



**Freie und Hansestadt Hamburg**  
**Umweltbehörde**  
**Amt für Umweltschutz**

**Merblätter zur Qualitätssicherung**

**Merblatt Nr. 3**  
**Bau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen**

# 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](mailto:Hartmut.Dittrich@bsu.hamburg.de)

---

**Stand:**

Oktober 1999

Aktualisierung des Impressum:

April 2008

## **Merkblatt Nr. 3**

# **Bau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen**

### **Inhaltsverzeichnis**

<b>1.</b>	<b>Vorbemerkung</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Baulicher Entwurf einer Grundwasserbeschaffenheits- messstelle (GWBM)</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Bohrverfahren</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Bohrdurchmesser</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Bohren auf kontaminierten Standorten</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Ausbau</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Ausbauprinzipien</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Ausbaumaterialien</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Ringraum</b>	<b>5</b>
<b>2.4</b>	<b>Messstellenkopf</b>	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>Klarpumpen der GWBM</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Prüfmethoden</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Geophysikalische Messungen</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Kamerabefahrung (optische Kontrolle)</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Arbeitsschutz</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>Bauaufsicht</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>Projektgespräch</b>	<b>8</b>
<b>7.</b>	<b>Anlagen</b>	<b>9</b>

## 1. Vorbemerkung

Vor dem Hintergrund der großen Anzahl der in Hamburg vorhandenen und neu zu errichtenden Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen (GWBM), insbesondere im Zusammenhang mit der Untersuchung und Sanierung von Altlasten und Schadensfällen mit wassergefährdenden Stoffen, ist es aus Sicht des vorbeugenden Grundwasserschutzes und zur Sicherstellung einer repräsentativen Grundwasseranalytik zwingend notwendig, Qualitätsanforderungen an den Bau und die Bauüberwachung von GWBM zu formulieren und zu vereinheitlichen. Dies haben besonders auch die in jüngster Zeit durchgeführten Überprüfungen des baulichen Zustandes vorhandener Messstellen bestätigt.

Im Folgenden werden die Anforderungen, die beim Bau einer GWBM zu beachten sind, aufgeführt.

Als Ergänzung zu diesem Merkblatt sei auf

- das Merkblatt Nr. 2 „Planung von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen im Bereich von Altlasten und Untergrundverunreinigungen“,
- das Merkblatt Nr. 5 „Bauaufsicht beim Bau von Grundwassermessstellen“ sowie
- das Merkblatt Nr. 6 „Entnahme von Bodenproben bei Bohr- und Sondierarbeiten für die chemische Analytik“

verwiesen.

## 2. Baulicher Entwurf einer Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle (GWBM)

Der Bau einer GWBM ist immer eine Störung des natürlichen Untergrundes und kann in kontaminierten Bereichen, besonders bei unsachgemäßer Ausführung, zu einer Gefährdung des Grundwassers führen. Deshalb fällt der Planungsphase für die Festlegung der Anzahl und Lage neu zu errichtender GWBM eine besondere Bedeutung zu. Wichtig ist die Einbindung bereits vorhandener Messstellen in das geplante Messnetz und die Optimierung der Lage neuer Messstellen. Die Beachtung dieser beiden Kriterien kann zu einer Reduzierung der Projektkosten führen.

Als generelle Vorgaben beim Entwurf sind einzuhalten:

- a) Verfilterung der GWBM nur in einem Grundwasserleiter  
Doppelfilterungen einer GWBM, das heißt das Setzen von zwei Filterstrecken in hydraulisch voneinander getrennten Grundwasserleitern, sind untersagt.
- b) Ausbau als vollkommene GWBM  
Die GWBM ist in der Regel vollkommen, das heißt über die gesamte Grundwassermächtigkeit verfiltert, auszubauen. Bei konkreten Aufgabenstellungen kann die Filterstrecke dem Untersuchungsziel angepasst werden: z.B. Schwimmphase, hydrochemische Schichtung, sehr große Aquifermächtigkeit, angetroffener Wasserstand.

## c) Ausbau von Grundwasserstandsmessstellen

Bei ausschließlicher Nutzung der Messstelle zur Wasserstandsmessung kann eine Filterlänge von 2 bis 5 m vorgesehen werden, wenn in einem begrenzten Schichtbereich des Wasserleiters eine Messung des Potentials vorgenommen werden soll.

## 2.1 Bohrverfahren

Die Wahl des Bohrverfahrens ist von der bekannten oder vermuteten Verunreinigung des Untergrundes und von der geplanten Tiefe der GWBM abhängig. Folgende Bohrverfahren kommen in Betracht:

## a) Flache GWBM

Für den Messstellenbau bis ca. 80 m unter OK Gelände sind wegen der genaueren Bodenansprache Trockenbohrungen entweder mit Kerngewinn (z.B. Rammkernbohrung oder Hohlbohrschnecke bis ca. 15 m) oder ohne Kerngewinn (z.B. Schappen-, Schnecken-, Ventil- oder Greiferbohrung) auszuführen.

## b) Tiefe GWBM

Bohrungen zum Messstellenbau mit Tiefen von mehr als 80 m unter OK Gelände werden in der Regel als Spülbohrungen ohne Kerngewinn, z.B. als Druckspül- oder Lufthebebohrung abgeteuft. Als Spülflüssigkeit wird Wasser mit entsprechenden Spülmittelzusätzen (Bohrbentonite, CMC-Polymere) verwendet. Sie dient zur Verbesserung des Bohrgutaustrages und zur Stabilisierung der Bohrlochwand. Weitere Informationen zur Spülungstechnik enthält Anlage 6 dieses Merkblattes.

## c) Rammkernbohren mit „Überwaschen“

Rammkernbohren mit „Überwaschen“ ist ein besonderes Spülbohrverfahren, mit dem Bodenproben hoher Güteklassen entnommen werden können. Die mit diesem Verfahren gewonnenen weitgehend ungestörten, absolut teufengerechten Kerne machen in vielen Fällen eine geophysikalische Untersuchung der so hergestellten Bohrungen überflüssig.

### 2.1.1 Bohrdurchmesser

Der Bohrdurchmesser wird wegen der Notwendigkeit zur Herstellung eines ausreichend großen Ringraumes wie folgt ermittelt:

$$D_B \text{ (mm)} = D_{AA} + 2 \times 80 \text{ mm (vgl. DVGW-Merkblatt W 121)}$$

$D_B$  = Bohrdurchmesser;  $D_{AA}$  = Rohraußendurchmesser

Nur ein ausreichend groß dimensionierter Ringraum gewährleistet den einwandfreien und teufengenauen Einbau von Tonsperren und Kiesschüttungen. Allerdings kann der Ringraum in Abhängigkeit von der Geologie, der Tiefe der GWBM oder bei einer Abdichtung mit Suspension auf 50 mm verringert werden.

