

	DIN EN 18049-1	
ICS 93.025	Einsprüche bis 2024-03-26	
<div>Entwurf</div>		
<p>Brunnen zur Wassergewinnung – Teil 1: Design; Deutsche und Englische Fassung prEN 18049-1:2024</p> <p>Wells for water extraction – Part 1: Design; German and English version prEN 18049-1:2024</p> <p>Puits pour l'extraction de l'eau – Partie 1: Design; Version allemande et anglaise prEN 18049-1:2024</p> <p>Anwendungswarnvermerk</p> <p>Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none">– 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 naw@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 Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. <p>Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p>Gesamtumfang 182 Seiten</p> <p>DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)</p>		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 18049-1:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 451 „Bohrungen für geothermale Zwecke und zur Wassergewinnung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-07-03 AA „Wassergewinnung“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

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 3310-1 siehe DIN ISO 3310-1

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

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3310-1, *Analysensiebe — Technische Anforderungen und Prüfung — Teil 1: Analysensiebe mit Metalledrahtgewebe*

– *Entwurf* –

E DIN EN 18049-1:2024-03

– Leerseite –

Brunnen zur Wassergewinnung – Teil 1: Design

Wells for water extraction – Part 1: Design

Puits pour l'extraction de l'eau – Partie 1: Design

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Projektziele	16
4.1 Hintergrund	16
4.2 Anforderung	16
4.3 Einhaltung	16
5 Standortbedingungen	17
5.1 Hintergrund	17
5.2 Anforderungen	17
5.2.1 Anforderung 1	17
5.2.2 Anforderung 2	17
5.3 Einhaltung	17
6 Geologische und hydrogeologische Charakterisierung	18
6.1 Hintergrund	18
6.2 Anforderungen	18
6.2.1 Beurteilung der Geologie	18
6.2.2 Charakterisierung der hydrogeologischen Einheiten	19
6.2.3 Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit	19
6.3 Einhaltung	19
7 Qualitative Risikobeurteilung	20
7.1 Hintergrund	20
7.2 Anforderungen	20
7.3 Einhaltung	20
8 Einschätzung des Ertrags	21
8.1 Hintergrund	21
8.2 Anforderung 1	22
8.3 Einhaltung	22
8.4 Anforderung 2	22
8.5 Einhaltung	22
9 Pumpenauswahl	22
9.1 Hintergrund	22
9.2 Anforderung	23
9.3 Einhaltung	23
10 Bemaßung des Brunnens	24
10.1 Allgemeiner Hintergrund	24
10.2 Verrohrung	27
10.2.1 Anforderungen an Verrohrungsdurchmesser	27
10.2.2 Einhaltung	27
10.2.3 Anforderungen an Mantelrohre	27
10.2.4 Einhaltung	27
10.3 Ringraum	27
10.3.1 Hintergrund	27
10.3.2 Anforderungen	28
10.3.3 Einhaltung	28
10.4 Formationsstabilisator	28
10.4.1 Anforderung	28
10.4.2 Einhaltung	28
10.5 Filtermaterial (Filterkiesschüttung)	29
10.5.1 Hintergrund	29

10.5.2 Anforderungen	29
10.5.3 Einhaltung	29
10.6 Ringdichtung	30
10.6.1 Hintergrund	30
10.6.2 Anforderungen	30
10.6.3 Einhaltung	30
10.7 Tonstopfen und Trennfilter	31
10.7.1 Hintergrund	31
10.7.2 Anforderung	31
10.7.3 Einhaltung	31
10.8 Koeffizient der offenen Filterfläche	31
10.8.1 Hintergrund	31
10.8.2 Anforderung	31
10.8.3 Einhaltung	31
10.9 Kritische Eintrittsgeschwindigkeit	32
10.9.1 Hintergrund	32
10.9.2 Anforderung	32
10.9.3 Einhaltung	32
10.10 Länge des Filterabschnitts	33
10.10.1Hintergrund	33
10.10.2Anforderung	33
10.10.3Einhaltung	33
10.11 Sumpfrohr	34
10.11.1Hintergrund	34
10.11.2Anforderung	34
10.11.3Einhaltung	34
11 Auswahl von Materialien	34
11.1 Allgemeines	34
11.2 Allgemeine Anforderungen	35
11.3 Filtermaterial	35
11.3.1 Hintergrund	35
11.3.2 Physikalische Anforderungen	35
11.3.3 Einhaltung	35
11.3.4 Chemische Anforderungen	35
11.3.5 Einhaltung	35
11.3.6 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	36
11.4 Verrohrung und Filterrohr	36
11.4.1 Hintergrund	36
11.4.2 Anforderung 1 (mechanische Festigkeit)	36
11.4.3 Einhaltung	37
11.4.4 Anforderung 2 (chemische Zusammensetzung)	37
11.4.5 Einhaltung	37
11.4.6 Anforderung 3 (hydraulische Eigenschaften)	37
11.4.7 Einhaltung	37
11.4.8 Anforderung 4 (Verbinderspezifikationen)	38
11.4.9 Einhaltung	38
11.4.10Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	38
11.5 Abdichtung	38
11.5.1 Hintergrund	38
11.5.2 Anforderungen	39
11.5.3 Einhaltung	39
11.5.4 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	39
11.6 Verfüllung	40
11.6.1 Hintergrund	40
11.6.2 Anforderungen	40
11.6.3 Einhaltung	40
11.6.4 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	40

11.6.5	Allgemeine Bemerkungen	41
12	Zusätzliche Brunnenausrüstung	41
12.1	Hintergrund	41
12.2	Anforderung 1	41
12.3	Einhaltung	41
13	Grundwassermessstellen	43
13.1	Hintergrund	43
13.2	Anforderung 1	43
13.3	Einhaltung	43
13.4	Anforderung 2	44
13.5	Einhaltung	44
13.6	Anforderung 3	44
13.7	Einhaltung	45
14	Bohrverfahren	45
14.1	Hintergrund	45
14.2	Anforderung 1	45
14.3	Einhaltung	46
14.4	Einhaltung	46
15	Bohrspülungen	46
15.1	Hintergrund	46
15.2	Anforderungen	47
15.3	Einhaltung	47
15.3.1	Allgemeines	47
15.3.2	Bohrklein und Kernprobenahme	48
16	Geophysikalische Bohrlochmessungen	48
16.1	Hintergrund	48
16.2	Verfahren der geophysikalischen Bohrlochmessung	48
16.3	Qualitätssicherung der Leistungsfähigkeit von geophysikalischen Bohrlochmessungen	49
16.3.1	Anforderung	49
16.3.2	Einhaltung	49
16.4	Gestaltung von geophysikalischen Bohrlochmessprogrammen	50
16.4.1	Anforderungen	50
16.4.2	Einhaltung	50
17	Entwicklung	52
17.1	Hintergrund	52
17.2	Anforderung 1	52
17.3	Anforderung 2	52
17.4	Einhaltung	52
17.5	Anforderung 3	54
17.6	Einhaltung	54
17.7	Anforderung 4	55
17.8	Einhaltung	55
17.9	Ausrüstung	56
17.10	Spezifische Anforderungen	56
18	Pumpversuche	56
18.1	Hintergrund	56
18.2	Mindestausrüstung für den zu prüfenden Brunnen	57
18.2.1	Anforderung	57
18.2.2	Einhaltung	57
18.3	Beobachtungsstandort	57
18.3.1	Anforderung	57
18.3.2	Einhaltung	57
18.4	Pumpsystem	58
18.4.1	Anforderung	58
18.4.2	Einhaltung	58
18.5	Überwachungsgeräte	59
18.5.1	Anforderung	59

18.5.2	Einhaltung	59
18.6	Durchführung eines Pumpversuchs	60
18.6.1	Anforderungen	60
18.6.2	Einhaltung	60
18.6.3	Bohrlöcher für häusliche Wasserversorgung	60
18.6.4	Steigbrunnen	61
18.7	Wasserproben und -analysen	61
19	Abfallwirtschaft vor Ort	61
19.1	Hintergrund	61
19.2	Anforderung 1	61
19.3	Einhaltung	62
19.4	Anforderung 2	62
19.5	Einhaltung	62
19.6	Anforderung 3	62
19.7	Einhaltung	62
20	Kontrolle, Wartung und Überwachung	62
20.1	Hintergrund	62
20.2	Anforderung 1	63
20.3	Einhaltung	63
20.4	Anforderung 2	64
20.5	Einhaltung	64
21	Beurteilung der Planung	65
21.1	Hintergrund	65
21.2	Anforderung	65
21.3	Mittel zur Verifizierung	65
22	Dokumente der Projektplanung	65
22.1	Hintergrund	65
22.2	Anforderung 1	66
22.3	Einhaltung	66
22.4	Anforderung 2	66
22.5	Einhaltung	66
22.6	Anforderung 3	66
22.7	Einhaltung	66
Anhang A (informativ)	Beispiele für spezifische Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	67
Anhang B (informativ)	Versagensmechanismen und Auswirkungen auf die Umgebung	68
Anhang C (informativ)	Gesamtdimensionen von Unterwasserpumpen	79
Anhang D (informativ)	Kriterien für die Auswahl des Bohrverfahrens und Spezifikation von Bohrverfahren	80
D.1	Zweck des Brunnens	80
D.1.1	Sondierbohrung	80
D.1.2	Trinkwasserbrunnen:	80
D.2	Gesteinstyp	80
D.2.1	Verfestigtes Gestein	80
D.2.2	Unverfestigtes Gestein	80
D.3	Geplante Tiefe	80
D.4	Notwendigkeit zur Sammlung zuverlässiger Gesteinsproben	81
D.5	Spezifikation der Bohrverfahren	81
D.5.1	Allgemeines	81
D.5.2	Bohrschnckenverfahren	81
D.5.3	Seilbohrverfahren	81
D.5.4	Imlochhammer-Verfahren (DTH, en: down-the-hole hammer)	82
D.5.5	Drehbohrverfahren	83
Anhang E (informativ)	Benennungen, Symbole, Einheiten und Abkürzungen der wichtigsten geophysikalischen Messverfahren	87
E.1	Benennungen, Symbole, Einheiten und Abkürzungen der wichtigsten geophysikalischen Messverfahren	87

E.2	Messprogramme für unverrohrte, vorübergehend verrohrte/teilweise verrohrte Bohrlöcher in verfestigtem Gestein — Empfohlene Messprogramme	89
E.3	Messprogramme für unverrohrte, vorübergehend verrohrte/teilweise verrohrte Bohrlöcher in verfestigtem Gestein — Empfohlene Messprogramme	90
	Literaturhinweise	92

Bilder

Bild 1	— Bohrlochbestandteile in einem ungespannten Grundwasserleiter	25
Bild 2	— Bohrlochbestandteile in einem gespannten Grundwasserleiter	26
Bild D.1	— Beispiel für einen Imlochhammer (Dokumentenquelle: SFEG/Französische Norm) . .	83
Bild D.2	— Schematisches Beispiel eines „tiefen“ Drehbohrungsaufbaus (Dokumentenquelle: SFEG/Französische Norm)	84

Tabellen

Tabelle 1	— Empfohlene Korn- und Maschengrößen für verbreitete Bodentypen	45
Tabelle A.1	— Beispiele für spezifische Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens	67
Tabelle B.1	— Auswirkungen der Umgebung auf den Brunnen	68
Tabelle B.2	— Auswirkungen des Brunnens auf die Umgebung	75
Tabelle C.1	— Gesamtdimensionen von Unterwasserpumpen	79
Tabelle D.1	— Vor- und Nachteile der vier wichtigsten Bohrverfahren	85
Tabelle E.1	— Benennungen, Symbole, Einheiten und Abkürzungen der wichtigsten geophysikalischen Messverfahren	87
Tabelle E.2	— Empfohlene Bohrlochmessprogramme	89
Tabelle E.3	— Empfohlene Bohrlochmessprogramme	90

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 18049-1:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 451 „Bohrungen für geothermale Zwecke und zur Wassergewinnung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Im Rahmen seines Arbeitsprogramms hat das Technische Komitee CEN/TC 451 die Arbeitsgruppe CEN/TC 451/WG 1 „*Brunnen für die Wassergewinnung*“ damit beauftragt, die folgende Norm auszuarbeiten:

EN 18049-1, *Brunnen zur Wassergewinnung — Teil 1: Design*.

Die Normenreihe EN 18049 mit dem Haupttitel *Brunnen zur Wassergewinnung* wird aus den folgenden Teilen bestehen:

- *Teil 1: Design*
- *Teil 2: XXX*
- *Teil 3: XXX*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument deckt alle Arten von Wasserbrunnen für öffentliche und private Nutzung ab, mit denen in einer Vielzahl von Anwendungen Wasser aus dem Grundwasser entnommen oder Wasser in dieses injiziert wird. Dies schließt die Entnahme von Trinkwasser, industrielle Verwendung, Bewässerung, Entwässerung, Infiltration oder Anreicherung und geothermische Anwendungen oder die Grundwasserbeobachtung (siehe Abschnitt 13) ein.

Dieses Dokument gilt nicht für Horizontalbrunnen und geothermische Systeme mit geschlossenen Kreisläufen.

Dieses Dokument definiert Anforderungen an die Planung von Brunnen für öffentliche und private Nutzer in Übereinstimmung mit Grundwasserschutzzielen. Es enthält Leitlinien für alle Planungsschritte von der vorläufigen Projektentwicklung bis zur abschließenden Ausführung.

Es legt ein sequentielles Verfahren für die Planung und Bemaßung eines Brunnens fest. Auf Grundlage der hydrogeologischen Bedingungen und der Ziele des Brunnens werden die Schritte des Ablaufs für die Bemaßung des Brunnens definiert. Diese Methodik schließt die Bemaßung von Bohrung, Filtermaterial, Abdichtung und Filterrohr ein. Weiterhin wird die Auswahl geeigneter Materialien, Pumpen und der gesamten zusätzlichen Brunnenausrüstung beschrieben. Hinsichtlich des Planungsprozesses werden Referenzen für Bohrverfahren, geophysikalische Bohrlochmessungen, Brunnenregenerierung und Pumpversuche bereitgestellt.

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).

EN 14396, *Ortsfeste Steigleitern für Schächte*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1 stillgelegter Brunnen

auch als außer Dienst gestellt bezeichnet, Terminus, der verwendet wird, wenn die Nutzung eines Brunnens dauerhaft eingestellt wurde oder wenn sich der Brunnen in einem Zustand befindet, der eine Reparatur unwirtschaftlich machen würde

3.2 Ausrichtung des Brunnens

Messgröße der Geradheit von aneinandergrenzenden Abschnitten eines Brunnens

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird üblicherweise durch das Einführen eines Dummywerkzeugs in den Brunnen geprüft.

