

DIN EN ISO 22476-5



ICS 93.020

Entwurf

Einsprüche bis 2022-06-01
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 22476-5:2013-03

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Felduntersuchungen –
Teil 5: Vorgebohrter Pressiometerversuch (ISO/DIS 22476-5:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22476-5:2022**

Geotechnical investigation and testing –
Field testing –
Part 5: Prebored pressuremeter test (ISO/DIS 22476-5:2022);
German and English version prEN ISO 22476-5:2022

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais en place –
Partie 5: Essai au pressiomètre en préforage (ISO/DIS 22476-5:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO 22476-5:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-04-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22476-5:2022) 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 ISO/TC 182/WG 2, WG 5, WG 6, WG 7 und WG 8)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 10012	siehe	DIN EN ISO 10012
ISO 14688-1	siehe	DIN EN ISO 14688-1
ISO 14689-1	siehe	DIN EN ISO 14689-1
ISO 22475-1	siehe	DIN EN ISO 22475-1
ISO 22476-4	siehe	DIN EN ISO 22476-4
ISO 22476-6	siehe	DIN EN ISO 22476-6
ISO 22476-8	siehe	DIN EN ISO 22476-8
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 22476-5:2013-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel des Dokuments wurde geändert. ISO 22476-2 enthält jetzt Bestimmungen für alle Arten von vorgebohrten Pressiometerprüfungen;
- b) ein Referenzbelastungsprogramm mit zyklischen Belastungen wurde hinzugefügt;
- c) Kalibrierungsverfahren wurden entwickelt;
- d) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel*

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

DIN EN ISO 14689-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels — Teil 1: Benennung und Beschreibung*

DIN EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen für die Probenentnahme von Boden, Fels und Grundwasser*

DIN EN ISO 22476-4, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 4: Vorgebohrter Pressiometerversuch nach Ménard*

DIN EN ISO 22476-6, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 6: Versuch mit selbstbohrendem Pressiometer*

DIN EN ISO 22476-8, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 8: Versuch mit dem Verdrängungspressiometer*

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

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 22476-5:2022-05

– Leerseite –

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 5:
Vorgebohrter Pressiometerversuch (ISO/DIS 22476-5:2022)**

Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 5: Prebored pressuremeter test
(ISO/DIS 22476-5:2022)

Reconnaissance et essais géotechniques – Essais en place – Partie 5: Essai au pressiomètre en préforage
(ISO/DIS 22476-5:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	10
4 Ausrüstung	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Pressiometer-Sonde	15
4.3 Verbindungsleitungen	15
4.4 Steuerungseinrichtung (CU)	15
4.5 Mess- und Regelgenauigkeit	16
4.5.1 Zeit	16
4.5.2 Druck und Ausdehnung	16
4.5.3 Anzeige der Ablesewerte	16
4.5.4 Ausdehnungs-Kalibrierzylinder	16
5 Versuchsdurchführungen	17
5.1 Zusammenbau der Teile	17
5.2 Kalibrierung der Versuchseinrichtung und Korrektur der Ablesewerte	17
5.3 Versuchsvorbereitung für den Pressiometerversuch und Einbringen der Messsonde	17
5.4 Versuchsdurchführung	17
5.4.1 Belastungsprogramme des Versuchs	17
5.4.2 Referenzbelastungsprogramme	18
5.4.3 Ablesungen und Aufzeichnungen vor dem und während des Versuch(s)	19
5.5 Ende des Versuchs	19
5.6 Verfüllen des Bohrlochs	20
5.7 Sicherheitsanforderungen	20
6 Versuchsergebnisse	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Korrigierter Druck, korrigierte radiale Aufweitung und korrigiertes Volumen	20
6.3 Scheinbare Pressiometer-Moduln	21
6.4 Ergebnisse	21
6.4.1 Bestimmung der Moduln	21
6.4.2 Referenzbelastungsprogramm A	22
6.4.3 Referenzbelastungsprogramm B	23
6.4.4 Referenzbelastungsprogramm C	24
7 Untersuchungsbericht	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Angaben im Bericht	25
7.3 Darstellung der Versuchsergebnisse	27
Anhang A (normativ) Kalibrierung und Korrekturen	29
A.1 Messgeräte	29
A.2 Druckkorrektur	29
A.2.1 Vorbereitung des Pressiometers für die Membran-Druckverlust-Kalibrierung	29
A.2.2 Membran-Druckverlust-Kalibrierung	29
A.3 Aufweitung oder eingepresstes Volumen	30
A.3.1 Allgemeines	30
A.3.2 Kalibrierzylinder	31
A.3.3 Kalibrierung im Allgemeinen	31
A.3.4 Zusätzliche Kalibrierung bei Entlastungs-/Wiederbelastungszyklen	35

Anhang B (normativ) Durchführung des Versuchs	38
B.1 Gemeinsame Elemente der Referenzbelastungsprogramme A und B	38
B.2 Einzelheiten des Referenzbelastungsprogramms A	38
B.3 Einzelheiten des Referenzbelastungsprogramms B	39
B.4 Einzelheiten des Referenzbelastungsprogramms C	40
B.5 Einzelheiten des Referenzbelastungsprogramms D	42
Anhang C (normativ) Genauigkeit und Unsicherheiten	44
C.1 Messunsicherheiten	44
C.2 Unsicherheiten der Versuchsergebnisse	44
Literaturhinweise	45

Bilder

Bild 1 — Beispiel eines Pressiometerversuchs mit Vorbohrung	9
Bild 2 — Schematische Darstellung der Ausrüstung eines Pressiometers	13
Bild 3 — Skizze der Pressiometer-Sonden a) dreizellige Sonde, deren Ausdehnung durch das Volumen der zentralen Messzelle verfolgt wird, b) einzellige Sonde mit Aufweitung, die innerhalb der Membran gemessen wird, c) einzellige Sonde mit Aufweitung, die an der Hohlraumwandung gemessen wird	14
Bild 4 — Referenzbelastungsprogramme A, B, C und D	18
Bild 5 — Schermoduln des vorgebohrten Pressiometerversuchs G_{ppp} im Referenzverfahren A	23
Bild 6 — Schermoduln des vorgebohrten Pressiometerversuchs G_{ppp} im Referenzverfahren B	24
Bild 7 — Ermittlung des Kriechparameters k_f im Referenzbelastungsprogramm C	25
Bild A.1 — Kalibrierung der Membransteifigkeit, a) mit Messung der radialen Aufweitung, b) mit Messung des eingepressten Volumens	30
Bild A.2 — Bestimmung der kombinierten Korrektur für die Membran-Komprimierung und die Ausdehnung der Verbindungsleitungen (falls zutreffend)	33
Bild A.3 — Satz von Ausdehnungskalibrierkurven	34
Bild A.4 — Bestimmung der radialen Aufweitung des Hohlraums bei Verwendung mehrerer Kalibrierzylinder (z. B. wenn die Ausdehnung der Sonde über ihr Volumen verfolgt wird)	35
Bild A.5 — Bestimmung der scheinbaren Systemsteifigkeit G_{sys}	36
Bild A.6 — Bestimmung der scheinbaren Systemsteifigkeit G_{sys} als Funktion des Drucks zu Beginn der Entlastungs-/Wiederbelastungszyklen	36
Bild B.1 — Beispiel des Referenzbelastungsprogramms A	39
Bild B.2 — Beispiel des Referenzbelastungsprogramms B	40
Bild B.3 — Beispiel des Referenzbelastungsprogramms C	41
Bild B.4 — Korrigierter aufgebrachter Druck im Referenzverfahren C mit Druck als Steuerungsparameter	42
Bild B.5 — Referenzbelastungsprogramm D	43