Beispiele für einen kleiner gewählten Ringraum sind:

- Oberflächennahe Verfilterung im ersten Grundwasserleiter, d.h. keine hydraulisch wirksame Trennschicht durchteuft; Stauwassermessstellen im Bereich von Auffüllungen
- Ringraumabdichtung mittels Tonmehl-Zement-Suspension statt Tonsperre.

Weiterhin ist der Ringraumdurchmesser von der Körnung der Kiesschüttung abhängig. In der DIN 4924 „Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter“ ist die Schüttdicke in Abhängigkeit von der Körnung des Filtersandes/-kieses tabellarisch aufgelistet.

### 2.1.2 Bohren auf kontaminierten Standorten

Sofern beim Bohren auf kontaminierten Standorten hydraulisch wirksame Trennschichten durchteuft werden, ist zur Vermeidung von Verschleppungen kontaminierter Materials eine **Schutzverrohrung** 0,5 bis 1 m tief in die den kontaminierten Bereich unterlagernde hydraulisch wirksame Trennschicht einzubauen (siehe Anlage 1). Keinesfalls darf jedoch die Trennschicht mit der Schutzverrohrung durchstoßen werden. Erst nach vollständiger Boden- und Wasserentnahme aus der Schutzverrohrung kann der Bohrvorgang mit kleinerem Bohrdurchmesser fortgesetzt werden. Die Schutzverrohrung kann ggf. im Untergrund verbleiben. Die Bohrröhre müssen nach dem Bohren im kontaminierten Bereich sorgfältig gereinigt werden. Kontaminiertes Bohrgut muss ordnungsgemäß entsorgt werden.

## 2.2 Ausbau

### 2.2.1 Ausbauprinzipien

Die Messstellen sind grundsätzlich mit einem Innendurchmesser von mindestens 100 mm (DN 100) auszubauen. Lediglich in Ausnahmefällen, z.B. bei engmaschigen Erkundungen von Kontaminationsfahnen, können kleinere Durchmesser, jedoch mindestens 50 mm (DN 50) aus Kostengründen zweckmäßig sein.

Die Filterlänge sollte 2 m nicht unterschreiten. Es ist darauf zu achten, dass der Filter jeweils ca. 0,25 m in die unter- und ggf. auch überlagernde (Schwimmphase von Schadstoffen) Trennschicht einbindet (siehe Anlage 1).

Der Bereich der Filterstrecke ist um ca. 0,5 bis 1 m zu überschütten, je nach Mächtigkeit der überlagernden hydraulisch wirksamen Trennschicht. Folgt oberhalb der Filterstrecke eine Abdichtung mit Suspension, ist ein Gegenfilter aus Tonpellets, bzw. bei einer Abdichtung mit Tonpellets ein Gegenfilter aus Sand mit einer Schichtstärke von ca. 0,5 m einzubauen.

Um die Anzahl der Rohrverbindungen im Bereich der Aufsatzrohre als potenzielle Schadensstellen (Wegigkeit für Fremdwasserzutritt) zu reduzieren, sollten möglichst große Rohrlängen eingebaut werden.

Der zentrische Einbau des Ausbaumaterials in das Bohrloch ist durch mehrarmige Abstandshalter aus Kunststoff im Abstand von ca. 5 m sicherzustellen.

**Das Einbringen von Filterkies und abdichtendem Material ist durch regelmäßige Lotungen zu kontrollieren.**

## 2.2.2 Ausbaumaterialien

### ***Filter-/Aufsatzrohre***

In den überwiegenden Fällen sind Voll- und Filterrohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) einsetzbar (siehe Anlage 5).

Als Filterrohre sind geschlitzte glattwandige, kiesabweisende Rippenfilter oder Wickeldrahtfilter einzusetzen. Die Schlitzweite ist dem Filterkies und dessen Körnung wiederum dem umgebenden Gebirge anzupassen.

Sobald eine hydraulisch wirksame Trennschicht durchteuft wird, sind Rohre mit innen- und außendruckwasserdichten Gewindeverbindungen zu verwenden (Nachweis der Herstellerfirma muss vorliegen; Prüfdruck innen/außen mind. 10 bar über 20 min.).

Beim Verdacht starker Verunreinigungen können die Rohrstöße zusätzlich mit nicht geklebten Schrumpfschläuchen versehen werden.

Kiesbelagfilter, bei denen der Filterkies auf das Filterrohr geklebt ist, sind unzulässig.

Als unterer Abschluss der Messstelle ist eine Bodenkappe einzubauen, die aus Polypropylen bzw. dem verwendeten Ausbaumaterial besteht (kein Holz → Imprägnierungsmittel).

### ***Sumpfrohr***

Ein Sumpfrohr wird nur eingebaut, wenn Schadstoffe in Phase vermutet werden, die schwerer als Wasser sind (Dichte  $> 1 \text{ g/cm}^3$ ). Die Probenahme erfolgt mittels Probenschöpfer oder Saugpumpe.

## 2.3 Ringraum

### ***Filterkies***

Als Filterkies ist chemisch inerte, gewaschener Quarzkies, abgepackt in Säcken, zu verwenden.

Die Körnung ist gemäß DIN 4924 auszuwählen. Das Einfüllen des Filterkieses muss gleichmäßig über den gesamten Ringraum erfolgen.

Der Ringraum im Bereich der Vollrohrstrecken (Aufsatzrohre) ist außerhalb der hydraulisch wirksamen Trennschichten mit sauberem Füllkies/-sand zu verfüllen.

### ***Ringraumabdichtungen***

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 Tonsperren erfolgen.

#### ***a) Tonmehl-Zement-Suspensionen (Ringraumverpressung)***

Zur Vermeidung von Hohlraum- und Brückenbildungen im Ringraum ist dieser bei tiefen GWBM oberhalb des Filterbereiches vollständig von unten nach oben zu verpressen. Sollten bei flachen GWBM eine oder mehrere hydraulisch wirksame Trennschicht/en durchteuft werden, so ist auch in diesen Fällen eine Abdichtung mit Suspension dem Einbau von Tonsperren vorzuziehen.

Material:	Tonmehl-Zement-Suspension z.B. Troptogel, Brutoplast oder gleichwertig
Einbringung:	bei tiefen GWBM mittels Verpressstück oder über Verpressrohre / Zementationsgestänge bei flachen GWBM bis ca. 10 m über Rohr oder Schlauch 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 quellfähigen Tonpellets einzubauen. Dadurch wird verhindert, dass Suspension in die Filterstrecke gelangen kann. Ein Gegenfilter aus Sand kann bei dieser Verfahrensweise entfallen, es sei denn, dass eine grobkörnige Kiesschüttung gewählt wurde: z.B. 3,15 - 5,6 mm.

**b) Tonsperren**

Sofern eine Abdichtung mit Suspension nicht zwingend vorgeschrieben wird, ist der Einbau von Tonsperren im Ringraum beim Durchteufen von hydraulisch wirksamen Trennschichten erforderlich.

