



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt und Gesundheit
Amt für Umweltschutz

Merkmale zur Qualitätssicherung

Merkmale Nr. 10
Bau von Förderbrunnen

Impressum

Herausgeber:

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
Billstraße 84, 20539 Hamburg

Redaktion:

Amt für Umweltschutz
Arbeitskreis Qualitätssicherung
Hartmut Dittrich
Telefon: (040) 4 28 45 - 3039
E-mail: Hartmut.Dittrich@bsu.hamburg.de

Stand:

Juli 2003

Aktualisierung des Impressum:

April 2008

<p style="text-align: center;">Merkblatt Nr. 10 Bau von Förderbrunnen</p>

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkung	2
2.	Geltungsbereich	2
3.	Gesetzliche Grundlagen	2
4.	Planung zum Bau von Förderbrunnen	3
5.	Bau von Förderbrunnen	3
5.1	Bohrverfahren	3
5.2	Geophysikalische Untersuchungen	5
5.3	Ausbauprinzipien	5
5.4	Ausbaumaterial	6
5.5	Filterkiesschüttung	7
5.6	Ringraumabdichtung	8
5.7	Entsandung und Pumpversuch	9
5.8	Kopfausbildung	10
5.9	Förderpumpen	10
6.	Bauaufsicht	10
7.	Dokumentation	10
8.	Brunnenbauunternehmen	11
9.	Anlagen	11
10.	Literatur	12

1. Vorbemerkung

In Hamburg existieren insgesamt rund 1000 Förderbrunnen, aus denen Grundwasser sowohl für die Trinkwasserversorgung durch die Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW) als auch für die Eigenversorgung zahlreicher Industrie- und Gewerbebetriebe gefördert wird. Die in der Vergangenheit durchgeführten wasserbehördlichen Überprüfungen an Förderbrunnen haben gezeigt, dass in vielen Fällen bereits beim Neubau der Brunnen Mängel durch unsachgemäße Planung und Bauausführung entstehen, die aus Sicht des Grundwasserschutzes unbedingt zu vermeiden sind. Hierzu gehört beispielsweise der mangelhafte Ausbau der Brunnen durch fehlende oder falsch eingebaute Ringraumabdichtungen sowie undichte Brunnenmantelrohre.

Das Merkblatt stellt deshalb die aus Sicht des vorbeugenden Grundwasserschutzes besonders kritischen Planungs- und Ausführungsphasen heraus und gibt Hinweise zu den zwingend einzuhaltenden Ausbaustandards.

2. Geltungsbereich

Dieses Merkblatt vervollständigt die Reihe der Merkblätter des Arbeitskreises Qualitätssicherung, hier vor allem der Merkblätter Nr. 1 „Rückbau von Förderbrunnen“, Nr. 3 „Bau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen“, Nr. 5 „Bauaufsicht beim Bau von Grundwassermessstellen“ und Nr. 8 „Sanierung und Rückbau von Grundwassermessstellen“. Es ersetzt nicht das bestehende Regelwerk der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), hier insbesondere das DVGW-Arbeitsblatt W 123 „Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen“ und die dort aufgeführten weiterführenden Normen und Vorschriften.

3. Gesetzliche Grundlagen

Nach § 1 a des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist jedermann verpflichtet, „... bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten ...“.

Der Neubau von Förderbrunnen stellt einen Eingriff in die Grundwassersituation dar, insbesondere durch die Schaffung einer Verbindung zwischen Geländeoberfläche und genutztem Grundwasserleiter und den daraus resultierenden potenziellen Gefährdungen für die Grundwasserbeschaffenheit. Eine sorgfältige Planung und Bauausführung von Förderbrunnen ist somit zwingend erforderlich. Die Wasserbehörde hat im Rahmen der Erteilung wasserrechtlicher Erlaubnisse und Bewilligungen gemäß § 2 WHG oder durch nachträgliche Anordnungen gemäß § 64 des Hamburgischen Wassergesetzes (HWaG) dafür Sorge zu tragen, dass die aus Sicht des vorbeugenden Grundwasserschutzes notwendigen Vorgaben und Regeln bei Planung und Bau von Förderbrunnen eingehalten werden.

Die Grundwasserförderung aus Brunnen zur Versorgung eines Haushaltes ist gemäß § 33 WHG erlaubnisfrei. Dies betrifft sowohl Brunnen, die der Trinkwasserversorgung des Haushaltes als auch der Gartenberegnung dienen, sofern sich der Brunnenstandort auf dem jeweiligen Einfamilienhausgrundstück befindet. Diese Brunnenbauvorhaben sind der Wasserbehörde gemäß § 30 a HWaG bis spätestens einen Monat vor Baubeginn anzuzeigen. Beim Brunnenbau sind die aus Sicht des vorbeugenden Grundwasserschutzes notwendigen Anforderungen einzuhalten. Die Wasserbehörde kann hierzu im Einzelfall Anordnungen treffen.

In Wasserschutzgebieten ist für jeden Brunnen (auch Hausversorgungsbrunnen) eine Ausnahmegenehmigung zu beantragen.

4. Planung zum Bau von Förderbrunnen

Die Planung eines Förderbrunnens erfordert neben Kenntnissen der hydrogeologischen Untergrundverhältnisse, wie z.B. Grundwasserstand und geologischer Schichtenaufbau, auch technisches Wissen über Bohrverfahren, Ausbaumaterialien und Pumpen.

Häufig liegen für das zu betrachtende Gebiet bereits Angaben zur hydrogeologischen Situation vor bzw. können bei folgenden Fachdienststellen eingeholt werden:

- Behörde für Umwelt und Gesundheit - Gewässer- und Bodenschutz -: allgemeine Auskunft, Grundwassergleichenpläne und Grundwasserentnahmen (W 1), Auskünfte bezüglich Altlasten (W 2),
- Behörde für Umwelt und Gesundheit - Geologisches Landesamt -: Abfrage hinsichtlich vorliegender Erkenntnisse zur hydrogeologischen Ausgangssituation aus amtlichen Karten und Gutachten sowie dem Bohrarchiv,
- Hamburger Wasserwerke: Brunnen- und Messstellendaten, Grundwassergleichenpläne.

Sollten keine aussagefähigen Unterlagen vorhanden sein, ist vor Baubeginn eine geologische Erkundung unter fachkundiger Begleitung durchzuführen. Sie bestimmt letztlich, ob der Bau eines Förderbrunnens überhaupt möglich bzw. wirtschaftlich ist. Als Erkundungsmethoden kommen Rammkernsondierungen oder Probebohrungen in Betracht. Kostengünstige Rammkernsondierungen sind, je nach Untergrundverhältnissen, auf Tiefen bis ca. 20 m begrenzt und dienen vornehmlich der Erkundung von oberflächennahen Schichten und Wasserständen. Erkundungsbohrungen mit einem Bohrgerät sind erheblich aufwändiger und sollten mit dem im Anschluss zu planenden Bau eines Förderbrunnens verbunden werden.

5. Bau von Förderbrunnen

5.1 Bohrverfahren

Die gängigen Bohrverfahren für den Bau von Förderbrunnen sind Trocken- und Spülbohrverfahren. Ausführliche Beschreibungen sind dem DVGW-Arbeitsblatt W 115 zu entnehmen.

Trockenbohrungen

Trockenbohrungen im Lockergestein werden aus Kostengründen nur bis in Tiefen von rund 80 m abgeteuft. Je nach Endteufe und geologischen Verhältnissen werden eine oder mehrere Rohrtouren benötigt. Der Boden wird in Abhängigkeit von der Bodenart mit speziellen Bohrwerkzeugen (z.B. Schappe, Schnecke, Ventilbohrer) aus der voreilenden Verrohrung erbohrt. Der Bohrvorgang erfolgt grundsätzlich mit einer Wasserauflast, um keinen hydraulischen Grundbruch zu erzeugen.

