

DIN EN ISO 22282-3

ICS 93.020

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Geohydraulische Versuche –
Teil 3: Wasserdruckversuche in Fels (ISO 22282-3:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 22282-3:2012**

Geotechnical investigation and testing –
Geohydraulic testing –
Part 3: Water pressure tests in rock (ISO 22282-3:2012);
German version EN ISO 22282-3:2012

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais géohydrauliques –
Partie 3: Essais de pression d'eau dans des roches (ISO 22282-3:2012);
Version allemande EN ISO 22282-3:2012

Gesamtumfang 34 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22282-3:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ (Sekretariat: ELOT, Griechenland) in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182/SC 1 „Geotechnical investigation and testing“ erarbeitet.

Der zuständige deutsche Spiegelausschuss im DIN ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-11 AA „Bohr- und Entnahmeverfahren, Grundwassermessungen (SpA zu CEN/TC 341/WG 1)“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Deutsche Fassung

Geotechnische Erkundung und Untersuchung —
Geohydraulische Versuche —
Teil 3: Wasserdruckversuche in Fels
(ISO 22282-3:2012)

Geotechnical investigation and testing —
Geohydraulic testing —
Part 3: Water pressure tests in rock
(ISO 22282-3:2012)

Reconnaissance et essais géotechniques —
Essais géohydrauliques —
Partie 3: Essais de pression d'eau dans des roches
(ISO 22282-3:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 31. Mai 2012 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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, 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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
3.1 Begriffe	4
3.2 Symbole	5
4 Versuchsausrüstung	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Pumpe und Wasserversorgung	9
4.3 Durchflussmessgerät	9
4.4 Packer	9
5 Durchführung des Versuchs	9
5.1 Vorbereitung des Versuchs	9
5.2 Ausführung des Versuchs	10
6 Berichte	11
6.1 Feldprotokoll	11
6.1.1 Allgemeines	11
6.1.2 Einbauprotokoll	12
6.1.3 Messprotokoll und Versuchsergebnisse	12
6.2 Untersuchungsbericht	13
Anhang A (informativ) Messprotokoll und Versuchsergebnisse des Wasserdruckversuchs	14
Anhang B (informativ) Auswertung der Versuchsergebnisse	16
B.1 Auswertverfahren	16
B.2 Auslegung der Wasserdruckversuche durch Druck-Durchfluss-Diagramme	16
B.3 Beispiele für Wasserdruckversuche mit kontinuierlicher Überwachung sowie Schlussfolgerungen	18
B.3.1 Wasserdruckversuch in stark klüftigem Fels	18
B.3.2 Wasserdruckversuch in weniger durchlässigem Fels	19
B.3.3 Grenzen der Auswertung	20
Anhang C (informativ) Bewertung der Versuchsergebnisse unter Annahme stationärer Bedingungen	22
Anhang D (informativ) Bewertung der Versuche mit konstanter Druckhöhe und konstanter Durchflussrate	25
D.1 Allgemeine Grundsätze	25
D.2 Versuche mit konstanter Druckhöhe	25
D.3 Versuche mit konstanter Durchflussrate	27
Anhang E (informativ) Verpressbarkeit	29
E.1 Verpressbarkeit von Gebirge und weitere abgeleitete Merkmale	29
E.2 Merkmale der Verpress- und Injektionsmaterialien	29
E.3 Auswirkungen der hydraulischen Aufweitung und der hydraulischen Aufspaltung	30
Literaturhinweise	31

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22282-3:2012) wurde vom Technischen Komitee Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat vom ELOT gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen ISO/TC 182 „Geotechnics“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis spätestens Dezember 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2012 zurückgezogen werden.

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

EN ISO 22282 besteht aus den folgenden Teilen unter dem Haupttitel *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche*:

- *Teil 1: Allgemeine Regeln*
- *Teil 2: Wasserdurchlässigkeitsversuche in einem Bohrloch unter Anwendung offener Systeme*
- *Teil 3: Wasserdruckversuche in Fels*
- *Teil 4: Pumpversuche*
- *Teil 5: Infiltrometerversuche*
- *Teil 6: Wasserdurchlässigkeitsversuche in einem Bohrloch unter Anwendung geschlossener Systeme*

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 22282 behandelt die Anforderungen an Wasserdruckversuche (WPT, en: water pressure tests) in Bohrlöchern, die als Teil der geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach EN 1997-1 und EN 1997-2 in Fels hergestellt werden.