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole	10
Tabelle 2 — Typen von Pressiometer-Steuerungseinrichtungen	16
Tabelle 3 — Schermoduln des Pressiometers für Referenzbelastungsprogramm A	22
Tabelle 4 — Schermoduln des Pressiometers für Referenzbelastungsprogramm B	23
Tabelle C.1 — Höchstzulässige Unsicherheiten	44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22476-5:2022) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 22476-5:2012 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 22476-5:2022 wurde von CEN als prEN ISO 22476-5:2022 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*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 22476-5:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Titel des Dokuments: Der Titel von ISO 22476-5 Ausgabe 1 lautete Versuch mit dem flexiblen Dilatometer. Der Titel der Ausgabe 2 unterscheidet sich von Ausgabe 1, und ISO 22476-2 enthält jetzt Bestimmungen für alle Arten von vorgebohrten Pressiometerversuchen.
- Ein Referenzbelastungsprogramm mit zyklischer Belastung wurde hinzugefügt.
- Es wurden Kalibrierungsverfahren entwickelt.

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.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 22476 gilt für Pressiometerversuche mit zylindrischen, flexiblen Sonden, die in bereits vorhandene Bohrlöcher eingesetzt werden und die andere Versuchsverfahren als das Menard-Verfahren anwenden.

Für Pressiometerversuche nach dem Menard-Verfahren wird auf ISO 22476-4 verwiesen.

ANMERKUNG Eine flexible Hochdruck-Pressiometer-Sonde, die Aufnehmer für die Messung von radialen Aufweitungen enthält, wird auch als flexibles Dilatometer oder Hochdruck-Dilatometer bezeichnet.

Diese Norm gilt für Versuche, die in jeder Art von Baugrund durchgeführt werden, angefangen bei Böden, behandelten oder unbehandelten Aufschüttungen, harten Böden und weichem Gestein bis hin zu hartem und sehr hartem Gestein, entweder an Land oder vor der Küste.

Die aus diesem Versuch abgeleiteten Parameter können die Steifigkeit, die Festigkeit, den anfänglichen Spannungszustand in situ und die Festigungseigenschaften umfassen.

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).

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/ IUPAP/OIML, 1995 (veröffentlicht 1993, korrigiert und neu gedruckt 1995)

EN 1997 (alle Teile), *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 16228-1, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen*

EN 16228-2, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 2: Mobile Bohrgeräte für Tiefbau, Geotechnik und Gewinnung*

ENV 13005:1999, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

ISO 10012, *Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment*

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

ISO 14689-1, *Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of rock — Part 1: Identification and description*

ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for the sampling of soil, rock and groundwater*

ISO 22476-4, *Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 4: Prebored pressuremeter test by Ménard procedure*

ISO 22476-6, *Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 6: Self-boring pressuremeter test*

ISO 22476-8, *Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 8: Full displacement pressuremeter test*

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.

3.1.1

Pressiometer-Sonde

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Pressiometer-Sonden enthalten Mittel zur Messung der radialen Aufweitungen oder des Volumens. Eine flexible Hochdruck-Pressiometer-Sonde, die Aufnehmer für die Messung von radialen Aufweitungen enthält, wird auch als flexibles Dilatometer oder Hochdruck-Dilatometer bezeichnet.

3.1.2

flexibles Dilatometer/Hochdruck-Dilatometer

flexible Hochdruck-Pressiometer-Sonde, die Aufnehmer für die Messung von radialen Aufweitungen enthält

3.1.3

Pressiometer-Steuerungseinrichtung

Anordnung geeigneter Einrichtungen, mit deren Hilfe Flüssigkeits- und/oder Gasdruck zur Messsonde geliefert werden kann, um den Sondendruck, radiale Aufweitungen oder das Volumen der Messzelle zu steuern und abzulesen

3.1.4

Verbindungsleitung

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

3.1.6

Versuchsvorbohrung für den Pressiometerversuch

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

3.1.7

Pressiometer-Bohrloch

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

3.1.8

Pressiometerversuch

Verfahren, bei dem die Pressiometer-Sonde ausgedehnt wird, um die flexible Membran gegen die Vorbohrungswandung zu drücken und auf diese Weise Druck, radiale Aufweitungen oder Volumen als Funktion von Zeit während des Ausdehnungsversuchs zu messen (siehe Bild 1)

3.1.9

Pressiometer-Sondierung

gesamte Reihe aufeinanderfolgender Tätigkeiten, die zur Durchführung eines Pressiometerversuchs in einem gegebenen Bohrloch erforderlich sind: d. h. Herstellen von Pressiometer-Vorbohrungen und Durchführen von Pressiometerversuchen darin

3.1.10

Anpressdruck

Druck während der Ausdehnung des Pressimeters, bei dem die Pressimetermembran die Vorbohrungswandung berührt

3.1.11

Nennradius/-durchmesser des Hohlraums

Radius/Durchmesser des Hohlraums zum Zeitpunkt der Erstbeaufschlagung mit Anpressdruck an den Hohlraumwandungen

3.1.12

Steuerungsparameter

Variable (Druck, radiale Aufweitung oder eingepresstes Volumen), die zur Festlegung des Belastungsprogramms des Versuchs entsprechend eines voreingestellten Programms verwendet und mit der Steuerungseinrichtung aufgezeichnet wird

3.1.13

radiale Aufweitung/Erhöhung oder Verringerung des Durchmessers

Änderung des Radius/Durchmessers der Pressimeter-Sonde oder der Aufweitung der Hohlraumwandung

