

DIN EN ISO 22282-4

ICS 93.020

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Geohydraulische Versuche –
Teil 4: Pumpversuche (ISO 22282-4:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 22282-4:2012**

Geotechnical investigation and testing –
Geohydraulic testing –
Part 4: Pumping tests (ISO 22282-4:2012);
German version EN ISO 22282-4:2012

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais géohydrauliques –
Part 4: Essais de pompage (ISO 22282-4:2012);
Version allemande EN ISO 22282-4:2012

Gesamtumfang 32 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22282-4:2012) 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 4: Pumpversuche
(ISO 22282-4:2012)

Geotechnical investigation and testing —
Geohydraulic testing —
Part 4: Pumping tests
(ISO 22282-4:2012)

Reconnaissance et essais géotechniques —
Essais géohydrauliques —
Partie 4: Essais de pompage
(ISO 22282-4:2012)

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	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	6
4 Versuchsausrüstung	7
5 Durchführung des Versuchs	7
5.1 Vorbereitung des Versuchs	7
5.1.1 Allgemeines	7
5.1.2 Bestimmung der Förderrate für den Pumpversuch	7
5.2 Organisation der Entsorgung des geförderten Wassers	8
5.3 Ausführung und Ausstattung des Brunnens	8
5.3.1 Auslegung des Versuchsbrunnens	8
5.3.2 Einbauverfahren	10
5.3.3 Vorbereitung des Brunnens	10
5.4 Aufstellung und Einrichtung der Piezometer	10
5.4.1 Einbauverfahren	10
5.4.2 Vorbereitung der Piezometer	10
5.5 Ausführung des Versuchs	11
5.5.1 Allgemeines	11
5.5.2 Vorlaufphase	11
5.5.3 Vorpumpversuch	11
5.5.4 Pumpversuch	11
5.5.5 Wiederanstiegsphase	12
5.6 Messunsicherheit	13
5.7 Unterbrechungen des Pumpvorgangs	13
5.8 Außerbetriebnahme	13
6 Versuchsauswertung	13
7 Berichte	14
7.1 Feldprotokoll	14
7.1.1 Allgemeines	14
7.1.2 Einbauprotokoll	14
7.1.3 Messprotokoll und Versuchsergebnisse	15
7.2 Untersuchungsbericht	15
Anhang A (informativ) Protokoll der Messwerte und Versuchsergebnisse des Pumpversuchs — Beispiel	16
A.1 Mehrstufiger Pumpversuch	16
A.2 Pumpversuch — Beispiel	17
Anhang B (informativ) Bestimmung der Förderrate beim Pumpversuch	18
B.1 Allgemeines	18
B.2 Theoretische Beurteilung des Fassungsvermögens des Brunnens	18
B.3 Auswertung der in dem Vorpumpversuch gewonnenen Informationen	18
B.3.1 Allgemeines	18
B.3.2 Bestimmung der Kennlinie des Brunnens	18
B.3.3 Vorpumpversuch im Brunnen	19

B.3.4	Bestimmung der Koeffizienten a und b der Kennlinie des Brunnens	19
B.3.5	Bestimmung der Förderrate für den Pumpversuch Q_e	21
Anhang C (informativ) Auslegung der Ergebnisse des Pumpversuchs		22
C.1	Mehrstufiger Pumpversuch	22
C.2	Pumpversuche mit konstanter Förderrate – Auswertung im stationären Zustand	22
C.2.1	Allgemeines	22
C.2.2	Gespannter Grundwasserleiter	22
C.2.3	Ungespannter Grundwasserleiter	24
C.3	Pumpversuche mit konstanter Förderrate – Auswertung im transienten Zustand	25
C.3.1	Allgemeines	25
C.3.2	Verfahren nach Theis	26
C.3.3	Verfahren nach Cooper und Jacob	27
C.3.4	Komplexere Verfahren	29
Literaturhinweise		30

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22282-4:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geohydraulische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat von ELOT gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee 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 Anforderungen an Pumpversuche als Teil der geotechnischen Erkundung nach EN 1997-1 und EN 1997-2.

Grundsätzlich besteht ein Pumpversuch aus Folgendem:

- Druckabsenkung durch Abpumpen von Wasser aus einem Brunnen (dem Versuchsbrunnen);
- Messen des abgepumpten Volumens und des Wasserspiegels im Versuchsbrunnen und in den Grundwassermessstellen vor, während und nach dem Pumpen als Funktion der Zeit.

Dieser Teil von ISO 22282 gilt für Pumpversuche in Grundwasserleitern, deren Durchlässigkeit so ist, dass das Abpumpen aus einem Brunnen – in Abhängigkeit von den Bedingungen des Baugrunds und dem Zweck – zu einer Absenkung der piezometrischen Höhe innerhalb von Stunden oder Tagen führt. Das Dokument behandelt Pumpversuche in Locker- und Felsgestein.