3.3 Ringraum

Raum zwischen einem Bohrloch und der Verrohrung

3.4

Grundwasserleiter

wasserführende geologische Schicht aus durchlässigem Festgestein, klüftigem oder unverfestigtem Boden (Kies, Sand oder Silt)

3.5

Grundwasserleiterstimulation

Entwicklungsart, die durchgeführt wird, um die Formation physikalisch zu verändern, um ihre hydraulischen Eigenschaften zu verbessern

3.6

Grundwasserleiterprüfung

Sonderform eines Pumpversuchs, bei dem zusätzliche Grundwassermessstellen verwendet werden, um Informationen über die Eigenschaften eines Grundwasserleiters zu erhalten

3.7

Grundwassergeringleiter

geologische Formation mit sehr geringer Durchlässigkeit

3.8

artesischer Grundwasserleiter

gespannter Grundwasserleiter, dessen Druckfläche sich oberhalb der Geländeoberkante befindet

3.9

artesischer Brunnen

Brunnen (Bohrlöcher), die artesischen Grundwasserleiter durchdringen

3.10

Bohrschncke

Maschine mit einer rotierenden spiralförmigen Welle zum Bohren in die Erde

3.11

Plunsch

zylindrische eimerähnliche Vorrichtung mit einem Bodenventil, die verwendet wird, um Schlamm und Bohrklein zu sammeln oder aus dem Bohrloch zu entfernen

3.12

Bohrloch

Loch, das durch Bohren in den Boden entsteht

3.13

Bohrlochgarnitur

unterer Abschnitt des Bohrstrangs, der (von unten nach oben) aus der Bohrkronenverlängerung, einem Bohrschlammotor (in bestimmten Fällen), Stabilisatoren, Schwerstangen, schwerem Bohrröhr, Schlagwerkzeugen (Schlagschieber) und Übergangsstücken für verschiedene Gewindeformen bestehen kann

3.14

Seilbohrgerät

Maschinengruppe für das Bohren durch Brech- und Mahltätigkeiten von schweren Bohrwerkzeugen, die an einem Seil hängen und regelmäßig angehoben und abgesenkt werden

3.15

Verrohrung

Röhre (üblicherweise aus Stahl oder Kunststoff), die in einem Brunnen installiert wird, um die Brunnenöffnung offen zu halten und eine Abdichtung zu gewährleisten

3.16

Zementierung

Sonderform des Verdämmens, bei der lediglich Zement und Wasser zur Anwendung kommen

3.17

Zentrierer

Vorrichtungen zum Sicherstellen, dass Verrohrung oder Steigleitungen innerhalb des Bohrlochs zentriert installiert werden

3.18

gespannter Grundwasserleiter

Grundwasserleiter, dessen obere und untere Begrenzung aus Schichten mit geringer Durchlässigkeit bestehen, die das Grundwasser unter einem größeren Druck als Atmosphärendruck halten

3.19

ungespannter Grundwasserleiter

Grundwasserleiter mit einer Oberfläche als freier Grundwasseroberfläche, deren Druckfläche unter Atmosphärendruck steht (ungespannte Oberfläche)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spiegel dieses Grundwassers kann schwanken, was zur Entstehung einer gesättigten Zone und einer ungesättigten Zone führt

3.20

Bohrkern

durchgehender Zylinder aus Gestein, der aus der Sohle eines Bohrlochs als Probe einer unterirdischen Formation geschnitten wurde

3.21

Bohrklein

kleine Stücke aus Gestein oder Bruchstücke, die aus dem Bohrvorgang stammen und als Proben verwendet werden können

3.22

Imlochhammer

DTH, en: down-the-hole hammer

selbstdrehende luftbetätigte Schlagbohr-Bohrkrone

3.23

Absenkung

Verringerung des Grundwasserspiegels durch Pumpen, gemessen als Differenz zwischen dem statischen und dem dynamischen Wasserspiegel zu einem gegebenen Zeitpunkt

3.24

Bohrkrone

Schneidwerkzeug für Brunnenbohrung

3.25

Bohrspülungszusätze

spezifische Bestandteile der Bohrspülung, die verwendet werden können, um die Bohrschlammeigenschaften wiederherzustellen oder je nach Bedarf in einer bestimmten Weise zu wirken

3.26

Schwerstange

Bauteil eines Bohrstrangs, das während des Bohrens Gewicht auf die Bohrkrone ausübt

3.27

Bohrrohr

Stahlrohr, das zum Tragen und Rotieren der Bohrwerkzeuge in einem Brunnen verwendet wird und das Zirkulieren von Bohrspülung ermöglicht

3.28

Bohrspülung

Bohrschlamm

auf Wasser oder Luft basierende Flüssigkeit, die beim Bohren von Wasserbrunnen verwendet wird, um Bohrklein aus dem Loch zu entfernen, die Bohrkronen zu reinigen und zu kühlen, Reibung zwischen dem Bohrstrang und den Seiten des Bohrlochs zu verringern und das Bohrloch abzudichten

3.29

dynamischer Wasserspiegel

vgl. statische Wasserspiegellhöhe

durch Grundwasserabsenkung oder Injektion beeinflusste Druckfläche im Gegensatz zum natürlichen Wasserspiegel im Ruhezustand am selben Ort

Anmerkung 1 zum Begriff: Genauer gesagt abgesenkter oder erhöhter Wasserspiegel in einem Pumpbrunnen oder einem Injektionsbauwerk, unabhängig davon, ob er stabilisiert oder nicht stabilisiert ist

Anmerkung 2 zum Begriff: Statische Wasserspiegellhöhe (natürlicher Grundwasserspiegel): Druckfläche in einem Bohrloch, die nicht durch Pumpen, Probenahme oder Wasserinjektion beeinflusst wurde

3.30

Filterkuchen

suspendierte Stoffe, die während eines Filtrationsprozesses auf einem porösen Medium abgelagert werden

3.31

Steigbrunnen

(siehe artesischer Brunnen)

3.32

Formation

allgemeiner Begriff für die geologischen Einheiten, die das Bohrloch umgeben

3.33

Formationsstabilisator

Sand oder Kies, der im Ringraum des Brunnens zwischen der Wand des Bohrlochs und dem Filterrohr platziert wird, um eine vorübergehende oder langfristige Stützung des Bohrlochs bereitzustellen

3.34

geophysikalische Bohrlochmessungen

generische Bezeichnung einer Reihe von Technologien, die absolute oder relative Eigenschaften von geologischen Formationen, Grundwasserleitern und Brunnen angeben

3.35

Filtermaterial

Filterkiesschüttung

grober Sand, feiner Kies, Glasperlen oder andere geeignete Materialien, die zwischen der Bohrlochwand und dem Filterrohr platziert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Filtermaterial wird verwendet, um die Formation zu sichern und den hydraulischen Zustand um den Brunnen herum zu verbessern.

3.36

Einpressmittel

Dichtmittel auf der Basis von Zement und/oder Ton (z. B. Quellton), die verwendet werden, um eine hygienische Abdichtung im Ringraum bereitzustellen, um einen Querstrom zwischen Grundwasserleitern und/oder das Eindringen von Kontaminanten in den Brunnen zu verhindern

3.37

Druckhöhe

bedeutet im Sinne dieser Norm hydraulische Druckhöhe

3.38

Druckverlust

Energie, die aufgrund von Reibung verloren geht, wenn sich Wasser von einem Grundwasserleiter durch den Brunnen (Filtermaterial, Filterrohr, Pumpe, Steigrohre) zur Oberfläche bewegt

3.39

Durchlässigkeitsbeiwert für Grundwasser

Kapazität von Untergrundmaterial (Sand, Gestein usw.), mit der es einem Fluid (d. h. Wasser) ein Durchströmen ermöglicht; bei einem isotropen porösen Medium und einem homogenen Fluid das Wasservolumen, das sich in einer Zeiteinheit unter einer Einheit eines Druckliniengefälles durch eine Flächeneinheit bewegt, die in rechten Winkeln zur Fließrichtung gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Innerhalb des SI-Systems sind die verwendeten Einheiten $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ bzw. m/s .

3.40

hydraulische Druckhöhe [m]

Höhe der Spitze der Wassersäule oberhalb einer Bezugsebene (beispielsweise dem Meeresspiegel), die durch den hydraulischen Druck an einem bestimmten Punkt innerhalb eines Grundwassersystems gehalten werden kann; bei einem Brunnen ist die hydraulische Druckhöhe gleich dem Abstand zwischen dem Wasserspiegel innerhalb des Brunnens und der Bezugsebene

3.41

undurchlässig

beständig gegen das Strömen von oder Durchdringen durch Wasser oder andere Flüssigkeiten

3.42

Injektionsbrunnen

Brunnen, der zu dem Zweck gebaut wurde, Wasser direkt in den Grundwasserleiter zu injizieren

3.43

Kelly

lange quadratische oder sechseckige Stahlstange, die den Drehtisch mit dem Bohrstrang verbindet, um eine Drehbewegung zu ermöglichen, während der Bohrstrang mit der Drehbewegung abgesenkt oder angehoben werden kann

3.44

künstliche Grundwasseranreicherung

MAR, en: managed aquifer recharge

Künstliche Grundwasseranreicherung (MAR) ist die beabsichtigte Anreicherung von Wasser in Grundwasserleitern zur anschließenden Verwertung oder zum Nutzen der Umwelt, die z. B. mittels Injektionsbrunnen erreicht wird

3.45

Überwachungsbrunnen

Brunnen, der für die Sammlung von Daten zum Wasserspiegel oder zur Wasserbeschaffenheit gebaut oder verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Überwachungsbrunnen werden oft installiert, um ein Frühwarnsystem für eine Kontamination bereitzustellen, die abströmseitig von Deponien oder Industrieanlagen auftreten kann. Siehe auch Grundwassermessstellen.

3.46

Grundwassermessstelle

Brunnen, der an einem spezifischen Standort gebaut wird, um Änderungen des Wasserspiegels zu beobachten (zu messen)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein bestehender Brunnen, der möglicherweise zu anderen Zwecken gebohrt wurde, darf ebenfalls zur Beobachtung von Änderungen des Wasserspiegels verwendet werden. Grundwassermessstellen werden üblicherweise für eine kurzzeitige Datensammlung wie beispielsweise vor, während und nach einer Grundwasserleiterprüfung verwendet. Brunnen für langfristige Datensammlung werden üblicherweise als Überwachungsbrunnen bezeichnet.

3.47

Packer

Vorrichtung zum Isolieren bestimmter Abschnitte des Grundwasserleiters in einem Bohrloch

3.48

teilweise Durchdringung

wenn die Tiefe des Zulaufabschnitts des Brunnens geringer als die vollständige Dicke des Grundwasserleiters ist

3.49

Grundwassermessstelle

(siehe Überwachungsbrunnen)

3.50

Polymerbohrspülung

Bohrspülung auf Wasserbasis, der Polymere hinzugefügt werden

3.51

Förderbrunnen

Wasserbrunnen, der ausgelegt ist, einen bestimmten Bedarf an Grundwasser zu decken

3.52

Pumpversuch

kontrolliertes Pumpen mit entsprechenden Messungen der Änderungen des Wasserspiegels, die verwendet werden, um Eigenschaften des Grundwasserleiters und die hydraulischen Eigenschaften von Brunnen zu bestimmen

3.53

Brunnenbohrgerät

Maschine, die zum Bohren eines Brunnens verwendet wird

3.54

Pumpendruckleitung

Fallleitung

Pumpenkolonne

Rohr, das die Unterwasserpumpe mit dem Brunnenkopf verbindet

3.55

Drehtisch

sich drehender oder kreiselnder Abschnitt der Bohrbühne, die Leistung bereitstellt, um den Bohrstrang im Uhrzeigersinn zu drehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Drehbewegung und die Leistung werden mittels Kellybuchse und Kelly an den Bohrstang übertragen.

3.56

Eindringen von Salzwasser

Eindringen von Meerwasser in einen küstennahen Grundwasserleiter

3.57

salzhaltiges Wasser (Salzwasser)

Wasser, das erhebliche Mengen gelöster Stoffe enthält (üblicherweise mehr als 1 000 Teile je Million (ppm))

3.58

Filterrohr

Brunnenfilter

Zylinder, der üblicherweise aus Stahl oder Kunststoff hergestellt wird und verwendet wird, um Wasser zu ermöglichen, in einen Brunnen einzuströmen, während er Sedimente oder Gesteinspartikel von einem Eindringen in den Brunnen abhält

3.59

Siebanalyse

Bestimmung der Korngrößenverteilung eines Bodens, Sediments oder Gesteins durch Messen des Prozentsatzes der Partikel, die in einem Standardsatz von Sieben jedes Sieb passieren

3.60

Erdfall

Vertiefung in der Landoberfläche, die durch einen Einsturz von übereinanderliegenden Böden oder Gestein in bestehende Höhlensysteme entsteht, üblicherweise in Gegenden mit Kalksteingeologie

3.61

Bohrschlamm

dünnflüssige Mischung aus Flüssigkeiten, insbesondere Wasser, und beliebigen verschiedener feinverteilter Substanzen wie Zement- oder Tonpartikeln, die gepumpt werden kann

3.62

spezifische Ergiebigkeit

Förderrate eines Brunnens je Tiefeneinheit der Absenkung. Diese wird als Messgröße der Brunnenergiebigkeit verwendet. Idealerweise weist ein Brunnen eine hohe Fördermenge und niedrige Absenkung auf

Anmerkung 1 zum Begriff Die verwendeten Einheiten sind $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ oder m^2/s .

3.63

statische Druckhöhe

statische oder ruhende Wasserspiegelhöhe ist der Spiegel, auf dem Wasser in einem Brunnen steht, wenn der Wasserspiegel mit Atmosphärendrücken im Gleichgewicht ist, wenn er sich nicht unter dem Einfluss eines Pumpvorgangs oder einer Injektion befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Es handelt sich um ein Maß der Tiefe von der Geländeoberkante oder von einem bekannten Bezugspunkt zum Wasserspiegel. Der Wasserspiegel darf zudem bezogen auf eine Bezugsgröße wie den Meeresspiegel gemessen werden (siehe auch dynamischer Wasserspiegel).

3.64

Setzung

Absenkung der Landoberfläche als Ergebnis der übermäßigen Abpumpung von Grundwasser. Spalten und Risse können im Boden auftreten

Anmerkung 1 zum Begriff: Setzung ist üblicherweise ein unumkehrbarer Prozess.

3.65

suspendierte Sedimente/Partikel

Bodenpartikel, die über einen erheblichen Zeitraum im Wasser suspendiert bleiben, ohne aufgrund der Schwerkraft auf den Boden zu fallen

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche Materialien verbleiben aufgrund der Aufwärtskomponenten von Turbulenzen und Strömungen und/oder durch Suspension suspendiert.

3.66

Probepbohrung

Erkundungsbohrung

Pilotbohrung

Sondierbohrung

Brunnen, der genutzt wird, um die geologischen und hydraulischen Eigenschaften eines Grundwasserleiters zu bewerten und/oder zu prüfen; es dürfen eine Reihe an Probepbohrungen erfolgen, um den wirksamsten Standort für einen (deutlich teureren) Förderbrunnen zu bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Probepbohrungen weisen üblicherweise einen geringeren Durchmesser als Förderbrunnen auf.

3.67

Kraftdrehkopfbohrung

drehendes Bohrverfahren, bei dem die Drehbewegung durch eine mechanische Vorrichtung (hydraulischer Druckkopf) bereitgestellt wird, die sich am Wirbel befindet und die sich entlang des Bohrmastes vertikal auf und ab bewegt; es handelt sich um eine neuere Alternative zu Drehtisch und Kelly-Antrieb

3.68

Transmissivität

Geschwindigkeit, mit der Grundwasser durch einen Grundwasserleiterabschnitt mit einer Breitereinheit unter einer Druckliniengefälleinheit strömen kann; es handelt sich um den durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwert für Grundwasser eines Abschnitts des gesamten Grundwasserleiters an einem vorgegebenen Ort, multipliziert mit der Dicke der Förderformation

Anmerkung 1 zum Begriff: Die verwendeten Einheiten sind m^2/Tag .

3.69

Verfüllrohr

Rohr, das verwendet wird, um Materialien (üblicherweise Einpressmittel) zu einer vorgegebenen Tiefe in einem Bohrloch zu transportieren; Verfüllrohre werden langsam hochgezogen, wenn die Einpressmittel im Bohrloch abgelegt werden

3.70

ungespannter Grundwasserleiter

Grundwasserleiter mit einer Oberfläche als freier Grundwasseroberfläche, deren Druckfläche unter Atmosphärendruck steht (ungespannte Oberfläche)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spiegel dieses Grundwassers kann schwanken, was zur Entstehung einer gesättigten Zone und einer ungesättigten Zone führt

3.71

Ungleichförmigkeitsgrad

d_{40}/d_{90}

Verhältnis zur Beschreibung eines Sediments, das eine graphische Korngrößen-Verteilungskurve verwendet, abgeleitet aus Siebung; es handelt sich um die zu 40 % zurückgehaltene Größe geteilt durch die zu 90 % zurückgehaltene Größe

3.72

Messlotrechte

Abweichung von einer imaginären Vertikallinie von der Geländeoberkante zum Mittelpunkt der Erde

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird üblicherweise in Metern oder Zentimetern gemessen.

