

DIN EN ISO 22282-4



ICS 93.020

Entwurf

Einsprüche bis 2020-06-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 22282-4:2012-09

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Geohydraulische Versuche –
Teil 4: Pumpversuche (ISO/DIS 22282-4:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22282-4:2020**

Geotechnical investigation and testing –
Geohydraulic testing –
Part 4: Pumping tests (ISO/DIS 22282-4:2020);
German and English version prEN ISO 22282-4:2020

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais géohydrauliques –
Partie 4: Essais de pompage (ISO/DIS 22282-4:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 22282-4:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-04-03 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 Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22282-4:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-11 AA „Bohr- und Entnahmeverfahren, Grundwassermessungen (SpA zu ISO/TC 182/WG 4)“ 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 internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 14688-1	siehe	DIN EN ISO 14688-1
ISO 22282-1	siehe	DIN EN ISO 22282-1
ISO 18674-4*	siehe	DIN EN ISO 18674-4*

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 22282-4:2012-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung des Protokolls des Pumpversuchs im informativen Anhang A;
- b) Aktualisierung der normativen Verweisungen und der Literaturhinweise;
- c) allgemeine redaktionelle Anpassungen.

* Zur Zeit im Entwurf

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 22282-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN ISO 18674-4, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen — Teil 4: Porenwasserdruckmessungen: Piezometer*

— Leerseite —

Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche — Teil 4: Pumpversuche (ISO/DIS 22282-4:2020)

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais géohydrauliques — Partie 4 : Essais de pompage (ISO/DIS 22282-4:2020)

Geotechnical investigation and testing — Geohydraulic testing — Part 4: Pumping tests (ISO/DIS 22282-4:2020)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
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	11
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	13
5.6 Messunsicherheit	13
5.7 Unterbrechungen des Pumpvorgangs	13
5.8 Außerbetriebnahme	14
6 Versuchsauswertung	14
7 Berichte	14
7.1 Feldprotokoll	14
7.1.1 Allgemeines	14
7.1.2 Einbauprotokoll	15
7.1.3 Messprotokoll und Versuchsergebnisse	15
7.2 Untersuchungsbericht	15
Anhang A (informativ) Protokoll der Messwerte und Versuchsergebnisse des Pumpversuchs — Beispiel	16
Anhang B (informativ) Bestimmung der Förderrate beim Pumpversuch	18
Anhang C (informativ) Auslegung der Ergebnisse des Pumpversuchs	22
Literaturhinweise	30

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22282-4:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 22282-4:2012 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 22282-4:2020 wurde von CEN als prEN ISO 22282-4:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

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

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in der Erarbeitung Internationaler Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedsländer benötigt.

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.

ISO 22282-4 wurde vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dessen Technischem Komitee CEN/TC 341, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182, *Geotechnics*, Unterkomitee SC 1, *Geotechnical investigation and testing*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

ISO 22282 besteht unter dem allgemeinen Titel *Geotechnical investigation and testing — Geohydraulic testing* aus den folgenden Teilen:

- *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*

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 22282 behandelt Anforderungen an Pumpversuche als Teil der geotechnischen Erkundung nach EN 1997-1 und EN 1997-2.

Allgemeine Regeln für die Planung und Ausführung von geohydraulischen Feldversuchen werden in ISO 22282-1 behandelt.

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 führen kann. 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 18674-4, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instruments — Part 4: Piezometers*

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 1 zum Begriff: 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 18674-4);
- 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 Förderaten genau sein;
- d) ein System zum Messen des Wasserspiegels im Versuchsbrunnen und in den Piezometern. Durch das Pumpen im Versuchsbrunnen können Turbulenzen 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.

