

3D-Detail-Filterelement mit drei Piezometerleitungen



## Rezente Erfahrungen bei der Planung von Horizontalfilterbrunnen – Teil 2

In Teil 1 des Beitrags ( bbr 10-2019) wurde auf ausgewählte standort- und nutzungsspezifische Besonderheiten eingegangen, die bei der Planung von Horizontalfilterbrunnen und speziell deren Filtersträngen zu beachten sind. Im vorliegenden Teil 2 werden statische, bemessungsrelevante und konstruktive Besonderheiten des Schachtes und seiner Ausbauten thematisiert.

### Planungserfahrungen

#### Geologische, hydrogeologische und technische Randbedingungen für die Schachtbemessung

Die Ergiebigkeit eines Horizontalfilterbrunnens wird durch folgende wesentliche Faktoren beeinflusst:

- hydrogeologische Eigenschaften des Gebirges
- geotechnische Rahmenbedingungen
- technische Gestaltung und Bemessung des Brunnenausbaus (vgl. DVGW W 128)

Die Anzahl der Filterelemente wurde mit den Ausführungen zum hydraulischen Nachweis in Teil 1 des Beitrags thematisiert. Mit dieser Filteranzahl ist es nun erforderlich, die Herstellung des Senkschachtes, insbesondere des Schachtwanddurchführungsrings, auf die Anzahl der Filterstränge zu planen (Tab. 1).

Bei den heutzutage vorgesehenen Senkschächten werden aus wirtschaftlichen Gründen Fertigteilbetonrohre in den Nennweiten DN 2800 bis DN 3200 verwendet. Größere Nennweiten der Senkschächte bis DN 5000 wurden früher als Ortbetonsenk-

schacht unter Verwendung von Gleit- oder Kletterschalung hergestellt [1].

Bei den derzeit üblichen Senkschachtdurchmessern von DN 2800 und den Pressrohr-Bohrungsdurchmessern der Filterstränge von ca. 460 bis 500 mm ist die Anzahl der horizontalen Stränge in einer Bohrebene auf sechs Stränge (ca. 50 bis 60° von Achse zu Achse Filterstrang) begrenzt. Bei einer größeren Anzahl von Strängen sind diese in einem weiteren Horizont, mindestens 1 m höher, einzusetzen. In Ausnahmefällen wurden auch Durchgangsformstücke mit 32° bei einem Schachttinnendurchmesser von 3.200 mm planerisch vorgesehen, statisch nachgewiesen und gefertigt (Abb. 1).

Bei geringmächtigen Grundwasserleitern (z. B. Talgrundwasserleiter) kann es vorkommen, dass alle Filterstränge in einer Ebene untergebracht werden müssen, um die Grundwasserüberdeckung über den Filtern (Erfahrungswert > 3 m) zu gewährleisten. Das bedeutet, dass hier größere Schachtdurchmesser vorzusehen sind, um mehr als sechs Stränge in einer Bohrebene zu platzieren.

Generell ist bei jedem Senkschacht unter Mitwirkung des Tragwerkplaners und des Betonrohrherstellers eine geprüfte FEM-Statik (Abb. 2) vorzulegen, wobei die bautechnologisch erforderlichen Lastwechsel durch die Pendelbewegung des Pressvorganges zwingend zu beachten sind. Insbesondere sind neben der mehrlagigen Längs- und Ringbewehrung die Nachweise zum „Durchstanzen“ und zur Bewehrungsverstärkung radial der Schachtwanddurchführungsöffnungen zu erbringen. Im Rahmen der Bauüberwachung sind diese maximalen Lasten und die Lastwechsel messtechnisch diskriminierungsfrei und permanent zu kontrollieren.

Die Auswertung der aktuellen Grundwasserbeschaffenheit bezieht sich explizit auf die Materialauswahl der technischen Anlage der Grundwasserhebung (Filtermaterial, Betongüte, Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen). Nach DIN 4030 wird der Angriffsgrad von Bauelementen aus Beton anhand der Parameter pH-Wert, kalklösende Kohlensäure, Ammonium, Magnesium und Sulfat beurteilt. Zur Beurteilung des Grundwassers ist stets der in Tabelle 2 aufgeführte höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem Parameter erreicht wird.