Auf kontaminierten Standorten ist die erste Rohrtour als Schutzverrohrung oder in der Bohrung verbleibendes Sperrrohr in die erste angetroffene hydraulisch wirksame Trennschicht unterhalb der Kontamination abzusetzen (Näheres siehe Merkblatt Nr. 3 „Bau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen“).

Spülbohrungen

Spülbohrungen eignen sich in der Regel für den Bau von Förderbrunnen mit größerer Tiefe und größerem Durchmesser. Die Bohrlochwand wird durch eine Spülung gestützt, damit die Bohrung nicht durch Nachfall zerstört wird. Weiterhin dient die Spülung zur besseren Förderung des Bohrgutes. Die Bohrspülung setzt sich aus Wasser und besonderen Spülmittelzusätzen (Bentonite, künstliche Polymere) zusammen und ist den örtlichen Verhältnissen anzupassen (Näheres siehe DVGW-Merkblatt W 116). Die Anmischung der Bohrspülung erfolgt in einem Mischbehälter mit Rührwerk. In Spülgruben wird das Spülmittel-Bohrgut-Gemisch aufgefangen. In Wasserschutzgebieten sind anstelle von Spülgruben geeignete Spülbehälter zu verwenden. Eine ordnungsgemäße Entsorgung der Bohrspülung ist generell sicherzustellen.

Es wird unterschieden zwischen direktem und indirektem Spülbohrverfahren. Bei den direkten Verfahren wird die Spülung durch das Bohrgestänge zur Bohrlochsohle gepumpt. Das Bohrgut wird dabei über den Ringraum zwischen Gestänge und Bohrlochwand ausgetragen. Beim indirekten Verfahren wird die Spülung durch das Gestänge zusammen mit dem Bohrgut abgesaugt (Lufthebeverfahren, Saugbohrverfahren). Derzeit wird überwiegend das Lufthebebohren angewendet. Die nachfolgende Tabelle vergleicht die vorgestellten Bohrverfahren bezüglich Bohrdurchmesser und Bohrtiefe.

Gängige Bohrverfahren:

Bohrverfahren	Bohrdurchmesser	Bohrtiefe	Bemerkung
Trockenbohrungen mit hydraulisch betriebenen Bohrgeräten	Bohrrohre nach DIN 4918 (9.89) mit Gewindeverbindung 160 bis ca. 600 mm; ab 600 bis 2000 mm Nietbohrrohre nach DIN 4928	Einsatz bis ca. 100 m durch Teleskopieren von Rohrtouren	Bohrtiefe ist abhängig von der Leistung des hydraulisch betriebenen Verrohrungsdrehtisches
direkte Spülbohrung	100 bis 400 mm	Einsatz bis ca. 500 m	Bohrtiefe ist abhängig von der Maschinenleistung
indirekte Spülbohrung	200 bis 2000 mm	Einsatz bis ca. 700 m	Lufthebebohrverfahren, Bohrtiefe ist abhängig von der Maschinenleistung, bessere Probenqualität (Siebanalyse) als beim direkten Spülbohrverfahren

Schichtenverzeichnisse und Bodenproben

Das Führen von Schichtenverzeichnissen und die Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung der geologischen Schichtung hat gemäß den DIN-Normen 4021, 4022 und 4023 zu erfolgen. Weitere Hinweise zur Gewinnung von Bodenproben können dem DVGW-Arbeitsblatt W 114 entnommen werden.

In jedem Fall sind die Bodenproben mit dem Schichtenverzeichnis des Bohrunternehmens und die ggf. vorhandenen Ergebnisse der geophysikalischen Untersu-

chungen beim Geologischen Landesamt, Billstraße 84, 20539 Hamburg, einzureichen. Der Wasserbehörde ist das vom Geologischen Landesamt geprüfte Schichtenverzeichnis mit der endgültigen Dokumentation zu übergeben.

5.2 Geophysikalische Untersuchungen

Beim Bau von Förderbrunnen in tieferen Grundwasserstockwerken mittels Spülbohrungen sind geophysikalische Untersuchungen im offenen Bohrloch zur teufengerechten Festlegung des Ausbaus und nach Fertigstellung des Förderbrunnens zur Kontrolle des Ausbaus notwendig (siehe Anlage 7). Weitere umfassende Informationen zu geophysikalischen Messungen sind im DVGW-Arbeitsblatt W 110 enthalten. Folgende Untersuchungen gehören zum Standardprogramm eines mit Stahl bzw. Kunststoff ausgebauten Förderbrunnens:

Offenes Bohrloch

Kaliber-Log (CAL)

Gamma-Log (GR)

Fokussiertes Elektro-Log (FEL)

Bohrlochabweichung (BA, bei Bohrungen ab ca. 100 m)

optional:

Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG.D)

Salinitäts- und Temperatur-Log (SAL/TEMP)

ausgebauter Förderbrunnen

Fokussiertes Elektro-Log (FEL, nur bei Kunststoffverrohrung)

Gamma-Log (GR, ggf. segmentiert)

Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG.D, ggf. segmentiert oder rotierend)

Salinitäts- und Temperatur-Log (SAL/TEMP)

optional:

Kaliber-Log (CAL)

Magnet-Log (MAL), nur bei Verwendung von ferromagnetischen Tonabdichtungen

Flowmeter (FLOW), nur zur Ermittlung der Zuflussbereiche in langen Filterstrecken

Die Messungen und die Auswertung der Ergebnisse sind von fachkundigem Personal mit geophysikalischem und hydrogeologischem Sachverstand durchzuführen. Das Messprogramm ist je nach Bohrverfahren und Ausbau des Förderbrunnens individuell zusammenzustellen. Primäre Untersuchungsziele sind im offenen Bohrloch die Überprüfung der Geologie und im ausgebauten Zustand die Lage und Homogenität der Ringraumabdichtung/Ringraumverfüllung, die Dichtigkeit der Aufsatzrohre und die Lage der Filterstrecke.

5.3 Ausbauprinzipien

Beim Ausbau von Förderbrunnen sind aus Sicht des Grundwasserschutzes folgende Prinzipien zu beachten:

- Sofern beim Ausbau hydraulisch wirksame Trennschichten durchstoßen werden, muss beim Bau von Förderbrunnen auf kontaminierten Standorten entweder eine Sperrrohrtour (verbleibt im Untergrund) eingebaut oder alternativ mit Schutzverrohrung gebohrt werden (Einbauvarianten siehe Anlage 2 und 3).

- Aufsatzrohre sind in größtmöglichen Längen einzubauen, um die Anzahl der Rohrverbindungen zu reduzieren und damit potentielle Fremdwasserzuflüsse zu minimieren.
- Die gesamte Rohrtour ist mittels mehrarmiger Abstandshalter zentrisch einzubauen, damit eine ordnungsgemäße Ringraumverkiesung und -abdichtung durchgeführt werden kann. Entsprechend den geologischen Verhältnissen (Ton, Kies) und je nach Tiefe des Brunnens sind Abstände von 4 bis max. 20 m zu wählen. Bei Ausbaudurchmessern größer als 200 mm sind 4-armige Abstandshalter einzubauen.

Hinweis: Der Einbau eines Sperrrohres ist aus bohrtechnischen Gründen empfehlenswert, wenn aufgrund der örtlichen geologischen Verhältnisse mit hohen Spülungsverlusten zu rechnen ist (z.B. heterogene, gut durchlässige Auffüllungen, grobkörnige Sande und Kiese).

5.4 Ausbaumaterial

Als Ausbaumaterial sind überwiegend PVC-Rohre nach DIN 4925, Edelstahl (z.B. 1.4301, 1.4404, 1.4471) und unbehandelte Stahlrohre (z.B. St 37) geeignet. Entscheidend für die Materialwahl sind Brunnendurchmesser und -tiefe, die Förderleistung, Regenerierbarkeit und die Grundwasserbeschaffenheit.