3.1.14

Erhöhung oder Verringerung des Volumens

Volumenänderung der Messzelle

3.1.15

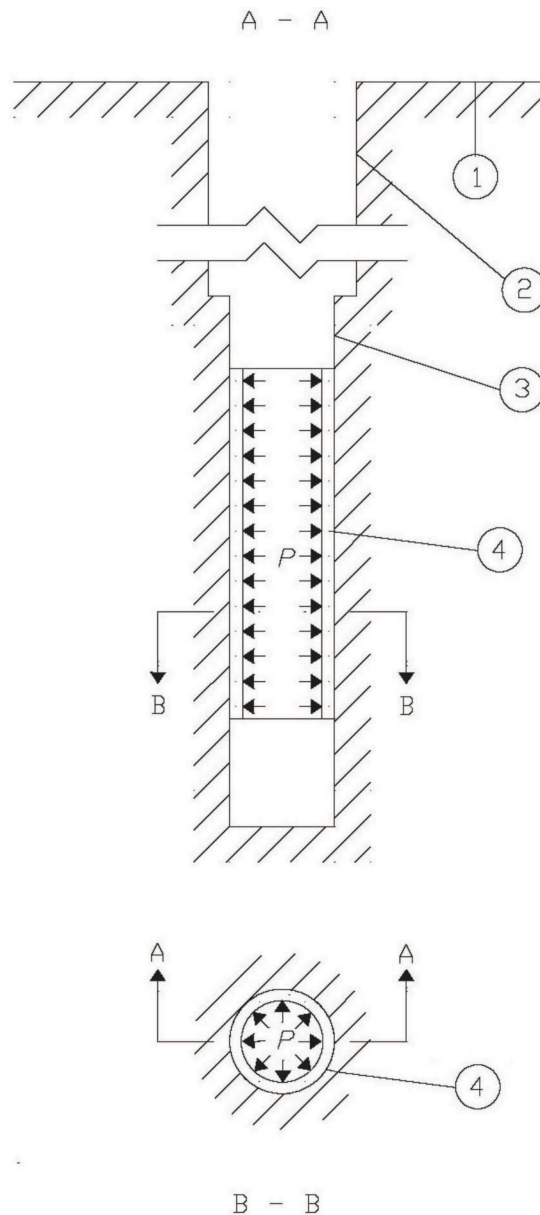
Pressimeterkurve

graphische Darstellung des Drucks gegen die zugehörige Aufweitung der Vorbohrungswandung oder das Volumen der Messzelle

3.1.16

Schermodul des Pressimeters (G_{PP})

scheinbarer Schermodul des Pressimeters



Legende

- 1 Geländeoberkante
- 2 Bohrlochwandung
- 3 Vorbohrung
- 4 sich ausdehnende Pressimeter-Sonde
- p aufgebracht Druck
- A-A Axialschnitt
- B-B Querschnitt

Bild 1 — Beispiel eines Pressimeterversuchs mit Vorbohrung

3.1.17

Versuchstiefe

Abstand zwischen der Geländeoberkante und dem Mittelpunkt des sich ausdehnenden Teils der Pressiometer-Sonde, gemessen entlang der Bohrlochachse (siehe Bild 2)

3.1.18

Durchführender

fachkundige Person, die den Versuch durchführt

3.1.19

Phase

Abschnitt des Belastungs- oder Ausdehnungsprogramms, gekennzeichnet durch einen Steuerungsparameter, eine Belastungsrate und eine Belastungsrichtung

3.1.20

Zyklus

Ablauf des Belastungs- oder Ausdehnungsprogramms, das mindestens eine Entlastungsphase und eine Wiederbelastungsphase sowie möglicherweise eine dazwischenliegende Druckhaltephase umfasst

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Beschreibung	Einheit
a	Koeffizient der korrigierten radialen Aufweitung oder des Volumenverlusts der Ausrüstung unter Berücksichtigung des Verformungsvermögens des Kalibrierzylinders	mm.MPa^{-1} oder $\text{cm}^3.\text{MPa}^{-1}$
a_r	unbearbeiteter Koeffizient der radialen Aufweitung oder des Volumenverlusts der Ausrüstung	mm.MPa^{-1} oder $\text{cm}^3.\text{MPa}^{-1}$
a_{cc}	Radiale Aufweitung oder äquivalenter Volumenverlust unter Berücksichtigung des Verformungsvermögens des Kalibrierzylinders	mm.MPa^{-1} oder $\text{cm}^3.\text{MPa}^{-1}$
d_{cc}	Innendurchmesser des Kalibrierzylinders	mm
d_c	Anfänglicher Außendurchmesser der Pressiometer-Sonde	mm
d_s	Nennendurchmesser	mm
E_{PBP}	Ein aus einem vorgebohrten Pressiometerversuch abgeleiteter Elastizitätsmodul	MPa
G	Schermodul	MPa
G_{L1}	Schermodul des Pressiometers der Erstbelastungsphase	MPa
G_{PBP}	Schermodul des Pressiometers	MPa
G_{Ri}	Schermodul des Pressiometers der Wiederbelastungsphase	MPa
G_{sys}	Scheinbarer Schermodul der Ausrüstung oder des Systems während der Entlastungs-/Wiederbelastungszyklen	MPa
G_{Ui}	Schermodul des Pressiometers der Entlastungsphase	MPa
G_{URi}	Schermodul des Pressiometers der Entlastungs-/Wiederbelastungsphase	MPa

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
k_f	Kriechparameter im Referenzbelastungsprogramm C	mm
L_{FD}	Länge des sich ausdehnenden Teils der Messsonde	mm
L_d	Länge des Messsegments der Sonde	mm
L_g	Längsabstand zwischen Messwertaufnehmer oder LVDT-Bereich und Spannring der Membran	mm
p	Korrigierter Druck	MPa
$p_{1.1}$	Konstante vollständige Druckentlastung für Zyklen im Referenzbelastungsprogramm A	MPa
p_e	Druckverlust in Zusammenhang mit Membran-Steifigkeit	
p_i	Korrigierter Druckumkehrpunkt vor Zyklus i	MPa
p_{mean}	Durchschnittlicher korrigierter Druck im Referenzbelastungsprogramm D	MPa
p_{min}	Korrigierter Mindestdruck im Referenzbelastungsprogramm D	MPa
p_{max}	Korrigierter Höchstdruck im Referenzbelastungsprogramm D	MPa
p_r	An der Messeinrichtung abgelesener Druck	MPa
p_s	Anpressdruck	MPa
r	Korrigierter Radius	mm
r_1	Korrigierter Radius bei Zeit t_1 im Referenzbelastungsprogramm C	mm
r_2	Korrigierter Radius bei Zeit t_2 im Referenzbelastungsprogramm C	mm
r_e	Radiuskorrektur	
r_s	Nennradius des Hohlraums	mm
t	Zeit	min
T	Zeitraum im Referenzbelastungsprogramm D	min
t_1	Zeit 1 im Referenzbelastungsprogramm C	min
t_2	Zeit 2 im Referenzbelastungsprogramm C	min
ΔV	Korrigiertes eingepresstes Volumen	cm ³
ΔV_e	Korrektur des eingepressten Volumens	cm ³
ΔV_r	An der Steuerungseinrichtung abgelesenes eingepresstes Volumen	cm ³
V	Gesamtvolumen	cm ³
z	Versuchstiefe	m
δ	Korrigierte radiale Aufweitung	mm
δ_e	Korrektur der radialen Aufweitung	mm
δ_r	An der Steuerungseinrichtung abgelesene radiale Aufweitung	mm
Δd_r	An der Steuerungseinrichtung abgelesene Erhöhung des Durchmessers	mm
Δd	Korrigierte Erhöhung des Durchmessers	mm
Δp_r	An der Steuerungseinrichtung abgelesene Druckstufe	MPa
Δp	Korrigierte Druckstufe	MPa

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
ε_c	Hohlraumdehnung	—
ν	Poissonzahl	—

4 Ausrüstung

4.1 Allgemeines

Der Pressiometerversuch wird durch die Ausdehnung der Pressiometermembran im Boden durchgeführt (siehe Bild 1). Der Druck und die zugehörige Ausdehnung der Messsonde werden gemessen und aufgezeichnet, um ein Verhältnis von Beanspruchung/Aufweitung für den geprüften Baugrund zu ermitteln.