Gemäß der ausgewiesenen Betonaggressivität des Grundwassers und seiner baulichen Randbedingungen (Tiefe des Schachtes, Verkehrslasten, Eintauchtiefe im Grundwasserleiter, Beanspruchungen während der Bauphase) erfolgt die Auslegung des Stahlbetons hinsichtlich seiner statischen Festigkeit sowie seiner Sicherheit der Funktionalität. Die Mindestanforderungen an den Stahlbeton sind nachfolgend aufgeführt:

- C35/45 XC4, XA1, XF1 (wasserundurchlässig – wu) nach DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206-1, Ausgabe Juli 2001
- Beton mit Hochofenzement CEM III/B 32,5 N-LH/HS/NA als Normzement der Festigkeitsklasse 32,5 N nach DIN EN 197-1 sowie DIN 1164
- $w_{cal} = 0,150$  mm (zul. Rissbreite) für alle dauerhaften Bauteile
- Betonstahl BST 500 M+S
- Umweltklasse 4
- $c_{nom} = 4,0$  cm Betondeckung (Mindestbetondeckung innen und außen nach [2])

IBV - Umweltbüro GmbH Vogtland

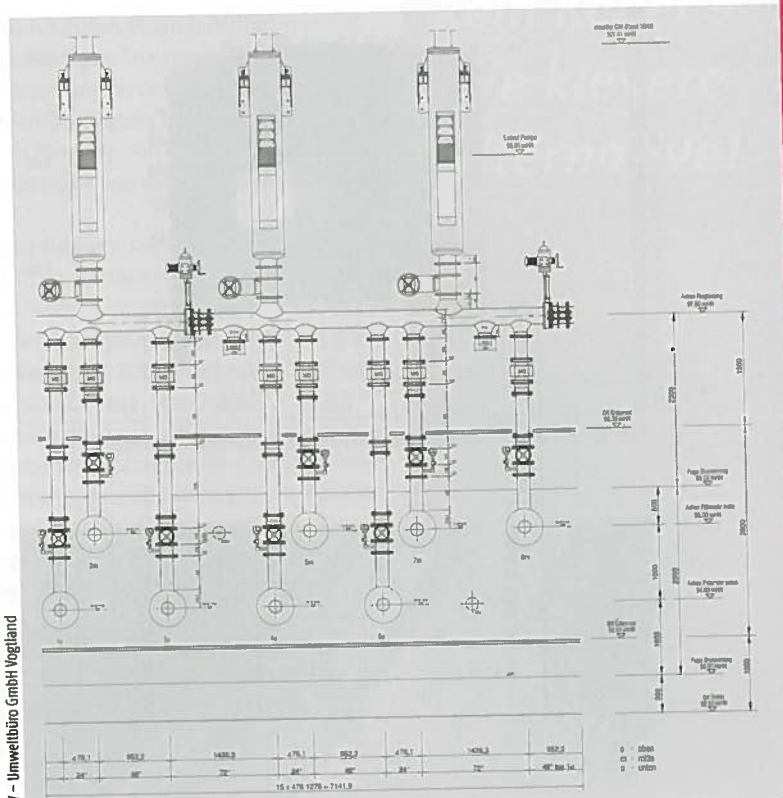


Abb. 1 – Abwicklung der Filterebene (Schachtwanddurchführungsring)

Üblicherweise haben die Stahlbeton-Fertigteile in Anlehnung an die DIN V 4034-1 eine einheitliche Wanddicke von 300 mm und werden aus einem Beton der Festigkeitsklasse C50/60 mit Bewehrung aus Betonstahl B500B hergestellt. Eine Verringerung der Wandstärke ist im Hinblick auf ein größeres Gewicht zur Erleichterung des Absenkvorganges und dem Entgegenwirken der Auftriebskraft bei gelenzten Schächten aus Gründen der Aufnahme horizontaler Presskräfte nicht zu empfehlen.