Es sind grundsätzlich zugfeste Rohrverbindungen nach DIN 2999 und 4925 einzusetzen. Vollwandrohre müssen so dimensioniert sein, dass die Gewinde-/Rohrverbindungen die Zugkräfte, die durch den hängenden Einbau entstehen, aufnehmen können. Darüber hinaus müssen sie dem bei einer Ringraumverpressung auftretenden Überdruck sowie dem bei der Wasserförderung (Pumpenleistung) entstehenden Unterdruck standhalten. Druckdichte Rohrverbindungen für Aufsatzrohre aus PVC, die vor direktem Eintritt von Fremdwasser schützen, sind in Durchmessern bis zu DN 350 erhältlich.

Als Filterrohre werden überwiegend Wickeldrahtfilter aus Stahl, Edelstahl oder Kunststoff eingesetzt. Aufgrund ihrer relativ großen Eintrittsfläche und des somit geringen Eintrittswiderstands sind hohe Förderleistungen erzielbar. Weiterhin kommen geschlitzte Filterrohre aus PVC sowie Schlitzbrückenfilter aus Stahl und Edelstahl zum Einsatz. Die Schlitzweite der Filterrohre und die Körnung des Filterkieses sind auf das umliegende Gebirge abzustimmen (siehe auch Kap. 5.5).

Die Wahl des Filterrohrtyps ist von den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängig und sollte frühzeitig festgelegt werden, da mit Lieferzeiten für besondere Materialien und Bauformen gerechnet werden muss. Folgenden Faktoren sind zu berücksichtigen: Fördermenge, geplante Nutzungsdauer, Regenerierbarkeit, Grundwasserqualität und hydrogeologische Gegebenheiten.

Filtermaterial für Förderbrunnen

Filtertyp/Material	Durchmesser DN [mm]	freie Eintrittsfläche [%]	Regenerierbarkeit
geschlitzt/PVC	35 bis 600	5 bis 10	bedingt
Wickeldraht/PVC	50 bis 300	21 bis 25	gut
Wickeldraht/ Edelstahl	50 bis 450	10 bis 60	sehr gut
Schlitzbrücke/Stahl beschichtet, Edelstahl	100 bis 800	13 bis 23	bedingt

5.5 Filterkiesschüttung

Die Filterkiesschüttung ist bei Förderbrunnen im Lockergestein ein wesentlicher Bestandteil des Brunnenausbaus. Eine optimal abgestimmte Kiesschüttung sorgt dafür, dass

- die Feinanteile beim Entsandern den Filterbereich passieren können,
- der Sand während des Betriebes zurückgehalten wird und
- ein Stützkorn zum Schutz des Filters vorhanden ist.

Die Anzahl der Kiesschichten und die zu wählenden Korndurchmesser für die einzelnen Filterkiesschichten richten sich nach der Kornzusammensetzung des Grundwasserleiters. Deshalb ist in der Regel aus dem Bohrgut der wasserführenden Schicht eine Siebkurve zu ermitteln. Aus den Ergebnissen wird dann gemäß DIN 4924 „Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter“ bzw. gemäß DVGW-Merkblatt W 113 das entsprechende Filterkiesmaterial ausgewählt. Die Körnung des Filterkieses kann in einfachen Fällen auch Tabellen entnommen werden. Als Filterkiesmaterial dürfen ausschließlich runde, glatte Körner zum Einsatz kommen. Plattige, gebrochene Materialien führen zum Verstopfen der Filteröffnungen und dürfen deshalb nicht verwendet werden.

Sofern der genutzte Grundwasserleiter eine Gesamtmächtigkeit von mindestens 20 m aufweist und innerhalb dieses Bereiches verschiedenartige, mindestens 5 m mächtige, eindeutig definierte Schichten vorhanden sind, kann es sinnvoll sein, Kiesschüttungen und Filterrohre teufendifferenziert einzubauen. Dieses Vorhaben erfordert allerdings genaue Kenntnisse des Untergrundes und einen exakten Einbau der Filtermaterialien.

Bei feinkörnigen Grundwasserleitern ist aus hydraulischen Gründen auch das Einbringen von zwei- oder dreifachen Kiesschüttungen in Erwägung zu ziehen. Der Einbau erfolgt mit Hilfe von Schüttrohren oder Gewebekörben.

Die Schichtdicken der Kiesschüttungen ergeben sich aus DIN 4924 und sind abhängig vom gewählten Filterkorndurchmesser.

Bei den Arbeiten ist sicherzustellen, dass der Filterkies auch im Fall späterer Setzungen im Ringraum den gesamten Filterrohrbereich umgibt. Deshalb sind Unter- und Überschüttungen der Filterstrecke vorzunehmen. Das Maß für die Überschüttung beträgt überschlägig 10 % der Filterstreckenlänge, als Unterschüttung ist mindestens 1 m vorzusehen.

5.6 Ringraumabdichtung

Im Bereich hydraulisch wirksamer Trennschichten ist der Ringraum mit dichtenden Materialien zu verfüllen. Dies kann entweder durch den Einbau einer Tonmehl-Zement-Suspension oder durch Dichtungstone erfolgen. Der Einbau einer Ringraumabdichtung muss in jedem Fall sorgfältig kontrolliert (z.B. durch regelmäßiges Loten) und dokumentiert werden (s. Anlage 6).

a) Tonmehl-Zement-Suspensionen (Ringraumverpressung)

Zur Vermeidung von Hohlraum- und Brückenbildungen ist der Ringraum bei tiefen Förderbrunnen (> 100 m) oberhalb des Filterbereiches vollständig von unten nach oben zu verpressen. Sofern flachere Förderbrunnen auf kontaminierten Standorten errichtet werden, ist gleichfalls eine Abdichtung mit Suspension in Kombination mit Dichtungstonen vorzunehmen (siehe Anlage 2).

Material	Tonmehl-Zement-Suspension z.B. Troptogel, Brutoplast oder gleichwertig
Einbringung	bei tiefen Förderbrunnen mittels Verpressstück oder über Verpressrohre/Zementationsgestänge bei flachen Förderbrunnen bis ca. 10 m (Unterkante Trennschicht) mittels Rohr oder Schlauch; Einbau von unten nach oben
Abbindezeit	gemäß Herstellerangaben (ca. 12 h)

Zwischen Filterkies und Suspension ist bei Trockenbohrungen eine ca. 0,5 m mächtige Schicht aus quellfähigem Dichtungston einzubauen. Dadurch wird verhindert, dass Suspension in die Filterstrecke gelangen kann. Bei Verwendung einer grobkörnigen Filterkiesschüttung, z.B. 3,15 - 5,6 mm, ist zusätzlich vor Einbau des Dichtungstones ein ca. 0,5 m mächtiger Gegenfilter aus Filtersand einzubringen.

b) Dichtungstone (Tonsperre)

Sofern eine Abdichtung mit Suspension nicht erforderlich ist, sind Tonsperren im Ringraum im Bereich von hydraulisch wirksamen Trennschichten einzubauen.

Mächtigkeit	>= 5 m; bei hydraulisch wirksamen Trennschichten von < 5 m mindestens Gesamtmächtigkeit der Trennschicht
Material	hochquellfähige strahlungsaktive oder ferromagnetische Tonpellets, z.B. Quellon WP/HD oder gleichwertiges Material (Vorteil bei Quellon HD: eindeutiger geophysikalischer Nachweis im MAL-Log) Hinweis: bei hohen Salzgehalten > 10 g/l und Öl in Phase ist eine Ringraumabdichtung mit Suspension erforderlich!
Quellzeiten	Quellbeginn nach ca. 15 min. Vor dem Überschütten der Tonsperren mit Filter- bzw. Füllkies sind die vom Hersteller angegebenen Quellzeiten abzuwarten.