Mächtigkeit der Tonsperre:	> 5 m bzw. mindestens Gesamtmächtigkeit der hydraulisch wirksamen Trennschicht
Material der Tonsperre:	hochquellfähige <b>strahlungsaktive</b> oder <b>ferromagnetische</b> Tonpellets, z.B. Quellon WP/HD, Mikolit oder gleichwertiges Material (Vorteil bei Quellon HD: eindeutiger geophysikalischer Nachweis im MAL-Log) <b>Ausnahme:</b> hohe Salzgehalte > 10 g/l, Öl in Phase => Ringraumabdichtung mit Suspension
Quellzeiten:	Quellbeginn nach ca. 15 min. Vor dem Überschütten der Tonsperren mit Filter- bzw. Füllkies sind die vom Hersteller angegebenen Quellzeiten abzuwarten

**2.4 Messstellenkopf**

Der Messstellenkopf wird entsprechend den örtlichen Verhältnissen unter oder über Flur gemäß den Prinzipskizzen der Anlagen 2 und 3 ausgebaut.

Bei artesischen Wasserleitern sind druckwasserdichte Messstellenabschlüsse oder spezielle Packersysteme vorzusehen.

**2.5 Klarpumpen der GWBM**

Nach Fertigstellung der GWBM ist diese mit angemessener Leistung so lange abzapumpen, bis sandfreies und weitgehend feinanteilfreies Wasser gefördert wird (Restsandgehalt < 0,3 g/m<sup>3</sup>).



Die Abpumpleistung wird von Ausbaudurchmesser, Filterstrecke, Schlitzweite und Gebirgsdurchlässigkeit bestimmt. Sie sollte i.d.R. 2 m<sup>3</sup>/h bei DN 50 - Messstellen und 4 m<sup>3</sup>/h bei DN 100 - Messstellen nicht unterschreiten.

Ist zu erwarten, dass beim Klarpumpen kontaminiertes Wasser gefördert wird, ist die Abpumpzeit zu reduzieren und das belastete Wasser ordnungsgemäß zu entsorgen. Um die Wassermengen zu minimieren, kann in diesem Falle die Entwicklung/Aktivierung der GWBM durch das so genannte „Kolben“ (siehe Anlage 7) bei anschließender Entsandung durch das Air-Lifting-Verfahren erfolgen.

### 3. Prüfmethoden

#### 3.1 Geophysikalische Messungen

Werden beim Bau von flachen bzw. tiefen GWBM hydraulisch wirksame Trennschichten durchstoßen, sollten nach Möglichkeit geophysikalische Messungen vor und nach dem Ausbau durchgeführt werden. Die Messverfahren sind auf das Ausbaumaterial abzustimmen.

Beim Bau von tiefen Messstellen mittels Spülbohrung dienen die geophysikalischen Messungen vor dem Ausbau zur Bestätigung der Bodenansprache und der Festlegung des Filterbereiches. Bei vollständiger und ordnungsgemäß durchgeführter Ringraumverpressung der Messstelle kann auf eine geophysikalische Untersuchung nach Abschluss der Ausbaurbeiten verzichtet werden.

Folgende Messverfahren können eingesetzt werden (siehe hierzu auch Anlage 4):

- Gamma-Ray-Log (GR)
- Rotierendes Gamma-Gamma-Log (RGGD)
- Neutron-Neutron-Log (NN)
- Magnetic-Log (MAL)
- fokussiertes Elektrolog (FEL)
- Kaliber-Log (CAL)
- Abweichung (BA/MSL)
- Induktions-Log (IL)

#### 3.2 Kamerabefahrung (optische Kontrolle)

Für eine optische Zustandsuntersuchung einer GWBM oder zur Kontrolle des Ausbaus ist eine Kamerabefahrung die geeignete Methode. Die Kamera muss einen Schwenkkopf besitzen, um die Rohrwände auch frontal filmen zu können. Eine Kamerabefahrung gibt Aufschluss über eventuelle Undichtigkeiten und daraus resultierende Fremdwasserzutritte, Verschmutzungen, Ablagerungen sowie Ausbaufehler.

Sollte die Messstelle mit transparenten Rohren ausgebaut sein, ist eine Kamerabefahrung dringend zu empfehlen, da eine Videoaufzeichnung der Befahrung eine sinnvolle Ergänzung zur Dokumentation darstellt und Informationen über Abstandhalter, Rohrverbindungen und Ringraumverfüllung (Abdichtungen und Kiesschüttungen) liefert.

#### 4. Arbeitsschutz

Bei Bohr- und Sondierarbeiten auf kontaminierten Standorten kommt dem Arbeitsschutz eine besondere Bedeutung zu. Die Abteilung „Sicherheitstechnischer Arbeitsschutz“ der Umweltbehörde (A1121) hat für das Arbeiten auf solchen Flächen sowie für Begehungen Merkblätter herausgegeben.

Das Merkblatt II behandelt speziell den Arbeitsschutz auf Altlasten und Verdachtsflächen. Je nach Kontaminationsgrad wurden Arbeitsschutzstufen von I bis IV definiert. Die Festlegung der jeweiligen Stufe erfolgt in schwierigen Fällen durch den Sicherheitsingenieur der Umweltbehörde.

Für die Umsetzung der vorgeschriebenen Schutzstufe ist die ausführende Firma ebenso verantwortlich wie die von der Behörde benannte Bauaufsicht, bei Schutzstufe IV zusätzlich der Sicherheitsingenieur der UB.

#### 5. Bauaufsicht

Die Aufgaben der Bauaufsicht sind in Merkblatt Nr. 5 ausführlich beschrieben.

Praktische Erfahrungen zeigen, dass die Qualität einer GWBM maßgeblich von der örtlichen Bauaufsicht abhängt. Die Hauptaufgabe der Bauaufsicht ist, die technische Umsetzung der geplanten Messstelle zu kontrollieren, zu überwachen und ggf. bei unsachgemäßer Arbeit einzugreifen. Ihr müssen die Rahmenbedingungen der Baumaßnahme und deren Ziel bekannt sein; sie begleitet diese deshalb vom Beginn an bis zum Ende. Weiterhin obliegt der Bauaufsicht die Prüfung und Zusammenstellung der Dokumentation sowie die Prüfung der Aufmaßunterlagen.

#### 6. Projektgespräch

Bei umfangreichen oder technisch aufwändigen Projekten ist mit allen Beteiligten vor Baubeginn ein Projektgespräch durchzuführen. In diesem Gespräch wird der weitere Arbeitsablauf festgelegt.