Tabelle 1 – Zusammenhang von Brunnenschachtdurchmesser und Filtern mit/ohne Filterkies (Horizontalfilterbrunnen Abmessungen (für PREUSSAG'sches Kies-Mantelverfahren))

Schächte		Bohrdurchmesser			Strangzahl	max. Filter-DN			
DN [m]	Tiefe [m]	(Länge 15–90 m)*				ohne Kiesmantel		mit Kiesmantel	
2,20	bis 50	280			6	200		150	
			370		4		300		180
2,50	bis 60	280			8	200		150	
			340		6	250		-	
				370	6		300		180
					470	6		400	
2,80	bis 70	280			12**	200		150	
			340		10	250		-	
				370	10		300		180
					470	10		400	
3,00 bis 3,50	bis 40		340		10	250		150	
				370	8		300		180
				406	8		340		-
					470	6		400	
4,00 bis 5,00	bis 40		340		12	250		-	
				370	10		300		180
				406	10		340		-
					470	8		400	

\*abhängig von Lithologie

\*\*Stahl-Schachtteil

historische Ausbaudimensionen

nach [2]



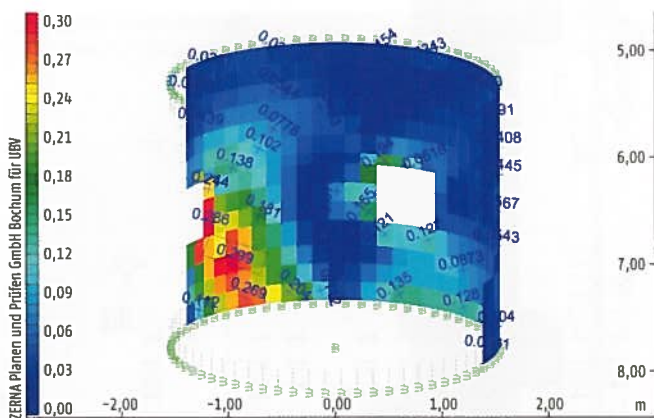


Abb. 2 – FEM-Berechnungen von Schachtwanddurchführungsringen



UBV – Umweltbüro GmbH Vogtland

Abb. 3 – Bewehrung des Auftriebsfundaments mit HEA-Trägern zur kraftschlüssigen Anbindung des Senkschachtes (HBr P I. bei Riesa)

Tabelle 2 – Grenzwerte zur Beurteilung des Angriffsgrades von Wässern nach DIN 4030

Parameter	Angriffsgrade*)		
	schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
pH-Wert	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure (mg/l)	15 - 40	40 - 100	> 100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	15 - 30	30 - 60	> 60
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	300 - 1.000	1.000 - 3.000	> 3.000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	200 - 600	600 - 3.000	> 3.000

\* Für die Beurteilung des Wassers ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem Wert der Tabelle erreicht wird. Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel des Bereiches (bei pH im unteren), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe. Die Erhöhung gilt nicht für Meerwasser.

Die Anwendung von Betonschutzmaßnahmen bei stark bzw. sehr stark angreifenden Medien ist immer ein Abwägungsprozess. Bei einem chemischen Angriff durch niedrige pH-Werte kann durch die Verwendung von säurewiderstandsfähigem Beton auf eine zusätzliche Beschichtung verzichtet werden. Prinzipiell wird eine Erhöhung der Betondeckung auf c = 6 cm empfohlen.

Zum Schutz des Stahlbetonsenkschachtes werden weiterhin über die Bentonitinjektionsrohre an der Schachtaußenwand nach dem Abteufen Brunnendämmer eingepresst und mit dem zum Abteufen erforderlichen Bentonit nach oben ausgetragen. Die Mächtigkeit dieser Dämmschicht ergibt sich aus dem Querschnitt des Stahlschneidschuhs des ersten Senkschachtringes (in der Regel 6 cm) und dem anstehenden Gebirge [3].