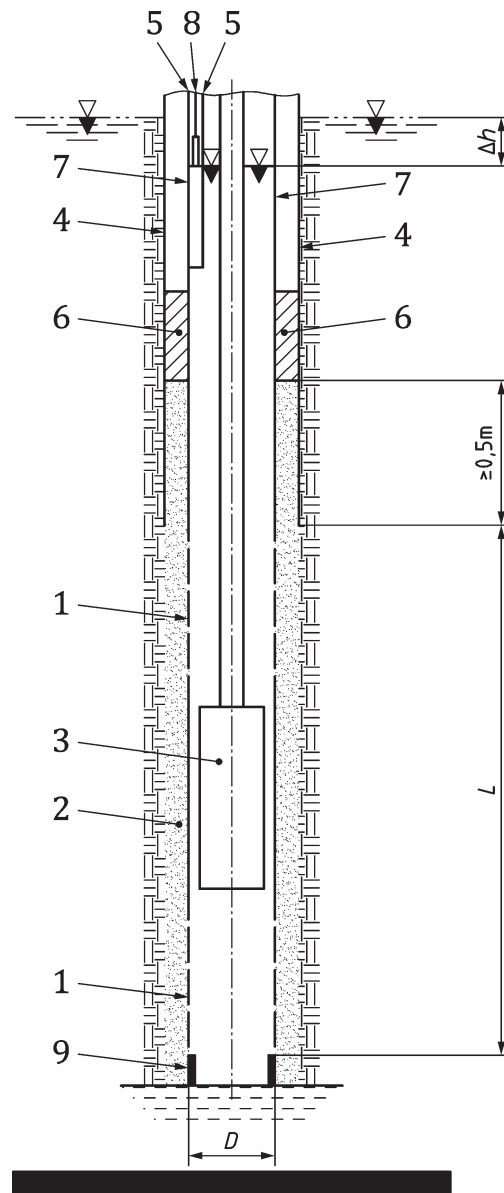
Bei dem Filtermaterial muss es sich um ein hochdurchlässiges körniges Material mit definierter Korngröße handeln, das aus Gesteinskörnungen besteht, die sich gegenüber der Chemie des Grundwassers des Grundwasserleiters inert verhalten (z. B. Quarz, Feldspat). Bei körnigen Böden muss die Korngrößenkurve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



Legende

- | | | | |
|---|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Filterrohr | 7 | Überwachungsrohr |
| 2 | Filtermaterial (Filterpackung) | 8 | Gerät zum Messen des Wasserspiegels |
| 3 | Tauchpumpe | 9 | unteres Ende des Filterrohrs |
| 4 | Brunnenverrohrung | L | Filterlänge |
| 5 | Rohr zum Messen des Wasserspiegels | D | Bohrdurchmesser des Brunnens |
| 6 | Ringraumabdichtung | | |

Bild 1 — Ausbaubeispiel eines Versuchsbrunnens

5.3.2 Einbauverfahren

Der Versuchsbrunnen ist in ähnlicher Weise wie die Piezometer nach ISO 22475-1 zu bauen. Beim Einbau der Brunnenmaterialien ist besonders sorgfältig vorzugehen. Insbesondere ist auf Folgendes zu achten:

- Das Filterrohr ist bis zur festgelegten Tiefe in das Bohrloch abzusenken und mittig im Brunnen einzubauen, wobei sich das obere und das untere Ende des Rohres jeweils auf dem Untersuchungsabschnitt befinden müssen. Es ist darauf zu achten, dass die Verbindungsstellen des Filterrohrs und der Verrohrung keine Undichtigkeiten aufweisen sowie vertikal und gerade eingebaut sind.
- Sofern erforderlich, ist Filtermaterial in den Ringraum zwischen dem Filterrohr und der Hilfsverrohrung (bzw. der Bohrlochwand) einzubringen. Das Filtermaterial ist stufenweise einzubringen, um das Risiko einer Verstopfung im Ringraum zu verringern. Vorzugsweise ist das Filtermaterial über ein Schüttrohr einzubringen.
- Sofern erforderlich, ist eine Ringraumabdichtung aus geringdurchlässigem Material (wie z. B. Bentonit) zwischen Bohrlochwand und Brunnenverrohrung, unmittelbar oberhalb des Filtermaterials, herzustellen. Der Zweck der Ringraumabdichtung besteht darin, den Zufluss von Oberflächenwasser oder Wasser aus anderen Grundwasserstockwerken in das Filterrohr zu verhindern.