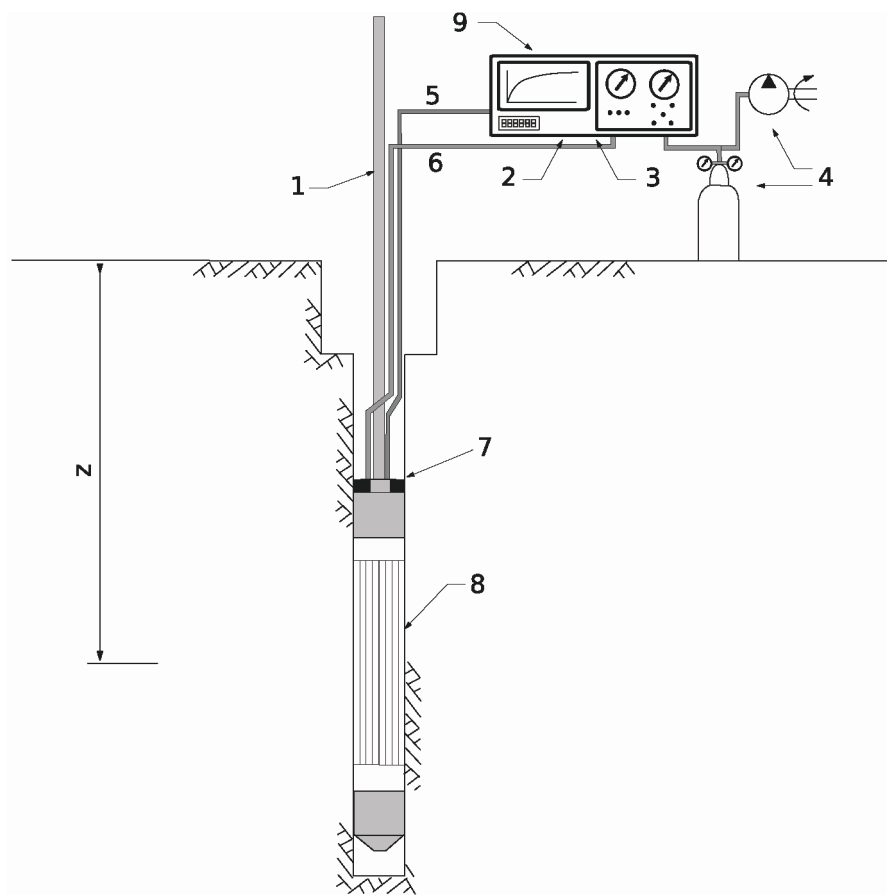
Die zur Durchführung von Pressiometerversuchen erforderliche Ausrüstung besteht aus den in Bild 2 dargestellten Komponenten.

Die folgenden Komponenten sind zwingend:

- Pressiometer (Nr. 8 in Bild 2),
- Verbindungsleitung (Nr. 6 in Bild 2),
- Aufnehmerkabel (Nr. 5 in Bild 2),
- Aufweitungs- oder Volumenmesseinrichtung (Nr. 2 in Bild 2),
- Druckregeleinrichtung (Nr. 3 in Bild 2),
- Druckquelle (Nr. 4 in Bild 2),

Die folgenden Komponenten dürfen hinzugefügt werden:

- Porenwasserdruck-Messsystem,
- Beschleunigungsmesser oder Geophone zur Messung der Scherwellengeschwindigkeit.



Legende

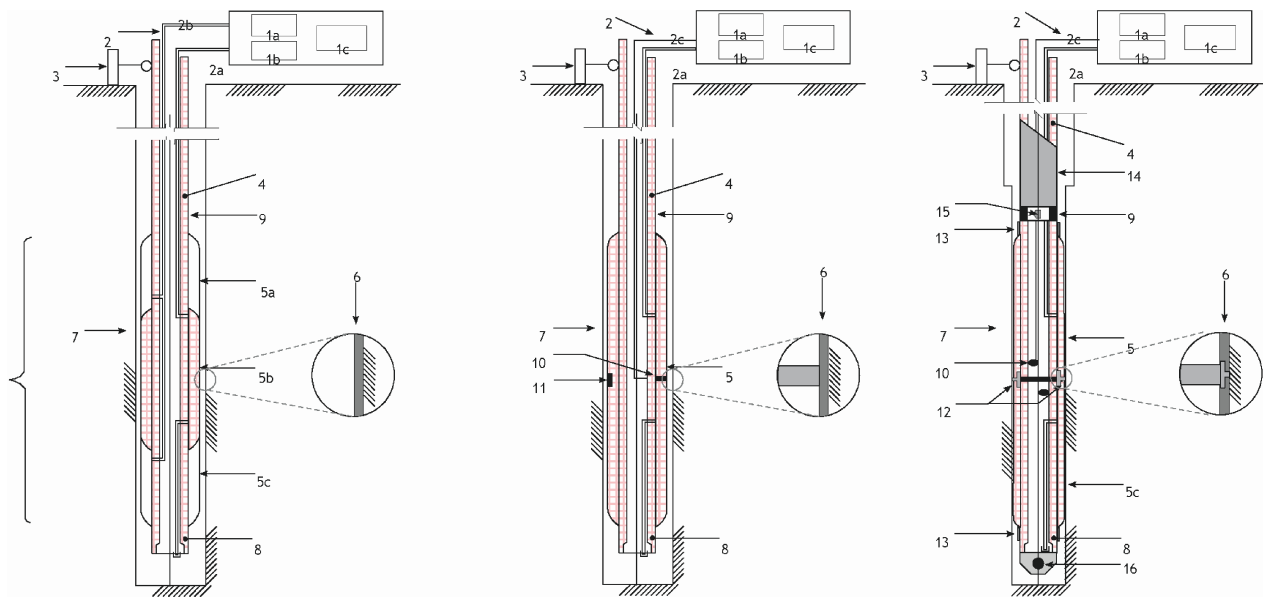
- | | |
|--|--|
| 1 Richtgestänge | 6 Verbindungsleitung |
| 2 Aufweitungs- oder Volumenmesseinrichtung | 7 Messsonden-Gestänge-Verbindung Sedimentrohr |
| 3 Druckregleinrichtung | 8 Pressiometer-Sonde |
| 4 Druckquelle | 9 optionale elektronische Messwerterfassungsanlage |
| 5 Aufnehmerkabel | z Versuchstiefe |

Bild 2 — Schematische Darstellung der Ausrüstung eines Pressiometers

Je nach Anwendungsklasse der Sondierung sind die folgenden Komponenten zu verwenden:

- Druckregleinrichtung (Nr. 9 in Bild 2);
- Sedimentrohr zum Schutz vor Hohlraumbildung, falls zutreffend (Nr. 12 in Bild 3);
- Richtgestänge (Nr. 1 in Bild 2).

ANMERKUNG Mitunter ist Richtgestänge erforderlich, um die Messsonde in eine enge Vorbohrung einzuführen. Es lässt auch, falls erforderlich, die Ausrichtung des Gerätes zu. Es ist ebenfalls erforderlich, um die Messsonde am Ende des Versuchs herauszuziehen, wenn sie herausgehämmert werden muss.