Eine äußere Betonbeschichtung (PE-Platten, GFK-Liner, Epoxidharzspachtel) hat sich bislang nicht erfolgreich durchgesetzt. Durch geologische Gegebenheiten kann diese Beschichtung beim Abteufen irreversibel beschädigt werden und somit die Schutzwirkung verlieren. Darüber hinaus sind für die Bauausführung weitere Qualitätsnachweise und technisch mögliche Güteverbesserungen für die Betonschächte planerisch vorzusehen [4]:

- Nachweis der Mikrorissgefüge
- Nachweis der Porositäten
- Nachweis des Chloridmigrationskoeffizienten
- Nachweis der Restalkalitäten
- Nachweis der Säurebeständigkeit
- Nachweis der Abtrag- und Schädigungstiefe

Nach dem Absenken des Brunnenschachtes wird dieser nach unten hin durch eine Betonsohle druckwasserdicht verschlossen. Diese Sohle wird im Kontraktorverfahren eingebracht, nachdem durch Tauchereinsatz die Schräge der Schachtschneide

## Filterstränge müssen einzeln absperbar sein.

völlig vom Boden freigelegt ist. Diese Arbeit ist durch ein Video mit geeigneten Markierungen am Schneidschuh nachzuweisen. Nach Aushärtung dieser Betonplombe wird der Schacht gelenzt und anschließend eine Ausgleichsohle eingebracht. Im Bereich der Ausgleichsohle sind bereits Bewehrungsanker im Senkschacht vorgesehen (z. B. Halfenschiene oder umgeklappte Rückhängebewehrung). Die Bewehrungsanbindung der Ausgleichsohle an den Senkschacht ist aus statischen Gründen und wegen der Druckwasserdichtheit des Senkschachtes unabdingbar.

Bei der Errichtung von „trockenaufgestellten HBr“ hat sich z. B. die Klemmkonstruktion „Außenliegendes Dehnungsfugenband DA 330/35 Ecke einseitig glatt, Nitriflex gemäß DIN 18541 als Kombinationsfugenband mit Mittelschlauch, mit Klemm- und Betonteil, inkl. Flachstahl 80 x 10 mm VA Eckfugenband“ der Fa. KRASO sehr gut bewährt.

Die Nachweise der Auftriebssicherheit des Senkschachtes für die kritischen Lastfälle in der Bau- und Betriebsphase sind planerisch zu erbringen. Zu den kritischen Lastfällen zählen:

- höchstmögliche Grundwasserspiegel (Bauphase mit Höchstgrundwasserspiegel und gelenztem Schacht, Betriebsphase ohne Absenkmaßnahmen im worst case)



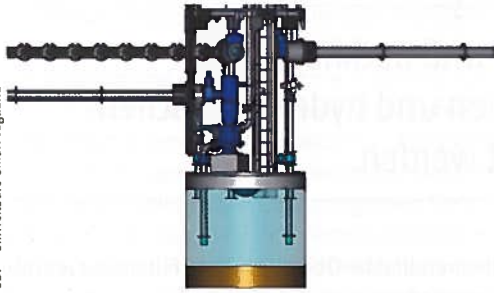


Abb. 4 – Druckkammer eines Horizontalfilterbrunnens unterhalb der Quartärbasis mit geringer Grundwasserüberdeckung über den Filterelementen

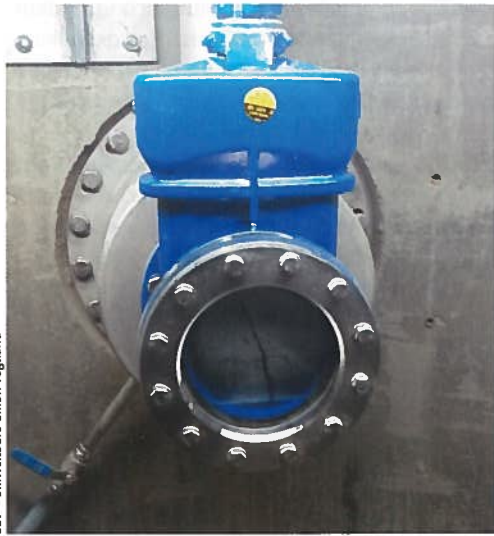


Abb. 5 – Schieberkammer am Horizontalfilterbrunnen mit herausgeführter Piezometerleitung (links)