3.73

freie Grundwasseroberfläche

Oberfläche eines Körpers aus ungespanntem Grundwasser, dessen Druck gleich dem Atmosphärendruck ist; statische Druckhöhe in einem Brunnen in einem ungespannten Grundwasserleiter

3.74

Brunnenregenerierung

Anwendung von Techniken nach und während des Bohrprozesses, um höchstmögliche Ertragskapazität und höchstmögliche Brunnenenergiebigkeit zu erreichen

3.75

Brunnenenertrag

Abflussmenge aus einem Brunnen, die üblicherweise in Kubikmeter je Tag (m^3/Tag) angegeben wird

3.76

Brunnenkopf

Ausrüstung/Einrichtungen zum Beibehalten der Oberflächenkontrolle eines Brunnens

4 Projektziele

4.1 Hintergrund

Bevor mit der Planung eines Brunnens oder Brunnenfelds begonnen wird, ist eine gemeinsame Abstimmung zwischen dem Auftraggeber und dem Projektplaner hinsichtlich der Projektziele erforderlich.

Diese Ziele bilden einen Rahmen für den gesamten Planungsprozess einschließlich der Bewertung der Planung am Ende des Planungsprozesses, um zu überprüfen, ob die Planung die Projektziele erfüllt (wie in Abschnitt 2.1 erläutert), und der Ausführung der Bauarbeiten. Zweitens bilden die Anforderungen die Grundlage für einen Vertrag zwischen dem Auftraggeber und dem Planer. Somit dienen sie als Schutzmaßnahme für Kunden, insbesondere solche, die mit der Planung von Brunnen nicht sonderlich vertraut sind. Abschließend können die Anforderungen zudem verwendet werden, um mit Drittparteien, die von der Planung des Brunnens abhängig sind, zu kommunizieren. Beispielsweise kann die Fördermenge des Brunnens die maßgebliche Vorgabe für ein Unternehmen darstellen, das für die Weiterleitung von gepumptem Wasser über der Bodenoberfläche verantwortlich ist.

4.2 Anforderung

Bestimmung des Standorts und der Ziele des Brunnens sowie des Zeitrahmens des Projekts.

4.3 Einhaltung

Die nachstehenden Aspekte müssen in einem Dokument wie einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument ausformuliert werden. Sowohl Planer als auch Auftraggeber müssen das Dokument durchgehen und einvernehmlich annehmen.

- Standort des Brunnens. Dieser muss entweder als georeferenzierter diskreter Punkt oder als Projektbereich, der als Polygon georeferenzierter Punkte definiert ist, definiert werden.
- Zweck des Brunnens: zum Pumpen, für Injektion, Infiltration oder als Grundwassermessstelle.
- Erforderlicher Durchfluss und/oder erforderlicher Wasserspiegel. Diese müssen als diskrete Zahl oder als Bereich definiert werden.
- Theoretische technische Mindestlebensdauer des Brunnens.
- Mindestanforderungen an die Wasserbeschaffenheit des entnommenen Wassers. Diese muss dem Zweck des Brunnens und weiteren Anforderungen des Auftraggebers entsprechen.¹
- Schnittstelle zur Installation oberhalb der Bodenoberfläche. Beispielsweise Wasserdruck und Rohrdurchmesser am Brunnenkopf.
- Es wird geprüft, ob sich aus einem bestehenden rechtlichen Rahmenwerk weitere Anforderungen ergeben
- Es wird geprüft, ob sich abhängig vom Zweck des Brunnens weitere Anforderungen ergeben (siehe Beispiele in Anhang A).
- Konkreter Zeitplan oder mindestens ein Zeitrahmen. Ein Zeitplan muss mindestens aufführen, wann die Brunnen gebohrt werden müssen und wann sie betriebsfähig sein müssen, und muss sowohl die Dimension als auch die Komplexität des Projekts erläutern.

5 Standortbedingungen

5.1 Hintergrund

Unerwartete Standortbedingungen führen zu einem erhöhten Risiko für die späteren Baumaßnahmen, weswegen solche Unsicherheiten während der Projektplanung berücksichtigt werden müssen. Bestehende überirdische und unterirdische Bauwerke, allgemeine Zugänglichkeit, Lagerflächen, Einhaltung bestehender Bestimmungen zu Aspekten des Zugangs, Umwelt-, Arbeits- und Gesundheitsschutzes müssen vor dem Beginn der Baumaßnahmen untersucht und ermittelt werden.

5.2 Anforderungen

5.2.1 Anforderung 1

Einschätzung der rechtlichen Umsetzbarkeit mit den zuständigen Behörden.

5.2.2 Anforderung 2

Zusammenstellung verfügbarer Informationen zu möglichen Hindernissen des geplanten Projekts.

5.3 Einhaltung

Die gesammelten Informationen sollten unter anderem Folgendes umfassen:

- Rechtslage des Standorts (Besitzverhältnisse, Wegerechte usw.);
- momentaner und zukünftiger Status des Standorts in Bezug auf Flächennutzung oder Bebauungsplan;
- Sonderbestimmungen, z. B. Umweltauflagen;

¹ Es können regionale Vorschriften gelten.

- gesetzliche Beschränkungen hinsichtlich Entnahme oder Infiltration;
- standortspezifische Arbeits- und Gesundheitsschutzprobleme wie Freileitungskabel, nicht detonierte Kampfmittel, Bodenkontamination;
- standortspezifische Risiken von Naturgefahren, z. B. Überflutung;
- Informationen zu unterirdischer Infrastruktur, z. B. Kabel, Abwasserkanäle, Rohre;
- Zugänglichkeit für schwere Maschinen;
- Strom- und Wasserversorgung;
- Abfallmanagement und Entsorgung während der Baumaßnahmen;
- eine Standortbegehung im Vorfeld; wird diese nicht durchgeführt, muss eine Begründung im Planungsdocument aufgeführt werden.

6 Geologische und hydrogeologische Charakterisierung

6.1 Hintergrund

Vor der Phase des Planungsprozesses müssen alle verfügbaren Informationen zu Geologie, Hydrogeologie und Hydrochemie des Zielgrundwasserleiters sowie der durchquerten geologischen Schichten zusammengeführt, bewertet und falls nötig untersucht werden.

Abhängig von der Art und dem spezifischen Zweck des Brunnens müssen die nachstehenden Anforderungen erfüllt werden:

6.2 Anforderungen

6.2.1 Beurteilung der Geologie

Sowohl die lithologische Beschreibung der Schichtenfolge des Gesteins oder Bodens, die von der geplanten Bohrung betroffen ist, als auch die Charakterisierung des Untergrunds am Standort sind obligatorisch, um ausreichende Informationen für die Vorbereitung einer hochwertigen Brunnenplanung und die Bereitstellung geeigneter Bohrgeräte und zugehöriger Ausrüstung für effiziente Baumaßnahmen zu erhalten. Andererseits verhindert, verringert und unterstützt die Bereitstellung und Analyse dieser Daten potenzielle geologische Risiken, die während der Bohrung auftreten können:

- um die geologischen Verhältnisse beurteilen zu können, sind Informationen zu den folgenden geologischen Aspekten wesentlich: Auftreten und Beschreibung der regionalen geologischen Struktur(en) – Sedimentbecken, Strukturbau mit ggf. vorhandenen Störungssystemen;
- die vertikale geologische Struktur des Untergrunds, durch welche der Brunnen gebaut werden soll (z. B. Auftreten mehrerer getrennter Grundwasserleiter);
- Auftreten und Charakterisierung von lokalen tektonischen (strukturellen) Diskontinuitäten, Klüften – Verwerfungen, Risse, Brüche (insbesondere bei Festgesteinen);
- Auftreten und Charakterisierung von Lösungshohlräumen und -rinnen (bei Karbonat- und Evaporitgesteinen);
- geologische Beschreibung des Bodens oder Gesteins (z. B. Korngröße, Ablagerungsart, Gesteinsart);

- lithologische (spezifische) Beschreibung (von unten nach oben oder umgekehrt) der lithostratigraphischen Einheiten (Formationen, Lagen, Schichten oder Horizonte und ihrer Dicken), die von der geplanten Bohrung betroffen sind.

6.2.2 Charakterisierung der hydrogeologischen Einheiten

Das Identifizieren des Zielgrundwasserleiters, bei dem ein Wasserertrag in ausreichender Höhe und in angemessener Beschaffenheit für das Projekt wahrscheinlich ist, und die Berücksichtigung möglicher gegenseitiger Beeinflussungen mit angrenzenden hydrogeologischen Einheiten stellen eine Voraussetzung für alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit Planung und Bau von Brunnen dar. Informationen zu den hydrogeologischen Bedingungen sind auch während der Bohrphase erforderlich (z. B. bezüglich der hydraulischen Druckhöhe zum Sicherstellen der Bohrlochstabilität, Verwendung von Salz- und Frischwasser für die Wasserversorgung).

Eine Zusammenfassung der zu untersuchenden und in quantitativer Weise zu beurteilenden Aspekte ist nachstehend aufgeführt:

- Grundwasserleiterart (gespannt oder ungespannt);
- Dicke und Tiefe des Grundwasserleiters;
- Grundwasserflurabstand und/oder Spiegel von Druckfläche/Druckhöhe bei tieferen gespannten Grundwasserkörpern, sowohl am Bohrungsstandort als auch als Beurteilung ihrer räumlichen und zeitlichen Schwankungen innerhalb ihrer Umgebung.
- hydrodynamische Kenngrößen wie Porosität und hydraulische Leitfähigkeit/Durchlässigkeit in unterschiedlichen Tiefen;
- spezifische Ergiebigkeit benachbarter Brunnen, sofern verfügbar;
- Strömungsrichtung von regionalem und lokalem Grundwasser;
- Einfluss durch Oberflächenwasser (Zufluss oder Abfluss).

Besondere Anforderungen: Für Brunnen zur Entnahme von Trinkwasser oder Entwässerungsbrunnen, die zu einer späteren Infiltration führen können, müssen potentielle Verunreinigungsquellen wie Deponien ermittelt und in einem frühen Planungsstadium beurteilt werden.

6.2.3 Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit

Während des Planungsprozesses ist ein Verständnis der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des entnommenen Wassers wesentlich, um die wirksamste Art des Bohrvorgangs sowie eine angemessene Wahl von Materialien für den Brunnen bestimmen zu können.

6.3 Einhaltung

Ein Bericht muss eine Prognose (Vorhersage) der nachstehenden hydrogeologischen Aspekte umfassen:

- physikalische Kenngrößen des Grundwassers (z. B. Temperatur);
- *in-Situ*-Kenngrößen des Grundwassers (z. B. elektrische Leitfähigkeit);
- chemische Kenngrößen abhängig von Zweck und Verwendung des Wassers (z. B. Eisen, Mangan, Nitrat und Chloridkonzentration, pH-Wert).

Mittel zum Sammeln von Informationen (für alle Anforderungen) schließen Folgende ein:

- geologische Karten (in unterschiedlichen Maßstäben) und Berichte;

- Datenbanken (Geologie, Hydrologie, Hydrogeologie);
- Informationen und Ergebnisse benachbarter Bohrlöcher und Brunnen und/oder Wasserversorgungsprojekte;
- nationale und lokale Verwaltungsorgane (Einrichtungen);
- Erfahrungen vor Ort (z. B. auf Grundlage von Erfahrungen mit Grundwasserbrunnen an Standorten in der Umgebung des Projektstandorts mit ähnlichen hydrogeologischen Bedingungen).

Im Fall unzureichender Kenntnisse oder abhängig vom spezifischen Zweck des Projekts sind zusätzliche Informationen mittels Folgendem zu erlangen:

- Sondier- (Pilot-)bohrungen;
- geohydrologische Erhebungen im Projektmaßstab;
- boden- oder luftgestützte geophysikalische Messungen;
- Fernerkundung, insbesondere im Fall von Festgestein.

7 Qualitative Risikobeurteilung

7.1 Hintergrund

Regionale oder lokale Bedingungen können zum Versagen eines Brunnens führen (z. B. Einsturz des Bohrlochs aufgrund artesischer Bedingungen, Verstopfen). Zudem können Bohren und Betreiben des Brunnens eine Auswirkung auf die Umwelt und andere Nutzer des Untergrunds haben (z. B. Interaktion mit benachbarten Brunnen, Setzung). Diese Arten von Versagensmechanismen müssen in der Planungsphase vorweggenommen werden.

Es ist anzumerken, dass es notwendig sein kann, die hydrologischen Auswirkungen des Entnehmens und/oder Injizierens von Wasser einschließlich sekundärer Auswirkungen (wie Setzung und Rückgang landwirtschaftlicher Erträge) zu berechnen. Eine solche Beurteilung erfolgt, um Risiken für andere Nutzer zu erkennen und/oder für die Beantragung von Genehmigungen. Diese Berechnungen sind durch diese Norm nicht abgedeckt.

7.2 Anforderungen

Risikoanalyse für Bau und Betrieb des Brunnens.

7.3 Einhaltung

Die Risikoanalyse muss die folgenden Schritte einschließen:

- 1) *Charakterisierung von Umweltbedingungen und weiterer Nutzungen der umgebenden Fläche.* Der Planer muss die „umgebende Fläche“ definieren und bestätigen/begründen. Die Größe darf beispielsweise anhand der Fläche bestimmt werden, innerhalb welcher der Brunnen eine Nettoverdrängung von Wasser oder die Änderung von Drücken oberhalb eines gewissen Schwellenwerts verursacht.

Die nachstehenden Informationen müssen verwendet werden, um die Umweltbedingungen zu charakterisieren (aus einer Desktop-Studie, sofern verfügbar) und sind erforderlich, um die Risikobeurteilung durchzuführen:

- andere Brunnen einschließlich stillgelegter Brunnen, Entnahmebrunnen und geothermischer Energiesysteme in den umgebenden Flächen;

- (mobile) Bodenverschmutzung in der umgebenden Fläche;
- Gelände und Gebäude, die gegenüber Setzen oder Einsturz (z. B. mittels Erdfall) empfindlich sind;
- vom Grundwasser abhängige Ökosysteme;
- Wasserbauwerke wie Deiche und Schleusen.

2) *Auflistung von Versagensmechanismen.*

Berücksichtigung mindestens der nicht erschöpfenden Liste von Versagensmechanismen und ihrer Erkennung, wie in Anhang B beschrieben.

3) *Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Versagensmechanismen, Schwere der Folgen für den Brunnen und für die Umwelt/andere Nutzer.*

4) *Verifizierung, ob die verfügbaren Daten für eine angemessene Beurteilung der Versagensmechanismen und -risiken ausreichend sind. Falls nicht, muss eine zusätzliche Feldstudie oder quantitative Risikobeurteilung vorgeschlagen werden.*

Die Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen ist abhängig von der Qualität der verfügbaren Informationen und der Wahrscheinlichkeit von Versagensmechanismen mit gravierenden Folgen. Vorschläge für zusätzliche Untersuchungen müssen den Zweck der Untersuchung und eine Beschreibung der Methodik einschließen.

5) *Bestimmung, wie Risiken kontrolliert oder abgemindert werden können.*

Mögliche Minderungsmaßnahmen sind in Anhang B aufgelistet.

8 Einschätzung des Ertrags

8.1 Hintergrund

Die Einschätzung des voraussichtlichen Ertrags eines Brunnens hängt von Folgendem ab:

- Bedarfsprognose (d. h. dem Projektziel);
- Verfügbarkeit und Auswahl eines geeigneten Grundwasserleiters;
- Einschränkungen im Zusammenhang mit Grundwasserbewirtschaftung durch behördliche Auflagen;
- technische Aspekte durch Brunnenauslegung und Betrieb.

