicherheiten erweitert werden. Beispielsweise können bei Verwendung einer Ausrüstung der Bauart GA und eines Abzweigs für die Volumenmessung E_M -Werte bis zu 10 000 MPa gemessen werden. Mithilfe der Berechnung der Unsicherheit kann die Relevanz dieser Pressiometerkomponenten bestätigt werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an die Ausrüstung, die Durchführung und die Berichte in Zusammenhang mit dem Pressiometerversuch nach Ménard fest.

Dieses Dokument beschreibt das Verfahren zur Durchführung eines Pressiometerversuchs nach Ménard in natürlichen Baugründen, behandelten oder unbehandelten Aufschüttungen, zur Anwendung entweder an Land oder vor der Küste.

Die Ergebnisse der Pressiometerversuche nach diesem Dokument sind für eine quantitative Bestimmung der Festigkeits- und Verformungsparameter von Boden geeignet. In Verbindung mit der Messung während des Bohrens eines Bohrloches können sie lithologische Angaben liefern (nach ISO 22476-15). Sie können auch mit der direkten Erkundung (z. B. Probenahme nach ISO 22475-1) kombiniert oder mit weiteren In-situ-Versuchen verglichen werden (siehe EN 1997-2).

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 14688-1, *Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 1: Identification and description*

ISO 14689, *Geotechnical investigation and testing — Identification, description and classification of rock*

ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing — Sampling by drilling and excavation and ground water measurements — Part 1: Technical principles for execution*

ISO 22476-15, *Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 15: Measuring while drilling*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten 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 <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

Pressiometer-Sonde

zylindrische elastische Messsonde, die durch Aufbringen von hydraulischem Druck und/oder Einsatz von Druckgas aufgeweitet werden kann

3.1.2

Pressiometer-Steuereinheit

Anordnung geeigneter Einrichtungen, mit deren Hilfe Flüssigkeits- und/oder Gasdruck zur Messsonde geliefert werden kann, um Druckstufen anzupassen und den Sondendruck sowie das Volumen oder den Radius der Messzelle abzulesen

3.1.3

Verbindungsleitung

Kabel, das die Steuereinheit mit der Messsonde verbindet sowie Flüssigkeits- und/oder Gasdruck zu den Mess- und Schutzzellen leitet

3.1.4

Pressiometer-Versuchsvorbohrung

kreisförmiger zylindrischer Hohlraum, der im Boden gebildet wird, um eine *Pressiometer-Sonde* (3.1.1) aufzunehmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang C.

3.1.5

Pressiometer-Bohrloch

Bohrloch, in dem im Baugrund *Pressiometer-Versuchsvorbohrungen* (3.1.4) mit kreisförmigem Querschnitt hergestellt werden und in das die *Pressiometer-Sonde* (3.1.1) einzubringen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.1.6

Pressiometerversuch nach Ménard

Verfahren, bei dem eine *Pressiometer-Sonde* (3.1.1) in der *Pressiometer-Versuchsvorbohrung* (3.1.4) aufgeweitet und die dadurch entstehende Aufweitung der Vorbohrung nach einem bestimmten Programm als Funktion der Zeit und der Druckzunahmestufen gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 4.

3.1.7

Pressiometer-Sondierung

Abfolge der *Pressiometerversuche nach Ménard* (3.1.6), die von derselben Station im *Pressiometer-Bohrloch* (3.1.5) ausgeführt wird

3.1.8

Ablesewert des Druckes

auf Höhe der Steuereinheit (CU) abgelesener Druck im die Messzelle versorgenden Flüssigkeits- und/oder Gaskreislauf

3.1.9

Druckverlust

Differenz zwischen dem Druck in der Sonde und dem auf die *Pressiometer-Versuchsvorbohrung* (3.1.4) aufgebrachten Druck

3.1.10

Volumenverlust

Volumenablesewerte an der Steuereinheit, während der Außendurchmesser der Sonde konstant gehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser ist auf die Komprimierbarkeit des Systems (einschließlich Membran, Sonde, Rohre, Flüssigkeit und Steuereinheit) zurückzuführen.