- volle Eintauchtiefe bis Unterkante Schneidschuh
- keine Berücksichtigung der Mantelreibung des Zementdämmers
- keine Berücksichtigung der Betonumhüllung als Gewichtskraft
- Kalotte aus Beton wird nicht berücksichtigt
- ausgefüllter Schneidschuh und Stahlschneid-schuh wird nicht als Gewichtskraft beachtet
- kein Ansatz von Ausrüstungsteilen innerhalb des Brunnens

Sollte sich bei der Berechnung ergeben, dass die Auftriebskraft größer der Gewichtskraft ist, müssen Auftriebsfundamente planerisch erarbeitet werden. Die Anbindung des Senkschachtes an dieses Auftriebsfundament erfolgt mittels radial angelegten HEA-Trägern, deren konstruktiver und statischer Nachweis planerisch zu erbringen ist (Abb. 3).

Für die Ausrüstung der Horizontalfilterbrunnen im Hinblick auf den Arbeitsschutz und den Betrieb gibt es folgende planerische Empfehlungen (trockenaufgestellte Horizontalfilterbrunnen):


- Filterstränge müssen einzeln absperbar sein.
- Es ist bei trocken aufgestellten Horizontalfilterbrunnen eine redundante Leckageüberwachung vorzusehen.

- Bedienebenen sollten so angeordnet werden, dass alle notwendigen Armaturen ohne „Höhenrettung“ erreicht und bedient werden können.
- Es ist ein voller Durchgang von mindestens 900 x 900 mm zur Bergung von verletzten Personen und zum Einbringen von Regeneriergeräten vorzusehen.
- Die Träger der Bedienebenen sind verschraubbar zu gestalten, sodass nachträglich Bohrgeräte für neue Stränge eingebaut werden können, erforderlichenfalls bei Aufrechterhaltung des Brunnenbetriebes (z. B. Hoyerswerda, Senftenberg, Schierstein, Riesa, Jacobsthal).
- Die Bedienebenen sind auf die maximalen Lasten im Betriebsfall auszulegen (Bohranlage, Personal, Rohrmaterial und Förderpumpe für die Herstellung eines Reservestranges).
- Alle Durchgangsöffnungen sind mit Geländern und Einstiegsklappen zu versehen bzw. zu verschließen. Bei tiefen Schächten sind Ruhepodeste und Höhensicherungs- bzw. Höhenrettungsgeräte planerisch vorzusehen.
- In den trocken aufgestellten Schächten haben sich automatische Gaswarnanlagen zur Überwachung des Wetters bewährt.

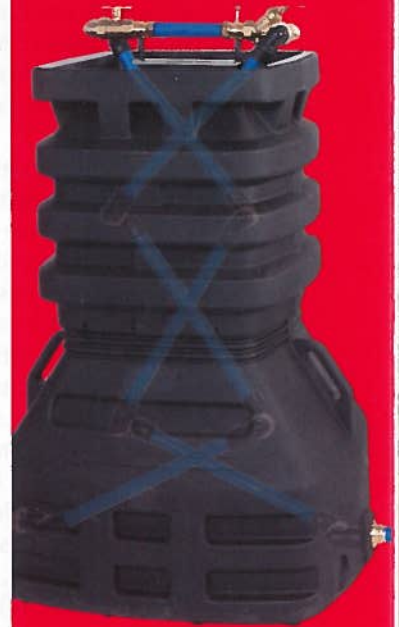
Für den Fall, dass bei einem Horizontalfilterbrunnen die Mächtigkeit des Grundwasserleiters zu gering und somit die Grundwasserüberdeckung über den Filterelementen nicht ausreicht, besteht die Gefahr, dass die Pumpen im Betriebsfall kavieren. Die Lösung für diesen Fall bietet eine Druckkammer, die über der Ausgleichssole im Senkschacht zu errichten ist (Abb. 4). Auf dieser Kammer können die vertikal aufgestellten Pumpen installiert werden.