Legende

- 1 Steuerungseinrichtung (CU):
- 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 Steuerungseinrichtung Typ B und Typ C)
- 2 Verbindungsleitungen:
- 2a Leitung zum Einpressen von Flüssigkeit
- 2b Leitung zum Einpressen von Gas
- 2c Aufnehmerkabel
- 3 Tiefenmesssystem
- 4 Richtgestänge
- 5 Pressiometer-Sonde
- 5a obere Schutzzelle
- 5b zentrale Messzelle
- 5c untere Schutzzelle
- 6 Baugrund
- 7 Versuchsvorbohrung für den Pressiometerversuch
- 8 Messsondenkörper, hohl
- 9 Messsonden-Gestänge-Verbindung
- 10 und 11 Wegaufnehmer
- 12 Metalleinsatz an den Enden der Wegaufnehmer
- 13 Sedimentrohr
- 14 Spannring der Membran
- 15 Druckaufnehmer (sofern zutreffend)
- 16 Kompass (sofern zutreffend)

Bild 3 — Skizze der Pressiometer-Sonden a) dreizellige Sonde, deren Ausdehnung durch das Volumen der zentralen Messzelle verfolgt wird, b) einzellige Sonde mit Aufweitung, die innerhalb der Membran gemessen wird, c) einzellige Sonde mit Aufweitung, die an der Hohlraumwandung gemessen wird

Die Vorbereitung der Versuchsvorbohrung für den Pressiometerversuch muss nach ISO 22476-4 erfolgen. Der Ringraum zwischen der Bohrlochwandung und der Sonde muss, falls vorhanden, unter Berücksichtigung des Messbereichs der Wegaufnehmer gewählt werden, falls vorhanden. Die Bohrparameter sollten

nach ISO 22476-15 aufgezeichnet werden. Das Bohrlochprotokoll sollte nach ISO 22475 und ISO 14689 aufgezeichnet werden.

4.2 Pressiometer-Sonde

Die Ausdehnung der Messsonde muss durch radiale Aufweitung oder Volumenmessung überwacht werden.

Die Sonde muss eine Schutzhülle in Form einer einzelligen Sonde haben [Beispiele in Bild 3 b) und Bild 3 c)] oder dreizellig sein [Beispiel in Bild 3 a)].

Wenn eine Messung geringer Dehnungen (wie in EN 1997-2 definiert) erforderlich ist, kann die Sonde mit einer lokalen Aufweitungsmessung ausgestattet werden.

Die radialen Aufweitungen müssen mit elektrischen Aufnehmern an zwei oder mehr Punkten in der Nähe der Mittelebene gemessen werden [Beispiele in Bild 3 b) und Bild 3 c)]. Die in Bild 3 b) gezeigte Anordnung mit Messung an der Innenwand der Membran ist hauptsächlich in Böden anzuwenden. Die in Bild 3 c) gezeigte Anordnung mit Messung an Einsätzen, die die Membran durchdringen und direkt auf den Hohlraumwandungen aufliegen, ist hauptsächlich in Gestein anzuwenden.

Da bei der in Bild 3 b) gezeigten Anordnung die Messwerte für Druck und Aufweitung durch die Komprimierung der Membran beeinflusst werden, sind die richtigen Korrekturen durch entsprechende Kalibrierung zu bestimmen (siehe Abschnitt A.3).

Der sich ausdehnende Teil, $L_{FD} = 2 \cdot L_g + L_d$, der Messsonde muss $6d_d$ überschreiten. Das Messsegment L_d , falls vorhanden, darf nicht größer als $1.5d_d$ sein.

Falls vorhanden, kann der Porenwasserdruck in der Mittelebene der Sonde gemessen werden.

4.3 Verbindungsleitungen

Die Druckverbindungsleitung und das Aufnehmerkabel verbinden die Druckregleinrichtung mit der Messsonde. Die Druckverbindungsleitung leitet das Fluid zur Messsonde und darf entweder parallel oder koaxial zum Aufnehmerkabel verlaufen.

4.4 Steuerungseinrichtung (CU)

Die Steuerungseinrichtung muss die Ausdehnung der Messsonde regeln und das Ablesen des Flüssigkeits- oder Gasdrucks und der Aufweitung oder des Volumens als Funktion der Zeit ermöglichen.

Das System zur Beaufschlagung mit Druck (3 und 4 in Bild 2) muss in der Lage sein:

- einen durch das Projekt definierten Druck zu erreichen;
- in weniger als 20 s eine durch die Steuerungseinrichtung gemessene Druckzunahme von 0,5 MPa auszuführen;
- bei Bedarf das Einpressen zu stoppen.

Die Steuerungseinrichtung muss umfassen:

- Ausrüstung zum Anlegen der Steuerungsparameter, um die Messsonde durch Druck aufzuweiten oder Druck abzulassen, sowie um die während des Versuchs erforderlichen Drücke konstant zu halten;
- Ausrüstung zum Aufrechterhalten einer geeigneten Druckdifferenz zwischen der zentralen Messzelle und den Schutzzellen, sofern zutreffend;

- ein Gerät, das je nach in Tabelle 2 definiertem Typ das Ablesen und Aufzeichnen der zu messenden Parameter gestattet: Zeit, Druck und Aufweitung oder Volumen.

Tabelle 2 — Typen von Pressiometer-Steuerungseinrichtungen

Typ der Steuerungseinrichtung	Art der Versuchssteuerung	Art der Ablesung	Art der Aufzeichnung
A	manuell	manuell	manuell
B	manuell	automatisch	automatisch
C	automatisch	automatisch	automatisch

Es müssen Messeinrichtungen vorgesehen werden, um die Versuchstiefe mit einer angemessenen Genauigkeit zu bestimmen.

4.5 Mess- und Regelgenauigkeit

4.5.1 Zeit

Die Fehlergrenze des verwendeten Zeitmessgerätes muss Anhang D entsprechen.

4.5.2 Druck und Ausdehnung

Die Druckmessgeräte für die Flüssigkeit oder das Gas in der Messzelle müssen wie folgt positioniert sein:

- zumindest in der Steuerungseinrichtung,
- falls relevant auch in der Messsonde; in diesem Fall weniger als 1 m oberhalb des Mittelpunkts der Messzelle.

Die größte Messunsicherheit der Geräte zur Messung von Druck und Ausdehnung der Messsonde muss Anhang C entsprechen.

4.5.3 Anzeige der Ablesewerte

Die Druckregel- und Ausdehnungsmesseinrichtungen der Sonde müssen vor Ort eine gleichzeitige und unverzügliche Anzeige der folgenden Messgrößen ermöglichen: Zeit, Druck des in die Messsonde eingepressten Fluids und radiale Aufweitungen oder eingepresstes Volumen.

4.5.4 Ausdehnungs-Kalibrierzylinder

Die Hauptabmessungen des Stahl-Kalibrierzylinders für die Kalibrierung der Membran-Komprimierung und für zusätzliche Effekte müssen wie folgt sein:

- ein bekannter Innendurchmesser, der dem Gerät im Ruhezustand gut entspricht;
- eine Dicke, die für den höchsten aufzubringenden Druck angemessen ist;
- eine Länge, die entsprechend größer als der sich ausdehnende Teil des Gerätes ist.