3.1.11

unkorrigierte Pressiometerkurve

graphische Darstellung der eingepressten Volumina zum Zeitpunkt 60 s, angegeben als V_{60} , gegen den ausgeübten Druck auf jeder Druckstufe p_r

3.1.12

korrigierte Pressiometerkurve

graphische Darstellung der korrigierten Volumina V_i oder radialen Verschiebungen gegen den korrigierten Druck p

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 5.

3.1.13

Pressiometer-Kriechen

Differenz zwischen den auf jeder Druckstufe nach 60 s und nach 30 s aufgezeichneten Volumina: $V_{60} - V_{30} = V_{60/30}$

3.1.14

korrigierte Pressiometer-Kriechkurve

graphische Darstellung des korrigierten Pressiometer-Kriechens gegen den korrigierten, auf jeder Druckstufe aufgebrauchten Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 5.

3.1.15

Pressiometer-Protokoll

grafischer Bericht der Ergebnisse der *Pressiometer-Sondierung* (3.1.7), zusammen mit allen während des Bohrens gewonnenen Angaben

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe F.3.

3.1.16

Ménard-Pressiometer-Modul

Modul, ermittelt aus dem Abschnitt der Pressiometerkurve zwischen (p_1, V_1) und (p_2, V_2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild D.6.

3.1.17

Grenzdruck des Ménard-Pressiometers

Druck, bei dem sich das ursprüngliche Volumen der *Pressiometer-Versuchsvorbohrung* (3.1.4) in Höhe der Messzelle verdoppelt hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild D.5.

3.1.18

Pressiometer-Kriechdruck

Druck, der als Schnittpunkt zweier gerader Linien auf der Kriechkurve definiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild D.4.

3.1.19

Durchführender

Person, die den Versuch durchführt

3.1.20

Verrohrung

in das Bohrloch eingebaute Rohrschüsse, die oberhalb der Vorbohrung einen Einsturz des Bohrlochs oder den Verlust des Spülmediums an den umgebenden Baugrund verhindern sollen

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole in Tabelle 2:

Tabelle 2 — Symbole

Symbol	Beschreibung	Einheit
A, B	Parameter für Anpassungsverfahren mit Umkehrkurve	cm^3 , cm^3/MPa
A_1 bis A_6	Parameter für Anpassungsverfahren mit hyperbolischer Kurve	variabel
a	Volumenverlust-Koeffizient der Ausrüstung	cm^3/MPa
b, c	Parameter der Interpolation auf der Grundlage des Potenzgesetzes für die Korrektur des Druckverlustes der Sonde	variabel
d, e	Parameter der linearen Interpolation für die Korrektur des Volumenverlustes der Sonde	variabel
d_c	Außendurchmesser der zentralen Messzelle, einschließlich jeglicher zusätzlichen Schutzeinrichtung, wie z. B. ein Schlitzrohr	mm
d_{ci}	Außendurchmesser des Innenteils der Messsonde mit Schlitzrohr	mm
d_g	Außendurchmesser der Schutzzellen	mm
d_i	Innendurchmesser des Kalibrierzylinders für die Kalibrierung des Volumenverlustes	mm
d_r	an der CU abgelesener Wert des Außendurchmessers der zentralen Messzelle während der Aufweitung vor der Datenkorrektur	cm^3
d_t	Durchmesser des Bohrwerkzeugs	mm
E_M	Ménard-Pressiometer-Modul	MPa
K	Faktor zur Bestimmung des Differenzdrucks bei Sonden mit drei Zellen	-
l_c	Länge der zentralen Messzelle der Sonde, wenn die Zellmembran mit dem Stahlkern der Messsonde verbunden ist	mm
l_g	Länge jeder Schutzzelle	mm
l_m	Länge des geschlitzten Abschnitts des Schlitzrohrs entlang der Rohrachse	mm
l_p	Länge des Kalibrierzylinders für die Kalibrierung des Volumenverlustes	mm
l_t	Mantellänge	mm
m	Parameter der Interpolation auf der Grundlage des Potenzgesetzes für die Korrektur des Druckverlustes der Sonde	-
m_E	Mindestwert der m_i -Anstiege, grundsätzlich positiv	cm^3/MPa
m_i	Anstieg der korrigierten Pressiometerkurve zwischen den beiden Punkten mit den Koordinaten (p_{i-1}, V_{i-1}) und (p_i, V_i)	cm^3/MPa
p	auf den Baugrund aufgebrachter Druck nach der Korrektur	MPa
p_c	Flüssigkeits- oder Gasdruck in der Messzelle der Pressiometer-Sonde	MPa
p_e	Korrektur des Druckverlustes der Sonde	MPa
p_E	Druck am Ursprung des Segments, der die Steigung m_E aufweist	MPa
p'_E	Druck am Ende des Segments, der die Steigung m_E aufweist	MPa