5.7 Entsandung und Pumpversuch

Nach Fertigstellung des Ausbaus erfolgt die **Entsandung** des Brunnens. Dabei werden:

- der Restsandgehalt im Brunnenwasser entsprechend DVGW-Merkblatt W 119 ermittelt,
- der Porenraum im angrenzenden Grundwasserleiter durch Entfernen der Feinanteile vergrößert und
- die durch die Ausbaumaßnahme eventuell eingetragenen Fremdstoffe (z.B. Spülungsflüssigkeit) aus dem Filterbereich und dem angrenzenden Grundwasserleiter entfernt.

Entsprechend der späteren Brunnennutzung und dem Verwendungszweck des Wassers bestehen verschiedene Anforderungen an den Restsandgehalt des geförderten Wassers. Beispielsweise sind besonders hohe Anforderungen dort zu stellen, wo das geförderte Wasser direkt dem Verbraucher zufließt (Näheres siehe DVGW-Merkblatt W 119). Eine weitreichende Entsandung ist allerdings nur dann möglich, wenn ein dem anstehenden Gebirge optimal angepasster Filterkies gewählt worden ist (vgl. Kapitel 5.4).

In der Praxis kommen folgende Entsandungsmethoden zur Anwendung:

- *Schocken* mittels Pumpen oder Luft,
- *Stöpseln bzw. Kolben* mittels Entsandungskolben
- *Intensiventsanden durch abschnittsweises Abpumpen* mittels Entsandungsseiler oder einer mit Manschetten versehenen U-Pumpe
- *Entsanden mittels Hochdruck* (HD-Technik) und
- *Klarpumpen* mit etwa der 1,5-fachen späteren Brunnenbetriebsleistung.

Einzelheiten dazu sind sowohl der DIN 18302 als auch dem DVGW-Merkblatt W 117 „Entsanden und Entschlammern von Bohrbrunnen (Vertikalbrunnen) im Lockergestein und Verfahren zur Feststellung überhöhten Eintrittswiderstandes“ zu entnehmen.

Der anschließende **Pumpversuch** liefert Aussagen über die Leistungsfähigkeit eines Förderbrunnens und bildet somit den Nachweis über die Qualität des Brunnenausbaus. Der Pumpversuch dient dazu festzustellen, ob die geforderte Wassermenge bei einer zulässigen Absenkung des Wasserspiegels sandfrei gefördert werden kann. Die dabei anfallenden Daten sind umfassend zu protokollieren, damit sie als Vergleichswerte für spätere Maßnahmen am Brunnen zur Verfügung stehen. Diese Aufzeichnungen sind beispielsweise für Brunnenregenerierungen unerlässlich (Details siehe DVGW-Arbeitsblatt W 111).

Eine wasserrechtliche Erlaubnis zur Durchführung eines Pumpversuches ist nicht erforderlich, wenn der Pumpversuch mit geringen Mengen zu einem vorübergehenden Zweck erfolgt. Über die Erlaubniserfordernis entscheidet die zuständige Wasserbehörde (BUG-W 12) im Einzelfall. Für die Einleitung des beim Pumpversuch anfallenden Wassers ins Sielnetz, in ein Oberflächengewässer oder ins Grundwasser (Versickerung) ist in jedem Fall eine Genehmigung/Erlaubnis bei der zuständigen Behörde einzuholen.

5.8 Kopfausbildung

Die Kopfausbildungen von Förderbrunnen werden in der Regel als Schachtbauwerke (Brunnenvorschacht oder Brunnenstube) entsprechend den Anforderungen des Betriebes und der Nutzung ausgeführt (vgl. DVGW-Arbeitsblatt W 122 „Abschlussbauwerke für Brunnen der Wassergewinnung“). Schachtbauwerke müssen sauber und trocken sowie gegen Erdfeuchte geschützt sein. Gegebenfalls sind auch bauliche Maßnahmen gegen drückendes Wasser vorzunehmen (Beispiel s. Anlage 5). Auf kontaminierten Standorten sind Schachtbauwerke einschließlich der zugehörigen Rohr- und Kabeldurchführungen gas- und wasserdicht auszuführen.

5.9 Förderpumpen

Für die Grundwasserförderung werden überwiegend Unterwassermotorpumpen (U-Pumpen) eingesetzt. U-Pumpen werden unter Berücksichtigung der Förderleistung und der Förderhöhe in entsprechender Tiefe unterhalb des Wasserspiegels im Förderbrunnen eingebaut.

Anhand der Kriterien Ausbaudurchmesser, geplanter Fördermenge (Ergiebigkeit des Grundwasserleiters; Durchlässigkeitsbeiwert), Lage des Grund- und Betriebswasserspiegels sowie mit Hilfe von Pumpenkennlinien wird eine geeignete Förderpumpe ausgewählt. Die richtige Wahl des Gehäusematerials und der mediumberührten Teile setzt voraus, dass die Beschaffenheit des Grundwassers bekannt ist. Deshalb ist es sinnvoll, bereits beim Klarpumpen bzw. Pumpversuch eine Wasserprobe zu entnehmen und zu analysieren.

Geeignete Materialien für Förderpumpen und Förderleitungen müssen korrosions- und chemisch beständig sein. Diese Anforderungen erfüllen z.B. niedrig legierte Edelstähle, Hartmetall, PTFE-Werkstoffe (Teflon), Bronze oder Keramik.

6. Bauaufsicht

Die Erfahrungen bei der Überprüfung vorhandener Förderbrunnen und Grundwassermessstellen haben gezeigt, dass viele Ausführungsmängel durch eine qualifizierte Bauaufsicht eines vom Auftraggeber beauftragten Ingenieur-Büros oder Sachverständigen vermieden werden können. Die Aufgabe der Bauaufsicht besteht in der kompetenten fachlichen Begleitung der Baumaßnahme von Beginn an bis zur Abnahme und Prüfung der Dokumentationsunterlagen. Das Merkblatt Nr. 5 „Bauaufsicht beim Bau von Grundwassermessstellen“ gibt diesbezüglich Hinweise für Überwachungsphasen, die vornehmlich für den Bau von Grundwassermessstellen gedacht, jedoch auch auf den Bau von Förderbrunnen anwendbar sind. Zur Vermeidung hydraulischer Verbindungen zwischen verschiedenen Wasserleitern ist vor allem der teufengerechte und homogene Einbau von Ringraumabdichtungen von großer Wichtigkeit und bedarf von daher einer intensiven Überwachung. Der engen Abstimmung zwischen Bauaufsicht und ausführender Bohrfirma, z.B. bei Abweichungen von der ursprünglichen Planung, kommt folglich eine besondere Bedeutung zu.

7. Dokumentation

Eine vollständige Dokumentation der Baumaßnahme ist für die Darstellung der ordnungsgemäßen Bauausführung zwingend erforderlich. Nur auf Basis dieser Unterlagen können später auftretende Probleme analysiert und daraus resultierende Regenerierungs-, Sanierungs- oder Rückbaumaßnahmen fachgerecht durchgeführt werden. Ergänzend zu der vom Bohrunternehmen zu erstellenden Dokumentation

müssen während der Bauarbeiten wichtige Angaben von der Bauaufsicht oder vom Auftragnehmer protokollarisch erfasst werden. Folgende Unterlagen sind dafür zu verwenden:

- Ausbauskizze Förderbrunnen (Anlage 4),
- Protokoll „Bau und Überwachung“, Fall A (Anlage 6),
- Tagesberichte der Bauaufsicht.

