

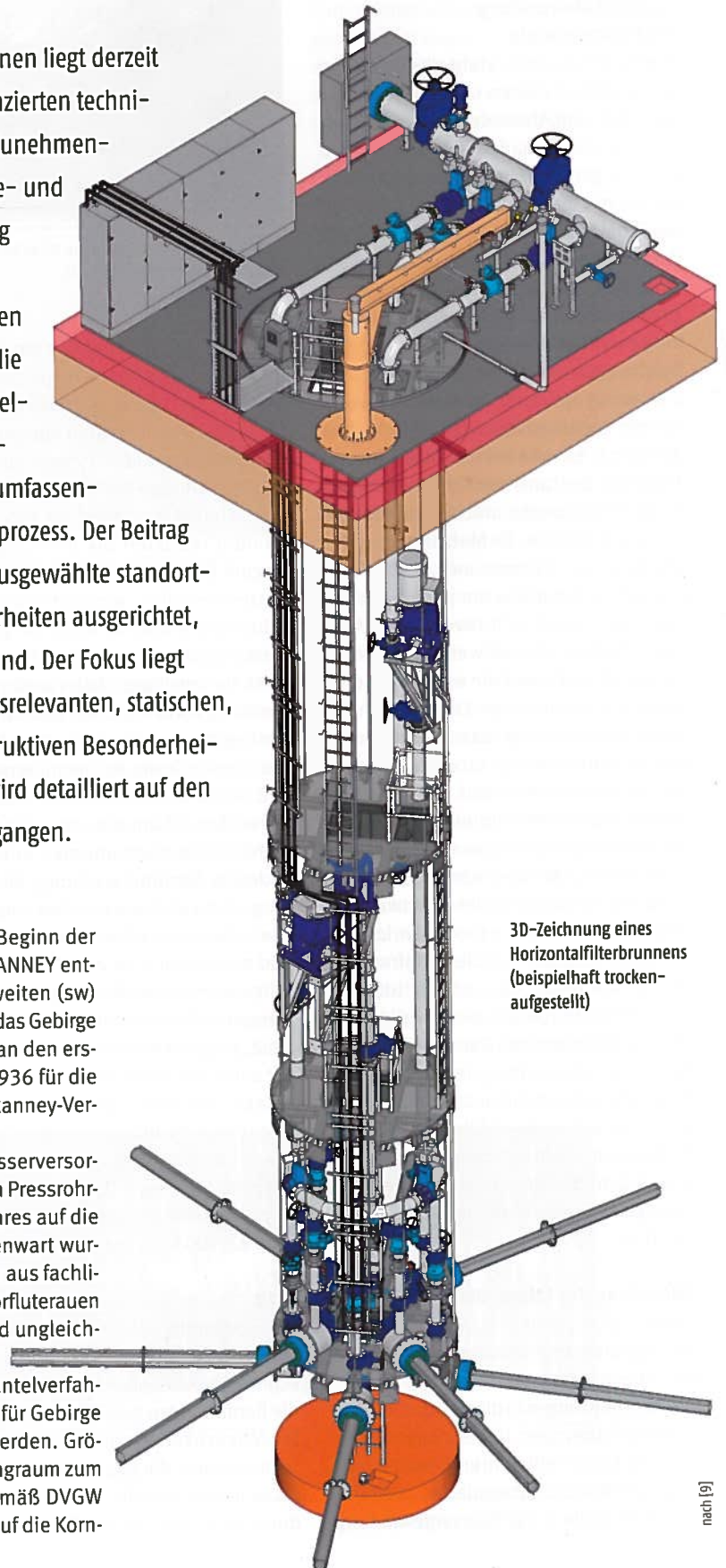
Rezente Erfahrungen bei der Planung von Horizontalfilterbrunnen – Teil 1

Die Anzahl der Horizontalfilterbrunnen liegt derzeit in Europa bei über 250 mit differenzierten technischen Ausbaudaten (Abb. 1, [1]). Zunehmender Bedarf an hydrothormaler Kälte- und Wärmeversorgung, in der Sanierung von Grundwasserschäden oder an Grundwasserregulierungen ergänzen die häufigsten Anwendungen für die Trink- und Industrierwasserbereitstellung. Diese immer größere Anwendungsbreite bedarf deshalb auch umfassenderer Vorbereitungen im Planungsprozess. Der Beitrag (Teil 1) ist deshalb erstrangig auf ausgewählte standort- und nutzungsspezifische Besonderheiten ausgerichtet, die bei der Planung zu beachten sind. Der Fokus liegt dabei auf speziellen modellierungsrelevanten, statischen, bemessungsrelevanten und konstruktiven Besonderheiten der Horizontalfilter. In Teil 2 wird detailliert auf den Schacht und die Ausbauten eingegangen.