Symbol	Beschreibung	Einheit
p_{el}	Enddruckverlust der Messsonde	MPa
p_f	Pressiometer-Kriechdruck	MPa
p_g	Druck in den Schutzzellen, abgelesen auf der Höhe des CU-Messwandlers	-
p_h	hydrostatischer Druck zwischen der Anzeige der Steuereinheit und der zentralen Messzelle der Pressiometer-Sonde	MPa
p_i	korrigierter Pressiometer-Druck	MPa
p_{IM}	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers im Baugrund	MPa
p_{IMDH}	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers, extrapoliert nach dem doppel-hyperbolischen Verfahren	MPa
p_{IMH}	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers, extrapoliert nach dem hyperbolischen Verfahren	MPa
p_{IMR}	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers, extrapoliert nach dem Umkehrkurvenverfahren	MPa
p_m	Druckverlust der Membran der zentralen Messzelle bei einer spezifischen Aufweitung	MPa
p_r	Druck im Flüssigkeits- oder Gaskreislauf der Messzelle, abgelesen auf der Höhe des CU-Messwandlers	MPa
p_t	Zieldruck für jede Druckstufe entsprechend dem Belastungsprogramm	MPa
p_0	horizontaler Ruhedruck am Pressiometer	MPa
p_1	korrigierter Druck am Beginn des Druckbereichs des Pressiometer-Moduls	MPa
p_2	korrigierter Druck am Ende des Druckbereichs des Pressiometer-Moduls	MPa
t	Zeit(spanne)	s
t_h	Zeitspanne, während der die Höhe des Belastungsdruckes gehalten wird	s
u_s	Porenwasserdruck im Baugrund in Versuchstiefe	MPa
V	Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens nach dem Nullsetzen und der Datenkorrektur, gemessen 60 s nach dem Beginn einer Druckstufe	cm ³
V_c	ursprüngliches Volumen der zentralen Messzelle, einschließlich des Schlitzrohrs, sofern zutreffend	cm ³
V_E	Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens beim Druck p_E , nach der Datenkorrektur	cm ³
V'_E	Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens beim Druck p'_E , nach der Datenkorrektur	cm ³
V_e	Korrektur des Volumenverlustes der gesamten Ausrüstung	-
V_i	korrigiertes Volumen	cm ³
V_L	Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens, wenn sich das ursprüngliche Volumen des Pressiometer-Hohlraums verdoppelt hat, nach der Datenkorrektur	cm ³
V_m	mittleres korrigiertes Volumen zwischen V_1 und V_2	cm ³