Bei den durch diesen Teil von ISO 22282 abgedeckten Versuchen handelt es sich um diejenigen, die zur Auswertung der hydrodynamischen Parameter eines Grundwasserleiters und von Brunnenparametern vorgesehen sind, z. B.:

- Allgemeiner Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters;
- Einflussradius des Pumpens;
- Förderrate für einen Brunnen;
- Auswirkung in Bezug auf die Absenkung in einem Grundwasserleiter während des Pumpens;
- Skin-Faktor;
- Brunnenspeicherkoeffizient;
- Auswirkung in Bezug auf die Wiederherstellung in einem Grundwasserleiter nach dem Pumpen.

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 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 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 und Symbole

3.1 Begriffe

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

3.1.1

Einflussradius des Pumpens

$R(t)$
der Einflussradius zur Zeit t ist der von der Brunnenachse gemessene Abstand, bei dessen Überschreitung die Absenkung der Piezometeroberfläche des Grundwassers null beträgt

ANMERKUNG Im stationären Zustand ist $R(t)$ konstant und wird daher mit R_a bezeichnet.

3.2 Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
D	Bohrdurchmesser des Brunnens	m
d	Dicke der Grundwasserschicht	m
L	Länge des Filterrohrabschnitts im Brunnen	m
Q	Förderrate aus dem Brunnen	m ³ /s
Q_d	abgeschätzte Förderrate am Ende der Brunnenvorbereitung	m ³ /s
Q_e	beim Pumpversuch entstehende Förderrate	m ³ /s
R_a	Einflussradius im stationären Zustand	m
$R(t)$	Einflussradius zum Zeitpunkt (t)	m
S	Speicherkoeffizient	—
T	Transmissivität	m ² /s
t	Zeit	s
v	Durchflussrate	—
a	Steigung der Brunnenkennlinie	—
b	Schnittpunkt der Brunnenkennlinie mit der Ordinate ($Q = 0$)	—
c	konventionelle Einheit für die Absenkung während der einleitenden Pumpenförderung	—
d_N	Größe, die aus der Korngrößenkurve des quadratischen Siebgitters mit der Seitenlänge d interpoliert werden kann und für die der Massenanteil an Untergröße N Prozent beträgt	—
e	Abstand zwischen dem Brunnengrund und der Oberfläche des ungespannten Grundwassers im Ruhezustand in einem Grundwasserleiter	m
k_h	horizontaler Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
Δh	Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen	m
$\Delta h'$	Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen der Pumpstufe i nach 2 h	m
Δh_f	Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen, die während des Vorversuchs eingestellt wird und nicht überschritten werden darf	m
$\Delta h_{\max}$	maximale Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen während des Pumpversuchs	m

4 Versuchsausrüstung

Die Durchführung eines Pumpversuchs erfordert die folgenden Versuchseinrichtungen und Instrumente:

- a) einen Versuchsbrunnen und Piezometer (siehe ISO 22475-1);
- b) eine Pumpe und die dazugehörigen Rohre zum Abpumpen aus dem Versuchsbrunnen. Die Pumpen müssen mit einem ausreichend langen Abflussrohr ausgestattet sein, so dass das Wasser von der Pumpe in ausreichender Entfernung abgeleitet werden kann, damit der Prüfbereich nicht beeinflusst wird. Die Pumpenleistung muss ausreichen, um eine Menge aus dem Brunnen abzuleiten, die mindestens der entspricht, für die abgeschätzt wird, dass mit ihr die maximal geplante Absenkung erreicht wird;

ANMERKUNG Pumpversuche werden üblicherweise unter Anwendung elektrischer Tauchpumpen durchgeführt, die im Versuchsbrunnen installiert werden. In Abhängigkeit von den Bedingungen können die Pumpversuche jedoch auch mit Saugpumpen durchgeführt werden, die sich an der Oberfläche befinden, sowie mit Geräten zum Heben durch Druckluft oder speziellen Entwässerungsgeräten wie Punktbrunnen oder Dampfstrahlpumpen mit Absaugvorrichtung (Ejektoren).

- c) ein System zum Regulieren und Messen der Förderrate (m^3/s). Geräte zum Messen der Förderrate müssen angemessen kalibriert und über den für den Versuch vorherzusehenden Bereich der Förderraten genau sein;
- d) ein System zum Messen des Wasserspiegels im Versuchsbrunnen und in den Piezometern. Durch das Pumpen im Versuchsbrunnen können Turbulenz entstehen, die zu beachten sind. Die Geräte müssen in der Lage sein, den Wasserspiegel über den für den Versuch vorherzusehenden Bereich der Absenkungen zu messen;
- e) ein Zeitmess- und/oder -aufzeichnungsgerät, mit einer sekundengenauen Anzeige.