5 Versuchsdurchführungen

5.1 Zusammenbau der Teile

Die Schutzhülle, die Membran und, sofern erforderlich, die starre Schutzeinrichtung oder das Schlitzrohr müssen in Abhängigkeit von dem vorgesehenen Belastungsprogramm und der Art des Baugrunds ausgewählt werden, in dem die Sonde für den Einsatz vorgesehen ist.

Anschließend muss die Messsonde über die Verbindungsleitungen und -kabel mit der Regeleinrichtung verbunden werden. Das gesamte System muss mit der Betriebsflüssigkeit gefüllt und gespült werden, um Luftblasen zu entfernen, falls zutreffend.

5.2 Kalibrierung der Versuchseinrichtung und Korrektur der Ablesewerte

Vor dem Versuch muss sich der Durchführende vergewissern, dass:

- alle Messkomponenten nach ISO 10012 kalibriert wurden;
- die Kalibrierung des gesamten Systems nach Anhang A durchgeführt wurde und Korrekturen der Ablesewerte verfügbar sind.

Kopien der Kalibrierunterlagen müssen am Versuchsstandort verfügbar sein.

5.3 Versuchsvorbohrung für den Pressiometerversuch und Einbringen der Messsonde

Der Versuchsstandort wird gewöhnlich durch Anforderungen an die Ausführung bestimmt. Die Lage des Bohrlochs, in das die Messsonde einzubringen ist, muss auf einer Zeichnung gekennzeichnet sein und durch Einzelheiten zur Lage identifiziert werden.

Die Vorbohrung muss so hergestellt und die Pressiometer-Sonde am Versuchsstandort so in das Bohrloch eingebracht werden, dass die zu untersuchende Bohrlochwandung so wenig wie möglich gestört wird.

Die Vorbohrung und das Einbringen der Messsonde sowie die Probenahme müssen nach ISO 22476-4 erfolgen, mit Ausnahme von Techniken, die eine Bodenverdrängung umfassen (eingepresste Messsonde, vorgetriebenes Schlitzrohr).

ANMERKUNG Pressiometerversuche, bei denen das Einbringen der Messsonden eine Bodenverdrängung umfasst, werden in ISO 22476-8 behandelt.

Das Gerät darf bei Bedarf durch Drehen des Richtgestänges in der Vorbohrung ausgerichtet werden.

Die Unsicherheit bei der Messung der Messsondentiefe muss Anhang C entsprechen.

5.4 Versuchsdurchführung

5.4.1 Belastungsprogramme des Versuchs

Das Belastungsprogramm des Versuchs muss vor Versuchsbeginn festgelegt und verfügbar sein.

ANMERKUNG Das Belastungsprogramm des Versuchs kann die zu erwartende Belastung durch die Struktur berücksichtigen oder abdecken, sofern sie bekannt ist.

Das Belastungsprogramm des Versuchs sollte enthalten:

- die Abfolge der Versuchsphasen, einschließlich etwaiger Zyklen;
- den in jeder Phase anzuwendenden Steuerungsparameter: Druck, Aufweitung oder Volumen;

- die Art der Anwendung des Steuerungsparameters in Form einer kontinuierlichen oder schrittweisen Zunahme:
 - Rate und Intervall im Fall einer kontinuierlichen Zunahme;
 - Größe und Dauer im Fall einer schrittweisen Zunahme;
- die Amplitude eines Zyklus, falls vorhanden;
- Häufigkeit der Ablesungen und Aufzeichnungen;
- etwaige zusätzliche Abbruchkriterien.

Die Spezifikation des Belastungsprogramms kann vereinfacht werden, indem eines der unter 5.4.2 aufgeführten Referenzbelastungsprogramme verwendet oder angepasst wird.

Die in den Spezifikationen für den Versuch festgelegten Parameter können während des Versuchs geändert werden, wenn der Durchführende Grund zu der Annahme hat, dass das vorgegebene Belastungsprogramm das Versuchsergebnis gefährdet oder das Gerät beschädigt. Jede Anpassung der Spezifikationen für den Versuch durch den Durchführenden und die Gründe dafür müssen protokolliert werden.

5.4.2 Referenzbelastungsprogramme

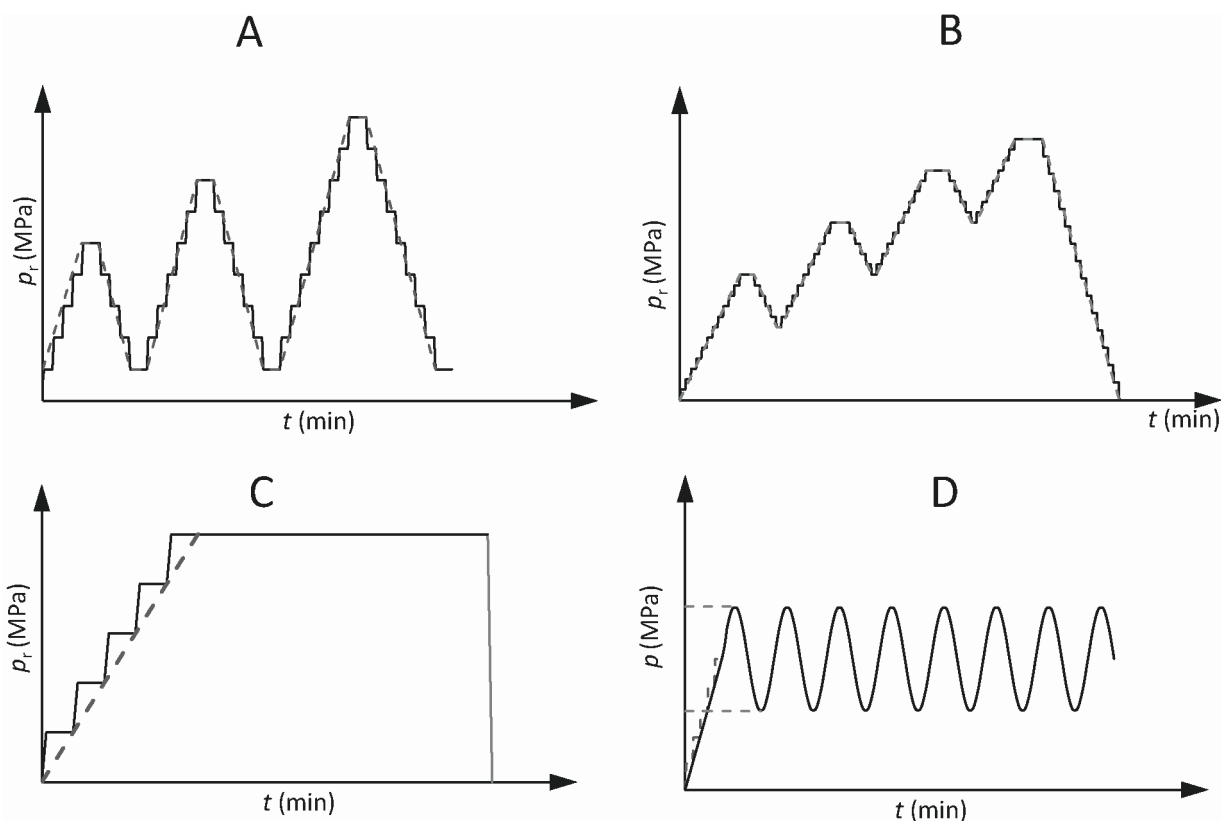


Bild 4 — Referenzbelastungsprogramme A, B, C und D

ANMERKUNG In Bild 4 wird der Druck lediglich zur Veranschaulichung als Steuerungsparameter verwendet. Das gleiche Referenzbelastungsprogramm kann entweder mit der radialen Aufweitung δ_r oder dem eingepressten Volumen ΔV_r angewendet werden.