Symbol	Beschreibung	Einheit
V_p	Volumen, das dem Schnittpunkt der Geraden, die die Datenpunkte auf der im Kalibrierversuch des Volumenverlustes ermittelten Kurve p - V am besten miteinander verbindet, mit der Volumen-Achse (siehe Bild B.2)	cm^3
V_r	an der CU abgelesener Wert des in die Messzelle eingepressten Volumens vor der Datenkorrektur	cm^3
V_t	Volumen der zentralen Messzelle, einschließlich des Schlitzrohrs	cm^3
V_1	korrigiertes Volumen am Beginn des Druckbereichs des Pressiometer-Moduls	cm^3
V_2	korrigiertes Volumen am Ende des Druckbereichs des Pressiometer-Moduls	cm^3
V_{30}	30 s nach dem Beginn der Druckstufe abgelesener Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens	cm^3
V_{60}	60 s nach dem Beginn der Druckstufe abgelesener Wert des in die zentrale Messzelle eingepressten Volumens	cm^3
$V_{60/30}$	Änderung des eingepressten Volumens in der Zeit zwischen 30 s bis 60 s nach Erreichen der Druckstufe – auch als Pressiometer-Kriechen bezeichnet	cm^3
$V_{60/60}$	Änderung des eingepressten Volumens nach 60 s zwischen zwei aufeinanderfolgenden Druckstufen	cm^3
z	über der Bezugsebene positiv gemessene Höhe	m
z_{CU}	Höhe des Messgerätes für den Druck der in die Sonde eingepressten Flüssigkeit und/oder des eingepressten Gases	m
z_N	Höhe der Geländeoberkante am Ort der Pressiometer-Sondierung	m
z_p	Höhe der Messzelle während des Versuchs	m
z_w	Höhe des Grundwasserspiegels (oder der freien Wasseroberfläche in See- und Flussumgebung)	m
β	Koeffizient zur Bestimmung des Druckbereichs des Pressiometer-Moduls	-
γ	Wichte des Baugrunds zum Zeitpunkt des Versuchs	kN/m^3
γ_i	Wichte der in die zentrale Messzelle eingepressten Flüssigkeit	kN/m^3
γ_w	Wichte des Wassers	kN/m^3
Δp	Druckzunahmestufe des Belastungsdruckes	MPa
Δp_1	anfängliche Druckzunahmestufe	MPa
r_i	Radius der Messzelle für Messwertaufnehmer i	m
Δt_i	Dauer bis zum Erreichen der Druckstufe i	s
δV	Grenzabweichung für Volumenmessung	cm^3
λ_g	Änderungsgeschwindigkeit der Druckhöhe des Gases bei Druck p_k je Tiefenmeter	m^{-1}
ν	Poissonzahl	-
σ_{hs}	horizontale Gesamtbelastung im Baugrund auf Versuchshöhe	kPa
σ_{vs}	vertikale Gesamtbelastung im Baugrund in Versuchstiefe	kPa

4 Ausrüstung

4.1 Allgemeine Beschreibung

Das in Bild 2 schematisch dargestellte Pressiometer muss bestehen aus:

- der Pressiometer-Sonde;
- dem Gestänge zum Handhaben der Messsonde;
- der Steuereinheit (CU);
- den Verbindungsleitungen zwischen der Steuereinheit und der Messsonde.

Eine Messeinrichtung ist vorzusehen, um die Versuchstiefe mit einer angemessenen Messabweichung zu bestimmen (siehe auch Anhang E).

4.2 Pressiometer-Sonde

4.2.1 Allgemeines

Die Messsonde muss aus zylindrischen Zellen mit kreisförmigem Querschnitt entlang derselben Achse zusammengesetzt sein (siehe Bild 2). Die Messsonde muss aus einem hohlen Stahlkern mit Durchlässen zum Einpressen geeigneter Flüssigkeiten bestehen, um die Zellen aufzuweiten. Der Stahlkern muss gewöhnlich an seiner äußeren gekrümmten Oberfläche ein Netz von Rillen aufweisen, das die Flüssigkeit (sofern zutreffend) gleichmäßig unter Aufbringen eines gleichförmigen Druckes auf die Wandung der Pressiometer-Versuchsvorbohrung in die Messzelle unter der Membran verteilt. Das obere Ende des Kerns ist mit einem Gewinde zu versehen und mit dem Gestänge zu verschrauben, das die Handhabung der Messsonde von der Oberfläche des Baugrunds aus gestattet.