Der voraussichtliche (geschätzte) Brunnenenertrag stellt eine wichtige Kenngröße dar, da er die Wahrscheinlichkeit eines Erfolgs des Projekts bei der Erfüllung der erforderlichen Produktionskapazität definiert.

Der nachhaltige Brunnenenertrag ist von der Transmissivität des Zielgrundwasserleiters und dessen langfristiger Anreicherung abhängig. Es ist daher von großer Bedeutung, diese Kenngrößen vorherzusagen, um den nachhaltigen Ertrag schätzen zu können.

Eine geschätzte spezifische Ergiebigkeit stellt eine wichtige Kenngröße für die Festlegung der Auslegungsscharakteristiken des geplanten Brunnens dar, wie zum Beispiel:

- Länge des Filterrohrs;
- Durchmesser des Bohrlochs und des fertiggestellten Brunnens;

- im Fall eines Förderbrunnens die Tiefe, in welcher eine Unterwasserpumpe (oder im Fall einer Vakuumpumpe das Ansaugrohr) installiert werden kann, so dass sich der Wasserspiegel im Brunnen jederzeit oberhalb der Pumpe (oder des Endes des Ansaugrohrs) befindet;
- im Fall eines Infiltrationsbrunnens die im Brunnen höchstmöglichen Drücke.

Durch das Erlangen einer hinreichend zuverlässigen Summe der spezifischen Ergiebigkeit kann der Brunnen-ertrag geschätzt werden.

Der voraussichtliche Brunnen-ertrag kann zudem aus einer Vielzahl von Quellen einschließlich Erfahrungen vor Ort, Expertenwissen, Datenbanken oder einer Sondierbohrung geschätzt werden. Jedes Verfahren weist einen anderen Unsicherheitsgrad auf, der auf den Umfang des Projekts und den Risikograd, der für den Entwickler annehmbar ist, abgestimmt werden muss. Es ist anzumerken, dass eine hundertprozentige Wahrscheinlichkeit der Schätzung niemals vorliegen kann.

8.2 Anforderung 1

Auswahl des Zielgrundwasserleiters.

8.3 Einhaltung

- Der Grundwasserleiter weist eine hinreichende (voraussichtliche) Transmissivität auf.
- Der Grundwasserleiter ist vor anthropogenen Einflüssen gut geschützt.
- Die (angenommene) Wasserbeschaffenheit erfüllt langfristig die Zielsetzung des Brunnens.

8.4 Anforderung 2

Schätzung des voraussichtlichen Brunnen-ertrags (Q_{Brunnen}) mit hinreichender Sicherheit, um eine Planung des Förderbrunnens oder einer Probebohrung zu ermöglichen.

8.5 Einhaltung

- Überprüfung, ob der voraussichtliche Brunnen-ertrag die Projektziele erfüllt.
- Wenn mehr als ein Brunnen erforderlich ist, muss die gegenseitige Wechselwirkung der Brunnen berücksichtigt werden.
- Dokumentation der konsultierten Quellen.
- Beschreibung des Analyseverfahrens.
- Festlegung der Kriterien, anhand derer die Planung des Brunnens erfolgt (beispielsweise höchstens zulässige Absenkung des Wasserspiegels, Fließgeschwindigkeit und Fördermenge, siehe weitergehende Beschreibung in Abschnitt 10).
- Angabe eines Umfangs möglicher Ergebnisse.
- Angabe und Begründung eines erwarteten Ertragswerts.

9 Pumpenauswahl

9.1 Hintergrund

Vor dem Planen oder Bohren eines Brunnens muss feststehen, wie das Wasser entnommen wird. Wenn anzunehmen ist, dass der Betriebswasserstand im Brunnen mehr als 8 m unterhalb Geländeoberkante (u. GOK)

absinkt, ist die Verwendung einer herkömmlichen Saugpumpe nicht möglich, sondern es muss eine Unterwasserpumpe verwendet werden. Der Innendurchmesser des Brunnens muss hinreichend sein, um eine Installation der Unterwasserpumpe unterhalb des niedrigsten dynamischen Wasserspiegels zu ermöglichen.

Es ist von höchster Bedeutung, dass der Brunnen ausgelegt ist, um eine Unterwasserpumpe in angemessener Größe unterzubringen (siehe Anhang C, Tabelle C.1, zu Angaben zum Durchmesser von Unterwasserpumpen für den jeweils erforderlichen Durchfluss). Zudem sollte der Raum so ausgelegt sein, dass eine für die Kühlung der Pumpe ausreichende Strömung an der Pumpe vorbei gegeben ist. In manchen Fällen wird es zudem erforderlich sein, einen Pumpenkragen zu montieren, um eine Motorkühlung zu erleichtern, wenn ein Teil des gepumpten Wassers von oberhalb der Pumpenansaugöffnung stammt. Der Hersteller wird Angaben zum Durchmesser des erforderlichen Pumpenkragens liefern, und dieser muss bei der Auslegung der Brunnenauskleidung berücksichtigt werden. Einige Bohrlochbetreiber erfordern möglicherweise weitere Ausrüstung wie Druckaufnehmer oder Zugangsrohre für Videoinspektionssysteme, wodurch sich die Durchmesseranforderungen erhöhen. Der Durchmesser des Stromkabels der Pumpe, der Kabelverbinder und der Kupplungen der Pumpendruckleitung sollten überprüft werden, um einen angemessenen Freiraum sicherzustellen. Ausführliche Spezifikationen der endgültigen Förderpumpe und der Pumpendruckleitung sollten erstellt werden, sobald die Pumpenleistung durch einen Pumpversuch ermittelt wurde. Die endgültige Auswahl der Pumpe sollte Anforderungen hinsichtlich Kühlung und Energieeffizienz berücksichtigen.

9.2 Anforderung

Festlegung des Durchmessers und der Position der Unterwasserpumpe auf Grundlage von Ertrag und Förderleistung.

9.3 Einhaltung

Der Pumpendurchmesser muss auf Grundlage des wahrscheinlichen Brunnenertrags oder der Anforderungen hinsichtlich der Entnahmerate (je nachdem, welches geringer ist) in Kombination mit einer Schätzung der Gesamtförderhöhe festgelegt werden.

Die Unterwasserpumpe sollte in einem leeren Abschnitt von Verrohrung/Filterstrang positioniert sein, sofern kein Pumpenkragen über Motor und Ansaugöffnung der Unterwasserpumpe verwendet wird. Die Unterwasserpumpe muss unterhalb des niedrigsten dynamischen Wasserspiegels mit einer Wasserhöhe oberhalb der Unterwasserpumpe, die zur Vermeidung von Kavitation ausreicht, positioniert sein.

Zusätzlich kann die Tiefe der Platzierung der Unterwasserpumpe durch den oberen Abschluss der Filteröffnungen der Verrohrung beschränkt sein, um sicherzustellen, dass der Filter unter Wasser verbleibt; und kann durch die Tiefe des höchsten produktiven Grundwasserleiters oder im Fall eines heterogenen Grundwasserleiters der wasserführenden Schicht beschränkt sein, da eine Entwässerung der wasserführenden Schichten die Transmissivität verringert und das Eindringen von Luft in die Formation ermöglichen kann.

Dokumentieren der natürlichen Schwankung der Wasserspiegel des Grundwasserleiters, um den tiefstmöglichen natürlichen Wasserspiegel des produktiven Grundwasserleiters einzuschätzen **(a Meter unterhalb Geländeoberkante, m u. GOK)**.

- Einschätzen der Grundwasserabsenkung des Brunnens **(b Meter)** und der Auswirkungen auf den Brunnen durch benachbarte Brunnen **(c Meter)**.
- Einschätzen der erforderlichen Gesamtförderhöhe einschließlich der statischen Druckhöhe oberhalb und unterhalb Geländeoberkante, Rohrreibungsverlusten und sekundären Verlusten in Rohrarmaturen (einschließlich des Rückflussverhinderers der Pumpe) **(d Meter)**.
- Auswahl des Durchmessers der Unterwasserpumpe aus den Herstellerinformationen auf Grundlage der Gesamtförderhöhe **(d)** und des erwarteten Ertrags.
- Dokumentieren der erforderlichen Mindeststrestwassersäule während des Betriebs der Unterwasserpumpe auf Grundlage der Spezifikation der Unterwasserpumpe **(e Meter)**.

- Unsicherheiten hinsichtlich der Grundwasserleitereigenschaften, Verstopfen und zukünftiger Entwicklungen des Wasserspiegels müssen berücksichtigt werden (**fMeter**).
- Die Installationstiefe der Unterwasserpumpe beträgt:
 $\text{Tiefe} > a + b + c + e + f$ (m u. GOK)
- Die Installationsposition muss die anderen möglichen Einschränkungen wie die Position des obersten Filters und die Tiefe der höchsten produktiven Schicht berücksichtigen.
- Dokumentieren des Auswahlprozesses.

Während der Festlegung der Pumpenspezifikationen sollte der Planer die physikalischen und chemischen Eigenschaften des zu entnehmenden Wassers berücksichtigen, da diese auf Material, Leistung und Lebensdauer der Pumpe negative Auswirkungen haben können.

Bei der Auslegung des Pumpenkopfes müssen nachgelagerte Anforderungen einschließlich der Verwendung einer Druckerhöhungspumpe ebenfalls berücksichtigt werden, wenn die nachgelagerten Druckverluste erheblich sein können.

10 Bemaßung des Brunnens

10.1 Allgemeiner Hintergrund

Bei der in diesem Abschnitt erläuterten Bemaßung des Brunnens wird davon ausgegangen, dass im Vorfeld Informationen hinsichtlich der hydrogeologischen Gegebenheiten aus zuverlässigen Quellen wie Sondierbohrungen oder Erfahrungen vor Ort gesammelt wurden.

Das Ziel der Brunnenbemaßung besteht darin, ein optimales Gleichgewicht der technischen Dimensionen des Brunnens zu den hydrogeologischen Gegebenheiten zu erreichen. Die Bemaßung des Brunnens kann als iterativer Prozess betrachtet werden, der Informationen zu Grundwasserleiterdicke und Ertrag berücksichtigt.

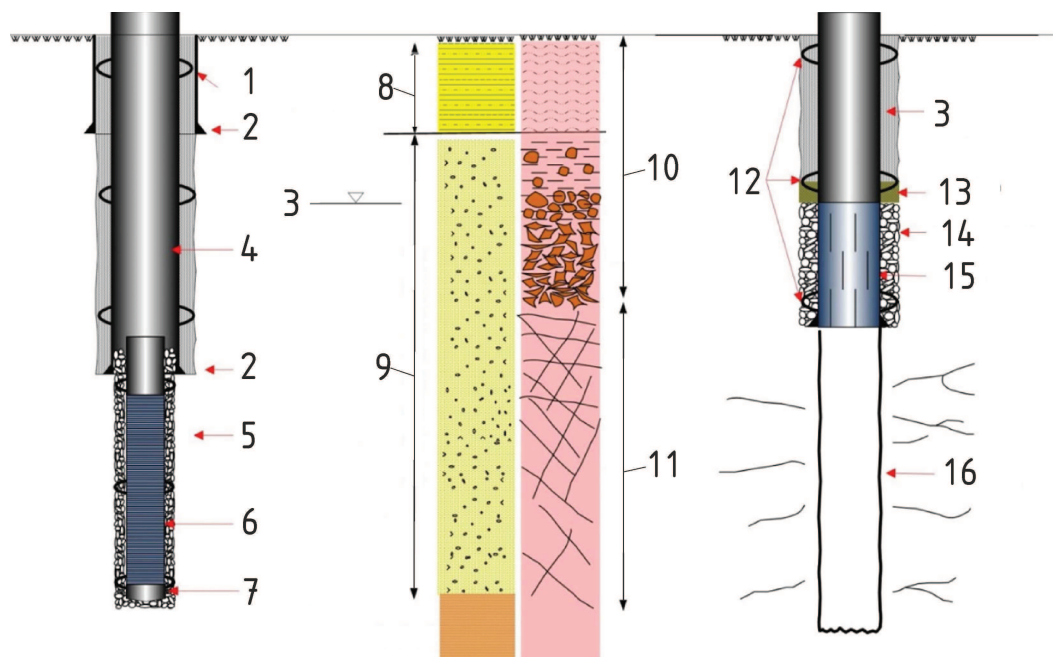
Die Mindestmaße des Brunnens sind abhängig von der Schätzung der Maße der Pumpe in Kombination mit deren Position innerhalb des Brunnens, da diese beiden alle übrigen Kenngrößen der Brunnenbemaßung definieren.

Die Auswahl der Brunnendurchmesser steht zudem mit den verfügbaren Bohrwerkzeugen in Zusammenhang, ausgehend von der Ebene des Zielgrundwasserleiters.

Die Bemaßung des Brunnens ist von den nachstehenden Grundwasserleiter-Ausrüstungsoptionen abhängig, die mit dem produktiven Abschnitt in Zusammenhang stehen:

- unverrohrtes Bohrloch, d. h. ohne Filter oder Verrohrung;
- mit Filter, aber ohne Filtermaterial;
- natürlich entstandenes Filtermaterial in heterogenem Grobmaterial (nach üblichen Kriterien 80 % des Materials mit einer Korngröße von mehr als 0,5 mm und Ungleichförmigkeitsgrad $U > 3$);
- künstliche Filterkiesschüttung (Filterpack), wenn der Grundwasserleiter nicht natürlich gefiltert werden kann (üblicher Wert $U < 3$);
- Stabilisatorenpack, wenn keine Filtration erforderlich ist, aber Kies notwendig ist, um die Stabilität des Bohrlochs aufrechtzuerhalten und um Trennfilter und Dichtmittel zu stützen.

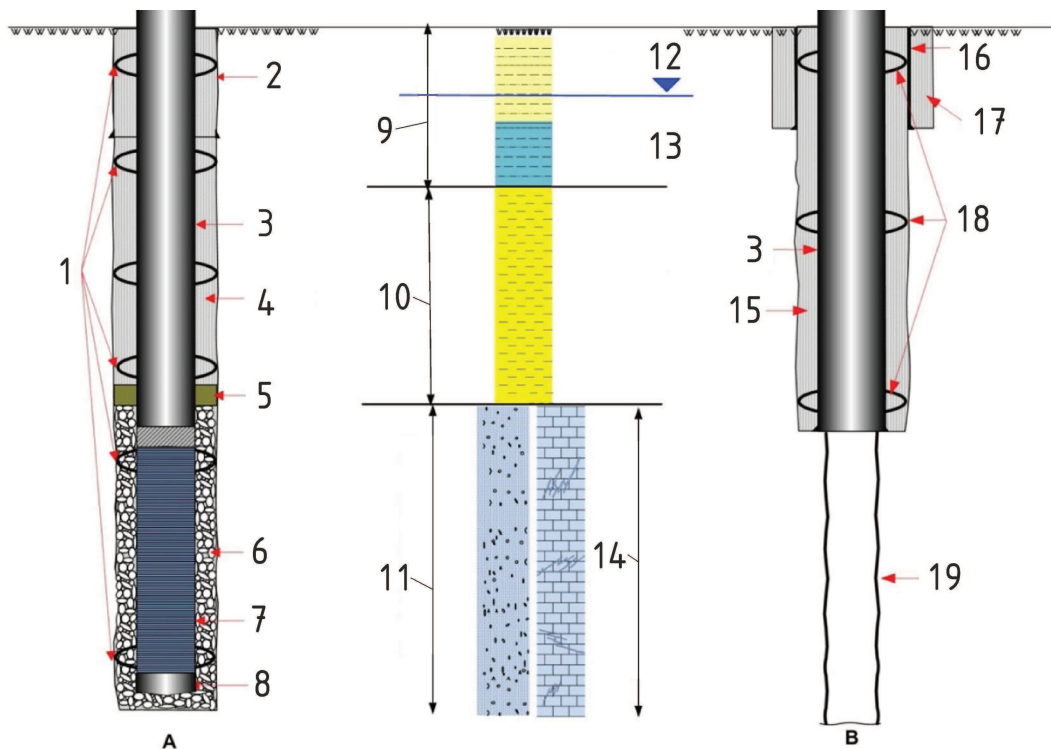
Das Bohrloch kann entweder aus einer Bohrung mit einem durchgehenden Durchmesser bis zur Sohle oder aus mehreren Bohrdurchmessern in Teleskopform bestehen (siehe Bild 1 und Bild 2).