Eines der folgenden in Bild 4 dargestellten Referenzbelastungsprogramme darf als Vorlage für den Versuch verwendet werden. Diese Referenzbelastungsprogramme, die in Anhang B vollständig beschrieben sind, sind:

- Referenzbelastungsprogramm A: mindestens zwei Zyklen mit (fast) vollständiger Entlastung und Endentlastung,
- Referenzbelastungsprogramm B: Mindestens drei Zyklen mit Teilentlastung,
- Referenzbelastungsprogramm C: eine Druckhaltestufe nach einer Vorab-Belastungsphase,
- Referenzbelastungsprogramm D: eine bestimmte Anzahl von Zyklen nach einer Vorab-Belastungsphase.

5.4.3 Ablesungen und Aufzeichnungen vor dem und während des Versuch(s)

Während des Versuchs muss der Durchführende Folgendes aufzeichnen:

- das tatsächlich angewandte Belastungsprogramm, einschließlich jeglicher Abweichungen von der Spezifikation,
- das Ansprechen aller Messfühler während des Belastungsprogramms.

Eine ausführliche Datenmenge (siehe 7.2 bis **Error! Reference source not found.**) ist anzugeben.

5.4.3.1 Während des Versuchs

Am Ende jeder Druckhaltestufe oder Sequenz:

- Nummer der Belastungsdruckstufe oder Druckhaltestufe in der Versuchsreihe,
- jegliche Änderungen bei Druck und Volumen oder Aufweitung während der Druckhaltestufe oder Sequenz,

Die grafische Darstellung des Belastungsprogramms (Steuervariable nach Zeit) und der Rohmessung sollte dem Durchführenden angezeigt werden.

5.4.3.2 Bei Abschluss des Versuchs (siehe)

- Datum und Uhrzeit beim Abschluss des Versuchs;
- unkorrigierte Kurve des Drucks gegen die Aufweitung;
- vollständiger Ausdruck, authentifiziert durch die Unterschrift des Durchführenden und die Angabe seines vollständigen Namens in Blockschrift.

5.4.3.3 Datenblatt und Ausdruck

Es müssen Datenblätter (siehe Beispiel in **Error! Reference source not found.**) oder, bei Verwendung einer elektronischen Messwerterfassungsanlage, Ausdrücke verfügbar sein.

5.5 Ende des Versuchs

Der Versuch muss beendet werden, wenn eines der folgenden Ereignisse auftritt:

- das festgelegte Belastungsprogramm des Versuchs wurde durchgeführt;
- die höchstzulässige Ausdehnung der Pressiometermembran wurde erreicht;
- der Messbereich eines der Aufnehmer wurde überschritten;

- der Durchführende ist der Ansicht, dass das Risiko besteht, das Versuchsergebnis zu gefährden oder die Ausrüstung zu beschädigen.

5.6 Verfüllen des Bohrlochs

Nach dem Abschluss aller Pressiometerversuche in einer bestimmten Sondierung ist das Bohrloch zu verfüllen und der Standort ist entsprechend den Festlegungen in ISO 22475-1 wiederherzustellen.

5.7 Sicherheitsanforderungen

Nationale Sicherheitsvorschriften sind zu befolgen, insbesondere für:

- Gesundheit des Personals und Sicherheitsausrüstung;
- saubere Luft bei Arbeit in geschlossenen Räumen;
- Sicherstellung der Sicherheit der Ausrüstung.

Die Bohrgeräte müssen EN 16228-1 und EN 16228-2 entsprechen.

6 Versuchsergebnisse

6.1 Allgemeines

Alle abgeleiteten Parameter müssen aus dem korrigierten Druck (entsprechend dem Druck an den Hohlraumwandungen) und dem korrigierten Radius oder Volumen (entsprechend dem Radius oder Volumen des Hohlraums) ermittelt werden.

Der Radius und das Volumen des Hohlraums werden unter Berücksichtigung der korrigierten radialen Aufweitung und des korrigierten eingepressten Volumens ermittelt.

Der korrigierte Druck, die korrigierte radiale Aufweitung und das korrigierte eingepresste Volumen müssen durch Anwendung der in 6.2 beschriebenen Korrekturen aus den Messwerten ermittelt werden.

Die aus dem Pressiometerversuch abgeleiteten Parameter können umfassen:

- Schermoduln,
- undränierte Scherfestigkeit,
- horizontale Gesamtspannung in Ruhe,
- Konsolidierungs- oder Kriechparameter,
- usw.

Es ist ausdrücklich auf die Interpretationsannahmen zu verweisen.

6.2 Korrigierter Druck, korrigierte radiale Aufweitung und korrigiertes Volumen

Der korrigierte Druck p ist aus Gleichung (1) oder Gleichung (2) zu berechnen:

$$p = p_r (\delta_r) - p_e (\delta_r) + p_h \quad (1)$$

$$p = p_r (\Delta V_r) - p_e (\Delta V_r) + p_h \quad (2)$$

Dabei ist

p_h die hydraulische Druckhöhe, die sich aus dem Höhenunterschied zwischen der Messung des Drucks in der Messzelle und der Sonde ergibt,

p_e die Druckkorrektur aufgrund des Membranwiderstands (siehe Abschnitt A.2).

Die korrigierte radiale Aufweitung δ oder das eingepresste Volumen ΔV sind aus Gleichung (3) oder Gleichung (4) zu berechnen:

$$\delta = \delta_r - \delta_e(p_r, \delta_r) \quad (3)$$

$$\Delta V = \Delta V_r - \Delta V_e(p_r, \Delta V_r) \quad (4)$$

Dabei ist

δ_e die Korrektur der radialen Aufweitung (siehe Abschnitt A.3),

ΔV_e die Korrektur des eingepressten Volumens (siehe Abschnitt A.3).

6.3 Scheinbare Pressiometer-Moduln

Der scheinbare Sekantenscherm modul eines vorgebohrten Pressiometerversuchs, G_{PP} , kann anhand der Gleichung (5) oder Gleichung (6) ermittelt werden:

$$G_{PP} = \frac{1}{2} r_s \frac{\Delta p}{\Delta \delta} \quad (5)$$

$$G_{PP} = V_s \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (6)$$

Dabei ist

r_s der Radius des Hohlraums entsprechend dem Anpressdruck p_s ,

V_s das Volumen des Hohlraums entsprechend dem Anpressdruck p_s ,

Δp entweder die Druckänderung oberhalb des Anpressdrucks p_s , der Druckumkehrpunkt eines bestimmten Zyklus oder der Minstdruck eines bestimmten Zyklus,

ΔV die Änderung des korrigierten eingepressten Volumens aufgrund von Δp ,

$\Delta \delta$ die Änderung der korrigierten radialen Aufweitung aufgrund von Δp .