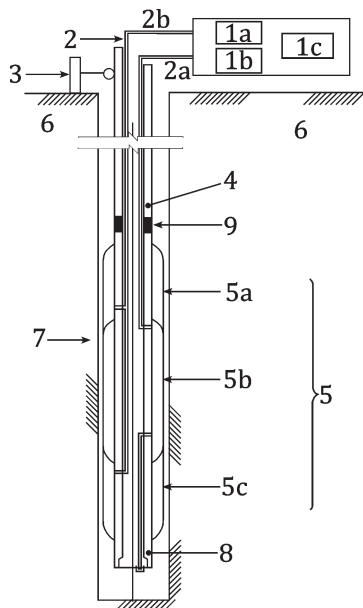
Sofern die Messzelle eine Schlankheit von mindestens 6 aufweist, darf die Messsonde aus einer Zelle bestehen. Andernfalls darf die Sonde aus drei Zellen bestehen, um dieses Kriterium zu erfüllen. Eine Membran der zentralen Messzelle muss die Flüssigkeit in der Messzelle vom Gas der Schutzzellen trennen.

ANMERKUNG 1 Durch die Erfüllung dieses Kriteriums wird sichergestellt, dass das Spannungsfeld zweidimensional ist.

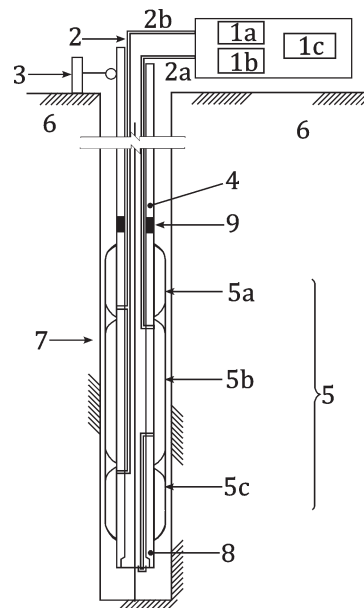
Die zentrale Messzelle darf

- von einem Mantel aus Schutzzellen (Messsonde der Bauart G mit drei Zellen),
- von einem Mantel aus bestimmten Membranen für Schutzzellen (Messsonde der Bauart E mit drei Zellen) oder
- von einem Mantel ohne Schutzzellen (Bauart mit einer Zelle) bedeckt sein.

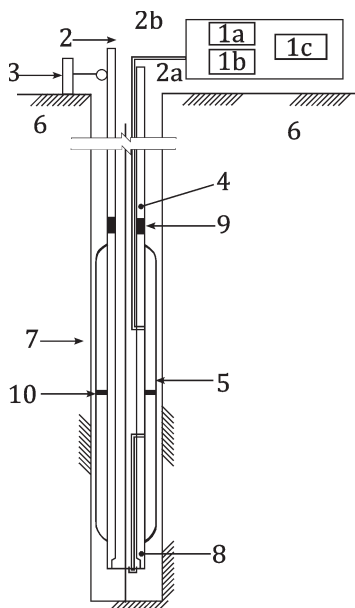
Alle Messsonden können für volumetrische Messungen mit einem Radial-Messwertaufnehmer oder mit einem anderen Messgerät ausgerüstet sein, das entweder das Volumen oder den Radius der Messsonde zuverlässig misst. Der Druck kann auf Höhe der Steuereinheit oder auf Höhe der Sonde gemessen werden.