Horizontalfilterbrunnen (HBr) wurden erstmals zu Beginn der 1920er-Jahre erstrangig für den Erdölabbau durch RANNEY entwickelt. Starkwandige Filterpressrohre mit Schlitzweiten (sw) > 6 mm wurden ohne besondere Abstimmung der sw auf das Gebirge horizontal vorgetrieben. Im Jahre 1933 errichtete man den ersten HBr für Industriebrauchwasser in London und 1936 für die Trinkwasserversorgung in Canton (Ohio) nach dem Ranney-Verfahren [2].

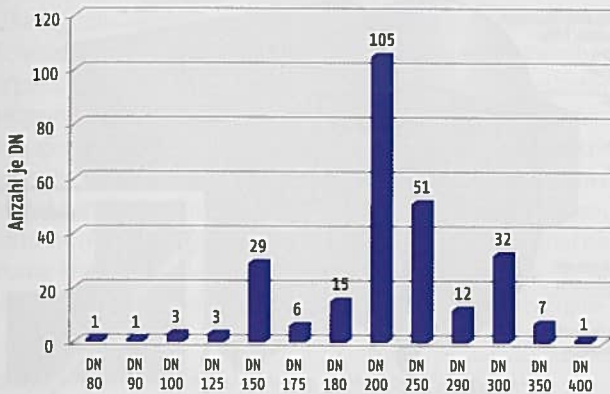
FEHLMANN entwickelte im Jahre 1947 für die Wasserversorgung der Stadt Bern den ersten HBr mit vorlaufendem Pressrohrverfahren, welches es gestattet, die sw des Filterrohres auf die Gebirgsgranulometrie abzustellen. Bis in die Gegenwart wurden zahlreiche Fehlmann-HBr errichtet, vornehmlich aus fachlichen, praktischen und wirtschaftlichen Gründen in Vorfluterauen in der Schweiz und Österreich mit grobkörnigen und ungleichkörnigen Sedimenten [3].

Mit dem von der PREUSSAG entwickelten Kies-Mantelverfahren konnte das Verfahren von Fehlmann besonders für Gebirge mit sehr breiten Kornfraktionen weiterentwickelt werden. Größere Pressbohrrohre mit Bohrkopf gestatten, den Ringraum zum Filterrohr meterweise entlang der Filterstrecke gemäß DVGW W 128 mit Filterkies zu versehen und diesen exakt auf die Korn-



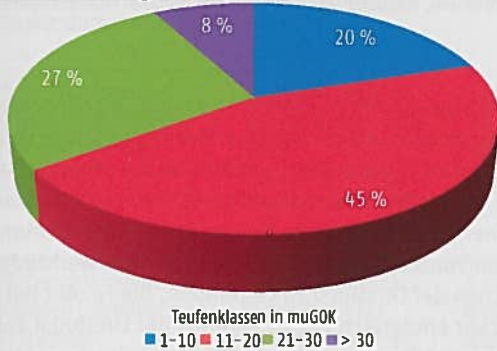
3D-Zeichnung eines Horizontalfilterbrunnens (beispielhaft trocken-aufgestellt)