ANMERKUNG 1 Der Schermodul des Pressiometers G_{PP} entspricht dem Sekantenscherm modul, wenn angenommen wird, dass der Baugrund während des Pressiometerversuchs unabhängig von Dehnungs- und Spannungsniveau einem linear elastischen Verhalten folgt. Wenn das linear elastische Verhalten nicht erfüllt wird, insbesondere bei Böden, variiert der Schermodul G auch mit dem Abstand zur Sonde, und die Verwendung der vorstehenden Gleichungen ergibt nur einen scheinbaren Schermodul.

ANMERKUNG 2 Verfahren zur Ableitung des Schermoduls G aus dem mit der Gleichung (5) oder Gleichung (6) erhaltenen Pressiometer-Schermodul G_{PP} sind in den Literaturhinweisen zu finden.

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Bestimmung der Moduln

Die Schermoduln des Pressiometers G_{PP} sollten nach Gleichung (5) oder Gleichung (6) bestimmt werden.

Bei Messungen der radialen Aufweitung sind die Schermoduln des Pressiometers G_{PPB} anhand des Mittelwerts der radialen Aufweitungen zu bestimmen. Weisen erheblich voneinander abweichende Werte jedoch auf eine Anisotropie der Boden- oder Gesteinsmasse hin, sollten die Schermoduln des Pressiometers G_{PPB} gesondert für jede Richtung bestimmt und entsprechend angegeben werden.

Bei der Bewertung von Pressiometerversuchen darf Δp nur innerhalb eines Bereichs einer beliebigen Belastungs- oder Entlastungsphase ausgewählt werden. Die Auswahl bestimmt, ob der gemessene Modul ein Belastungs- oder ein Entlastungsmodul ist. Zwischen einem Erstbelastungsmodul und verschiedenen Wiederbelastungsmoduln muss unterschieden werden. Alle Schermoduln sind gesondert herzuleiten und anzugeben. Die Schermodulwerte sollten auf drei signifikante Stellen angegeben werden.

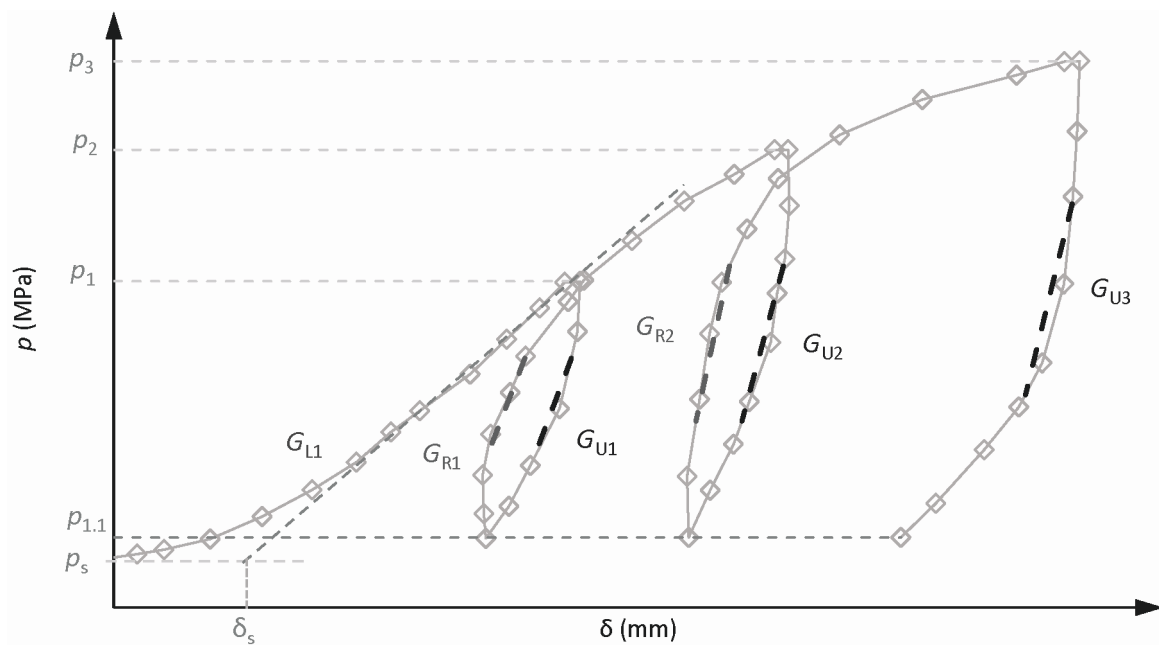
6.4.2 Referenzbelastungsprogramm A

Die Schermoduln des vorgebohrten Pressiometerversuchs G_{PPB} sollten wie folgt berechnet werden (siehe Tabelle 3 und Bild 6):

- der Modul der Erstbelastungsphase G_{L1} wird aus den Daten nach dem Anpressdruck p_s und vor dem ersten Entlastungs-/Wiederbelastungszyklus abgeleitet,
- die Entlastungsmoduln G_{U_i} werden für jeden Entlastungsast zwischen 30 % und 70 % des Druckbereichs zwischen dem Druckumkehrpunkt p_i und dem Mindestdruck $p_{1,1}$ abgeleitet,
- Die Wiederbelastungsmoduln G_{R_i} werden für jeden Wiederbelastungsast zwischen 30 % und 70 % des Druckbereichs zwischen dem Mindestdruck $p_{1,1}$ und dem Druckumkehrpunkt p_i abgeleitet.

Tabelle 3 — Schermoduln des Pressiometers für Referenzbelastungsprogramm A

Erstbelastung	Entlastung	Wiederbelastung
G_{L1}	G_{U1}	G_{R1}
—	G_{U2}	G_{R2}
—	G_{U3}	G_{R3}



Legende

- δ korrigierte radiale Aufweitung
- P korrigierter Druck
- p_s Anpressdruck
- δ_s korrigierte radiale Aufweitung, die dem Anpressdruck entspricht
- $p_{1.1}$ korrigierter Mindestdruck für Zyklen und Endentlastung
- p_i korrigierter Druckumkehrpunkt vor Zyklus i oder Endentlastung
- G_{L1} Schermodul in der Erstbelastungsphase
- G_{Ui} Schermodul in der Entlastungsphase i
- G_{Ri} Schermodul in der Wiederbelastungsphase i

Bild 5 — Schermoduln des vorgebohrten Pressiometerversuchs G_{PBP} im Referenzverfahren A

6.4.3 Referenzbelastungsprogramm B

Die Moduln des vorgebohrten Pressiometerversuchs G_{PBP} sollten wie folgt berechnet werden (siehe Tabelle 4 und Bild 7):

- der Modul der Erstbelastungsphase G_{L1} wird aus den Daten nach dem Anpressdruck p_s und vor dem ersten Entlastungs-/Wiederbelastungszyklus abgeleitet,
- Für jeden Entlastungs-/Wiederbelastungszyklus wird ein einzelner Modulwert der Entlastungs-/Wiederbelastungsphase G_{URi} abgeleitet, wobei alle Daten in dem Zyklus enthalten sind.

Tabelle 4 — Schermoduln des Pressiometers für Referenzbelastungsprogramm B

Erstbelastung	Entlastungs-/Wiederbelastungszyklus
G_{L1}	G_{UR1}
—	G_{UR2}
—	G_{UR3}