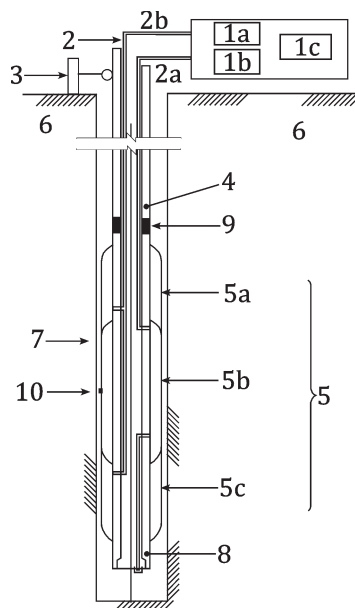
a) Sonden mit drei Zellen, Bauart G, mit Volumenmessung der Messzelle



b) Sonden mit drei Zellen, Bauart E, mit Volumenmessung der Messzelle



c) Sonde mit einer Zelle, mit Messung der radialen Verschiebung (optional)



d) Sonde mit drei Zellen, mit Messung der radialen Verschiebung

Legende

- | | |
|----|--|
| 1a | Geräte zum Beaufschlagen mit Druck, für die Erzeugung einer Druckdifferenz und zum Einpressen |
| 1b | Druck- und Volumenmessgeräte |
| 1c | Erfassung, Speicherung und Ausdruck der Daten (erforderlich für Steuereinheit Typ B und Typ C) |
| 2 | Verbindungsleitungen: 2a Leitung zum Einpressen von Flüssigkeit
2b Leitung zum Einpressen von Gas |
| 3 | Tiefenmesssystem |
| 4 | Gestänge |
| 5 | Pressiometer-Sonde |
| 5a | obere Schutzzone |
| 5b | zentrale Messzelle |
| 5c | untere Schutzzone |
| 6 | Baugrund |
| 7 | Pressiometer-Versuchsvorbohrung |
| 8 | hohler Messsondenkörper |
| 9 | Messsonden-Gestänge-Verbindung |
| 10 | Messumwandler |

Bild 2 — Schematische Darstellung eines Pressiometers nach Ménard

Wenn auf die Ausdehnung das Volumen der Messzelle folgt, muss die Messzelle durch Einpressen einer Flüssigkeit mit geringer Komprimierbarkeit aufgeweitet werden.

ANMERKUNG 2 Alternativ kann die Messzelle auch mit Luft aufgeweitet und die Ausdehnung von einem Wegaufnehmer verfolgt werden.

Je nach Art und Beschaffenheit des Baugrunds sind nach Anhang C drei Bauarten von Pressiometer-Sonden zu verwenden:

- ein hohler Sondenkörper mit elastischem Mantel;
- ein hohler Sondenkörper mit elastischem Mantel und einer zusätzlichen starrereren Schutzeinrichtung;
- ein hohler Sondenkörper mit elastischem Mantel und einem geschlitzten Stahlrohr.

Diese Messsonden sind jeweils in Bild 3 a) und Bild 3 b) beschrieben, und ihre geometrischen Merkmale sind in Tabelle A.1 angegeben.

Die Pressiometer-Sonde muss zu einer volumetrischen Aufweitung in der Lage sein, so dass der Grenzdruck des Ménard-Pressiometers innerhalb seiner Druckleistung überprüft werden kann.

ANMERKUNG 3 Bei 60-mm-Sonden und Sonden in 60-mm-Schlitzrohren kann $200 + V_c$ verwendet werden, wobei 200 und V_c in cm^3 angegeben werden.

ANMERKUNG 4 Bei anderen Abmessungen von Sonden mit drei Zellen oder bei Sonden mit einer Zelle kann eine spezifische Überprüfung erfolgen.