**7. Anlagen**

*Anlage 1:* Ausbau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen auf kontaminierten Standorten

*Anlage 2:* Messstellenabschluss über Gelände / Variante 1: Sockel  
Messstellenabschluss über Gelände / Variante 2: Betonrohr

*Anlage 3:* Messstellenabschluss unter Gelände / Variante 1: ohne Schutzrohr  
Messstellenabschluss unter Gelände / Variante 2: mit Schutzrohr

*Anlage 4:* Tabelle „Geophysikalische Kontrollmessungen und ihre Einsetzbarkeit“

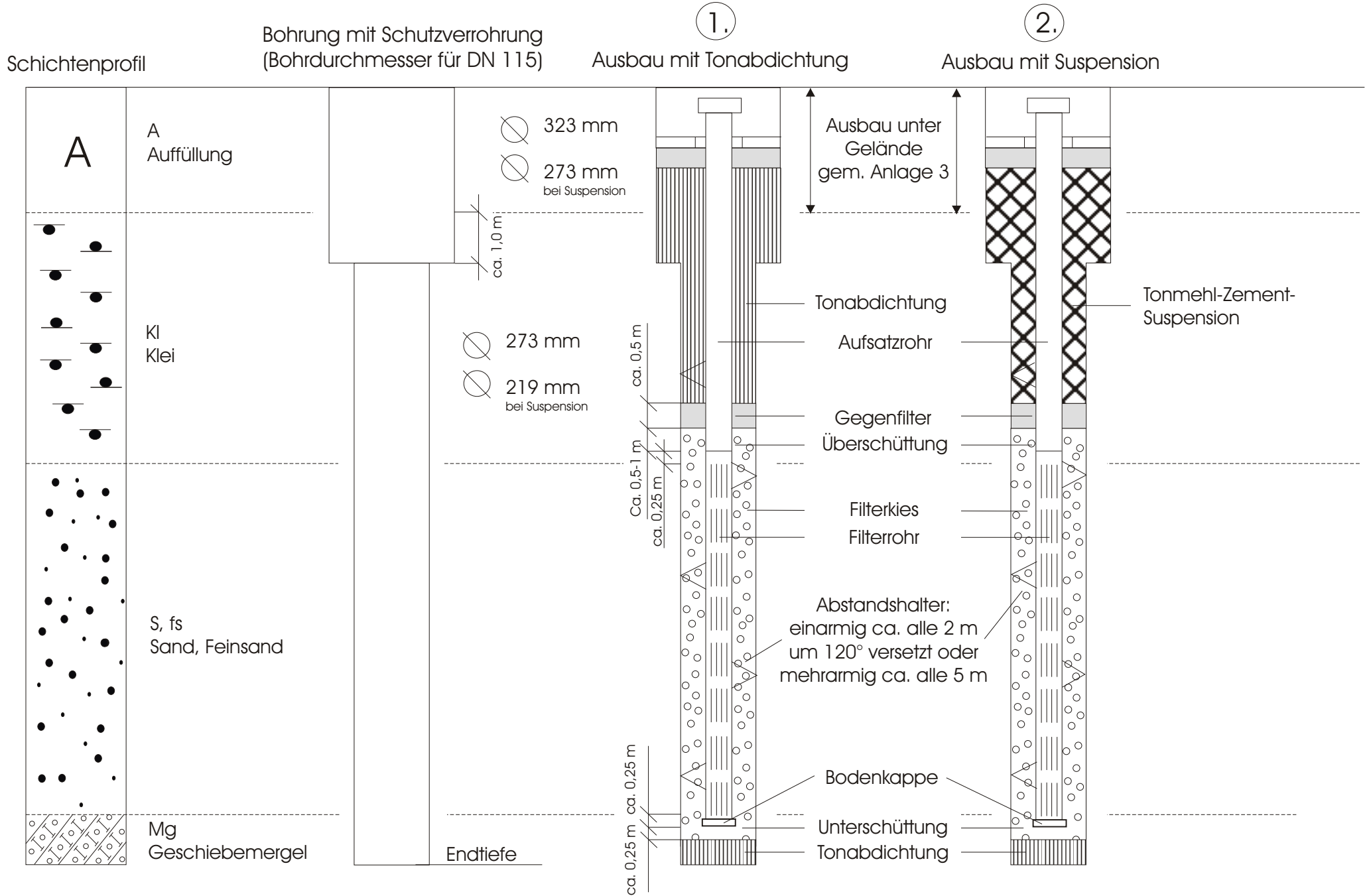
*Anlage 5:* Auswahltabelle “Eignung von Filter- und Vollrohrmaterialien zum Ausbau von Grundwassermessstellen zur chemischen Untersuchung bestimmter Parameter und Parametergruppen“ (DVWK-Mitteilung 20/1990, modifiziert)

*Anlage 6:* Spülungstechnik - Bentonite, künstl. Polymere (STÜWA; Taschenkalender für den Brunnenbauer, 2. erweiterte Auflage 1995)

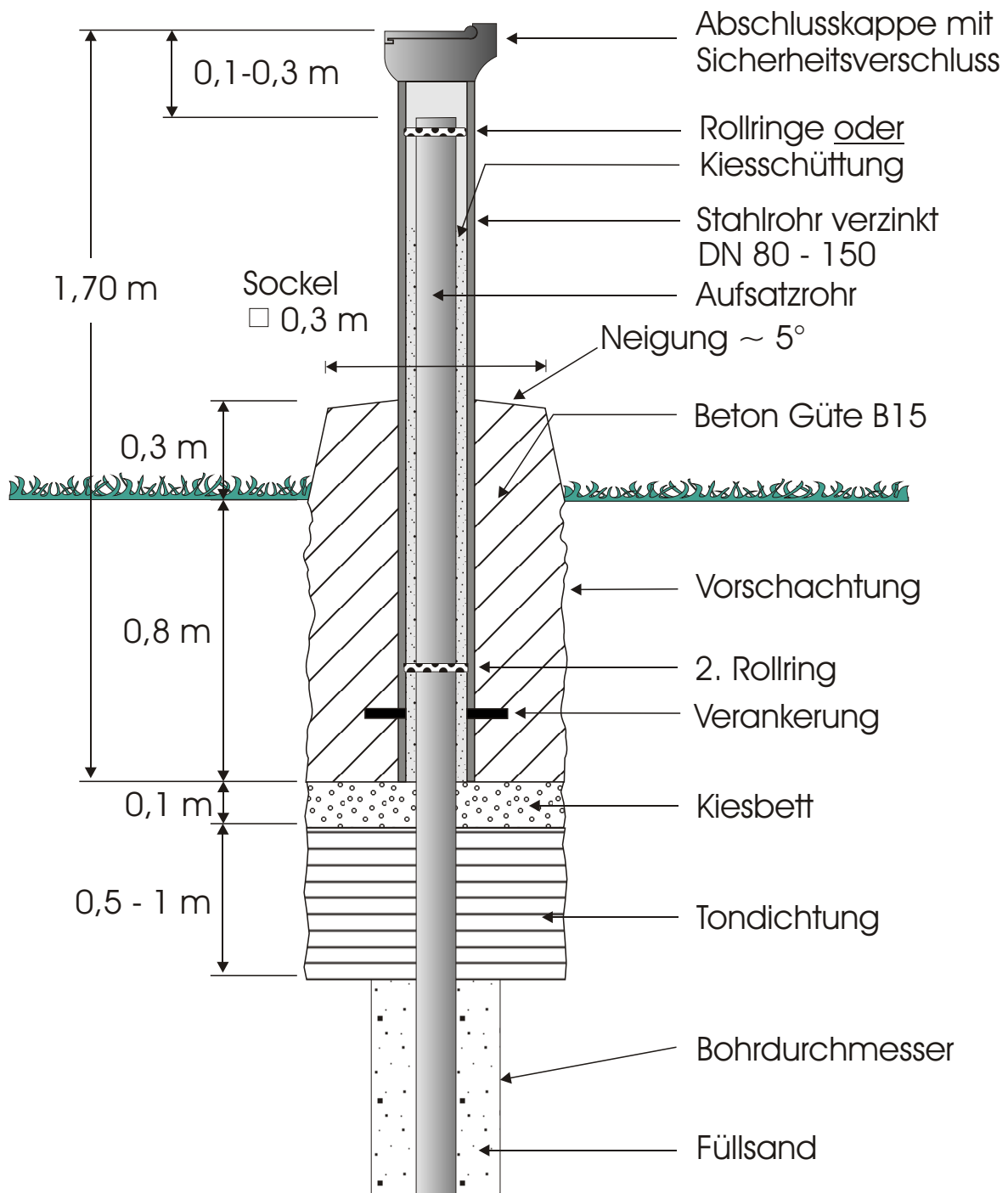
*Anlage 7:* Entsandern / Aktivieren einer Grundwassermessstelle durch „Kolben“