#### Planerische Beachtung von Randbedingungen des späteren Betriebes/Wartung

Im Betrieb eines Horizontalfilterbrunnen bilden sich flache und weitreichende Absenkungstrichter im Vergleich zu vertikalen Fassungelementen aus. Die Überwachung der Grundwasserabsenkung wird analog zu den Vertikalfilterbrunnen zur Ermittlung des Filtereintrittswiderstandes erforderlich. Dafür werden an die Filterspitzen sogenannte Steuerpegel abgeteuft und mit Wasserstandsmessungen ausgerüstet. Alternativ wurde bereits mehrfach im Rahmen des Filterrohreinsbaus die Anordnung von Piezometerleitungen realisiert. Diese sind an ihrer Spitze perforiert und werden druckdicht bis in den Senkschacht und dann oberhalb des höchsten GW-Spiegels geführt. Bei besonders überwachungsbedürftigen Horizontalfilterbrunnen wurden bis zu vier derartige Überwachungselemente für die Potenzialhöhenermittlung entlang der Filterstränge eingebaut. Damit kann für den Betrieb eine sehr gute brunnen-nahe Grundwasseranströmung planerisch begründet werden (Abb. 5).

Zur Minimierung des Verockerungsrisikos wurde der anodische Verockerungsschutz 

**Kein Schrank,  
kein Keller –  
die cleverere  
Alternative!**



## PLASSON Wasserzähler- schächte

... sind die ideale Lösung, wenn der Wasserzähler nicht im Gebäude untergebracht werden kann.

Rohrdeckungen von 0,75 m bis 1,00 m oder von 1,00 m bis 1,50 m

Optional mit Leitungspaket für Bauwasseranschluss

 **PLASSON**  
Mensch · Produkt · Service



» Horizontalfilterbrunnen können effizient und optimal an die entsprechenden geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Standortverhältnisse angepasst werden. «

(AVS) entwickelt, welcher bereits Anwendung bei zahlreichen Horizontalfilterbrunnen in der Lausitz sowie beim Wasserwerk Schierstein gefunden hat. Durch den AVS wird die elektrochemisch induzierte Verockerung der Filterrohre deutlich unterdrückt [5].

Bei der Anwendung des anodischen Verockerungsschutzes wird eine aus Titan gefertigte und mit einer Titan-Oxid-Schicht legierte Schutzelektrode in das Filterrohr des horizontalen Filterstranges am Strangende eingebaut. Die Schutzwirkung wird über das Aufprägen eines gerichteten Stroms auf das Filterrohr erreicht, wodurch sich das Potenzial zwischen Filterstahl und Grundwasser in den positiven (anodischen) Bereich verschiebt. Dazu wird eine Gleichspannungsquelle so geschaltet, dass der Filter als Anode (positiv) und die Schutzelektrode als Kathode (negativ) fungiert. So entsteht ein von der Schutzelektrode ausgehender, über das Fluid zum Filterrohr und die Gleichspannungsquelle verlaufender, geschlossener Stromkreis. Der Stromfluss bewirkt, dass die Oberfläche des Filters anodisch (positiv) polarisiert wird, sodass die Anlagerung ockerbildender Eisen(II)-, Eisen(III)- und Mangan(II)-Komplexe durch Coulomb'sche Abstoßung gemindert wird. Eine Schutzwirkung entsteht dann, wenn die geregelte Polarisierung („elektrische Positivierung“) des Filters so stark ist, dass die Sorption der ockerbildenden Spezies, welche ebenfalls eine positive Ladung

aufweist, an die metallische Oberfläche des Filters zur unfreiwilligen Reaktion wird.

Prinzipiell wird durch die Verschiebung des Potenzials in den anodischen Bereich die Korrosion des Materials begünstigt. Damit jedoch der Filterstahl nicht zu einer Opferanode wird, ist die Aufprägung eines möglichst geringen Stroms, bei dem das Ruhepotenzial des Filtermaterials erreicht wird, wichtig. Andernfalls kann es zu einer Materialzerstörung durch Korrosion kommen. Die Korrosionseigenschaften eines Materials können über Stromdichte-Potenzial-Kurven analysiert werden, die das materialspezifische Ruhepotenzial ausweisen.