Häufigkeitsverteilung der Filterrohrdurchmesser

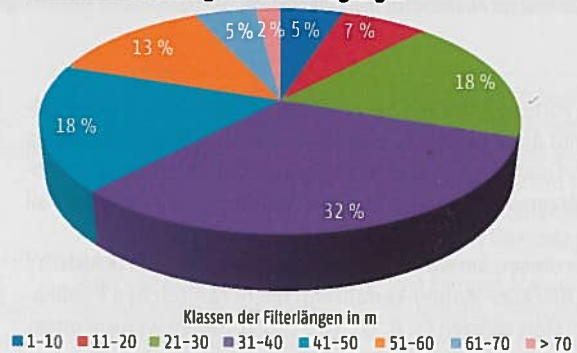


Anzahl erfasster HBr	> 350
davon mit geologischen/ hydrogeologischen/ technischen Informationen untersetzt	266
Anzahl an HBr in Deutschland	204
Anzahl an HBr in Europa	46
davon Nassaufstellung	92 %
davon Trockenaufstellung	8 %
Über 1.770 Filterstränge mit einer Länge von mehr als	63.400 m
Schächte mit einem Innendurchmesser von	2.000 – 5.000 mm

Prozentuale Verteilung der Schachttiefen



Prozentuale Verteilung von Filterstranglängen



nach [1]

Abb. 1 – Statistische Auswertung von Horizontalfilterbrunnen (Stand 05/2019)

verteilung des Gebirges abzustellen. Dadurch wird bei fachgerechter Bemessung ein sandfreier Betrieb des HBr in Gebirgen bis zur Feinsandfraktion möglich [4]. Der HBr sollte vordergründig bei den in Tabelle 1 aufgeführten technischen und betrieblichen Vorteilen zum Einsatz kommen.

KELLY, Fa. PREUSSAG/ BHG Brechtel und Fa. Abt ist es gelungen, HBr unter Nutzung von großkalibrigen vertikalen Überschneitbohrungen erfolgreich zu errichten, deren technische Vorgänger letztlich die Großfilterbrunnen nach INGERLE sind [2]. Diese Ausbauart konnte die Fa. Abt 2010 bis 12 m und 2015 bis 21 m wirtschaftlich und technisch erfolgreich platzieren [5–8]. Die wesentlichen Vorteile der Horizontalfilterherstellung mittels Überschneitbohrungen im Vergleich zum ungesteuerten Pressbohrverfahren liegen im Folgenden:

- vorlaufende durchgängige Erkundung des Liegendstauerreliefs,
- vorlaufende durchgängige Erkundung der Grundwasserleiterschichtmächtigkeit,
- vorlaufende durchgängige Erkundung der Gebirgsdurchlässigkeit,
- vorlaufendes durchgängiges Ausräumen von Bohrhindernissen,
- enorm große Grenzfläche zwischen Gebirge und Filterkies,
- Anpassung der Höhen der Schachtwanddurchführungen nach der geologisch besten Lage der Horizontalfilterstränge,
- in der Regel kürzere Filterstränge,
- keine Stauwirkung beim Verkiesen und Pressrohrrückziehen.

Der Einsatz dieses Verfahrens beschränkt sich jedoch auf nicht überbaute und medienfreie Flächen.

Tabelle 1 – Einsatzstärken und -grenzen für Horizontalfilterbrunnen

Einsatzstärken	Einsatzgrenzen	Einsatzgrenzen
<ul style="list-style-type: none"> • bei kleinen M_{GW} • bei vertikal geschichteten k_v • bei vertikal Anisotropie c_{GW} • Erschließung großer Wassermengen • begrenzte Liegenschaften und Trassen • weniger empfindlich gegenüber Wasserspiegelschwankungen • flache Grundwasserabsenkung • Druckentlastung unter Gebäuden • Verringerung der Verockerungsgefährdung • vergleichsweise lange Lebensdauer • zusätzliche Filterstränge bzw. Ersatz möglich • geringere Energiekosten 	<ul style="list-style-type: none"> • etwas größere Baustelleneinrichtung • Investkosten • Kluft- / Karst-Grundwasserleiter 	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasserversorgung • Industrierwasserversorgung • Kühlwasser • Grundwasserniederhaltung • Hochwasserschutz • hydrothermale Wärme- / Kälteversorgung • Altlastensanierung • Grundwasserdükeranlagen

nach [1]