5.3.3 Vorbereitung des Brunnens

Vor dem Pumpversuch muss der Brunnen entsandet und entwickelt werden, um die Durchlässigkeit des die Schale umgebenden Bodens durch Auswaschen zu erhöhen und um jegliche Bohrrückstände und beweglichen Bodenteilchen zu entfernen, die von der Wasserströmung mitgerissen werden und so in den Brunnen gelangen könnten. Derartige Teilchen könnten das Filter verstopfen und die Prüfpumpe beschädigen.

Das Entwickeln ist durch Pumpen auszuführen. Mögliche Verfahren sind beispielsweise das Lufthebeverfahren oder das Pumpen mit einer robusten Pumpe, die durch das Vorliegen von Teilchen im geförderten Wasser nicht beschädigt wird. Wird das Lufthebeverfahren angewendet, ist darauf zu achten, dass ein Einpressen von Luft in den Baugrund vermieden wird, da Luftblasen im Baugrund die Durchlässigkeit beeinflussen können.

Weitere Verfahren zur Brunnenentwicklung können in Kombination mit Pumpen angewendet werden; hierbei handelt es sich zum Beispiel um folgende:

- Spülen mit Wasser im Filterrohr;
- mit einem Wasserschwall oder durch einen Kolben im Filterrohr, um den Wasserstrom in den Brunnen hinein und aus diesem heraus auszulösen;
- chemische Behandlung (z. B. Verwendung von Säuren in Karbonatgestein).

5.4 Aufstellung und Einrichtung der Piezometer

5.4.1 Einbauverfahren

Piezometer sind nach ISO 22475-1 einzubauen.

Die Piezometerrohre sind in einer Tiefe einzubauen, die es ermöglicht, den Einfluss des Pumpversuchs zu beobachten und aufzuzeichnen. Sofern möglich, ist das dem Versuchsbrunnen am nächsten liegende Piezometer in der gleichen Tiefe wie die des Versuchsbrunnens anzuordnen.

5.4.2 Vorbereitung der Piezometer

Vor Beginn des Versuchs sind die Piezometer nach ISO 22475-1 zu reinigen. Der Wasserspiegel in den Piezometern ist vor und nach dem Versuch für eine bestimmte Dauer zu messen, um natürliche Schwankungen im Grundwasserspiegel festzustellen. Die Ansprechzeit ist durch Beobachten des Wasseranstiegs im Piezometerrohr zu erfassen. Die Dauer der Überwachung ist von den Eigenschaften des Grundwasserleiters und dem Zweck des Pumpversuchs abhängig.

5.5 Ausführung des Versuchs

5.5.1 Allgemeines

Der Versuch umfasst bis zu vier Phasen:

- eine Vorlaufphase zur Überwachung des natürlichen Grundwasserspiegels;
- ein Vorpumpversuch zur Bestimmung der sich beim Pumpversuch ergebenden Förderrate;
- die Phase des Pumpversuchs;
- die Phase nach dem Pumpversuch zur Überwachung der Wiederherstellung des Grundwasserspiegels.

5.5.2 Vorlaufphase

Vor Beginn der Pumpphase sind die Wasserspiegel im Versuchsbrunnen und in den Piezometern zu überprüfen, um den natürlichen Grundwasserspiegel zu bestimmen.

ANMERKUNG Die Dauer der Vorlaufphase ist vom Zweck des Versuchs und den örtlich vorliegenden Bedingungen abhängig. Die typische Dauer dieser Phase beträgt zwischen einem Tag und zehn Tagen. Längere Phasen vor dem Pumpen sind erforderlich, wenn die Grundwasserspiegel durch Gezeiten oder andere Phänomene verursachten Schwankungen unterliegen.

5.5.3 Vorpumpversuch

Vor dem eigentlichen Pumpversuch ist ein Vorpumpversuch durchzuführen, um die Ausrüstung zu prüfen.

ANMERKUNG Die Dauer des Vorpumpversuchs liegt zwischen 15 min und 2 h.