Die nachfolgenden Angaben gehören zu den Stammdaten eines Förderbrunnens und sind der Behörde vorzulegen:

1. Brunnennummer (bei der BUG vorab zu beantragende 5-stellige Nr.),
2. Einmessung der Lage nach Gauß-Krüger Koordinatensystem einschließlich einer Einmess-/Lageskizze mit dauerhaft wiederauffindbaren Bezugspunkten, Einmessung der Höhe der Peilrohröffnung am Brunnenkopf und der Geländehöhe auf m NN,
3. vom Geologischen Landesamt geprüfetes Schichtenverzeichnis; das ungeprüfte Schichtenverzeichnis mit den Bodenproben ist dem Geologischen Landesamt vorzulegen (Schichtenverzeichnis in Papierform und im SEP-Format),
4. Bohrdurchmesser, Bohrverfahren,
5. Ausbauzeichnung mit vollständigen Angaben zu eingebauten Materialien,
6. Ringraumabdichtung: Suspension bzw. Ton => Einbautiefe, Mächtigkeit, Material, Menge,
7. Daten der Förderpumpe (Fabrikat, Typenbezeichnung, max. Fördermenge, Förderhöhe, Pumpenkennlinie, Drehzahlregelung ja/nein); Angaben zur Steigleitung (Durchmesser, Material),
8. Abnahmeprotokoll, Pumpversuchsprotokoll, Entsandungsprotokoll,
9. Geophysikalische Messergebnisse einschließlich auswertendem Bericht (in der Regel nur bei Spülbohrungen),
10. durchgeführte Untersuchungen wie z.B. Siebanalysen, Auffüllversuche, Wasseranalysen, Wasserstandsmessungen.

Sämtliche Angaben sind von der Bauaufsicht auf Vollständigkeit, fachtechnische Richtigkeit und Plausibilität zu überprüfen. Dies gilt ebenso für das Aufmaßprotokoll und die Massenermittlungen.

8. Brunnenbauunternehmen

Beim Neubau von Förderbrunnen wird empfohlen, nur Brunnenbauunternehmen zu beauftragen, die über eine Zertifizierung gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 120 verfügen. Die Zertifikate werden nach fachspezifischen Qualifikationskriterien vergeben, die vornehmlich verfahrens- und teufenabhängig sind.

9. Anlagen

Anlage 1: Checkliste „Planung und Bau von Förderbrunnen“

Anlage 2: Beispiel für Förderbrunnen mit Schutzverrohrung

Anlage 3: Beispiel für Förderbrunnen mit Sperrrohr

Anlage 4: Ausbauskizze Förderbrunnen

Anlage 5: Beispiel für Brunnenvorschacht

Anlage 6: Protokoll „Bau und Überwachung“

Anlage 7: Geophysikalische Kontrollmessungen und ihre Einsetzbarkeit

10. Literatur

DVGW - Technische Mitteilung - Merkblatt W 110 „Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser“, Stand: Juni 1990

DVGW - Technische Mitteilung - Arbeitsblatt W 111 „Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung“, Stand: März 1997

DVGW - Technische Mitteilung - Arbeitsblatt W 114 „Gewinnung und Entnahme von Gesteinsproben bei Bohrarbeiten zur Grundwassererschließung“, Stand: Juni 1989

DVGW - Technische Mitteilung - Merkblatt W 116 „Verwendung von Spülungsätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser“, Stand: April 1998

DVGW - Technische Mitteilung - Merkblatt W 117 „Entsanden und Entschlammern von Bohrbrunnen (Vertikalbrunnen) im Lockergestein und Verfahren zur Feststellung überhöhten Eintrittswiderstandes, Stand: Dezember 1975 (Neufassung in Arbeit)

DVGW - Technische Mitteilungen - Merkblatt W 119 „Über den Sandgehalt in Brunnenwasser -Bestimmung von Sandmengen im geförderten Wasser, Richtwerte für den Sandgehalt-“, Stand: Februar 1982

DVGW - Technische Regel - Arbeitsblatt W 120 „Qualifikationskriterien für Bohr-, Brunnenbau- und Brunnenregenerierunternehmen“, Stand: Juli 2001

DVGW - Technische Mitteilung - Arbeitsblatt W 122 „Abschlussbauwerke für Brunnen in der Wassergewinnung“, Stand: August 1995

DVGW - Technische Mitteilung - Arbeitsblatt W 123 „Bau und Ausbau von Vertikalförderbrunnen“, Stand: September 2001

DIN 18302 „Brunnenbauarbeiten“, Stand: Juni 1996

DIN 4924 „Sande und Kiese für den Brunnenbau“, Stand: April 1995

DIN 4943 „Zeichnerische Darstellung und Dokumentation von Brunnen und Grundwassermessstellen“, Stand: Juni 2003 (Gelbdruck)

Bieske; „Bohrbrunnen“; 8. Auflage; Oldenbourg 1998

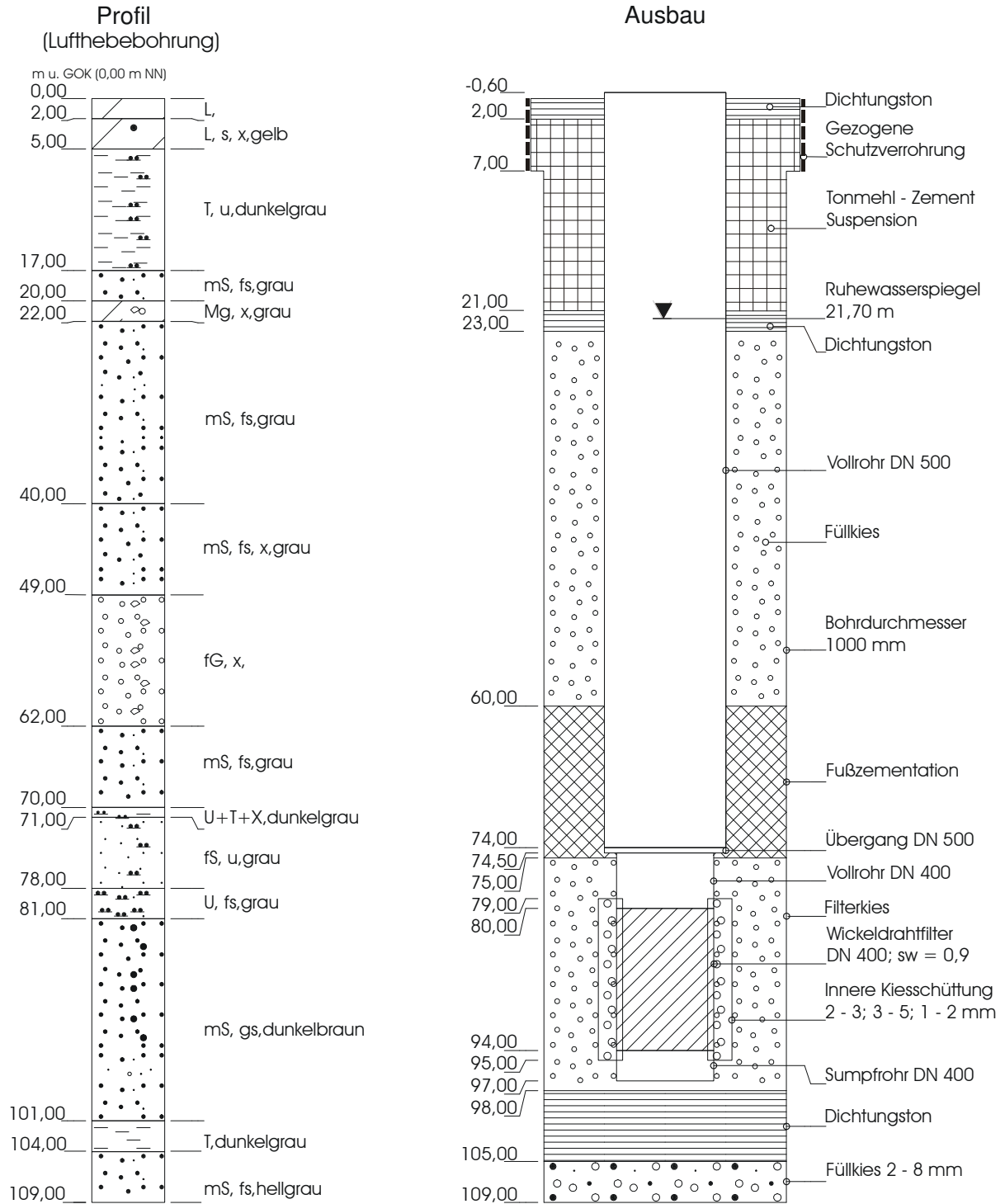
Anlage 1Planung und Bau von Förderbrunnen