# Ausbau von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen auf kontaminierten Standorten:

Anlage 1



## Prinzipskizze

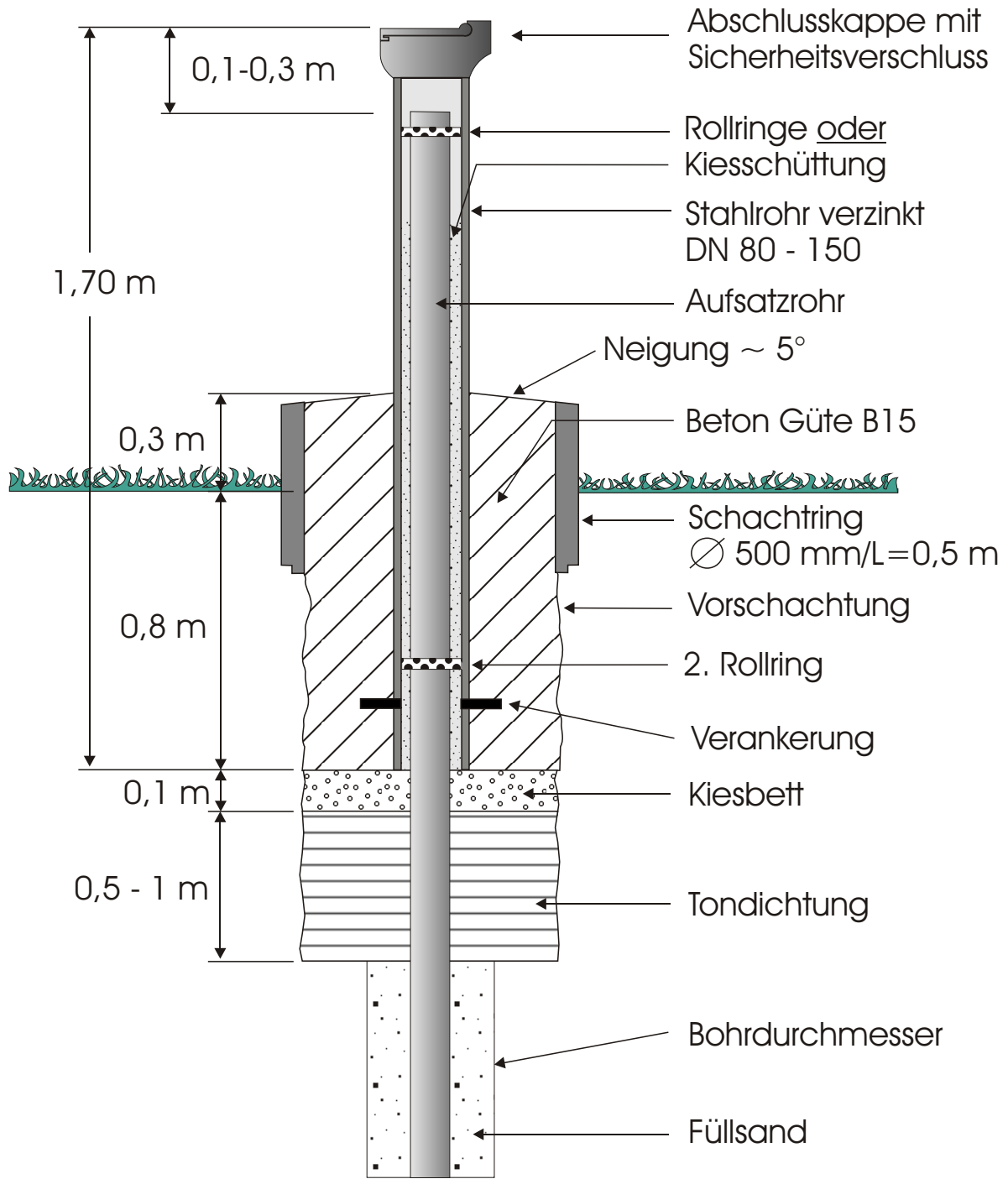


Zirka-Maße

Mb3Anl21.cdr

# Messstellenabschluss über Gelände

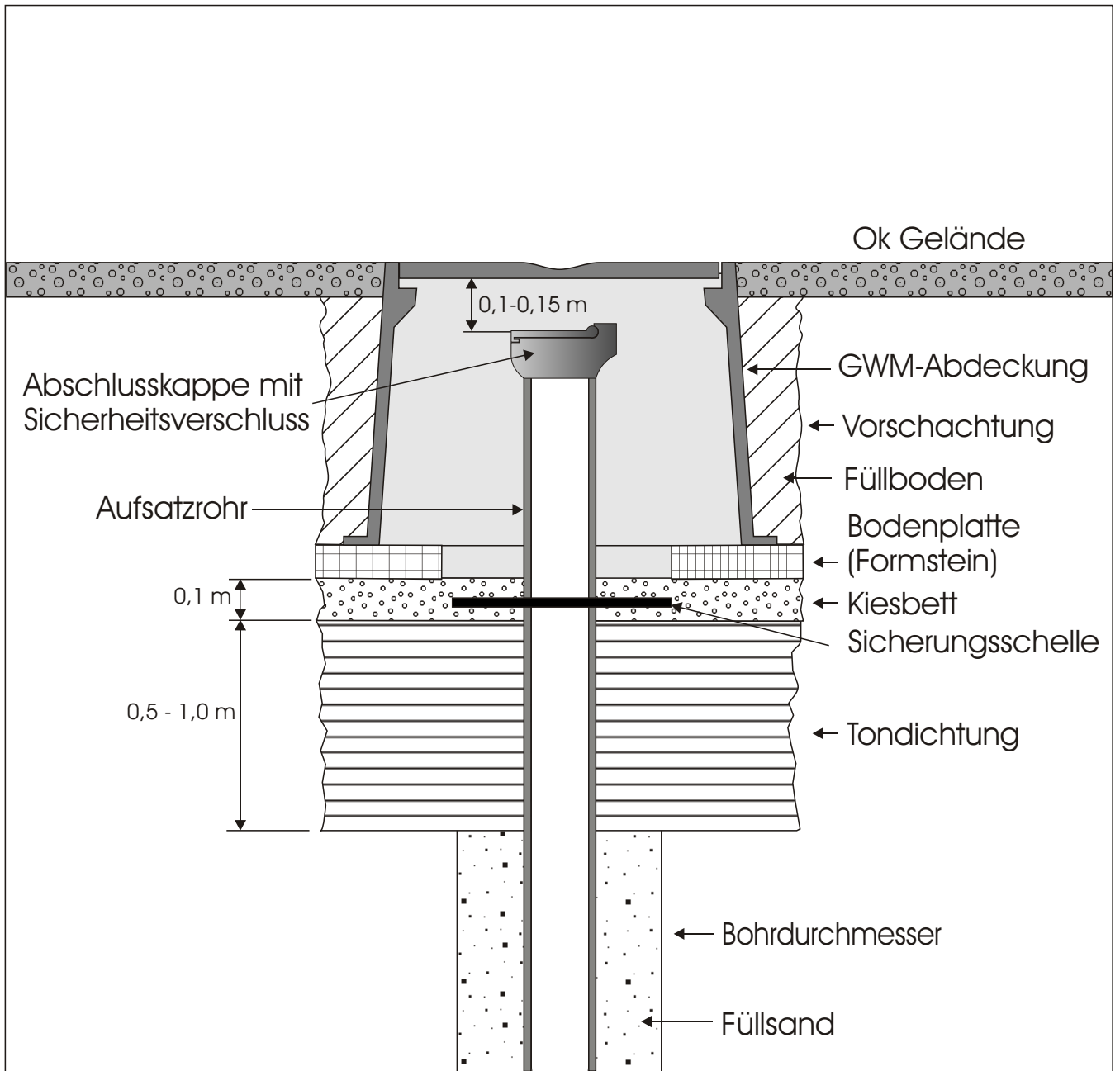
Prinzipskizze



# Messstellenabschluss unter Gelände

Anlage 3  
Variante 1

## Prinzipskizze

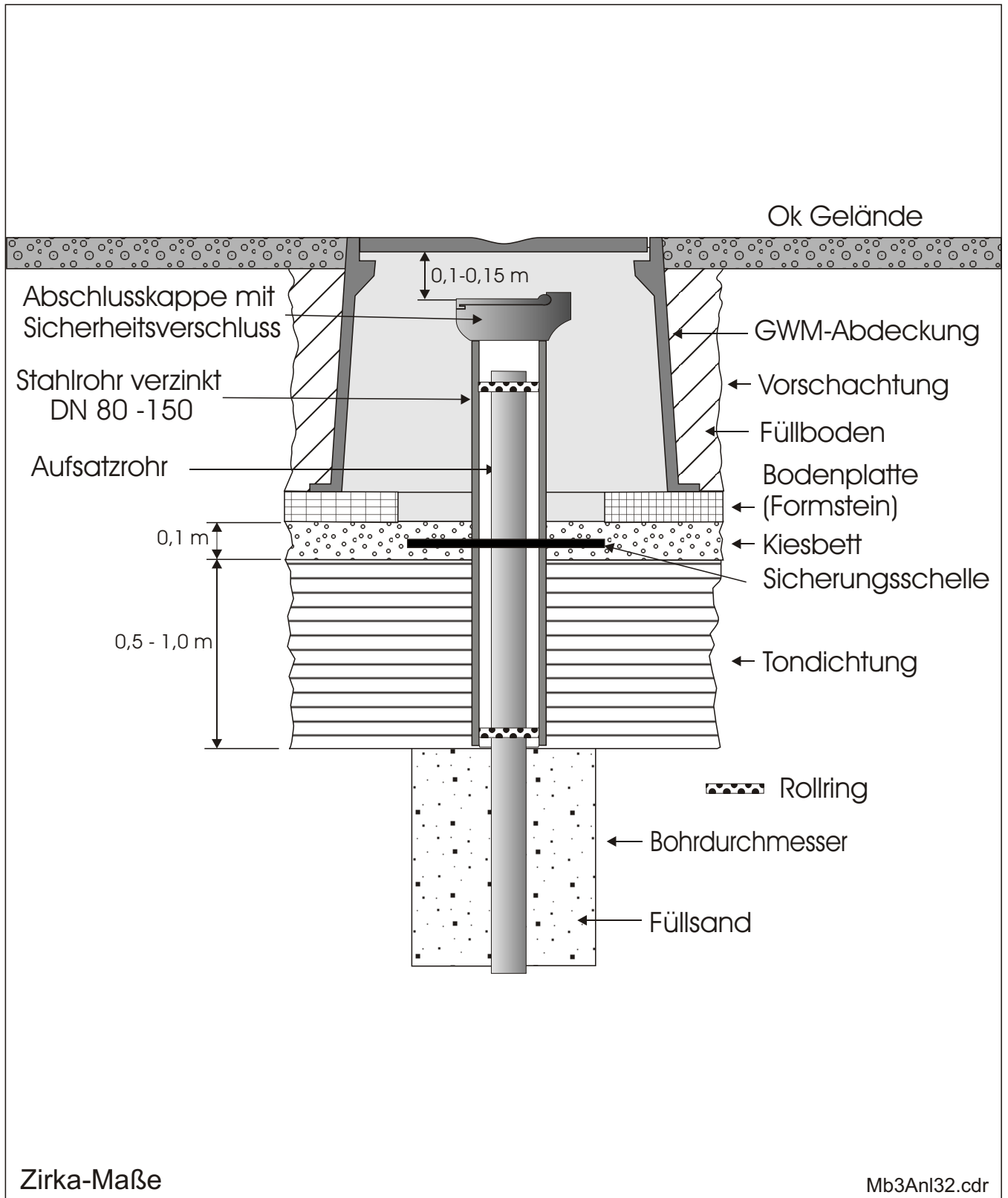


Zirka-Maße

Mb3AnI31.cdr

# Messstellenabschluss unter Gelände

Prinzipskizze





**Geophysikalische Kontrollmessungen und ihre Einsetzbarkeit****Anlage 4**

Bezeichnung	Messgröße	Einsatzzweck	Bewertung der Messmethode bei einem Ausbau mit					
			Stahl	Kupfer	Kunststoff	Steinzeug	Holz/OBO	ohne
<b>CAL</b> (Kaliber-Log)	Durchmesser [mm]	Ermittlung des Messstellenkalibers, Schadensermittlung z.B. bei größeren Löchern im Mantelrohr	1	1	1	1	1	1
<b>TEMP</b> (Temperatur-Log)	Temperatur [°C]	Messungen der Temperaturen der Bohrloch- / Messstellenfüllung u.a. zur qualitativen Ermittlung evtl. Wasserzutrittszonen (Fremdwasserzufluss)	1	1	1	1	1	1
<b>BA bzw. MSL</b> (Bohrlochabweichungsmessung)	Neigung und Richtung [Grad]	Messung und Bestimmung der Neigung und der Neigungsrichtung eines Bohrloch- oder Messstellenausbaus	1	1	1	1	1	1
<b>SAL</b> (Salinitäts-Log)	spezif. Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Mantelrohr [µS/cm]	Ermittlung der Salinität der Bohrloch- / Messstellenfüllung, u.a. zur qualitativen Ermittlung evtl. Wasserzutrittszonen	1	1	1	1	1	1
<b>GR</b> (Gamma-Ray-Log)	natürliche Gammastrahlungsintensitäten [API oder cps]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen, Bestimmung des Tongehaltes des Gebirges	1	1	1	2	1	1
<b>RGGD</b> (= um 360° rotierende Gamma-Gamma-Messg.)	sek. Gammastrahlungsintensität [g/cm³ bzw. cps]	Ermittlung der Klüftigkeit, der Lithologie, der Schichtgrenzen und der Dichte des Gebirges sowie der Ringraumfüllung, Tonsperrennachweis	1	1	1	1	1	1
<b>NN</b> (Neutron-Neutron-Log)	Intensität therm. Neutronen [cps bzw. WE=Wassereinheiten]	lithologische Zusatzaussagen zu Schichtgrenzen und -dichte, Einsatz zur Ringraumkontrolle im Messstellenbau	1	1	1	1	1	1