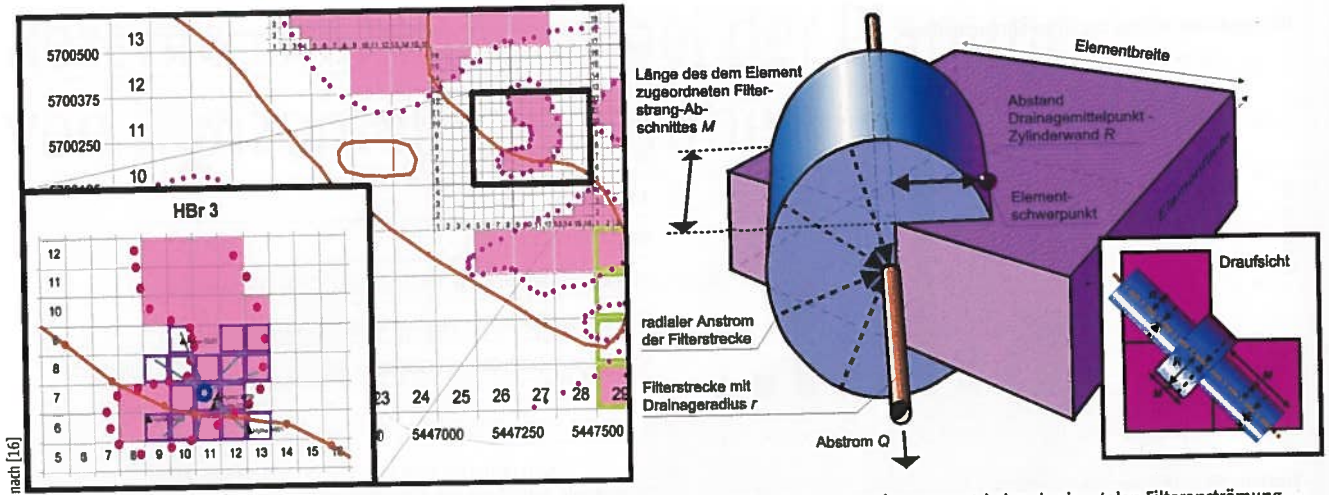


Abb. 2 - Schema zur numerischen Implementierung von horizontalen Filtersträngen zur bilanztreuen, rotationssymmetrischen horizontalen Filteranströmung

Gleiche Vorteile kommen beim offenen Einbau von Horizontalfiltern und angepasstem Zentralschacht zum Tragen, wie dies z. B. aus Gründen der Arbeitssicherheit auf Munitionsvernichtungsplätzen oder bei sehr flachen Grundwasserleitern der Fall ist [9].

Neben diesen am weitesten verbreiteten Verfahren (RANNEY/FEHLMANN/Kies-Mantel-Verfahren), die in zahlreichen Publikationen erklärt wurden (z. B. [7, 10–12]) kommen weitere ungesteuerte und gesteuerte Bohrverfahren zum Einsatz:

- ungesteuertes WHD-Verfahren der Fa. BHG [13],
- gesteuertes HDD-Verfahren [12],
- gesteuertes Pilot-Bohrverfahren [14].

In [12] werden Risiken im Baugrund und Einschränkungen bei der Verfahrensanwendung des WHD-Verfahrens benannt. Diese Einschränkungen fanden bei der Anwendung des WHD-Verfahrens

Pilotgestänge wird im zweiten Schritt mit dem Schneckenbohrverfahren das Schutzrohr auf die erforderliche Länge vorgetrieben. Es bedarf an jedem Bohrende entweder eines Zielschachtes (bei hohem Wasserdruck und guter Gebirgsdurchlässigkeit) oder einer Verplombung der Bohrspitze z.B. mit Bentonit (bei geringem Vordruck), um beim Ziehen des Bohrwerkzeuges ein Einbrechen der Ortsbrust zu verhindern. Die Fa. Abt hat spezielle Packer erfolgreich zur Abdichtung der Ortsbrust zum Einsatz gebracht (bei geringem Grundwasserdruck und im Feinsand) [14].

Planungserfahrungen

Geologische, hydrogeologische und technische Untersuchungen

Für die Planung von Horizontalfilterbrunnen ist eine umfassende Standorterkundung zur Ermittlung der hydrogeologischen Grundlagen und der geotechnischen Parameter erforderlich. Ein schlüssiger und möglichst behördlich anerkannter hydrogeologischer Nachweis des Grundwasserangebots bzw. des Wasserandrangs wird vorausgesetzt und ist im Vorfeld der Planung zu prüfen bzw. durch sie zu erbringen.