Checkliste zum Verfahrensablauf

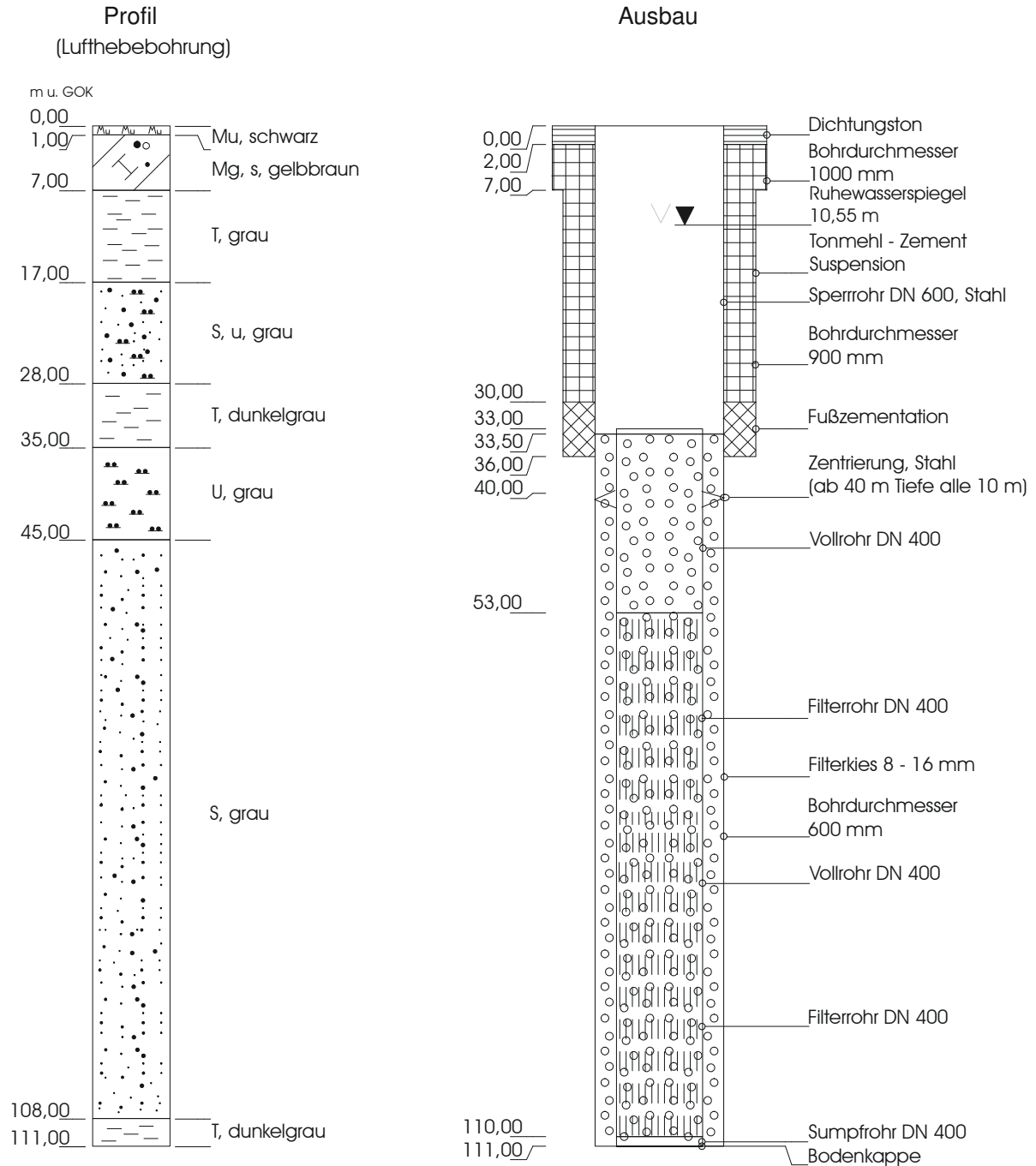
	Verfahrensschritt	Verantwortlicher/ Ausführender	Informationsquelle	Bemerkung
1	Wasserbedarfsermittlung	Bauherr		
2	Information zur Geologie (z.B. Grundwasserleiter, Deckschichten, zu erwartende Brunntentiefe)	Bauherr	BUG - Geologisches Landesamt, Billstraße 84, 20539 Hamburg	sofern keine ausreichenden Informationen über den Standort vorliegen, muss eine Aufschlussbohrung durchgeführt werden
3	Standortbestimmung, Orts-termin, Prüfung der Durchführbarkeit	Bauherr ggf. unter Hinzuziehung eines Ingenieurbüros oder Bohrunternehmens	BUG - Gewässer- und Bodenschutz, Billstraße 84, 20539 Hamburg	Umwelteinwirkungen beachten, z.B. Altlasten, Abwasseranlagen
4	Einholen einer wasserrechtlichen Erlaubnis	Bauherr	BUG - Gewässer- und Bodenschutz	
5	Ingenieurtechnische Begleitung/ Erstellen der Ausschreibungsunterlagen, Ausschreibung	Bauherr bzw. Ingenieurbüro	Industrie- und Handelskammer, Branchenbuch	Optional: Einschaltung eines Sachverständigen/Ingenieurbüros (empfehlenswert)
6	Angebotsauswertung, Wahl des Bohrunternehmens, Auftragsvergabe	Bauherr	DVGW www.dvgw.de	Zertifikat W 120 beachten, optional: Einschaltung eines Sachverständigen/Ingenieurbüros (empfehlenswert)
7	Klärung der Bauüberwachung	Bauherr bzw. Ingenieurbüro	Industrie- und Handelskammer, Branchenbuch	Empfehlenswert: Einschaltung eines Sachverständigen/Ingenieurbüros
8	Bauausführung	Bohrunternehmen		
9	Geophysikalische Untersuchungen	Bohrunternehmen, Ingenieurbüro		entsprechend Kapitel 5.2
10	Entsandung, Pumpversuch	Bohrunternehmen		unbedingt erforderlich zum Nachweis der Leistungsfähigkeit
11	Dokumentation	Bohrunternehmen, Ingenieurbüro		
12	Abnahme	Bauherr bzw. Ingenieurbüro		

Anlage 2

Beispiel für Förderbrunnen ohne Sperrrohr auf kontaminiertem Standort



Beispiel für Förderbrunnen mit Sperrrohr



Ausbauskitze Förderbrunnen

Stichwort: _____

Brunnen-Nr.: _____

	Unmaßstäblich	geplanter Ausbau
Tiefe [m u. GOK]	Bohrendurchmesser	_____ mm
	Schutzrohr	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
	Teufe des Schutzrohres	_____ m
	Bohrtiefe	_____ m
	Ausbaudurchmesser DN	_____
	Ausbaumaterial	_____
	Wandstärke	_____ mm
	Filterlänge	_____ m
	Abstandshalter alle	_____ m
	Sumpfrohlänge	_____ m

Abdichtungen sind mit Maßangaben in die Skizze einzutragen!