<b>MAL</b> (Magnetik-Log)	magnetische Suszeptibilität [API -Einheiten]	Tonsperrennachweis bei Verwendung ferromagnetischer Materialien (z.B. Quellon HD)	3	2	1	1	1	1
<b>IL</b> (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	1	1
<b>FEL</b> (fokussiertes Elektro-Log)	spezifischer Widerstand des Gesteins [Ωm]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen, Kontrolle des Ausbaus auf Leckagen bei nichtmetallischem Material	3	3	1	1	1	1
<b>FLOW</b> (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	1	1
<b>Sonic</b> (Schall-Laufzeit-Messung)	Schall-Laufzeit und Dämpfung [µS/m und dB]	Ermittlung der Lithologie und der Schichtgrenzen, Einsatz zur Zementationskontrolle im Messstellenbau	1	1	1	3	3	3

1 = gut geeignet

2 = mit Einschränkung geeignet

3 = nicht geeignet

**Anlage 5**

**EIGNUNG VON FILTER- UND VOLLROHRMATERIALIEN ZUM AUSBAU VON GRUNDWASSERMESSTELLEN ZUR CHEMISCHEN UNTERSUCHUNG BESTIMMTER PARAMETER UND PARAMETERGRUPPEN**

- Einsatz geeignet
- Einsatz mit Unsicherheiten behaftet
- ▼ Einsatz nicht geeignet

Angaben, die durch ein zusätzliches A gekennzeichnet sind, beruhen auf Analogieschlüssen

Ausbaumaterial / Beschaffenheitsparameter	Stahl		Edelstahl		Polyvinylchlorid (PVC_U)	Polytetrafluorethylen (PTFE)	Polyethylen (PE)	Polypropylen (PP)	Polyamid (PA)	Polystyrol (PS)
	unverzinkt	verzinkt	niedriglegiert	hochlegiert						
Korrosive Verhältnisse (reduzierende und oxidierende Bedingungen)	▼	▼	▼	●	○	○	○ <sub>A</sub>	●	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>
Schwermetalle	▼	▼	▼	▼	●	●	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>
Phenole	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	●	●	●	●	● <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>
Aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	▼	○ <sub>A</sub>	▼	▼	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>
Tenside	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	●	○	▼	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	●
Chlornitroverbindungen	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	●	○	▼	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼
Pflanzenschutzmittel	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	○	○	○	●	▼	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼
Ketone, Ester, Aldehyde	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	○ <sub>A</sub>	▼	● <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>	▼ <sub>A</sub>
Bakteriologische Parameter	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	○	○	●	○	● <sub>A</sub>	● <sub>A</sub>	▼	● <sub>A</sub>

Anlage 6Spülungstechnik

Die Bohrspülung hat bei Bohrarbeiten hauptsächlich die Aufgaben

- die Bohrlochwände standfest und kalibergerecht zu erhalten,
- das Bohrgut auszutragen,
- die Bohrwerkzeuge zu kühlen und zu schmieren,
- eine dem Zweck der Bohrung entsprechende Bodenprobennahme zu ermöglichen,
- den GW-Leiter durch Abdichten der Bohrlochwände (Filterkuchen) zu schonen.

Der Einsatz einer reinen Wasserspülung ist zwar wünschenswert, es muss aber darauf hingewiesen werden, dass insbesondere beim Antreffen von bindigen Bodenschichten auf einen Einsatz von *Spülmittelzusätzen* nicht verzichtet werden kann !

Erbohrte Feinanteile (Tone) lösen sich in Wasserspülungen auf. Sie sind nicht in der Lage, sich in Spülgruben abzusetzen, sondern „laden“ die Spülung auf. Diese „aufgeladenen Spülungen“ treten dann aufgrund des Überdrucks in durchlässigere Bodenschichten ein und setzen diese, meist für die Wassergewinnung notwendigen Bohrlochbereiche, zu. Um diese unerwünschten Vorgänge zu verhindern, werden in der Bohrtechnik u.a. *Spülmittelzusätze* eingesetzt.

Spülmittelzusätze sollen

- die Tragfähigkeit der Spülung erhöhen,
- einen wirksamen Filterkuchen bilden und damit die Wasserleiter schonen,
- erbohrte Tone am Quellen hindern und somit ihre Austragsfähigkeit erhöhen,
- das Bohrloch vor Ein- und Nachfall schützen, wobei dies in erster Linie durch den hydrostatischen Überdruck aufgrund der Spülmittelspiegel -GW-Spiegel- Differenz gewährleistet wird,
- evtl. die Dichte der Spülung erhöhen, was nur für das Beherrschen von Artesern notwendig ist. Dies geschieht gezielt durch die Zugabe von *Beschwerungsmitteln* (Kreide, Schwerspat).