Die Versuche werden durchgeführt, um Folgendes zu untersuchen:

- hydraulische Eigenschaften des Gebirges, die überwiegend durch Trennflächen bestimmt werden;
- Absorptionsvermögen des Gebirges;
- Dichtheit des Gebirges;
- Wirksamkeit des Verpressens;
- geomechanisches Verhalten, z. B. hydraulisches Aufspalten, hydraulisches Aufweiten.

Viele der sich bei den geohydraulischen Versuchen ergebenden Auswirkungen werden nicht nur durch den Baugrund selbst beeinflusst, sondern sind Ergebnis der Versuchsverfahren. Historisch gesehen wurde der Wasserdruckversuch auf der Grundlage der Annahme bewertet, dass ein stationäres Verhalten erreicht wird. In jüngster Zeit erfolgte Fortschritte in der Geohydraulik haben jedoch gezeigt, dass häufig transiente Phänomene vorliegen. In diesem Teil von ISO 22282 wird der Ansatz verfolgt, die Grenzen bestimmter Versuchsverfahren zu berücksichtigen, ohne dabei die erforderliche Versuchsausrüstung zu stark einzuschränken.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

ISO 22282-1, *Geotechnical investigation and testing — Geohydraulic testing — Part 1: General rules*

ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution*

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 22282-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Wasserdurchflussrate

Q

Wassermenge, die unter bestimmten Versuchsbedingungen je Zeiteinheit durch die Versuchsausrüstung fließt

3.1.2

Wasseraufnahme

w

Wasserdurchfluss Q in Bezug auf den wirksamen Prüfdruck p_T

3.1.3

Versuch mit einzelner Druckstufe

Versuch mit nur einer Druckstufe

ANMERKUNG Dieser Versuch wird üblicherweise durchgeführt, um die Dichtheit des Felses oder die Maßnahmen zur Erhöhung der Dichtheit zu überprüfen.

3.1.4

Versuch mit mehreren Druckstufen

Versuch mit mehr als einer Druckstufe

ANMERKUNG Dieser Versuch wird üblicherweise durchgeführt, um die Wasseraufnahme und das Verhalten der Trennflächen zu untersuchen, z. B. hydraulisches Aufweiten, hydraulisches Aufspalten, Erosion, Verstopfen (Kolmation).

3.1.5

stationärer Zustand

Versuchsphase, während der sowohl Druck als auch Durchflussrate konstant sind

3.1.6

Lugeon

Einheit der Durchlässigkeit

ANMERKUNG Eine Lugeon-Einheit entspricht 1 Liter Wasser, je Meter der Testlänge, gemessen bei einem Druck von 10 bar je Minute.

3.1.7

hydraulische Rissbildung

Bildung neuer Diskontinuitäten durch Injektion

3.1.8

hydraulische Rissbildung

Dilatation von Diskontinuitäten durch Injektion

3.1.9

Durchflussmeter

Gerät, das dazu verwendet wird, das Volumen des Wasserverbrauchs zu messen

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
D	Durchmesser des Versuchsabschnitts	m
d	Rohrdurchmesser	m
g	Erdbeschleunigung	m/s ²
h	Abstand der Druckhöhe von der Geländeoberkante	m
K	Durchlässigkeitsindex	m ²
k	Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
L	Rohrlänge	m
L_p	Packerlänge	m
m	Neigung	—
N	Anzahl der Diskontinuitäten	—
p	Druck	MPa
p_A	Druck über dem Packer	MPa
p_B	Druck unter dem Packer	MPa
p_M	Druck am oberen Ende des Bohrlochs	MPa
p_R	Druckabfall	MPa
p_T	wirksamer Prüfdruck	MPa
p_p	Druck am oberen Ende des Bohrlochs (p_M)	MPa
p_0	Einpressdruck	MPa
Δp	Druckabfall zwischen der Pumpe und dem Versuchsabschnitt	MPa
Q	Wasserdurchflussrate	m ³ /s
R	berechneter Untersuchungsradius	m
r_0	Radius des Bohrlochs	m
S	Lagerungskoeffizient	—
T	Transmissivität	m ² /s
t	Zeit	—
W_m	Mittlere Breite der Verbindungsstücke	m
w	Wasseraufnahme	m ³ /s
α	Formbeiwert des Versuchsabschnitts	—
γ	Dichte	kg/m ³
η	dynamische Viskosität der Flüssigkeit	N s/m ²
ρ	Dichte des Wassers	kg/m ³