Legende:

- | | | |
|----------------------|----------------|--|
| Sand (S), Kies (G) | Klei (KI) | B = Bohrgut |
| Ton (T) | Schluff (U) | F = Füllkies/-sand |
| Geschiebemergel (Mg) | Auffüllung (A) | Ab = Abdichtung (Ton-pellets/Suspension) |

Angaben zur Ringraumabdichtung:

Tonabdichtung

Material _____

Hersteller _____

Verpackung _____

Quellzeiten beachtet: ja nein

Suspension

Material _____

Hersteller _____

Menge in Liter _____

Anmischung _____

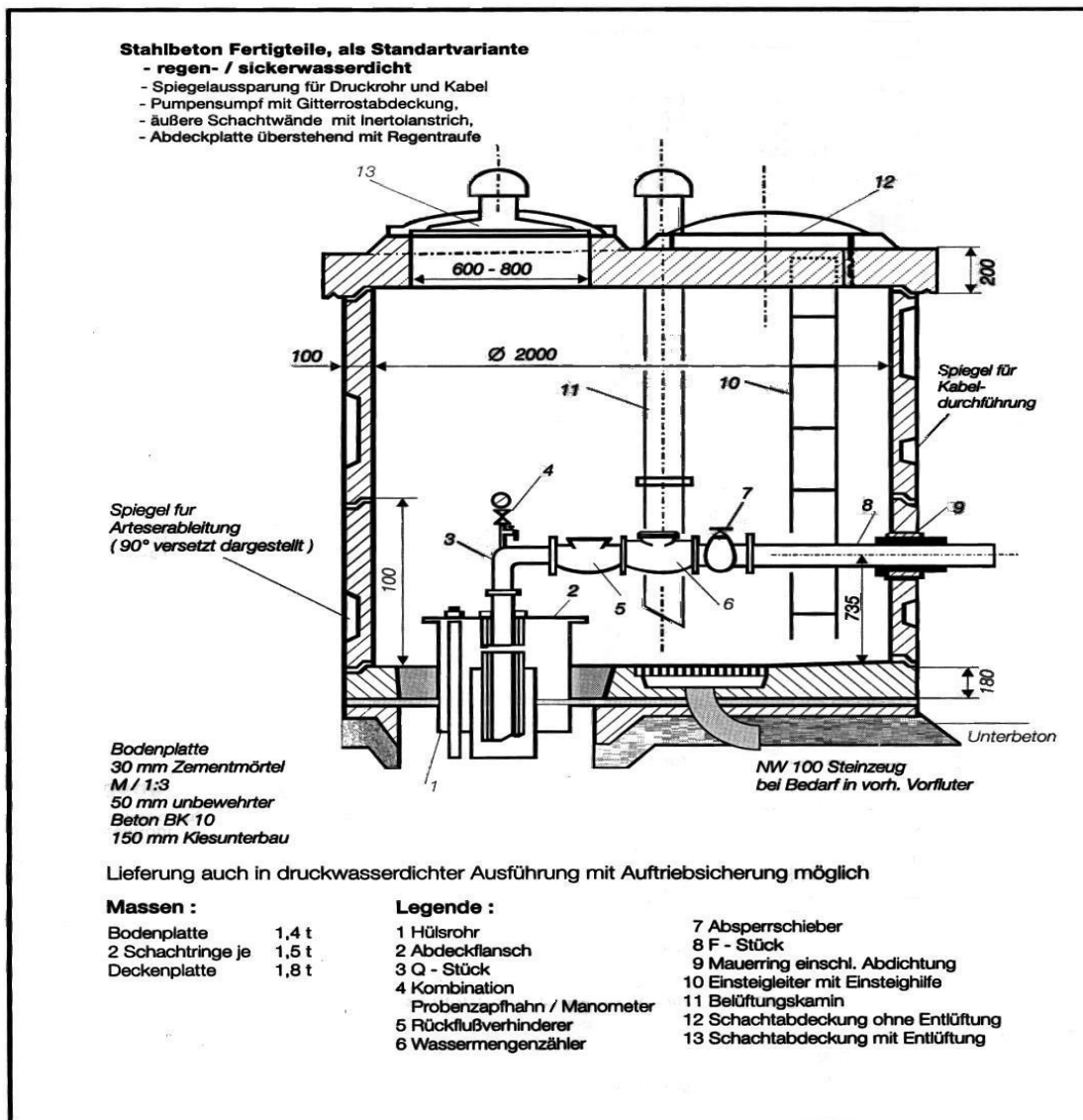
Abbindezeit _____ Stunden

Unterschriften: _____
AG

_____ Hamburg, den _____
AN

Brunnenschächte

Brunnenschachtdurchmesser 2000 mm x 2000 mm, mehrteilig



Anlage 6

Bau und Überwachung

**Bau, Sanierung und Rückbau von Förderbrunnen und Grundwassermessstellen
- Deckblatt -**

Auftraggeber (AG): _____ Tel.: _____

Anschrift: _____

Auftragnehmer (AN): _____ Tel.: _____

Bauvorhaben: _____

Bohrmeister: _____

FB/GWM-Nr.: * _____

Lage _____ Hochwert: _____ Rechtswert: _____

Aktenzeichen BUG: _____

* FB = Förderbrunnen / GWM = Grundwassermessstelle

Förderbrunnen **GWM** **Aufschlussbohrung** **Absenkbrunnen**

Neubau **Sanierung** **Rückbau**

„A“ Neubau „B“ Sanierung „C“ Rückbau „D“ GW-Absenkung

Bitte Protokoll gemäß vorliegendem Index „X“ ausfüllen.

	„A“	„B“	„C“	„D“
Seite 1: Deckblatt	X	X	X	X
Seite 2: Ausbauprotokoll	X	X	/	X
Seite 3: Ringraumabdichtung	X	X	X	X
Seite 4: Geophysikalische Vermessungen
Seite 5: Kamerabefahrung	/
Seite 6: Verfüllung	/	/	X	X

... = wird je nach Bedarf durch die Wasserbehörde festgelegt

Datum: _____
Auftraggeber

(Firma / Unterschrift)

Datum: _____
Auftragnehmer / Bohrfirma

(Firma / Unterschrift)

Bau und Überwachung - Ausbauprotokoll -

Bauvorhaben: _____
FB/GWM-Nr. _____ **Aktenzeichen BUG:** _____

I. Ausbau:

Datum: _____
 Messpunkt: _____ m GOK _____ m NN
 Endteufe: _____ m unter GOK _____ m NN
 UK-Filter: _____ m unter GOK _____ m NN
 Bohrverfahren: _____ Ruhewasserspiegel: _____ m u. MP
 Bohrspülmittel: Nein Ja, Handelsnamen: _____
 Werkzeuge für Ausbaumaterialien liegen vor Ja Nein werden nachgereicht
 Schichtenverzeichnis und Ausbauezeichnung liegen vor Ja Nein werden nachgereicht

II. Abdichtung:

Dichtungston Suspensionsabdichtung _____
 Einbaudatum: _____
 Weitere Daten siehe Seite 3 „Ringraumabdichtung“!

III. Filterbereich:

Filter: von _____ bis _____ m \varnothing _____ mm
 von _____ bis _____ m \varnothing _____ mm
 mit ohne Sumpfrohr
 Material: PVC Stahl _____
 Bezeichnung: _____
 Verbindung: Gewinde Flansch _____
 Weitere Daten sind der Ausbauezeichnung zu entnehmen!