4.2.2 Messsonde mit elastischem Mantel

Die Messsonde enthält

- eine Messzelle mit einem Außendurchmesser d_c und einer Mindestlänge l_c , die sich in einer Vorbohrung radial aufweiten und einen gleichmäßigen Druck auf die Vorbohrungswandung ausüben muss,
- zwei Schutzzellen, falls zutreffend, mit einem Außendurchmesser d_g und einer Länge l_g , die sich oberhalb bzw. unterhalb der zentralen Messzelle befinden. Diese Zellen sind so zu konstruieren, dass sie einen Druck auf die Vorbohrungswandung aufbringen, der dem durch die zentrale Messzelle aufgetragenen Druck nahekommt, jedoch nicht größer als dieser ist. Diese Zellen sollten durch Gasdruck aufgeweitet werden.

Die Messsonde mit drei Zellen sollte mit einer Membran für die zentrale Messzelle und einem elastischen Mantelrohr versehen werden. Die Membran und der elastische Mantel müssen mit dem Stahlkern mithilfe eines Dichtsystems verbunden sein, um eine Undichtigkeit oder einen Druckverlust zu vermeiden.

Der elastische Mantel kann mit Textilien oder metallischem Gewebe verstärkt werden.

4.2.3 Messsonde mit elastischem Mantel und einer zusätzlichen starrereren Schutzeinrichtung

Ein elastischer Schutz aus dünnen Kunststoff- oder Stahlstreifen, die sich entweder (bis zur Hälfte) überlappen oder isoliert zwischen Befestigungsringen verlaufen, darf über den Mantel gegeben werden.

ANMERKUNG Die elastische Schutzeinrichtung kann hinzugefügt werden, um eine Beschädigung des Mantels durch scharfe Fragmente zu vermindern, die aus der Vorbohrungswandung hervorstehen.

4.2.4 Messsonde mit elastischem Mantel und geschlitztem Stahlrohr

Diese Messsonde muss aus zwei Teilen bestehen:

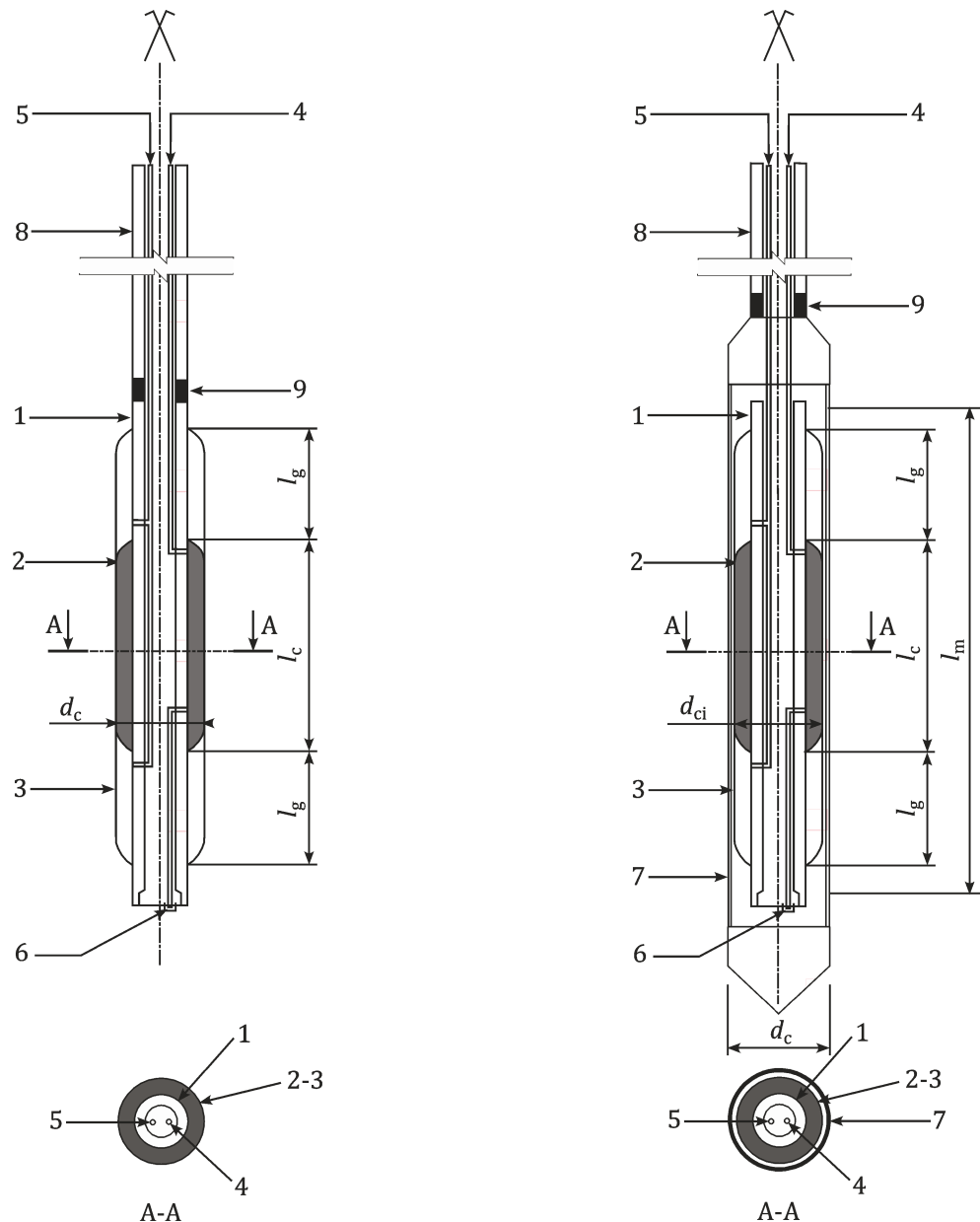
- einem Innenteil, der den zuvor beschriebenen Messsonden entspricht; und
- einem Außenteil, der aus einem geschlitzten Stahlrohr gefertigt sein muss (siehe Bild 3). Wird dieses Schlitzrohr in den Boden gerammt oder eingepresst, muss es mit einem Dehnrohr einschließlich einer Spitze oder eines Schneidfußes ausgestattet sein.