4 Versuchsausrüstung

4.1 Allgemeines

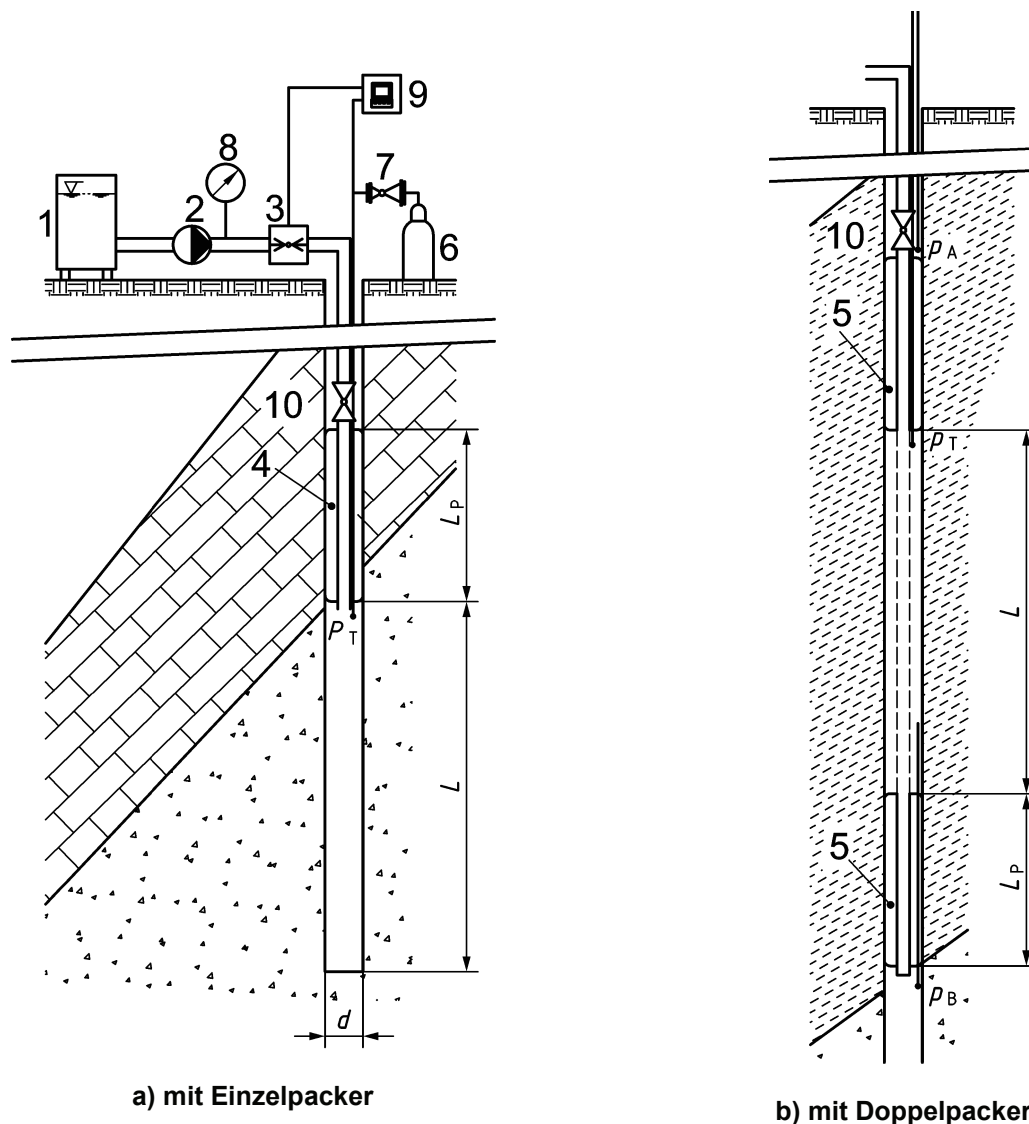
Entsprechend Bild 1 ist Wasser in einen durch einen oder mehrere Packer verschlossenen Versuchsabschnitt eines Bohrlochs zu pressen, um so den Zusammenhang zwischen Druck und Wasseraufnahme zu bestimmen.

In Abhängigkeit von der Art des Versuchs werden Einzel- oder Doppelpacker verwendet (siehe Bild 1).

Der Wasserdruckversuch kann in Bohrlöchern jeder Ausrichtung und jedes Durchmessers durchgeführt werden. Der Versuchsabschnitt darf sich sowohl unterhalb als auch oberhalb des Grundwasserspiegels befinden.