IV. Bemerkungen:

Der fachgerechte Ausbau wird bestätigt:

Datum: _____
Auftragnehmer / Bohrfirma _____

 (Firma / Unterschrift)

Bau und Überwachung - Kamerabefahrung -

Bauvorhaben: _____

FB/GWM-Nr.: _____ **Aktenzeichen BUG:** _____

Befahren am: _____ durch die Firma: _____

Video Band/CD-Nr.: _____

Grund der Befahrung: Abnahme Kontrollbefahrung _____

Förderung mit U-Pumpe: Ja, mit Q = _____ m³/h
 Nein, weil _____

Messpunkt: _____ m GOK (oder) _____ m NN

Ruhewasserspiegel bei: _____ m unter MP _____ m NN

Abgesenkter Wasserspiegel bei: _____ m unter MP _____ m NN

Vollrohr/Aufsatzrohr: von _____ m bis _____ m

keine Ablagerungen Ablagerungen

starke Ablagerungen bei _____ m

Art der Ablagerung: Eisen Mangan _____

Gewinde ordnungsgemäß verschraubt? Ja Nein bei _____ m

Risse / Bruchstellen erkennbar? Nein Ja bei _____ m

Filterrohr: von _____ m bis _____ m

Gewindeverbindung Flanschverbindung

Risse / Bruchstellen erkennbar? Nein Ja bei _____ m

Ablagerungen erkennbar? Nein geringe bei _____ m
 starke bei _____ m

Sumpfrohr: von _____ m bis _____ m

Risse / Bruchstellen erkennbar? Nein Ja bei _____ m

Ablagerungen erkennbar? Nein Ja bei _____ m

Auflandungen im Sumpfrohr: Nein Ja bei _____ m

Allgemeine Beurteilung des/der FB/GWM:

in Ordnung defekt **Reparatur:** Ja Nein sonstiges

Datum: _____
Auftragnehmer / Firma

 (Firma / Unterschrift)

Bau und Überwachung - Verfüllung -

Bauvorhaben: _____

FB/GWM-Nr.: _____ **Aktenzeichen BUG:** _____

I. Ausbau:

Endteufe: _____ m unter GOK _____ m NN

OK-Filter: _____ m unter GOK _____ m NN

Bohrverfahren: _____ Deckschicht durchteuft ja nein

Ringraumabdichtung vorhanden: ja nein wenn ja, siehe Seite 3 Ringraumabdichtung

Schichtenverzeichnis und Ausbauezeichnung liegen vor Ja / Nein / werden nachgereicht

II. Verfüllzeitraum:

Beginn der Verfüllarbeiten: Datum _____ Uhrzeit _____

Ende der Verfüllarbeiten: Datum _____ Uhrzeit _____

Unterbrechungen: Datum _____ von _____ bis _____ Uhr

Grund: _____

III. Verfüllung des Filterbereiches:

Filterbereich: von _____ bis _____ m Material: _____ Körnungs- \varnothing _____ mm

Sonstiger Bereich von _____ bis _____ m Material: _____ Körnungs- \varnothing _____ mm

IV. Abdichtung des Vollrohres im Bereich von Tonsperren bzw. wassersperrenden Schichten:

1. Bereich von _____ m bis _____ m u. GOK

Dichtungston Verpressmaterial Bezeichnung: _____

2. Bereich von _____ m bis _____ m u. GOK

Dichtungston Verpressmaterial Bezeichnung: _____

SOLL-Menge:		m ³	IST-Menge:		m ³	Differenz:		m ³
-------------	--	----------------	------------	--	----------------	------------	--	----------------

Weitere Angaben zu den Dichtungsmaterialien sind auf Seite 3 „Ringraumabdichtung“ einzutragen!

V. Brunnenabschluss:

Betonplombe von _____ m bis _____ m u. GOK Material: B 25 B 35 Sonstiges: _____

VI. Abschlussbauwerk:

Abbruch des Vorschachtes: ja nein keiner vorhanden

Verfüllt mit: _____ Abschluss mit: _____

VII. Bemerkungen:

Die fachgerechte Verfüllung wird bestätigt:

Datum: _____
Auftragnehmer / Bohrfirma _____
(Firma / Unterschrift)

Geophysikalische Kontrollmessungen und ihre Einsetzbarkeit

Anlage 7

Bezeichnung	Messgröße	Einsatzzweck	Bewertung der Messmethoden mit und ohne Ausbau			
			Stahl	Kupfer	Kunststoff	offenes Bohrloch
OPT (Kamerabefahrung)	optische Untersuchungen	Kamerabefahrungen werden überwiegend für die Zustandskontrolle von Brunnen und Grundwassermessstellen eingesetzt	1	1	1	3
CAL (Kaliber-Log)	Durchmesser [mm]	Ermittlung des Brunnenkalibers, Schadensermittlung z.B. bei größeren Löchern im Mantelrohr	1	1	1	1
BA (Bohrlochabweichung)	Neigung und Richtung [Grad]	Messung und Bestimmung der Neigung und der Neigungsrichtung eines Bohrloch- oder Brunnenausbaus * Messung mittels Kreiselkompass	1*	1	1	1
TEMP (Temperatur-Log)	Temperatur [°C]	Messungen der Temperaturen der Bohrloch- / Brunnenfüllung u.a. zur qualitativen Ermittlung evtl. Wasserzutrittszonen (Fremdwasserzufluss)	1	1	1	1
SAL (Salinitäts-Log)	spezif. Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Mantelrohr [µS/cm]	Ermittlung der Salinität der Bohrloch- / Brunnenfüllung, u.a. zur qualitativen Ermittlung evtl. Wasserzutrittszonen	1	1	1	1
GR (Gamma-Ray-Log)	natürliche Gammastrahlungsintensitäten [API]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen, Bestimmung des Tongehaltes des Gebirges, Tonsperrennachweis	1	1	1	1
SGL (segmentiertes Gamma-Log; 3 x 120°)	natürliche Gammastrahlungsintensitäten [API]	Überprüfung der Homogenität der Ringraumverfüllung, Kontrolle der Wirksamkeit von Ringraumabdichtungen (Einsatz ab 100 mm)	1	1	1	3
GG.D (R,S) (rotierende bzw. segment. Gamma-Gamma-Messg.)	sek. Gammastrahlungsintensität [g/cm³]	Ermittlung der Lithologie, der Schichtgrenzen und der Dichte des Gebirges sowie der Ringraumverfüllung, -abdichtung, Tonsperrennachweis	1	1	1	1,(2)
NN (Neutron-Neutron-Log)	Intensität thermischer Neutronen [WE=Wassereinheiten]	lithologische Zusatzaussagen zu Schichtgrenzen, zur Porosität und zum Tongehalt, Nachweisverfahren zur Ringraumabdichtung aus nichtmarkierten Tonen	1	1	1	1
MAL (Magnetik-Log)	magnetische Suszeptibilität [API]	Tonsperrennachweis bei Verwendung ferromagnetischer Materialien (z.B. Quellon HD)	3	2	1	3
IL (Induktions-Log)	spezif. Leitfähigkeit des Gesteins [µS/cm]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen hinter nichtmetall. Ausbaumaterialien sowie der Mineralisation des Grundwassers, Nachweis von metallischen Teilen (z.B. Abstandshaltern) im Ringraum	3	3	1	1
FEL (fokussiertes Elektro-Log)	spezifischer Widerstand des Gesteins [Ωm]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen in Aufschlussbohrungen, Kontrolle des Ausbaus auf Leckagen bei nichtmetallischem Material	3	3	1	1
EL (Elektro-Log)	spezifischer Widerstand des Gesteins [Ωm]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen in Aufschlussbohrungen, für Mineralisationsberechnung in Aufschlussbohrungen	3	3	3	1
FLOW (Flowmeter-Log)	Strömungsgeschwindigkeit [U/s oder rpm]	Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers; Lokalisierung und quantitative Bestimmung der Zutrittszonen in offenen oder ausgebauten Bohrlöchern	1	1	1	1
Packertest	Wasserverlust oder -eintritt [l/Std.]	Prüfung der hydraulischen Wirksamkeit von Muffenverbindungen bei begründetem Verdacht von Undichtigkeiten	1	1	1	3