Das äußere Stahlrohr muss mit mindestens 6 axialen Schlitzten, die gleichmäßig über den Umfang verteilt sind [Bild 3 b)], versehen sein.

Der Durchmesser des Schlitzrohrs muss in der Verwendung der Sonde angemessenen Abständen überprüft werden, damit er mit dem Werkzeugdurchmesser konform bleibt (siehe C.2.2).

Das Schlitzrohr sollte sauber gehalten werden, so dass es seine ursprüngliche Form und Größe wieder annehmen kann.

Die im Schlitzrohr befindliche Baugruppe ist so anzuordnen, dass sich die Messsonde mit nur geringem Widerstand radial ausdehnen kann. Die Mittelebene der Messzelle muss der Mittelebene der Schlitzte entsprechen.



a) Pressiometer-Sonde mit elastischem Mantel

b) Pressiometer-Sonde mit Schlitzrohr

Legende

- | | | | |
|---|--|---|--------------------------------|
| 1 | hohler Sondenkörper | 6 | Ablauföffnung der Messzelle |
| 2 | Messzellen-Membran | 7 | Schlitzrohr |
| 3 | Außenrohr oder elastischer Mantel | 8 | Gestänge |
| 4 | Flüssigkeitszuleitung in die Messzelle | 9 | Messsonden-Gestänge-Verbindung |
| 5 | Gaszuleitung in die Schutzzelle | | |

Bild 3 — Beschreibung der Pressiometer-Sonde

4.3 Verbindungsleitungen und eingepresste Flüssigkeit

Die elastischen Leitungen müssen die Druck-Volumen-Steuereinheit mit der Messsonde verbinden. Sie müssen die Flüssigkeit in die Messzelle und das Gas in die Schutzzellen leiten. Sie dürfen parallel oder koaxial sein. Sind die Leitungen koaxial, muss die innen liegende Leitung die Flüssigkeit und die äußere Leitung das Gas transportieren.