Die planungsbegleitende hydrogeologische Standortuntersuchung ist dann auf die Erarbeitung der Bemessungsgrundlagen zu fokussieren. Dies betrifft im Einzelnen:

- die Feinoptimierung des Standortes, z. B. nach Durchlässigkeit oder in Tieflagen der Grundwasserleiterbasis;
- die Vorgabe der Strangtiefe auf Grundlage des geologischen Profils und der Berechnung des abgesenkten Betriebswasserspiegels. Die Filteroberkante sollte in einem aus den hydrochemischen Verhältnissen und dem Modellfehler abzuleitenden Mindestabstand vom berechneten Betriebswasserstand positioniert werden. Aus den Erfahrungen hierzu werden in der Regel mindestens 3 m zur Minimierung des Risikos der Brunnenalterung empfohlen;
- die Bemessung der Filterschlitzweiten und des Schüttkorns nach den kritischsten Erkundungsergebnissen nach DVGW W 128;
- die Berechnung der notwendigen Filterstranglängen unter Beachtung mgl. Regenerierungs- und Wartungsarbeiten an einem Brunnen bei ggf. gleichzeitig weiterem Betrieb.

» Die Filterbemessungsansätze entsprechen grundlegend der DVGW W 128. «

rens in einer quartären Rinne in Senftenberg, trotz 18 m Grundwasserüberstand und mitteldichter Lagerung, ihre Bestätigung.

Beim HDD-Verfahren kommt es vor allem auf die sehr gute Entwicklung der Bohraureole und den Aufbau eines autostabilen Gebirgsfilters an, da verfahrensbedingt mit Schmiermitteln (Bentonit, Polymere) gearbeitet werden muss [15].

Beim gesteuerten Pilot-Bohrverfahren wird zunächst ein lasergesteuertes Pilotgestänge zielgenau vorgetrieben. Über dieses

Tabelle 2 - Zu berücksichtigende Baugrundklassifikationen

Gewerk	Norm zur Baugrundklassifikation
Erdbau	DIN 18300
Bohren	DIN 18301
Rohrvortrieb	DIN 18319

Die Erfüllung dieser Zielstellungen ist für Horizontalfilterbrunnen in einer für Planungen hinreichenden Aussagesicherheit

nur mit numerischen Modellen möglich, z. B. in [16] mit PCGEO-FIM und [17] mit FEFLOW.

Die für den Grundwasserdargebotsnachweis in der Regel ausreichende Abbildung von Horizontalfilterbrunnen als Randbedingung 3. Art (über Widerstand mit dem Grundwasserleiter gekoppeltes Potenzial) genügt nicht den oben genannten Anforderungen an Planungsaufgaben. Für diese müssen zur wirklichkeitsnahen Abbildung die Potenziale vom Elementschwerpunkt auf den konkreten Punkt des Filterstrangs übertragen werden. Hierfür wurde unter Mitwirkung der Autoren eine numerische Lösung erarbeitet, die in Abbildung 2 skizziert ist und z. B. in die Simulationssoftware PCGEO-FIM integriert wurde. Als Ergeb-

nis der geotechnischen Standorterkundung sind alle für die hinreichende Beschreibung der Homogenbereiche erforderlichen Kenngrößen bereitzustellen.

Neben der allgemeinen Baugrundklassifikation nach DIN 18196 und Ableitung von Baugrundparametern sind für die Errichtung von Horizontalfilterbrunnen die in Tabelle 2 zusammengestellten gewerbsspezifischen Baugrundklassifikationen zu erbringen.