5 Durchführung des Versuchs

5.1 Vorbereitung des Versuchs

5.1.1 Allgemeines

Bei der Vorbereitung eines Pumpversuchs muss zuvor eine Reihe von Sachverhalten untersucht und berücksichtigt werden, z. B.:

- grundlegende Informationen zu den Bedingungen des Baugrunds und des Grundwassers nach ISO 22282-1;
- die während des Versuchs erforderliche Absenkung und/oder Förderrate;
- Einleitestelle für das abgepumpte Wasser und deren Abstand zum Versuchsbrunnen;
- die Versuchsdauer.

5.1.2 Bestimmung der Förderrate für den Pumpversuch

Die Förderrate Q_d muss abgeschätzt werden um sicherzustellen, dass der Versuchsbrunnen ausreichend Wasser bietet, um eine Pumpe mit angemessener Leistung auswählen zu können und um sicherzustellen, dass das geförderte Wasser an der vereinbarten Stelle zur Entsorgung eingeleitet werden kann.

Die Förderrate kann mit einem oder mehreren der folgenden Verfahren abgeschätzt werden:

- auf der Grundlage des Versuchszwecks und der Erfahrungen mit den örtlich vorliegenden Bedingungen;
- mit Hilfe einer theoretischen Beurteilung des Fassungsvermögens des Brunnens entsprechend dem Verfahren nach Anhang B;
- durch die in einem Vorversuch gewonnenen Informationen entsprechend dem Verfahren nach Anhang B.

5.2 Organisation der Entsorgung des geförderten Wassers

Die Entsorgung des geförderten Wassers muss den zutreffenden Regeln und Bestimmungen entsprechen.

Wird das geförderte Wasser nicht über ein Abwassernetz entsorgt, muss es in ausreichender Entfernung vom Versuchsbrunnen entsorgt werden, so dass es keinen nennenswerten Einfluss auf die beobachtete Grundwasserabsenkung hat.

5.3 Ausführung und Ausstattung des Brunnens

5.3.1 Auslegung des Versuchsbrunnens

Der Versuchsbrunnen muss so ausgelegt werden, dass er die folgenden Kriterien erfüllt (siehe Bild 1):

- er muss eine ausreichende Tiefe aufweisen, um bis unterhalb des Grundwasserspiegels in der interessierenden Schicht hinabzureichen. Sofern der Versuchsbrunnen den Grundwasserleiter nicht vollständig durchteuft, muss er den gesättigten Teil des Grundwasserleiters bis in eine Tiefe erschließen, die mindestens dem 25fachen des Durchmessers des Filterrohrs entspricht und mindestens 3 m beträgt;
- er muss einen ausreichenden Bohrdurchmesser aufweisen, um die erforderlichen Filtermaterialien und ein Filterrohr aufnehmen zu können, dessen Durchmesser zur Aufnahme einer Pumpausrüstung ausreicht, die die erforderliche Förderleistung sicherstellt;
- er muss eine ausreichende Länge und Leistung des Filterrohrs aufweisen, um sicherzustellen, dass die erforderliche Förderrate erreicht werden kann;
- geeignetes Filtermaterial, um sicherzustellen, dass das geförderte Wasser einen geringen Sedimentgehalt aufweist, so dass das Risiko eines Pumpenschadens und eines Absetzens des Baugrunds als Ergebnis der Entnahme von feinen Teilchen aus dem Boden vermieden wird. Sofern der Brunnen in einem stabilen Fels gebaut wird, ist es eventuell möglich, den Versuchsbrunnen zu bauen, ohne dass dazu Filtermaterial erforderlich ist.

Bei dem Filtermaterial muss es sich um ein hochdurchlässiges körniges Material mit definierter Korngröße handeln, das aus Gesteinskörnungen besteht, die sich gegenüber der Chemie des Grundwassers des Grundwasserleiters inert verhalten (z. B. Quarz, Feldspat). Bei körnigen Böden muss die Korngrößenkurve des Filters die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$5 d_{15 \text{ soil}} \leq d_{15 \text{ filter}} \leq 5 d_{85 \text{ soil}}$$

Dabei ist

d_N die Bezeichnung der charakteristischen Größe des Filters oder des vorliegenden Baugrunds, die so gestaltet ist, dass die Masse der durch ein Sieb mit einem quadratischen Gitter mit der Seitenlänge d hindurchgehenden Bodenfraktion N % der Gesamt-Materialmasse beträgt.

Bei nicht körnigen Böden oder in Fällen, in denen das Filterrohr mit einem Geotextilnetz ausgestattet ist, das als Filter ausgelegt ist, dient das Filtermaterial zur Verfüllung des Ringraums. Dabei sollte das Filtermaterial aus einem hochdurchlässigen Grobsand oder Feinkies bestehen, dessen Durchlässigkeitsbeiwert mindestens das 100fache des entsprechenden Beiwerts des untersuchten Locker- oder Festgesteins beträgt.

Die Filterpackung muss eine Dicke von mindestens 50 mm aufweisen. Der Bohrdurchmesser des Versuchsbrunnens ist entsprechend dem Zweck auszuwählen.