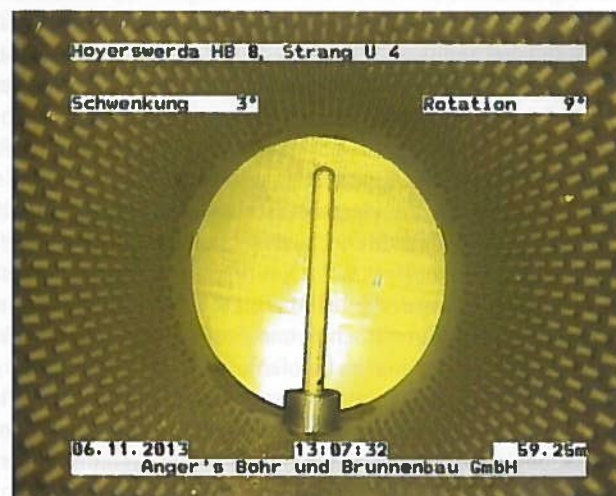
Mithilfe von Feldversuchen wird die optimale, aufzuprägende Stromstärke, mit der ein definiertes anodisches Schutzpotenzial für jeden einzelnen Filterstrang erreicht werden kann, ermittelt. Dafür wird originäres Brunnenwasser eines Filterstranges aus der Brunnenstube über eine Schlauchverbindung durch eine eigens entwickelte mobile Pilotanlage geleitet, die dem Aufbau eines horizontalen Filterstranges nachempfunden ist (Abb. 6).

Praktisch kann im Zuge der Planung für jeden HBr-Standort im Voraus eine ortskonkrete Untersuchung der Möglichkeit/Grenze des AVS vorgenommen werden. Dies schafft planerische und betriebliche Sicherheit für den verockerungsgefährdeten HBr-Standort noch vor Bauausführung.



UBV – Umweltbüro GmbH Vogelland

Abb. 6 – Aufbau der mobilen Versuchsanlage



Kamerabefahrung HBr 3 und 8 Hoyerswerda, Fa. H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbau GmbH

Abb. 7 – Wirksamkeit des AVS; links ohne und rechts mit AVS nach jeweils zehn Jahren Betrieb



Die Versuchsdurchführung unterteilt sich dabei in zwei Teilversuche: Im ersten Teilversuch wird die Bestimmung der Stromdichte-Potenzial-Kurven fokussiert, um das optimale strangspezifische Schutzpotenzial abzuschätzen und kritische Bereiche abzugrenzen. Der zweite Teilversuch dient der Ermittlung einer aufzuprägenden Stromstärke, mit der das zuvor definierte Schutzpotenzial zwischen dem Edelstahl-Filterrohr und dem originären Grundwasser erreicht werden kann. Dafür ist an jedem Filterstrang eine dreistündige Messung durchzuführen. Diese Zeit wird benötigt, damit sich ein Gleichgewicht der Stromstärke einstellen kann. Bei dieser Gleichgewichtsstromstärke wird das vorgegebene Schutzpotenzial erreicht. Die ermittelte Stromstärke kann letztlich von der Dimension der Versuchsanlage auf die Dimension des zu schützenden Filterstranges extrapoliert werden.

Die Aufgabe der Planung besteht in der fachlichen, hydrochemischen und elektrochemischen Begründung der Ausrüstung der Filterstränge mit dem AVS und entsprechender Kabelführungen durch die Schieberkammer hindurch in den Schacht und von dort aus in die Schaltzentrale (Abb. 7).