Als Untersuchungsumfang sind eine Bohrung für den Zentralschacht und eine angemessene Zahl von Aufschlüssen für die Filterstränge erforderlich. Über die Anzahl der erforderlichen Bohrungen zur Erkundung der Filterstränge ist in Abhängigkeit

Tabelle 3 – Fallbeispiele zur Vorerkundung für Horizontalfilterbrunnen

Nr.	Fallbeispiel / Verwendungszweck	Grundwasserleiter / Mächtigkeit / Durchlässigkeit	Vortriebsverfahren	Besonderheiten	Erkundungsaufwand
1	Wasserversorgungsbrunnen (Uferfiltrat) in pleistozänem GWL Q = 20.000 m ³ /d	Pleistozäne gemischt-körnige Sande / Kiese / 30 m / k _f = 1..2*10 ⁻³ m/s	8 Filterstränge PREUSSAG-Kiesmantel-Verfahren, Länge 50 m, Teufe 15 m	Gewinnung einer hohen Wassermenge an einer Lokation	Eine Bohrung Endteufe 30 m für Schacht, wegen großer Mächtigkeit des GWL und geringer Varianz lediglich insgesamt 3 Bohrungen im Bereich der Filterstränge
2	Wasserversorgungsbrunnen (Uferfiltrat) in Flussaue Q = 4.000 m ³ /d / Brunnen	Geringmächtige Flusskiese / 5..10 m / k _f = 0,5..1*10 ⁻³ m/s	3 Filterstränge Kiesmantel-Überschnitt-Verfahren, Länge 20 m, Teufe 8 m	Starkes Relief der GWL-Basis und vortrieberschwerende Querkalkbildungen führten zur Entscheidung für Vortriebsverfahren, Positionierung der Brunnen in Vertiefung der Quartärbasis	Eine Bohrung Endteufe 10 m für Schacht, je eine Bohrung im Bereich der Filterstränge, da gewähltes Vortriebsverfahren Unebenheiten der GWL-Basis ausgleichen
3	Horizontalfilterbrunnen zum Schutz eines Einkaufszentrums gegen hohe Grundwasserstände Q = 6.000 m ³ /d	Pleistozäner Flusskies / 15 m / k _f = 1..3*10 ⁻³ m/s	5 Filterstränge PREUSSAG-Kiesmantel-Verfahren, Länge 40 m, Teufe 15 m	Schutz gegen hohe Grundwasserstände erwies nachträglich zum Bau des Gebäudes nach Hochwasser als notwendig, bei Strangvortrieb Verbau – Bentonitwand mit Beton-B5-Eigenschaften – zu durchteufen	Keine Erkundungsbohrungen, da hydrogeologische und geotechnische Verhältnisse hinreichend bekannt, einaxiale Druckversuche an Verbau-Proben
4	Horizontalfilterbrunnen für Gebäudeklimatisierung in einem Stadtgebiet Q = 7.800 m ³ /d	Pleistozäner Flusskies / 15 m / k _f = 1..3*10 ⁻³ m/s	2 Filterstränge PREUSSAG-Kiesmantel-Verfahren, Länge 50 m, Teufe 15 m	Strangvortrieb in Stadtgebiet mit sensibler historischer Bebauung	Keine Erkundungsbohrungen, da hydrogeologische und geotechnische Verhältnisse hinreichend bekannt, umfassende Beweissicherung an Gebäuden
5	9 Horizontalfilterbrunnen zur Niederhaltung des Grundwasserwiederanstiegs in bebauten Gebieten nach Einstellung des Bergbaus im Lausitzer Braunkohlerevier Q bis 10.000 m ³ /d / Brunnen	Sande / Kiese in pleistozänen Rinnen / bis 30 m / 5..10 m / k _f = 0,5..1,5*10 ⁻³ m/s	Bis 8 Filterstränge in 2 Ebenen, PREUSSAG-Kiesmantel-Verfahren, Länge 50 m, Teufe 15 m		Eine Bohrung Endteufe 30 m für Schacht, eine Bohrung je Filterstrang
6	Horizontalfilterbrunnen zur Abstromsicherung einer durch chemische Industrie induzierten Grundwasserkontamination Q ca. 100 m ³ /d	Tertiäre Feinsande / ca. 3 m (!) / k _f = 10 ⁻⁶ . 10 ⁻⁶ m/s	2 Filterstränge PREUSSAG-Kiesmantel-Verfahren, Länge 50 m, Teufe 16 m	Sehr geringmächtiger GWL, Kontamination, Quarzitbänke im Hangenden als Erschwernis für Schachtvortrieb, hohe Presskräfte infolge dichtgelagerter Feinsande zu erwarten, Granulometrie im Strangbereich außerhalb der Gültigkeitsgrenzen anerkannter Regeln der Technik (Kennkorn nach BIESKE, DVGW W 113)	Eine Bohrung Endteufe 20 m für Schacht, je Filterstrang mindestens 3 Bohrungen notwendig, CPT-Sondierungen mit Vorbohrung durch die hangenden Quarzitbänke, Technikumsversuche zur Verifizierung des Schüttkorns und der Schlitzweiten