Legende

1 ...	9 ...
2 ...	10 ...
3 ...	11 ...
4 ...	12 ...
5 ...	13 ...
6 ...	14 ...
7 ...	15 ...
8 ...	16 ...

Bild 1 — Bohrlochbestandteile in einem ungespannten Grundwasserleiter



Legende

1 ...	11 ...
2 ...	12 ...
3 ...	13 ...
4 ...	14 ...
5 ...	15 ...
6 ...	16 ...
7 ...	17 ...
8 ...	18 ...
9 ...	19 ...
10 ...	

Bild 2 — Bohrlochbestandteile in einem gespannten Grundwasserleiter

Die Brunnenfertigstellung kann eine oder mehrere Verrohrungen umfassen.

Im Fall einer einzelnen Verrohrung weisen der Produktionsabschnitt, das Standrohr und die Pumpenkammer von unten nach oben einen einzigen Durchmesser auf, wobei sich zwischen der Verrohrung und den geologischen Formationen unterschiedliche Verfüllbaustoffe befinden, üblicherweise: Filtermaterial, Tondichtung und Zementdichtung (siehe Abschnitt 11).

Die Verwendung von zwei oder mehr Verrohrungsdurchmessern (Teleskopbrunnen) kann durch die Komplexität der geologischen Formationen (unverfestigtes Material an der Spitze oder innerhalb der oberen Schichten, ausgeschlossene Grundwasserleiterschichten, Bereiche, in denen mit Bohrspülungsverlusten zu rechnen ist), kritische Bohrtiefe und wirtschaftliche Optimierung der Bohrkosten vorgegeben sein. Unabhängig von der Komplexität des Brunnens wird sein Hauptmaß (Durchmesser) aus technischer Sicht so gewählt, dass er seine Zielsetzung erfüllt (üblicherweise das Erbringen eines gewissen Wasserertrags). Die Bohrdurchmesser werden so gewählt, dass sie den Verrohrungsdurchmessern entsprechen und der Ringraum berücksichtigt wird, der für einen Schutz gegen Zementierungsfehler erforderlich ist.

10.2 Verrohrung

10.2.1 Anforderungen an Verrohrungsdurchmesser

Die Verrohrung muss einen ausreichenden Innendurchmesser aufweisen, um Folgendes zu ermöglichen:

- ungehindertes Einführen und Entnehmen von Pumpe, Steigleitungen, Stromkabeln, Zugangsrohren für die Wasserüberwachung, geophysikalischen Sonden und Sanierungsausrüstung;
- ausreichend Platz für einen hinreichenden Volumenstrom an Kühlwasser an der Pumpe vorbei in dem Verrohrungsabschnitt, in dem die Unterwasserpumpe untergebracht ist.

10.2.2 Einhaltung

Der Durchmesser der Verrohrung muss so festgelegt werden, dass er die Vermeidung übermäßigen Druckverlustes sowie eine hinreichende Motorkühlung während des Betriebs ermöglicht. Die Spezifikationen des Herstellers müssen berücksichtigt werden.

Die Fließgeschwindigkeit innerhalb der Verrohrung muss niedriger als der empirische Wert von etwa 1,5 m/s sein, um Turbulenzen und übermäßigen Druckverlust zu vermeiden. Örtlich begrenzte Fließgeschwindigkeiten von bis zu 2 m/s sind am Pumpenzulauf zulässig. Strömung in der Steigleitung ist hierbei nicht eingeschlossen, da die Steigleitung nicht als Teil der Brunnausrüstung gilt.

10.2.3 Anforderungen an Mantelrohre

Der oberste Abschnitt von Mantelrohren muss:

- verhindern, dass Bodenmaterial in den Brunnen fällt;
- den Brunnen vor dem Zufluss von Wasser schützen, das in die Bodenoberfläche oder Oberflächenschichten einsickert (hygienische Abdichtung);
- hydraulische Kommunikation über Grundwasserleiterzonen hinweg verhindern.

10.2.4 Einhaltung

Eine wirksame hydraulische Abdichtung von Bodenoberfläche und Oberflächenschichten wird erreicht, indem die Verrohrung mittels der Verwendung von undurchlässigem Material (z. B. Zement) gegen das Bohrloch abgedichtet wird.

Um einen Zufluss von potentiell verunreinigtem oberflächennahem Wasser zu verhindern, muss das Mantelrohr in seinem oberen Abschnitt abgedichtet/zementiert sein, um eine wasserdichte Verbindung mit dem umgebenden Boden bereitzustellen. Die Abdichttiefe darf nicht weniger als 3 m betragen. In manchen Fällen (z. B. bei flachen alluvialen Grundwasserleitern) darf jedoch eine flachere Zementierungstiefe verwendet werden, um zu verhindern, dass ein Teil des Zielgrundwasserleiters zementiert wird.

Um eine Kommunikation mit oberen Ebenen eines gespannten Grundwasserleiters zu verhindern, muss das Mantelrohr im Grundwasserhemmer des Zielgrundwasserleiters verankert werden. Die Verankerungstiefe muss mindestens 3 m oder bis zur Dicke des Grundwasserhemmers betragen.

10.3 Ringraum

10.3.1 Hintergrund

Der Ringraum zwischen der Verrohrung und der Bohrlochwand muss verfüllt werden (siehe Ringdichtung unten).

Wenn sich die Verrohrung nicht im Zentrum des Bohrlochs befindet, ist eine vollständige und durchgehende Verfüllung des Ringraums eventuell nicht möglich, ein direkter Kontakt zwischen Bohrlochwand und Filterrohr könnte die Funktionsfähigkeit des Brunnens verändern.

10.3.2 Anforderungen

- Sowohl Verrohrung als auch Filterrohr müssen in der Mitte des Bohrlochs platziert werden, um ein ungehindertes, durchgehendes und homogenes Verfüllen mit Filtermaterial, Formationsstabilisator und Dichtmittel zu ermöglichen.
- Das Füllmaterial des Ringraums muss in der Lage sein, einem Einsturz von Grundwasserleitermaterial standzuhalten.
- Der Ringraum muss oberhalb des Filterabschnitts abgedichtet werden, um das Eindringen von Sickerwasser zu verhindern.
- Durchdrungene Grundwassernichtleiter müssen abgedichtet sein, um die Integrität des ursprünglichen hydrogeologischen Regimes aufrechtzuerhalten und somit die Kommunikation mit angrenzenden Grundwasserleitern oder anderen diskreten Grundwasserleiterschichten zu verhindern.

10.3.3 Einhaltung

Zentrierer müssen für jedes Segment der Verrohrung oder des Filterrohrs gesetzt werden, wobei der Abstand zwischen den Zentrierern einen Abstand von 10 m bis 12 m nicht überschreiten darf.

Abhängig von den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen kann der Ringraum zwischen dem Filterrohr und der Bohrlochwand

- in stabilen Formationen ohne Erosion leer bleiben,
- mit einem Formationsstabilisator verfüllt werden, der einen Schutz des Filterrohrs gegenüber mechanischen Schäden durch gelockertes Formationsmaterial bietet. In diesem Fall muss der Ringraum mindestens 50 mm betragen, um ein ordnungsgemäßes Einbringen des Füllmaterials zu gewährleisten,
- während der Brunnenregenerierung mit Material aus der angrenzenden Formation gefüllt werden („natürliche Regenerierung“), was bei grobkörnigen Formationen, die einen geringen Gehalt an Feinstoffen aufweisen, möglich ist,
- mit einem oder mehreren künstlichen Filterpacks verfüllt werden, die einen mechanischen Schutz bereitstellen, das Eindringen von Sand verhindern und die hydraulischen Gegebenheiten in der unmittelbaren Umgebung des Brunnens optimieren. In diesem Fall muss der Ringraum mindestens 75 mm betragen.

10.4 Formationsstabilisator

10.4.1 Anforderung

Aufrechterhalten der physikalischen Stabilität der Wände des Bohrlochs und Stützung des überdeckenden Ringdichtmittels.

10.4.2 Einhaltung

Der Ringraum muss mit körnigem Material mit einer radialen Mindestdicke von 50 mm gefüllt werden. Die radiale Dicke muss ausreichen, um eine homogene Füllung unterzubringen.

Die Überlappung zwischen dem körnigen Material und der glatten Verrohrung muss mindestens 10 % der Länge des Ringraums unterhalb der Oberkante des Filterrohrs vorbehaltlich eines Minimums von 0,5 m betragen.

10.5 Filtermaterial (Filterkiesschüttung)

10.5.1 Hintergrund

Bei granularen Grundwasserleitern (und einigen Karstgrundwasserleitern) kann gepumptes Grundwasser Feinstoffe aus dem Grundwasserleiter beinhalten, deren abrasive Wirkung das Filterrohr und die Pumpausrüstung beschädigt. Übermäßige Mobilisierung von Feinstoffen kann zu einem Zuschütten des Brunneninneren führen und eine Subrosion (Entstehung von Hohlräumen und Einsturz) des Grundwasserleiters bewirken.

10.5.2 Anforderungen

- Ermöglichung der Regenerierung des Brunnens.
- Vermeidung übermäßiger Subrosion von Sand/Silt aus dem Grundwasserleiter nach der Regenerierung.
- Verringerung von Druckverlusten.

10.5.3 Einhaltung

Ist der Grundwasserleiter schlecht sortiert (Ungleichförmigkeitsgrad $U > 3$) und grob, kann während der Regenerierungsphase des Grundwasserleiters natürliches Filtermaterial auf natürliche Weise gesetzt werden. Grobe Körner werden sich auf natürliche Weise um das Filterrohr herum absetzen. Ist der Grundwasserleiter gut sortiert ($U < 3$), ist künstliches Filtermaterial erforderlich.

Die radiale Mindestdicke des künstlichen Filterpacks darf auf allen Seiten um das Filterrohr herum nicht weniger als 75 mm betragen. Bei Grundwassermessstellen und Pumpbrunnen mit geringen Durchmessern (≤ 150 mm / ≤ 6 Zoll Minestdurchmesser) ist eine Ringdicke von 50 mm zulässig. Niedrigere Dicken können zu unvollständiger Verfüllung des Ringraums und mangelhafter Filtration führen.

Eine Beschränkung der höchstens zulässigen Dicke des Formationsstabilisators oder des Filtermaterials wird nicht vorgegeben, da bei großen Brunnen große Filterpacks (oder doppelte oder mehrere Filterpacks) verwendet werden können. Dickeres Filtermaterial erschwert jedoch spätere Regenerierungs- und Sanierungstätigkeiten. Die Höchstgröße wird durch die Kosten für größere Bohrdurchmesser und die eingeschränkte Wirksamkeit von Regenerierungs- und Sanierungsmaßnahmen beschränkt.

Stehen keine Informationen zur Korngröße zur Verfügung, wird eine Siebanalyse verwendet, um die korrekte Korngrößenverteilung des Filtermaterials zu definieren. Aus der Filteranalyse werden bestimmt:

- die wirksame Korngröße des Grundwasserleiters;
- ein Korngrößenbereich für das Filtermaterial;
- ein Korrekturfaktor für Ungleichförmigkeit.

Die wirksame Korngröße des Grundwasserleiters ist üblicherweise definiert als d_{10} . Der Wert d_{10} ist als der Partikeldurchmesser definiert, bei dem 10 % der Masse der Probe Partikel einschließen, deren Durchmesser gleich diesem Wert oder kleiner ist.

Die wirksame Korngröße des Filtermaterials muss mit der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$d_g = d_x \cdot F_x \pm C$$

Dabei ist

d_g die obere oder untere Korngröße des Filtermaterials;

d_x die wirksame Korngröße des Grundwasserleitermaterials;

F_x der untere oder obere Filterfaktor;

C ein optionaler empirischer Korrekturfaktor bei äußerst ungleichförmigem Grundwasserleitermaterial.

Übliche Werte für F reichen von 4 bis 6 und sind stark von den standortspezifischen Bedingungen abhängig. Allgemein ist ein niedriger Filterfaktor für feinkörnige und sehr gleichförmige Sedimente geeignet. Ein hoher Filterfaktor ist für gröbere, gleichförmigere Sedimente geeignet.

Die Korngrößenverteilung des Filtermaterials, die aus diesen Berechnungen erhalten wird, muss berücksichtigen, dass mineralgewinnende Unternehmen nur Material mit bestimmten Korngrößenverteilungen liefern. Die endgültige Entscheidung muss an die auf dem Markt verfügbaren Korngrößenklassen angepasst werden, ohne dass die Funktionsfähigkeit des Filtermaterials beeinträchtigt wird.

Die Funktionsfähigkeit des Filtermaterials hängt stark von der Qualität der Sedimentprobe ab, aus welcher die wirksame Korngröße erhalten wurde. Die besten Ergebnisse liefern ungestörte Proben, z. B. Bohrkerne. Proben, die aus dem zirkulierenden Bohrspülungsstrom erhalten werden, sind für eine zuverlässige Korngrößenanalyse in der Regel ungeeignet. Die Art und die Qualität der Probe, auf der die Auswahl des Filtermaterials basiert, das Analyseverfahren und die Ergebnisse müssen im Brunnenplanungsbericht aufgezeichnet werden.

Die Bestimmung der wirksamen Korngröße des Grundwasserleiters erfordert eine granulometrische Analyse einer hinreichend großen tiefspezifischen repräsentativen Probe, entweder mittels gestaffelter Siebung oder optischer Analyse durch befähigte Personen. Mischproben, die beispielsweise aus dem Zusammenführen von Teilproben aus unterschiedlichen Tiefen erhalten werden, dürfen nicht verwendet werden. Die Probenahme muss die natürliche Heterogenität der Formation berücksichtigen und sich auf feinkörnige und ungleichförmige Proben konzentrieren.

Bei unverfestigtem Filtermaterial kann es zu einem späteren Zeitpunkt zu einer Setzung kommen, die durch mechanisches Bewegen aufgrund beispielsweise des Pumpenbetriebs, Sanierung oder Erdbeben verursacht wird. Dies kann zu einer Verringerung seiner Kolonnenhöhe und der Entstehung von Hohlräumen innerhalb des Ringraums oder Abrutschen der Ringdichtung führen, wodurch die Abdichtungsfunktion beeinträchtigt wird. Daher muss das obere Ende der Filtermaterialkolonne zu jedem Zeitpunkt höher als das obere Ende des Filterrohrs sein, wobei die optimale Überlappung 10 % der Länge des Ringraums unterhalb des oberen Endes des Filterrohrs abhängig von einer Mindesthöhe von 0,5 m beträgt. Während und nach der Verfüllung – und vor dem Einführen eines Trennfilters und der Ringdichtung – muss das Filtermaterial bewegt werden, um einen gewünschten Verdichtungsgrad zu erreichen.

10.6 Ringdichtung

10.6.1 Hintergrund

Der Ringraum zwischen der Bohrlochwand und der Verrohrung stellt im nichtproduktiven Abschnitt einen möglichen Pfad für das Eindringen von Sickerwasser bereit. Zudem kann Boden- und Grundwasserleitermaterial, das in den Ringraum fällt, Filterrohr und Verrohrung beschädigen oder blockieren

10.6.2 Anforderungen

- Verhinderung von vertikalem Zufluss von oberflächennahem Wasser durch den Ringraum.
- Wiederherstellung der hydraulischen Abdichtungsfunktion von allen Grundwasserhemmern, die während des Bohrvorgangs durchdrungen wurden.