Die Inspektion und Wartung der Filterstränge ist bereits mit der Planung technisch und technologisch vorzulegen. Während bei nassaufgestellten Horizontalfilterbrunnen sämtliches Equipment zur Brunnenregenerierung durch Taucher direkt in den Filter eingeführt bzw. die Säurespülleitung von der Brunnenstube aus bedient werden kann, bedarf es bei den trocken aufgestellten Horizontalfilterbrunnen spezieller planerischer Lösungen. Detailliert wird hierzu in einem weiteren Beitragsteil zum Thema berichtet. Es hat sich die Umsetzung folgender planerischer Ansätze für nass aufgestellte HBr bewährt:

- freier Durchgang von Geländeoberkante bis untere Filterebene
- Entwicklung und Applikation einer Bogenschleuse
- getrenntes Absperrern von Säurespülleitung und Piezometerleitungen mittels Kugelhahn im Brunnenschacht und in der Brunnenstube
- Säurespülleitung mit Bedienmöglichkeit in der Brunnenstube

Bei trocken aufgestellten HBr haben sich nachfolgende planerische Ansätze bewährt:

- freier Durchgang von Geländeoberkante bis untere Filterebene
- Montagemöglichkeit von horizontalen Schleusen für Packereinbauten
- Entwicklung und Applikation einer Bogenschleuse
- Entwicklung und Einbau einer Regenerierhalbschale in der Schieberkammer (genannt „Zunge“)
- getrenntes Absperrern von Säurespülleitung und Piezometerleitungen mittels Kugelhahn

in und außerhalb der Schieberkammer

- Sichtfenster an der Schieberkammer zur nichtinvasiven Kontrolle des Filterstranges und der Schieberkammer
- Säurespülleitung mit Bedienmöglichkeit in der Brunnenstube bzw. auch im Schacht

#### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Horizontalfilterbrunnen können effizient und optimal an die entsprechenden geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Standortverhältnisse angepasst werden. Insbesondere müssen die technische Auslegung, die Dimensionierung und das Design des Brunnenschachtes und seiner Ausbauten auf die statischen, hydrodynamischen und hydrochemischen Randbedingungen planerisch abgestimmt werden.

Die im vorliegenden Beitrag und in Teil 1 (bbr 10-2019) gegebenen Erfahrungen bzw. Hinweise für die Planung erlauben die effiziente, sichere und ergebnisgerechte Errichtung bzw. den Betrieb von HBr für die meisten Standorte. Trotz der bestmöglichen Herausarbeitung der natürlichen und technischen Randbedingungen für die Planung, trotz gut durchdachter Planung und ausgewogener Beachtung möglicher statischer, baugrundrelevanter und sonstiger Besonderheiten, bleibt der Anspruch einer soliden objektkonkreten Bauausführung und -begleitung bestehen. Aus der Erfahrung des Baus von über 20 HBr wird deshalb in Teil 3 berichtet.

#### Literatur

- [1] Hüper, G.: Horizontale Wasserfassung, Anwendung, Stand der Technik-Technik für die Umwelt – Wasser, Boden, Luft, Darmstadt, 1993.
- [2] ZTV-ING Teil 3, Massivbau.
- [3] Daffner, T.: 27. Fachtagung – Der Horizontalfilterbrunnen – Horizontalfilterbrunnen zur Wassergewinnung, zum Hochwasserschutz, für Kühlzwecke und zur Grundwassersanierung im Altlastenbereich, Fachtagung gemäß DVGW AB W120-1, 25.01.2018.
- [4] Baubegleitende Verfahren zur Qualitätssicherung bei Neubau von Horizontalfilterbrunnen, Obering. Gerhard Hüper und Dr.-Ing. Thomas Daffner (UBV), BERLIN – BRANDENBURGER BRUNNENTAGE 23./24.05.2016.
- [5] Umweltbüro GmbH Vogtland: Patentschrift DE 103 06 119 A1. Weischlitz, 2004.

#### Autoren

Dr. Thomas Daffner  
 Martin Klee  
 Dr. Carsten Leibenath  
 Björn Scheppat-Rosenkranz  
 Umweltbüro GmbH Vogtland  
 Thossener Str. 6  
 08538 Weischlitz/ i.Vogtland  
 Tel.: 037436 91210  
 th.daffner@ubv-vogtland.de  
 www.ubv-vogtland.de

PLASSON



PLASSON GmbH

Krudenburger Weg 29  
 46485 Wesel

Telefon: 0281 / 952 72-0  
 Telefax: 0281 / 952 72-27  
 E-Mail: info@plasson.de  
 Internet: www.plasson.de