Grundsätzlich besteht die Versuchsausrüstung aus folgenden Teilen (siehe auch das Beispiel in Bild 1):

- Pumpe einschließlich Wasserversorgung;
- Rohre;
- Einzel- oder Doppelpacker;
- Absperrventil im Rohr oberhalb des Versuchsabschnitts;
- Druckmessgerät;
- Druckaufnehmer für Messungen im Versuchsabschnitt;
- Manometer für Kontrollmessungen an der Oberfläche;
- Durchflussmessgerät;
- Datenaufzeichnungssystem.



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 Speicher | 8 Manometer |
| 2 Pumpe | 9 Datenaufzeichnungseinheit |
| 3 Durchflussmessgerät | 10 Absperrventil |
| 4 Einzelpacker, aufblasbar | L Länge des Versuchsabschnitts |
| 5 Doppelpacker, aufblasbar | L_P Länge des Packers |
| 6 Druckgasflasche | p_T wirksamer Prüfdruck |
| 7 Regler für den Aufblasdruck der Packer | p_A Druck im Bohrer über dem Packer (wahlfrei) |
| | p_B Druck unter dem Doppelpacker im Bohrer (wahlfrei) |

Bild 1 — Beispiel einer Versuchsausrüstung und eines Versuchsaufbaus für den Wasserdruckversuch mit Einzelpacker und Doppelpacker

Die Funktionsfähigkeit der angewendeten Manometer und Wasseruhren ist vor jedem Versuch nachzuweisen. Im Falle der manuellen Aufzeichnung sind zwei Manometer und zwei Wasserzähler mit jeweils unterschiedlichem Messbereich einzubauen. Bei automatischer Aufzeichnung muss eine Sichtprüfung möglich sein.

Alle Geräte müssen nach ISO 22282-1 kalibriert werden. Der Druckabfall des Systems ist zu überprüfen.

4.2 Pumpe und Wasserversorgung

Eine druckgeregelte Pumpe muss in der Lage sein, den aufgrund der örtlich vorliegenden Bedingungen erforderlichen Druck zu erzeugen.

ANMERKUNG Eine geregelte Pumpe hat üblicherweise eine Förderleistung von bis zu 150 l/min. Üblicherweise ist eine Pumpe mit 1,5 MPa geeignet.

Um einen schwingungsfreien Wasserdurchfluss und Druck zu liefern, ist eine Pumpe mit einer Druckschwingung von höchstens $\pm 3 \%$ oder ein Druckdämpfer anzuwenden, der innerhalb von $\pm 3 \%$ konstant ist.

Das Wasser ist durch einen flexiblen Druckschlauch oder ein Schlauchsystem in den Versuchsabschnitt zu pumpen.

4.3 Durchflussmessgerät

Der Messbereich der eingesetzten Durchflussmessgeräte ist an die Wassermenge (Wasserdurchflussrate) Q anzupassen, die erwartungsgemäß absorbiert wird. Es kann erforderlich sein, zwei Wasserzähler mit unterschiedlichem Messbereich einzubauen:

- wenn $Q_{\max}$ die Größenordnung von 100 l/min erreicht, muss ein Durchfluss von 2 l/min feststellbar sein;
- wenn $Q_{\max}$ die Größenordnung von 10 l/min erreicht, muss ein Durchfluss von 0,5 l/min feststellbar sein.

Die Fehlergrenze des Durchflussmessgeräts darf 3 % des Messwertes nicht überschreiten.

4.4 Packer

Die wirksame Länge der Packermanschette darf nicht weniger als das 10fache des Durchmessers des Bohrlochs bzw. 0,5 m betragen. Der Druck zum Ausdehnen des Packers muss mindestens um 30 % über dem erwarteten Höchstprüfdruck liegen.

5 Durchführung des Versuchs

5.1 Vorbereitung des Versuchs

Vor Beginn des Wasserdruckversuchs sind die grundlegenden Anforderungen nach ISO 22282-1 zu berücksichtigen.

Zusätzlich zu ISO 22282-1 sind die folgenden Anforderungen an den Versuch anzugeben:

- Zweck des Versuchs (z. B. Abschätzung der Durchlässigkeit oder der Verpressbarkeit);
- Tiefe und Sequenz des Versuchsabschnitts;
- Länge des Versuchsabschnitts;
- Aufbringung des Prüfdrucks;
- Anzahl und Dauer der Druckstufen, wie z. B. auf- und absteigende Druckstufen;
- während des Versuchs zulässiger Höchstdruck.

Vor Versuchsdurchführung sind Bohrrückstände durch Spülen aus dem Bohrloch zu entfernen.