10.6.3 Einhaltung

Bei flachen Brunnen (üblicherweise mit einer Tiefe von < 10 m) kann undurchlässiges Material in Form eines Einpressmittels, das einen undurchlässigen Pfropfen bildet (z. B. Zement und eine Suspension aus quellbarem Ton), oder quellbares körniges Mineralmaterial, z. B. Bentonit, in den Ringraum eingeleitet werden. Quellbarer Ton darf oberhalb des Wasserspiegels nicht als Ringverfüllung verwendet werden, da er eine hinreichende

Wasserzufuhr benötigt, um seine Abdichtfunktion zu erlangen. Durchlässiges Material darf für die Ringdichtung nicht verwendet werden, weder Bohrmaterial aus dem Bohrloch noch Material aus externen Quellen.

Bei tieferen Brunnen ist eine Abdichtung unter Verwendung eines Verfüllrohrs und einer Verpresspumpe erforderlich, um den Ringraum von unten bis oben zu füllen und so sicherzustellen, dass der gesamte Ringraum gleichförmig gefüllt ist. Eine kundenspezifische Auslegung von Dichtmitteln kann erforderlich sein.

Als Maßnahme zur Qualitätssicherung muss das Volumen des Verfüllmaterials mit dem Volumen des Ringraums verglichen werden.

Eine radiale Mindestdicke von 50 mm ist im Ringraum erforderlich, um eine ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Abdichtung sicherzustellen und um bei Bedarf eine Installation der Verpressausrüstung zu ermöglichen.

10.7 Tonstopfen und Trennfilter

10.7.1 Hintergrund

Wenn die Dichtmittel flüssig sind (z. B. Zement, Bentonit-Zement-Suspension, Bentonit), muss ihr Eindringen in das Filtermaterial verhindert werden, um ein Verstopfen desselben zu vermeiden.

10.7.2 Anforderung

Das Filtermaterial (oder der Formationsstabilisator) und die Ringdichtung müssen durch einen Tonpfropfen oder einen Trennfilter von mindestens 50 cm vertikaler Dicke voneinander getrennt werden.

10.7.3 Einhaltung

Ein Tonpfropfen wird üblicherweise aus quellbaren Tonpellets hergestellt, die sich ausdehnen und nach einigen Stunden des Kontakts mit Wasser einen festen Pfropfen bilden. Alternativ hierzu kann ein Trennfilter aus feinem Sand hergestellt sein. Seine Korngröße muss unter Berücksichtigung seiner Kapazität zum Zurückhalten von Einpressmittel und der Vermeidung seines Eindringens in die Poren des Filtermaterials oder Formationsstabilisators gewählt werden. Daher muss die mittlere Korngröße vier bis sechs Mal kleiner sein als die des Materials, das sich unmittelbar darunter befindet.

10.8 Koeffizient der offenen Filterfläche

10.8.1 Hintergrund

Der Koeffizient der offenen Filterfläche ist definiert als Verhältnis der Fläche der Öffnungen geteilt durch die Gesamtoberfläche des Filters.

10.8.2 Anforderung

Maximierung des Wasserzuflusses unter Beibehaltung mechanischer Stabilität.

10.8.3 Einhaltung

Bei Pumpbrunnen darf die offene Filterfläche nicht weniger als 5 % betragen, berechnet als:

$$A_o = (A_{\text{Öffnungen}} / A_{\text{Filterröhren}}) \times C_f$$

Dabei ist

A_o der Koeffizient der offenen Filterfläche;

$A_{\text{Öffnungen}}$ die Summe der Fläche der Filteröffnungen (Maschen);

$A_{\text{Filterröhren}}$ die Fläche der Filterröhren;

C_f der Hindernisfaktor.

Dieser empirische Koeffizient berücksichtigt das Vorhandensein von Körnern vor den Filteröffnungen. Die Schätzung des Hindernisfaktors ist schwierig, aber es wird allgemein davon ausgegangen, dass 50 % der ursprünglich offenen Fläche blockiert werden kann. In diesem Fall kann die offene Filterfläche berechnet werden als

$$A_o = A_{\text{Öffnungen}} / (2 \times A_{\text{Filterröhren}})$$

Die Öffnungsbreite der Filteröffnungen (Maschen) muss im Verhältnis zur Korngröße des angrenzenden Filtermaterials, Formationsstabilisators oder natürlich entwickelten Grundwasserleitermaterials gewählt werden. Ist künstliches Filtermaterial vorhanden, muss die Maschengröße ein Zurückhalten des Großteils des angrenzenden Materials (mindestens 90 %) ermöglichen und gleichzeitig die Entfernung von Feinkorn im Verlauf einer Brunnenregenerierung erlauben. Alternativ hierzu kann die Maschengröße entsprechend den standardisierten Korngrößen von Filtermaterial, das über mineralgewinnende Unternehmen erhältlich ist, gewählt werden.

Ist ein natürliches Filtermaterial geplant, wird die Maschengröße so gewählt, dass etwa 50 % der Körner den Filter passieren dürfen.

Bei Pumpbrunnen darf die kleinstmögliche Maschengröße nicht weniger als 0,3 mm betragen, um übermäßige Druckverluste zu vermeiden und eine erfolgreiche Brunnenregenerierung zu ermöglichen.

Die größtmögliche Maschengröße hängt von der Korngröße der umgebenden Körner und den mechanischen Belastungen, die während Installation, Regenerierung und Prüfung auftreten, ab.

10.9 Kritische Eintrittsgeschwindigkeit

10.9.1 Hintergrund

Es können übermäßige Eintrittsgeschwindigkeiten in den Filter oder den Brunnen auftreten:

- zusätzliche nichtlineare laminare und turbulente Druckverluste;
- Mobilisierung von Feinstoffen aus dem Grundwasserleiter (Suffosion) mit anschließender Ablagerung (Kolmation);
- erhöhtes Verkrustungspotenzial (Scaling).

10.9.2 Anforderung

Beschränkung der Fließgeschwindigkeit am Zugang zum Filterrohr und/oder der Bohrlochwand, um mechanische Erosion, Mobilisierung und Ablagerung von Feinstoffen, Destabilisierung von Filtermaterial und (bio-)chemische Fällung (Scaling, Verkrustung) im Rahmen der Projektziele zu kontrollieren.

10.9.3 Einhaltung

Bei der Auslegung eines Brunnens müssen entweder die Eintrittsgeschwindigkeit in das Bohrloch und/oder die Eintrittsgeschwindigkeit in das Filterrohr beschränkt werden. Die Eintrittsgeschwindigkeit an der Filterfläche eines Brunnens, der in einem homogenen (ungeklüfteten) Grundwasserleiter gefiltert ist, darf 0,03 m/s nicht überschreiten. Diese **kritische Eintrittsgeschwindigkeit** wird wie folgt berechnet

$$v_s = Q / (2 \cdot \pi \cdot r_s \cdot L_s \cdot A_o)$$

Dabei ist

v_s die Filtereintrittsgeschwindigkeit;

Q die Förderleistung;

A_0 die offene Fläche im Filterrohr (wie vorstehend definiert);

r_s der Radius der Filterröhre;

L_s die Länge des Filters.

Dabei wird anerkannt, dass diese Gleichung vereinfachte Annahmen über Volumenströme um Brunnen herum berücksichtigt, beispielsweise eine radial symmetrische Strömung, homogenes Grundwasserleitermaterial (ohne Schichtung), vollständige Durchspülung des Grundwasserleiters (vollständig horizontal ohne Vertikalstrom). Das Ergebnis ist daher als voraussichtliche Zahl zu betrachten, die nichtsdestotrotz für eine Beschränkung nichtlinearer laminarer und turbulenter Druckverluste und für die Vermeidung von Partikelmobilisierung (Eindringen von Sand) und Verkrustung nützlich ist. Unter besonderen Bedingungen können höhere Eintrittsgeschwindigkeiten zulässig sein, wenn Verluste und der Zutritt von Sand/Feinmaterial kontrolliert werden können. Wird eine geplante Zutritts-geschwindigkeit für ein Bohrloch verwendet, müssen der Wert und das Verfahren im Abschlussbericht des Brunnens beschrieben und begründet werden.

10.10 Länge des Filterabschnitts

10.10.1 Hintergrund

Die Mindestlänge des Filterabschnitts wird durch die Produktionsleistung des Filters definiert. Auf Grundlage einer angenommenen Höchsteintrittsgeschwindigkeit in den Filter von 0,03 m/s kann die Produktionsleistung von jedem Meter des Filters berechnet oder vom Hersteller erhalten werden (beispielsweise in m³/h/m des Filterrohrs). Die erforderliche Länge des Filterabschnitts für das Erreichen der geplanten Fördermenge kann dann berechnet werden.

10.10.2 Anforderung

Die berechnete Länge muss mit den Eigenschaften (Dicke, Heterogenität, z.B. Schichtung oder geklüftete Zonen) des Grundwasserleiters übereinstimmen.

10.10.3 Einhaltung

Berechnen oder Erhalten aus der Dokumentation des Herstellers der Mindestlänge des Filterrohrs, die notwendig ist, um die erforderliche Gesamtfördermenge zu erhalten.

Vergleichen dieser Mindestlänge mit der tatsächlichen Dicke des Grundwasserleiters und Korrektur um die Heterogenität des Grundwasserleiters (z. B. produktive Dicke geringer als Gesamtdicke des Grundwasserleiters).

Wenn die berechnete Filterlänge länger als die produktive Gesamtdicke des Grundwasserleiters ist, sollte die Planung überarbeitet werden: entweder durch Änderung des Filtertyps oder durch Änderung des Filterdurchmessers

Ist die sich ergebende Länge kürzer als die produktive Dicke, kann der Brunnen den Grundwasserleiter teilweise durchdringen. Es ist anzumerken, dass eine teilweise Durchdringung eines Grundwasserleiters zu weiteren Druckverlusten führen kann. Es wird empfohlen, dass:

- In gespannten Grundwasserleitern: 80 % bis 100 % der Grundwasserleiterdicke gefiltert werden sollte, mit Ausnahme von sehr dicken Grundwasserleitern. Abschnitte in der Nähe von Grundwasserhemmern sollten vermieden werden, da der Zweck darin besteht, eine überwiegend horizontale Strömung (mit minimaler

vertikaler Komponente) in den Brunnen zu erreichen und die gespannten Bedingungen des Grundwasserleiters aufrechtzuerhalten.

- In ungespannten Grundwasserleitern: nur der untere Teil (z. B. ein Drittel) des Grundwasserleiters gefiltert werden sollte, um die Auswirkungen der geschätzten Absenkungen (z. B. durch spezifische Fördermengen benachbarter Brunnen), die Pumpendimensionen und die Anforderungen an die Nettopumpenhöhe zu berücksichtigen. Das Ziel besteht darin, eine Belüftung des Filterabschnitts so weit wie möglich zu vermeiden.

10.11 Sumpfrohr

10.11.1 Hintergrund

Das Sumpfrohr ist ein Rohr, das am unteren Teil des Filterabschnitts angebracht ist, in dem sich Silt und Feinstoffe während der Regenerierung und Sanierung des Brunnens oder nach Perioden des Eindringens von Silt ansammeln können. Das Sumpfrohr ermöglicht zudem eine Behandlung der untersten Teile des Filters während einer mechanischen Sanierung. Sammelt sich jedoch biologisch abbaubares Material an, kann der Sumpf zu mikrobiologischen Problemen führen. Bei dünnen Grundwasserleitern mit Absenkungen bis in die Nähe der Filter sollten Pumpen mit Kühllkragen im Sumpfabschnitt installiert werden.

10.11.2 Anforderung

Planung einer Sumpflänge, die an das Risiko einer Ansammlung von Feinstoffen im Brunnen angepasst ist.

Berücksichtigung einer Mindestlänge für Regenerierungs- und Sanierungszwecke.

10.11.3 Einhaltung

Sumpfrohre müssen am unteren Ende geschlossen sein.

Sumpfrohre sollten an die Dicke und die Eigenschaften des Grundwasserleiters angepasst sein. Im Fall dicker sandiger/lehmgiger Grundwasserleiter sind möglicherweise mehrere Meter erforderlich.

Bei hängenden Filtern ist ein Sumpfrohr nicht obligatorisch, insbesondere, wenn kein Filtermaterial vorhanden ist (Grundwasserleiter aus Kalkstein).

11 Auswahl von Materialien

11.1 Allgemeines

Die Materialien müssen für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet sein.²

Der Zweck der Auswahl geeigneter Materialien besteht darin, eine ordnungsgemäße Funktion des Brunnens während seiner gesamten Lebensdauer zu gewährleisten und die Auswirkungen des Brunnens auf die natürlichen hydrogeologischen Systeme zu minimieren. In diesem Abschnitt werden die technischen und chemischen Anforderungen der nachstehenden Brunnenkomponenten definiert:

- Filtermaterial;
- Verrohrung und Filter (einschließlich Zentrierer und Verbindungen);
- Abdichtung (Verpressung);
- Verfüllung.

² Es können europäische oder nationale Bestimmungen gelten.

11.2 Allgemeine Anforderungen

- Die verschiedenen Brunnenkomponenten müssen einander entsprechen und müssen daher in Verbindung zueinander erwogen werden.
- Keines der verwendeten Materialien darf einen physikochemischen Einfluss auf das Wasser ausüben.
- Die Auswahl von Materialien muss die mechanische Stabilität und Dauerhaftigkeit während Bau und Betrieb sowie bei Wartungsmaßnahmen einschließlich Sanierungsprozessen berücksichtigen.

11.3 Filtermaterial

11.3.1 Hintergrund

Filtermaterial wird verwendet, um:

- Feinstoffe des Grundwasserleiters aus dem gepumpten Wasser zu filtern;
- eine Kontakterosion zwischen dem Bohrloch und der Außenfläche der Ausrüstung zu verhindern;
- ein Verstopfen des Filters zu verhindern;
- eine Stütze für andere angrenzende Materialien bereitzustellen.

11.3.2 Physikalische Anforderungen

Das Filtermaterial muss:

- an die Korngrößenverteilung des Quellgrundwasserleiters angepasst sein;
- hydraulisch optimiert sein (um den geringstmöglichen Druckverlust zu erzeugen);
- mechanisch stabil sein;
- gut sortiert sein ($2 \leq U \leq 2,5$).

11.3.3 Einhaltung

- Das Filtermaterial muss eine charakteristische Korngrößenverteilung aufweisen, die der Bemaßung des Brunnens entspricht (siehe Abschnitt 10).
- Die Form der Körner in den Materialien des Filterpacks sollte gerundet sein, um Hohlräume zwischen den Körnern beizubehalten, einen Durchfluss zwischen den Körnern zu erleichtern und somit den Druckverlust zu verringern. Gequetschtes Material muss vermieden werden.

11.3.4 Chemische Anforderungen

Das Filtermaterial darf die Wasserbeschaffenheit des Grundwasserleiters nicht beeinflussen (oder ändern).

11.3.5 Einhaltung

- Die chemische Zusammensetzung der Materialien des Filterpacks sollte einen Quarz-Massenanteil (SiO_2) von $\geq 96 \%$ aufweisen.
- Um eine hohe mechanische Stabilität des Filtermaterials zu erreichen, sollte der Gehalt an SiO_2 chemisch ungebunden sein (d. h. reiner Quarz).

- Das Filtermaterial muss seine chemische Stabilität während der gesamten planerischen Nutzungsdauer des Brunnens aufrechterhalten.
- Vor der Einleitung muss das Material des Filterpacks gewaschen und desinfiziert werden.
- Das Material des Filterpacks muss frei von allen organischen Substanzen sein.