Während des Vorpumpversuchs ist die ordnungsgemäße Funktion der Pumpen, Regelsysteme, Ventile, Durchflussmessgeräte und Wasserspiegelmessgeräte zu überprüfen. Die Abflussrohre sind auf Undichtigkeiten hin zu überprüfen. Jegliche als erforderlich angesehene Korrekturmaßnahmen sind vor Beginn des Pumpversuchs durchzuführen.

Bei groß angelegten oder komplexen Pumpversuchen kann der Vorpumpversuch genutzt werden, um Informationen zur Förderrate und zur Absenkung zu gewinnen, um so zur Bestimmung der Förderrate für den Pumpversuch beizutragen (siehe Anhang B).

5.5.4 Pumpversuch

Der Pumpversuch darf erst beginnen, wenn der Wasserspiegel im Versuchsbrunnen und in den Piezometern im Anschluss an den Vorpumpversuch den Ausgangszustand erreicht hat.

Der Pumpversuch kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden:

- Versuch mit variabler Förderrate. Diese Art Versuch besteht darin, den Versuchsbrunnen stufenweise, entweder auf- oder absteigend, bis zum maximalen Fassungsvermögen des Versuchsbrunnens oder der maximalen Leistung der Pumpe zu beumpfen. Ein derartiger Versuch kann genutzt werden, um zur Bestimmung der Förderrate für einen Versuch mit konstanter Förderrate beizutragen;

und/oder

- Versuch mit konstanter Förderrate. Hierbei erfolgt das Bepumpen des Versuchsbrunnens über die gesamte Dauer mit konstanter Förderrate.

Besteht der Pumpversuch aus einem Versuch mit variabler Förderrate und darauf folgendem Versuch mit konstanter Förderrate, kann am Ende des Versuchs mit variabler Förderrate eine Phase der Überwachung nach dem Pumpen liegen. In diesem Fall sollte die Dauer zwischen dem Ende des Versuchs mit variabler Förderrate und dem Beginn des Versuchs mit konstanter Förderrate ausreichen, damit sich die Wasserspiegel stabilisieren können.

Immer wenn der Abfluss neu begonnen oder verändert wird, ist die Änderung der Förderrate schnell vorzunehmen. Zu Beginn des Pumpversuchs muss sich die Förderrate innerhalb von 2 min nach dem Beginn des Pumpvorgangs stabilisiert haben.

Die Zeit am Beginn des Versuchs ist als $t = 0$ definiert.

Während des Pumpversuchs sind Messungen des Wasserspiegels entsprechend den durch den Versuchszweck und die Bedingungen des Baugrunds bedingten Anforderungen durchzuführen. Im Allgemeinen sind die Messungen zu Beginn des Pumpversuchs oder bei einer Änderung der Durchflussrate während eines Versuchs mit variabler Rate dann häufiger durchzuführen, wenn sich die Wasserspiegel wahrscheinlich schnell ändern. Während der späteren Stufen eines Pumpversuchs, wenn sich die Wasserspiegel langsamer ändern, ist es möglich, die Ablesungen weniger häufig vorzunehmen.

Folgende Messintervalle zwischen den Ablesungen sollten angesetzt werden, sofern nicht auf der Grundlage des Versuchszwecks und der Bedingungen des Baugrunds alternative Schritte gerechtfertigt werden können. Falls sich der Grundwasserspiegel im Versuchsbrunnen und in den Piezometern weiterhin rasch ändert, können kürzere als unten angegebene Messintervalle erforderlich sein:

- ≤ 30 s bei $t \leq 5$ min;
- ≤ 1 min bei $t = 5$ min bis 15 min;
- ≤ 5 min bei $t = 15$ min bis 30 min;
- ≤ 10 min bei $t = 30$ min bis 1 h;
- ≤ 30 min bei $t = 1$ h bis 4 h;
- ≤ 1 h bei $t > 4$ h.

Wird ein Pumpversuch unter Bedingungen ausgeführt, unter denen das Grundwasser Schwankungen durch Gezeiten unterliegt, sind die Ablesungen des Wasserspiegels über die gesamte Versuchsdauer in kurzen Intervallen durchzuführen. Unter Bedingungen von Gezeiten sollte das Intervall zwischen den Ablesungen 15 min nicht überschreiten.