Entgegen einer verbreiteten Vorstellung erhöhen Bentonite und künstliche Polymere die Dichte der Spülung nur unwesentlich! Eine unnötig hohe Dichte ist aufgrund des damit verbundenen Infiltrationsdruckes ohnehin zu vermeiden.

Bentonite

Bentonite sind natürliche Tonmineralgemische in hochquellfähiger Form. Bentonite verleihen der Spülung

- eine bessere Austragsfähigkeit,
- ein erhöhtes Vermögen zur Filterkuchenbildung,
- bei Stillstand eine Gelierfähigkeit, die das Absinken erbohrten Bohrkleins verhindert.

Da Bentonite Poren und Klüfte dauerhaft verschließen, sollten sie bei Bohrungen zur Wassererschließung niemals allein, sondern zusammen mit Polymeren verwendet werden.

Der Einsatz von Bentonit ist bei grobkörnigen Sanden und Kiesen zur Stabilisierung des Bohrloches wichtig !

Bentonit benötigt eine Quellzeit von mindestens 1 h, besser 3 h oder mehr !

Schüttdichte:	0,7 - 0,8 t/m <sup>3</sup>	
Verpackung:	50 kg im Kunststoff sack	
Dosierung:	Indirekte Spülbohrung Direkte Spülbohrung	Gängiges Mischungsverhältnis: 10 - 30 kg / m <sup>3</sup> Wasser 10 - 40 kg / m <sup>3</sup> Wasser

### **Künstliche Polymere**

(Handelsnamen Antisol, Viskopol, CMC)

Gebräuchlich sind hier CMC-Produkte (Carboxy-Methyl-Cellulose) und evtl. PAA (Polyacrylamide). CMC, eine Art „Tapetenkleister“, verleiht der Spülung eine höhere Austragsfähigkeit und bildet einen dünnen, undurchlässigen und festen Filterkuchen. Außerdem verhindert es ein Aufquellen durchbohrter Tonschichten bzw. erbohrten Tones und fördert somit das Absetzen des Tones in der Spülgrube.

CMC kann auch als alleiniger Zusatz bei Bohrungen zur Wassergewinnung eingesetzt werden. Beim Durchbohren von tonhaltigen Schichten ist der Einsatz von CMC unerlässlich!

Wird CMC in Kombination mit Bentoniten eingesetzt, so ist darauf zu achten, dass dies erst nach ausreichender Quellzeit der Bentonitspülung erfolgt.

Also: Erst Bentonit, Quellzeit abwarten, dann CMC !

Das Einstreuen von Bentonit in eine CMC-Spülung ist unwirksam. Wenn also Spülung nachgemischt wird, muss dies in einem Extragefäß (Anmischbottich) geschehen.

Schüttdichte:	0,65 t/m <sup>3</sup>
Verpackung:	8 kg im Kunststoff sack
Dosierung:	2-4 kg/m <sup>3</sup> Wasser
Handelsnamen:	Antisol FL 30.000 Viscopol Tylose, höherer Verbrauch

Bitte Angaben der Hersteller beachten !

Anlage 7**Entsanden / Aktivieren einer Grundwassermeßstelle durch „Kolben“**

Um die Wassermengen beim Klarpumpen einer Grundwassermessstelle, die im kontaminierten Grundwasserleiter verfiltert ist, zu minimieren, bietet sich das Kolben als Entsandungs- und Aktivierungsverfahren an.

Das Kolben, auch *Stöpseln* genannt, wird mit einem speziellen Entsandungskolben nur im Filterbereich durchgeführt, da aufgrund der Strömungsverhältnisse im Ringraum dort die Effektivität am größten ist.

Der Entsandungskolben ist i.d.R. eine Stahlkonstruktion mit Flanschscheiben und Kunststoffplatten unterschiedlicher Stärke und Ausdehnung und wird für den jeweiligen Messstellendurchmesser angefertigt.

Der zur Anwendung kommenden Kolbentyp ist mit dem AG abzustimmen.

Grundsätzlich gibt es zwei Verfahren das Kolben durchzuführen:

1. Betätigung des Entsandungskolbens über das Bohrgestänge

Der Entsandungskolben wird über das Bohrgestänge, ähnlich der Funktion eines Verdrängerkolbens (Plunger), betätigt, wobei der Kolben einen bestimmten Hub niedergestoßen und wieder heraufgefahren wird. Beim Niederstoßen wird das Wasser durch das Filterrohr in die Kiesschüttung bzw. in den Aquifer hineingedrückt und beim Hochfahren des Kolbens aus dieser wieder herausgesaugt. Durch diese Saug- und Druckstöße (Strömung und Umkehrströmung) entsteht eine sehr starke Spülwirkung, so dass sich die Feinkornanteile der Kiesschüttung und auch feinste Körner der wasserführenden Sande auswaschen lassen.

Die Hubhöhe des Kolbens wird dem Ausbau der Grundwassermessstelle und dem Bohrequipment angepasst.

2. Betätigung des Entsandungskolbens über den Seilzug

Inzwischen wurden aus Zeit- und Kostengründen die Kolbenkonstruktionen so modifiziert, dass sie sich mit einem Seilzug betätigen lassen. Dieser Kolbentyp besitzt ein Ventil, welches bei der Aufwärtsbewegung schließt. Das Wasser wird über den Kolben in den Ringraum verdrängt und löst auf seinem Weg unter dem Kolben durch den entstehenden Unterdruck Sand aus dem Ringraum, der auf den Filterboden absinkt. Die Abwärtsbewegung am Seil wird durch ein zusätzliches Gewicht unterhalb des Kolbens unterstützt. Beim Herablassen des Kolbens öffnet sich das Ventil, wobei ein Teil des Wassers direkt über den Kolben strömt und der Rest in den Ringraum eindringt. Durch diese gegenläufige Wirkung des Kolbens wird nicht nur der Ringraum entsandet, sondern es werden auch Kiesbrücken zerstört.

Das Kolben erfolgt im Filter abschnittsweise von unten nach oben. So wird der Filterkies ausreichend verdichtet und stabilisiert. Außerdem werden dadurch die bei Trockenbohrungen häufig verursachten bindigen Verschleppungen und bei Spülbohrungen der Filterkuchen an der Bohrlochwand beseitigt.

Die Ablagerungen werden anschließend mit dem „Air-Lifting-Verfahren“ oder mittels Ventilbohrer vom Filterboden bzw. aus dem Sumpfrohr entfernt.

Skizze eines Entsandungskolbens für Seilbetätigung