11.3.6 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens

Abhängig vom Zweck des Brunnens, spezifischen Standortbedingungen und/oder lokalen Bestimmungen können zusätzliche Anforderungen an das Material des Filterpacks bestehen. Diese spezifischen Anforderungen müssen auf die gleiche Weise wie bei den vorstehend aufgeführten definiert werden und müssen ebenfalls in einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument formuliert werden.

Einige Beispiele für spezifische Anforderungen hinsichtlich des Brunnenzwecks sind nachstehend aufgeführt, wobei die Liste nicht erschöpfend ist:

- Trinkwasserbrunnen:
- Die Materialien des Filterpacks müssen für einen Kontakt mit Dingen, die für den menschlichen Verzehr verwendet werden, geeignet sein oder nationalen Vorgaben entsprechen.
- Die Materialien des Filterpacks müssen Feststoffe sein und einer Verwitterung widerstehen.
- Verunreinigte Standorte oder besondere Grundwasserchemie:
- Die Materialien des Filterpacks müssen widerstandsfähig gegen aggressives und verunreinigtes Wasser sein und dürfen die chemische Zusammensetzung des Wassers im Grundwasserleiter nicht beeinflussen.

11.4 Verrohrung und Filterrohr

11.4.1 Hintergrund

Die technischen Anforderungen an Verrohrung und Filterrohr sind abhängig von der planerischen Nutzungsdauer und dem Zweck des Brunnens. Daher sollten Verrohrung und Filterrohr optimale hydraulische Eigenschaften für Wassergewinnung (oder Infiltration/Injektion) aufweisen. Außerdem müssen sie einen sicheren Betrieb des Brunnens gewährleisten.

11.4.2 Anforderung 1 (mechanische Festigkeit)

- Verrohrung und Filterrohr müssen eine mechanische Festigkeit aufweisen, die in den nachstehenden Situationen ausreicht:
- statische und dynamische Kräfte während Handhabung und hängenden Einbaus;
- Drucklast während der Verfüllung des Ringraums;
- hydraulische und mechanische Lasten während Regenerierung und Sanierung.
- In den folgenden Situationen müssen zusätzliche mechanische Belastungen berücksichtigt werden:
- Brunnen mit starker Absenkung während des Pumpens;
- Brunnen mit niedrigem natürlichem Wasserspiegel;
- Sanierungsprozesse.
- Verrohrung und Filterrohr sollten einen sicheren Betrieb und eine sichere Wartung gewährleisten.

11.4.3 Einhaltung

Die mechanische Belastung der Ausrüstung muss bestimmt und mit der mechanischen Festigkeit, die vom Hersteller angeboten wird, verglichen werden. Bei Bedarf muss der Auftragnehmer der Bohrarbeiten die erforderlichen Dokumente (Dokumente zur Rohr-Zertifizierung) zur Verfügung stellen.

Es ist anzumerken, dass eine exothermische Reaktion bei der Zementierung dazu führen kann, dass die mechanische Festigkeit der vorhandenen Verrohrung (insbesondere bei PVC- und PE-HD-Kunststoffen) vorübergehend verringert wird. Besondere Aufmerksamkeit muss dem Anwendungsumfang der gewählten Verrohrung geschenkt werden. Diese muss für Setzungsprozesse (insbesondere bei der Zementierung) und hydraulische oder mechanische Belastungen geeignet sein. Eine solche Bestimmung basiert auf der vom Hersteller erklärten Standfestigkeit.

Im Fall von Verrohrung aus PVC oder PE-HD muss ein Sicherheitsbeiwert auf die Nenn-Standfestigkeit angewendet werden, in erster Linie, um eine Erhöhung der Temperatur während einer Abdichtung durch Zement zu berücksichtigen. Beispielsweise kann bei einer PVC-Verrohrung mit einer Standfestigkeit von 7 bar (100 psi) eine Verringerung auf 4,9 bar (70 psi) angenommen werden, wenn sie unter Zementierung verwendet wird.

Sicherheitsbeiwerte müssen zudem auf gealterte PVC-Verrohrung angewendet werden, insbesondere wenn diese im Freien gelagert wurde, da die mechanischen Eigenschaften von PVC gegenüber ultravioletten Strahlen empfindlich sind und durch ein langes Ausgesetztsein gegenüber Sonnenlicht geschwächt sein können.

11.4.4 Anforderung 2 (chemische Zusammensetzung)

- Die Baumaterialien dürfen keine unerwünschten chemischen Bestandteile in das Grundwasser einbringen.
- Verrohrung und Filterrohr sollten gegen Korrosion, die sich aus den im Brunnen herrschenden hydrogeologischen Bedingungen ergibt, beständig sein.

11.4.5 Einhaltung

- Ausrüstung, Materialien und Produkte, die für die Errichtung der Brunnen verwendet werden, und die Betriebsmittel müssen die Anforderungen der Spezifikationen erfüllen.³ Alle Bauteile (Verrohrungen, Schutzrohre, Haftmittel, Innenbeschichtungen usw.), die in der Zusammensetzung des Brunnens verwendet werden, müssen für einen Kontakt mit Trinkwasser geeignet sein.
- Die Auswahl des Verrohrungsmaterials muss an korrosive Eigenschaften des Grundwassers angepasst sein. Die Korrosivität erhöht sich mit dem Grad der Mineralisierung und der Temperatur.
- Zusatzausrüstung wie Zentrierer müssen für die Eigenschaften des Verrohrungsmaterials geeignet sein, um insbesondere elektrische Phänomene, die durch unterschiedliche Metallzusammensetzungen hervorgerufen werden, zu verhindern (siehe 2.4.9).

11.4.6 Anforderung 3 (hydraulische Eigenschaften)

Das Filterrohr sollte vorteilhafte hydraulische Eigenschaften aufweisen, um einen Wassereintritt zu optimieren.

11.4.7 Einhaltung

Die Auslegung der Filteröffnungen muss den Vorgaben zur Brunnenbemaßung entsprechen (Abschnitt 10).

3 Es können europäische oder nationale Bestimmungen gelten.

11.4.8 Anforderung 4 (Verbinderspezifikationen)

- Die Verbindungsstellen der Verrohrung müssen leckdicht sein.
- Die Verbindungsstellen der Verrohrung dürfen hinsichtlich mechanischer Festigkeit oder Korrosion keine Schwachstelle der Verrohrungssäule darstellen.

11.4.9 Einhaltung

- Zur Verbindung zwischen zwei Verrohrungen mit demselben Durchmesser darf keine Innenmuffe verwendet werden.
- Die Belastbarkeit der Verbindungsstelle muss mindestens der des Verrohrungskörpers entsprechen.
- PVC-/PE-HD-Rohre mit einem Außendurchmesser von mehr als 125 mm müssen mittels eines Gewindegewindesystems (unter Verwendung von Rohren mit Gewinde) zusammengefügt werden; bei Außendurchmessern von weniger als 125 mm darf das Zusammenfügen mittels Verklebung erfolgen (unter Verwendung einer Verbindungsmuffe oder einer Rohrverlängerung für die Verklebung). Siehe die entsprechenden Montageanleitungen/Vorgaben der Hersteller.
- Montageanleitungen des Herstellers (Schweißen, Passivierung usw.).
- Korrosionsrisiken (chemisch, bakteriologisch, elektrisch, Entwässerung von Filtern).
- Elektrische Phänomene, die durch Unterschiede bei der Stahlzusammensetzung entstehen (elektrochemische Ströme zwischen Verrohrungen oder Filterrohren unterschiedlicher Stahlgüten können eine galvanische Korrosion verursachen).

11.4.10 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens

Abhängig vom Zweck des Brunnens, spezifischen Standortbedingungen und/oder lokalen Bestimmungen können zusätzliche Anforderungen an Verrohrung und Filterrohr bestehen. Diese spezifischen Anforderungen müssen auf die gleiche Weise wie bei den vorstehend aufgeführten definiert werden und müssen ebenfalls in einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument formuliert werden.

Einige Beispiele für spezifische Anforderungen hinsichtlich des Zwecks des Brunnens sind nachstehend aufgeführt, wobei die Liste nicht erschöpfend ist:

- Brunnen mit kurzer planerischer Nutzungsdauer (d. h. Entwässerungsbrunnen):
- Die Konstruktion von Verrohrung und Filterrohr muss gegebenenfalls eine Außerbetriebnahme des Brunnens vereinfachen (leicht entfernbar).
- Materialien mit niedriger Korrosionsbeständigkeit können verwendet werden, wenn die Korrosionsprozesse langsamer verlaufen als die planerische Nutzungsdauer des Brunnens. In einem solchen Fall sollte eine Überprüfungsberechnung auf Grundlage der bekannten Grundwasserchemie erfolgen.
- Verunreinigte Standorte oder besondere Grundwasserchemie:
- Verrohrung und Filterrohre müssen zudem gegen aggressives und verunreinigtes Wasser beständig sein.

11.5 Abdichtung

11.5.1 Hintergrund

Abdichtung wird verwendet, um Teile des Brunnens zu isolieren.

11.5.2 Anforderungen

- Verhinderung von vertikalem Zufluss von oberflächennahem Wasser durch den Ringraum.
- Wiederherstellung der hydraulischen Abdichtungsfunktion von allen Grundwasserhemmern, die während des Bohrvorgangs durchdrungen wurden.
- Die Dichtmittel müssen die folgenden Eigenschaften aufweisen:
 - beständig und leckdicht während der gesamten planerischen Nutzungsdauer des Brunnens;
 - keine Schrumpfung oder Setzungsrisse;
 - Fähigkeit zur präzisen Positionierbarkeit über die gesamte Tiefe;
 - einfache Handhabung am Errichtungsort;
 - bei Bohrlochmessungen nachweisbar.
- Bei der Auswahl der Materialien müssen die folgenden Kenngrößen berücksichtigt werden:
 - natürlicher Wasserspiegel und Absenkung;
 - Wasserzusammensetzung;
 - gesamte Planungstiefe;
 - Dicke des Ringraums.

11.5.3 Einhaltung

Die erforderlichen Eigenschaften können durch Verwendung der folgenden Materialien erreicht werden:

- Tonpellets;
- natürliches Tongranulat;
- Ton-Zement-Suspensionen;
- Zement.
- Bei der Auswahl der Materialien müssen die folgenden Kenngrößen berücksichtigt werden:
 - natürlicher Wasserspiegel und Absenkung: Tonpellets oder -granulate dürfen nicht oberhalb eines Wasserspiegels verwendet werden;
 - Wasserzusammensetzung: Sulfate oder Salze können ein Aufquellen oder Setzen von Zement verhindern;
 - Tiefe und Dicke des Ringraums (nach den Spezifikationen in Abschnitt 10).

11.5.4 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens

Abhängig vom Zweck des Brunnens, spezifischen Standortbedingungen und/oder lokalen Bestimmungen können zusätzliche Anforderungen an die Dichtmittel bestehen. Diese spezifischen Anforderungen müssen auf die gleiche Weise wie bei den vorstehend aufgeführten definiert werden und müssen ebenfalls in einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument formuliert werden.

Einige Beispiele für spezifische Anforderungen hinsichtlich des Zwecks des Brunnens sind nachstehend aufgeführt, wobei die Liste nicht erschöpfend ist:

- Trinkwasserbrunnen:
- Die Dichtmittel müssen für einen Kontakt mit Dingen, die für den menschlichen Verzehr verwendet werden, geeignet sein.⁴
- Die Dichtmittel müssen undurchlässig und gegen Verwitterung beständig sein.
- Verunreinigte Standorte oder besondere Grundwasserchemie:
- Die Dichtmittel müssen gegen aggressives und verunreinigtes Wasser beständig sein.

11.6 Verfüllung

11.6.1 Hintergrund

Verfüllung unterscheidet sich von Abdichtung oder Filtermaterial. Es handelt sich dabei um den Vorgang des Auffüllens eines ausgehobenen Lochs mit anderen Materialien, die üblicherweise zuvor aus diesem ausgehoben wurden. Ein Verfüllen kann für das Verringern der Tiefe eines Brunnens oder während der Außerbetriebnahme erforderlich sein. Es sollte nicht im Ringraum eines Brunnens erfolgen.

11.6.2 Anforderungen

- Das Verfüllmaterial muss während der gesamten planerischen Nutzungsdauer des Brunnens mechanisch und chemisch stabil sein.
- Das Verfüllmaterial muss einfach zu handhaben und leicht in der korrekten Position im Brunnen zu platzieren sein.
- Das Verfüllmaterial darf keine unerwünschten Elemente in den Grundwasserleiter einbringen.

11.6.3 Einhaltung

Eine Verfüllung sollte unter Verwendung von Sand oder Kies, Schotter, Ton oder Zement erfolgen:

- Das Verfüllmaterial muss sauber und chemisch inert sein.
- Das Verfüllmaterial muss frei von allen organischen Substanzen sein.
- Das Verfüllmaterial darf keine hydraulische Kommunikation zwischen unterschiedlichen Grundwasserleitern und Grundwasserleiterschichten ermöglichen.

11.6.4 Besondere Anforderungen in Abhängigkeit vom Zweck des Brunnens

Abhängig vom Zweck des Brunnens, spezifischen Standortbedingungen und/oder lokalen Bestimmungen können zusätzliche Anforderungen an das Verfüllmaterial bestehen. Diese spezifischen Anforderungen müssen auf die gleiche Weise wie bei den vorstehend aufgeführten definiert werden und müssen ebenfalls in einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument formuliert werden.

Einige Beispiele für spezifische Anforderungen abhängig vom Zweck des Brunnens sind nachstehend aufgeführt, wobei die Liste nicht erschöpfend ist:

⁴ Es können nationale Vorschriften gelten.

- Trinkwasserbrunnen:
- Das Verfüllmaterial muss für einen Kontakt mit Dingen, die für den menschlichen Verzehr verwendet werden, geeignet sein.⁵
- Verunreinigte Standorte oder besondere Grundwasserchemie:
- Das Verfüllmaterial muss gegen aggressives und verunreinigtes Wasser beständig sein.

11.6.5 Allgemeine Bemerkungen

Jede der technischen Spezifikationen der erforderlichen Materialien muss in einem Dokument wie einem Lastenheft oder Ausschreibungsdokument ausformuliert werden. Während der Realisierung des Brunnens müssen die an der Baustelle angelieferten Materialien mit den zuvor geplanten Materialien verglichen werden, um vor der Installation die Konsistenz sicherzustellen.

12 Zusätzliche Brunnenausrüstung

12.1 Hintergrund

Bei der Planung eines Brunnens muss die Notwendigkeit eines einfachen, sicheren und ordnungsgemäßen Betriebs in Abhängigkeit von der Zielsetzung des Brunnens berücksichtigt werden. Daher schließt die Planung eines Brunnens auch die Planung von zusätzlicher technischer und elektrotechnischer Ausrüstung ein, die zu dem Brunnen in einer funktionellen Beziehung steht.

12.2 Anforderung 1

Der ordnungsgemäße Betrieb eines Pumpbrunnens erfordert zusätzliche Brunnenausrüstung. Dies schließt technische Ausrüstung und Konstruktionsdetails ein, die eine sichere und betriebsfähige Wartung erleichtern.

12.3 Einhaltung

Die nachstehende zusätzliche Brunnenausrüstung ist für alle Arten von Brunnen (oder Brunnengalerien, wenn sie mittels einer zentralen Pumpe betrieben werden) erforderlich:

- Brunnensteigleitungen

Brunnensteigleitungen müssen baulich sicher sein, um das Gewicht der Pumpenkolonne und Pumpdynamik tragen zu können. Die Steigleitungen sollten vor Korrosion geschützt werden.
- Wasserzähler/Durchflussmesser

Ein Wasserzähler oder Durchflussmesser (mechanisch oder elektronisch) muss installiert werden.
- Mittel zur Vereinfachung der Überwachung eines stabilen Wasserspiegels (z. B. perforiertes Zugangsrohr).
- Absperrvorrichtung

Eine Absperrvorrichtung wie ein Absperrventil, eine Absperrklappe oder ein Kugelhahn muss installiert werden.
- Druckkompensation

⁵ Es können nationale Vorschriften gelten.