Die Förderrate ist während der ersten Stunde mindestens viermal zu messen. Ist sie konstant, ist es ausreichend, sie einmal je Tag zu messen. Ist sie nicht konstant, muss sie jede Stunde gemessen werden.

Der Wasserstand von offenen Gewässern in der Nähe des Versuchsstandortes, dessen Schwankungen den Pumpversuch wahrscheinlich stören (und umgekehrt), ist während des gesamten Versuchs regelmäßig aufzuzeichnen.

Das Pumpen ist bis zum Ende der festgelegten Pumpversuchsphase oder, wenn bei diesem Versuch ein stationärer Zustand erreicht werden muss, solange fortzusetzen, bis drei aufeinander folgende Ablesungen der Wasserspiegel in den Piezometern, die im Abstand von mindestens 1 h vorgenommen werden, sich um nicht mehr als 1 cm voneinander unterscheiden.

5.5.5 Wiederanstiegsphase

Nach der Pumpphase beginnt die Wiederanstiegsphase. Während dieser Phase ist der Wasserspiegel im Brunnen und in den Grundwassermessstellen aufzuzeichnen. Beginnend mit dem Ende der Pumpphase, sollte die Verteilung der Messintervalle analog zur Pumpphase erfolgen.

Die Dauer der Wiederanstiegsphase ist vom Versuchszweck und den örtlich vorliegenden Bedingungen abhängig. Sofern es der Versuchszweck und die Bedingungen des Baugrunds nicht anders erfordern, muss die Wiederanstiegsmessung mindestens der Dauer entsprechen, über die während der Pumpphase der Grundwasserspiegel abgesunken ist, oder solange andauern, bis drei aufeinander folgende Ablesungen im Abstand von mindestens 1 h sich um nicht mehr als 1 cm voneinander unterscheiden.

Die Pumpausrüstung darf erst entfernt werden, wenn die Wiederanstiegsmessung dadurch nicht gestört wird.

Ein Rückfluss sollte vermieden werden.

5.6 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit darf bei maschineller Messung und sollte bei manueller Messung folgende Werte nicht überschreiten:

- 1 s für die Zeit oder 1 % des Zeitzunahmeschritts, je nachdem, welcher Wert größer ist;
- 1 cm für die Wasserspiegel;
- 5 % des maximalen Durchflusses für die Abflüsse.

5.7 Unterbrechungen des Pumpvorgangs

In der Phase des Pumpversuchs ist es wichtig, dass das Pumpen kontinuierlich erfolgt; eine Ausnahme sind Abschaltungen der Ausrüstung für die regelmäßige Wartung. Während eines Versuchs mit variabler Förderrate oder während der ersten 24 h eines Versuchs mit konstanter Förderrate dürfen keine derartigen Abschaltungen vorgenommen werden. Die gesamte Pumpanlage sollte angemessen gewartet und instand gehalten werden, bevor der Versuch beginnt.

Führen mechanische Ausfälle oder andere Probleme während eines Versuchs mit variabler Förderrate oder während der ersten 24 h eines Versuchs mit konstanter Förderrate zu einer Unterbrechung des Pumpvorgangs, ist der Versuch abubrechen. Es ist zu warten, bis sich die Grundwasserspiegel wieder eingestellt haben, und der Versuch ist für einen Versuch mit konstanter Förderrate ab $t = 0$ oder für einen Versuch mit variabler Förderrate ab dem Beginn des vorhergehenden Schrittes erneut zu beginnen.

Sobald ein Versuch mit konstanter Förderrate mehr als 24 h gelaufen ist, können Unterbrechungen des Pumpvorgangs von bis zu 1 h in Abhängigkeit vom Versuchszweck annehmbar sein, obwohl jegliche Unterbrechungen des Pumpvorgangs auf ein absolutes Mindestmaß eingeschränkt werden sollten.