Werden veränderliche Wasserspiegel im Brunnen durch barometrische Schwankungen in größerem Umfang verursacht, muss eine Druckkompensation mittels einer Belüftungsöffnung sichergestellt werden. Belüftungsöffnungen müssen mit engmaschigen Metallgeweben verschlossen werden, um einen Zugang durch Tiere zu verhindern.

- Um einen Kontakt zwischen der Pumpe und der Verrohrung zu verhindern, sind gegebenenfalls dielektrische Zentrierer erforderlich.

Bei Brunnen in einem größeren Bauwerk mit geschlossenem Zugang ist die folgende technische Zusatzausrüstung erforderlich:

- Steigleitern

Bei Einsteigschächten zu Brunnenschächten müssen Steigleitern nach EN 14396 ausgewählt werden. Bei größeren Bauwerken mit geschlossenem Zugang können auch Treppen installiert werden.

- Einsteigschächte

Die Position und Dimensionen von Einsteigschächten und Öffnungen müssen einander entsprechen. Steigleitern und Einsteigschächte behindern weder den Betrieb noch Montagearbeiten. In den Öffnungen von Einsteigschächten dürfen keine Objekte vorhanden sein, die Fluchtwege versperren.

- Abdeckungen von Brunnenschächten

Abdeckungen von Brunnenschächten sollten einen Durchmesser von mindestens 800 mm aufweisen.

- Zutrittskontrollsystem

Zutrittskontrollsysteme müssen errichtet werden, um den Schutz der Abriegelungsstruktur zu sichern. Der Zugang zum Bauwerk muss mittels einer Schließanlage geschützt werden.

- Elektrische Ausrüstung

Die Mindestanforderungen an die elektrische Ausrüstung bestehen in einem Beleuchtungssystem und einer Wartungssteckdose.

- Wanddurchführungen für Rohre und Kabel

Wanddurchführungen für Rohre und Kabel müssen in einer dauerhaft wasserdichten und korrosionsbeständigen Weise ausgeführt sein.

- Belüftung des Bauwerks mit Zugangsbeschränkung

Um eine Bildung von Kondensat innerhalb des Bauwerks zu verhindern, sollte eine wirksame Belüftung installiert werden. Bei eigenständigen Ventilations- und Belüftungsöffnungen ist bei höheren Außentemperaturen mit erhöhter Kondensation zu rechnen. In solchen Fällen kann ein technischer Luftentfeuchter installiert werden.

Bei Trinkwasserbrunnen ist die folgende technische Zusatzausrüstung erforderlich:

- Brunnenkopf

Der Brunnenkopf muss aus korrosionsgeschütztem Stahl hergestellt sein. Aneinandergrenzende Bauteile müssen einander hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens entsprechen. Wenn der Brunnenkopf aus nicht-rostendem Stahl hergestellt ist, muss ein Kontakt mit der Betonbewehrung vermieden werden. Der Brunnenkopf muss auf die Höchstlast ausgelegt sein und mit Anschlüssen für Steigleitungen und mit Öffnungen

für Stromversorgung, Wasserzähler, Peilrohr und gegebenenfalls Ventilation und Belüftung usw. versehen sein. Im Fall artesischer Bedingungen ist ein Entlastungssystem erforderlich.

— Einrichtungen zur Probenentnahme

Eine feuerfeste Vorrichtung zur Probenahme sollte installiert werden.

— Überwachungsvorrichtungen

Vorrichtungen zur Überwachung des Drucks in der Steigleitung und des Wasserspiegels im Brunnen müssen installiert werden.

13 Grundwassermessstellen

13.1 Hintergrund

Das folgende Kapitel definiert die Anforderungen an die Errichtung von Grundwassermessstellen, die sowohl für die Beobachtung von Änderungen des Wasserspiegels im Kontext von Pumpversuchen als auch für die qualitative und quantitative Überwachung des Grundwassers verwendet werden. Allgemein gilt, dass Grundwassermessstellen für die gleichen Anforderungen hinsichtlich des Grundwasserschutzes ausgelegt sein sollten wie Pumpbrunnen. Bei Grundwassermessstellen, die für die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit verwendet werden (z. B. an verunreinigten Standorten, Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit an industriellen oder nuklearen Standorten), treffen weitere spezifische Anforderungen zu, die außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm liegen.

Nur ordnungsgemäß ausgelegte Grundwassermessstellen können die Einhaltung der momentanen Anforderungen an die Beobachtung der Schwankungen des Wasserspiegels und zur Garantie des Schutzes der Grundwasserressourcen sicherstellen. Der aktive und wirksame Schutz des Grundwassers stellt bei der Planung der Auslegung von Messstellen einen wichtigen Faktor dar, insbesondere hinsichtlich der langfristigen Abdichtung und Abtrennung einzelner Grundwasserleiter. Diese Überlegungen beziehen die Vermeidung lateraler Infiltration oder Leckage mit ein.

13.2 Anforderung 1

Die technische Konstruktion einer Grundwassermessstelle muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Jeder Zufluss von Oberflächenwasser in die Grundwassermessstelle muss wirksam verhindert werden.
- Jeder Zufluss von oberflächennahem Grundwasser in die Grundwassermessstelle muss wirksam verhindert werden.
- Bei übereinanderliegenden Grundwasserleitern müssen Ströme zwischen den Grundwasserleitern wirksam verhindert werden.
- Vertikale Ströme in der Grundwassermessstelle aufgrund von unterschiedlichen hydrochemischen Bedingungen müssen verhindert werden.
- Im Fall artesischer Bedingungen muss ein unkontrollierter Abfluss verhindert werden.

13.3 Einhaltung

- Der Filter einer Grundwassermessstelle darf nur in einem Grundwasserleiter installiert sein. Wenn mehrere Grundwasserleiter gefiltert werden sollen, sollte für jeden Grundwasserleiter ein eigener Filter installiert werden. Grundwassermessstellen über mehrere Ebenen (mehrere Piezometer in einem Bohrloch) sollten vermieden werden. Werden in Sonderfällen mehrere Piezometer in einem Bohrloch verwendet, muss ein horizontaler und vertikaler Mindestabstand zwischen Steigleitungen und zwischen Steigleitung und Bohrlochwand eingehalten werden.

- Geringe Filterlängen verhindern Vertikalströme.
- Bei Pumpversuchen muss die Endtiefe der Grundwassermessstellen mit dem Pumpbrunnen und dem zu prüfenden Grundwasserleiter übereinstimmen.
- Um einen Zufluss von Oberflächenwasser und oberflächennahem Grundwasser in die Grundwassermessstelle zu verhindern, ist eine entsprechende Abdichtung mit einer Mindestlänge von 3 m erforderlich.
- Durchdrungene Grundwassernichtleiter müssen über ihre gesamte Länge abgedichtet sein, wobei eine Mindestlänge der Abdichtung von 1 m empfohlen wird.
- Bei übereinanderliegenden Grundwasserleitern müssen wasserdichte Verbindungen in den Brunnenrohren verwendet werden.
- Auf dem oberen Ende der Grundwassermessstelle muss eine Schutzkappe eingesetzt werden.
- Überwachungsstellen von Grundwasser unter artesischem Druck müssen mit einer druckfesten und frostsicheren Einheit mit verriegelbarem Auslauf (z. B. Einlaufkammer) verschlossen sein. Dieser Auslauf muss geeignet sein, um ein Überdruckmessgerät anzuschließen und eine Wasserprobe zu nehmen.

13.4 Anforderung 2

Für den ordnungsgemäßen Betrieb der Grundwassermessstelle sind die folgenden zusätzlichen Anforderungen notwendig:

- Die Grundwassermessstelle muss für alle erforderlichen Mess- und Probenahmeverrichtungen zugänglich sein.
- Die Grundwassermessstelle muss vor externen Schäden geschützt sein.
- Die Identifizierung der Grundwassermessstelle (einschließlich Ebene, Beschriftung und topographischer Koordinaten) sollte eingerichtet und dokumentiert sein.

13.5 Einhaltung

Die folgende Zusatzausrüstung ist für Grundwassermessstellen erforderlich:

- Für einen ordnungsgemäßen Zugang zur Grundwassermessstelle muss ein Innendurchmesser von mindestens 50 mm verwendet werden, wobei ein Durchmesser von 100 mm die Verwendung einer größeren Palette an Probenahmeausrüstung und geophysikalischen Messgeräten ermöglicht und auch die Entwicklung des Bohrlochs vereinfacht.
- Für eine korrekte Installation von Dichtmitteln und Filtermaterial muss der gebohrte Durchmesser des Bohrlochs 100 mm größer als der größte Außendurchmesser der Verrohrungstour sein.
- Für alle Messstellen oberhalb der Bodenoberfläche wird ein Mantelrohr empfohlen, für alle Messstellen unterhalb der Bodenoberfläche wird eine Zugangskammer empfohlen.
- Das Stahlrohr wird üblicherweise in Beton eingebettet, um es frostsicher zu machen, und bis zu 1 m über Gelände verlegt. Eine Straßenkappe mit der Aufschrift 'Grundwassermessstelle' deckt üblicherweise Grundwassermessstellen in der Nähe von Wegen und Straßen ab.
- Zur Identifizierung sollte die Messstelle eine wetterfeste Beschriftung aufweisen.

13.6 Anforderung 3

Die technische Konstruktion einer Grundwassermessstelle muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die Korngröße des Filtermaterials der Grundwassermessstelle sollte eine gute hydraulische Kommunikation ermöglichen und eine Erosion des Unterbodens verhindern.

13.7 Einhaltung

Hinsichtlich der im Vergleich zu Pumpbrunnen niedrigeren Anforderungen für Grundwassermessstellen führt die nachstehende Tabelle empfohlene Korn- und Maschengrößen für verbreitete Bodentypen auf:

Tabelle 1 — Empfohlene Korn- und Maschengrößen für verbreitete Bodentypen

Festgestein	Durchmesser der Filterkiesschüttung	Filtermaschengröße mm
Feinsand, mittlerer Sand, Silt	0,4 bis 0,8	0,3
Mittlerer Sand, Feinsand	0,71 bis 1,25	0,3 bis 0,5
Mittlerer Sand, grober Sand	1,0 bis 2,0	0,5 bis 0,75
≥ Grober Sand, Festgestein ^a	2,0 bis 3,15	1,0 bis 1,5
^a Nur in Gebieten ohne Versandung.		

14 Bohrverfahren

14.1 Hintergrund

Jedes Bohrverfahren weist eigene Stärken und Schwächen auf. Daher ist es notwendig, ein geeignetes Bohrverfahren auszuwählen. Faktoren, welche die Auswahl beeinflussen, sind:

- Zweck des Brunnens;
- Gesteinsart (unverfestigt oder verfestigt);
- geplante Bohrtiefe;
- Notwendigkeit zur Entnahme von zuverlässigen Gesteinsproben;
- mögliches Vorhandensein von Bodenverschmutzung und, falls vorhanden, Risiko einer Übertragung der Verschmutzung;
- verfügbarer Arbeitsraum für das Bohren;
- Nähe zu Gebäuden (umweltbedingte Beschränkungen);
- Verfügbarkeit von Stromversorgung an der Bohrstelle (bei Bedarf);
- Verfügbarkeit von Wasserversorgung für die Bohrung an der Bohrstelle und Maßnahmen zur Ausleitung und Entsorgung von überschüssigem Wasser während Bohrung, Regenerierung und Pumpversuchen.

14.2 Anforderung 1

Das vorgeschlagene Bohrverfahren muss sowohl für den Zweck des Brunnens als auch für die Standortbedingungen geeignet sein.

14.3 Einhaltung

Vorschlagen eines geeigneten Bohrverfahrens und eines geeigneten Bohrschlamms, die den technischen und umweltbedingten Beschränkungen des Projekts entsprechen. Das Bohrverfahren muss:

- die Beschaffenheit des Wassers aus allen Grundwasserleitern, die durchquert werden, bewahren, ohne Wasserspiegel zu mischen, und eine unbeabsichtigte Kommunikation zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser vermeiden;
- den Schutz des Brunnenkopfs sicherstellen, um das Einführen potentieller Kontaminanten/Verunreinigungen in den Grundwasserleiter oder im Fall artesischer Bedingungen den unkontrollierten Austrag von Wasser aus dem Grundwasserleiter zu vermeiden;
- das Risiko des Verlustes von Bohrspülung in durchlässige Formationen während der Bohrarbeiten beschränken;
- ein Verstopfen des Grundwasserleiters (z. B. durch Spülschlammkuchen) beschränken, um die Notwendigkeit einer anschließenden Verwendung chemischer Produkte (z. B. Polyphosphate) während der Regenerierungsphase zu vermeiden;
- das Risiko von Erdbewegen durch instabile Löcher, verursacht durch eine Entnahme überschüssigen Bohrkleins, oder Bohrspülungsverluste, die zu Setzung oder Dolinen führen, beschränken.

Es werden erfahrene Bohrmannschaften beschäftigt, die von Bohrfachleuten überwacht werden. Bei größeren oder komplexeren Projekten wird die Anstellung eines Bohrmeisters (Bohrtechniker oder Bohringenieur) in Vollzeit in Erwägung gezogen.

Die Auswahl kann sich an bestimmten Kriterien für den Bohrvorgang und Charakterisierung der Bohrarbeiten orientieren (siehe informativen Anhang D zu einigen Auswahlkriterien).

14.4 Einhaltung

- Bohrklein sind gestörte Proben, die verwendet werden, um mit einem gewissen Grad an Genauigkeit die angebohrte Formation und die Korngrößenverteilung im Wasserleitermaterial zu bestimmen. Unterschiedliche Bohrkronen und unterschiedliche Betriebsbedingungen führen zur Entnahme von unterschiedlichem Bohrklein innerhalb derselben Lithologie. Einige Einzelheiten zur Qualität und Repräsentativität von Bohrklein im Zusammenhang mit Bohrverfahren sind in Tabelle D.1 aufgeführt.
- Abhängig vom Zweck des Brunnens (Sondierbohrung oder anderes) kann die Kernprobenahme nach einem vorgegebenen Programm entweder auf *kontinuierliche Weise* (bei Wasserbrunnen eher selten) oder in *unterschiedlichen Intervallen* erfolgen. Ein routinemäßiges Bohrkernprogramm richtet sich auf die vorhergesagten Intervalle der lithologischen Kontakte und eine Abfolge von Intervallen innerhalb der Wasserleiterformation.

15 Bohrspülungen

15.1 Hintergrund

Bohrspülungen werden während der Bohrphase kontinuierlich in den Brunnen injiziert. Bohrspülungen dienen als Schmiermittel und Werkzeugkühlung, während sie gleichzeitig die Stabilisierung und Reinigung des Bohrlochs sowie die Druckkontrolle des Grundwasserleiters unterstützen. In der Regel handelt es sich um suspendierte Kolloide aus Ton, der üblicherweise aus Bentonit besteht (hauptsächlich Montmorillonit). Diese Bohrspülungen sind Schlämme auf Luft- und Wasserbasis, wohingegen Schlämme auf Ölbasis der Erdölindustrie vorbehalten sind, um ein Risiko der Verunreinigung von Grundwasserleitern zu vermeiden. Schlämme auf Luftbasis, die oft mit Schaum für die Verbesserung der Bohrlochreinigung in Zusammenhang gebracht werden, werden hauptsächlich für kompaktes Gestein verwendet. Schlämme auf Wasserbasis, die aus Bentonit und/oder Polymeren (natürlich oder synthetisch) bestehen, sind für unverfestigte Formationen geeignet.