5.8 Außerbetriebnahme

Nachdem der Versuch abgeschlossen ist, ist die Pump- und Überwachungsausrüstung zu entfernen. Der Versuchsbrunnen und die Piezometer sind nach ISO 22475-1 zu verriegeln, zu verfüllen oder zu verpressen.

6 Versuchsauswertung

Die wichtigsten Messparameter sind folgende:

- Absenkung und Wiederanstieg des Wasserspiegels im Versuchsbrunnen und in den Piezometern als Funktion der Zeit;
- Förderrate aus dem Versuchsbrunnen.

Während des Versuchs sollten die Messparameter graphisch dargestellt werden.

Die Messparameter können verwendet werden, um die Eigenschaften des Grundwasserleiters hauptsächlich Durchlässigkeitsbeiwert, Transmissivität, Speicherkoeffizient) und die Brunnenparameter zu ermitteln.

Bei Versuchen mit konstanter Förderrate können die Auswertungen entweder im stationären Zustand oder im transienten Zustand erfolgen. Auswertungen für den stationären Zustand sind relativ einfach anzuwenden, es können jedoch keine Speicherkoeffizienten bestimmt werden. Auswertungen im transienten Zustand sind komplexer, es kann jedoch ein breiteres Spektrum an Parametern bestimmt werden.

Die am häufigsten angewendeten Verfahren zur Auswertung der Messparameter sind in Anhang C beschrieben.

7 Berichte

7.1 Feldprotokoll

7.1.1 Allgemeines

Vor Ort ist ein Feldprotokoll mit folgenden Informationen zu erstellen:

- a) Kopfblatt nach ISO 22475-1;
- b) Bohrprotokoll nach ISO 22475-1;
- c) Probenahmeprotokoll nach ISO 22475-1;
- d) Protokoll der Brunnen- und Piezometerinstallation nach ISO 22475-1;
- e) Schichtenverzeichnis nach ISO 14688-1 und ISO 14689-1;
- f) Einbauprotokoll nach 7.1.2;
- g) Kalibrierprotokoll nach ISO 22282-1;
- h) Protokoll der Außerbetriebnahme;
- i) Messprotokoll und Versuchsergebnisse nach 7.1.3.

Sämtliche Protokolle zu Feldversuchen sind so zu führen, dass Dritte in der Lage sind, die Ergebnisse zu überprüfen und zu verstehen.

7.1.2 Einbauprotokoll

Das Einbauprotokoll ist dem Kopfblatt beizufügen und muss folgende Angaben, sofern zutreffend, enthalten:

- a) Art der Versuchsausrüstung;
- b) Versuchsbrunnen;
- c) Piezometer;
- d) Pumpen;
- e) Druckaufnehmer;
- f) Messgerät für die Durchflussrate;
- g) Daten und Zeitpunkte des Versuchs;
- h) Grundwasserspiegel vor und nach Einbau;
- i) Name und Unterschrift der den Versuch durchführenden Person.

7.1.3 Messprotokoll und Versuchsergebnisse

Das Messprotokoll und die Versuchsergebnisse sind dem Kopfblatt beizufügen und müssen folgende Angaben, sofern zutreffend, enthalten (siehe auch Anhang A):

- a) Name des den Versuch durchführenden Unternehmens;
- b) Name des Auftraggebers;
- c) Datum des Versuchs;
- d) Bezeichnung und Nummer des Projekts;
- e) Anzahl der Brunnen und Piezometer;
- f) eine Verweisung auf diese Norm, d. h. ISO 22282-4;
- g) Wasserspiegel und dessen Tiefe im Brunnen vor Beginn des Pumpens;
- h) eine Tabelle, die in Form der seit dem Beginn des Versuchs vergangenen Zeit die Förderraten und die im Brunnen und in jedem Piezometer gemessenen Wasserspiegel angibt;
- i) Name und Unterschrift der den Versuch durchführenden Person.

7.2 Untersuchungsbericht

Der Untersuchungsbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) das Feldprotokoll (im Original und/oder digital);
- b) eine graphische Darstellung der Versuchsergebnisse;
- c) Name und Unterschrift der verantwortlichen Fachkraft.