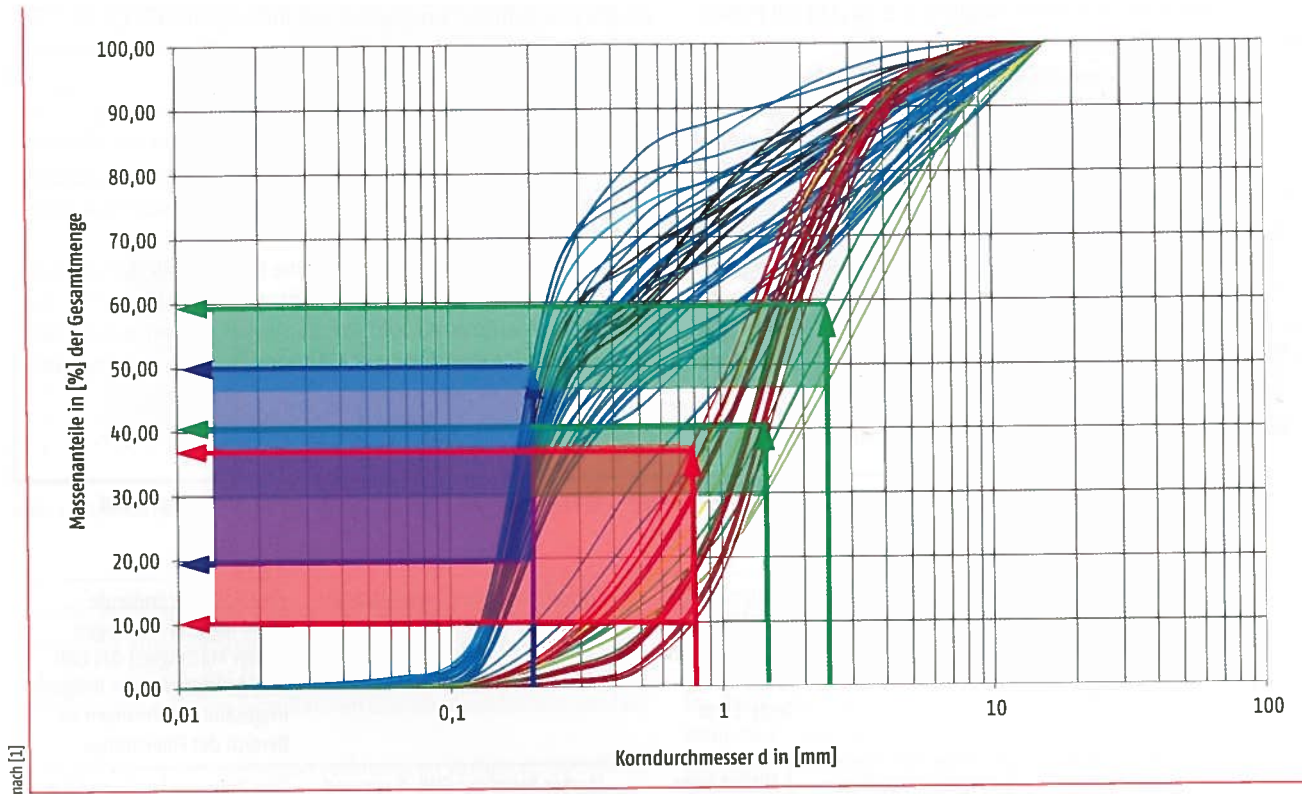


Abb. 3 – Ergebnisse granulometrischer Untersuchungen an einem HBr-Standort: Kornsummenkurve HBr „B“ eines Filterstranges 0 bis 60 m

vom Vortriebsverfahren und den hydrogeologischen Verhältnissen zu befinden. Es wird empfohlen, den Umfang an erforderlichen geotechnischen Laboruntersuchungen [19] zugrunde zu legen.

Von besonderer Bedeutung für den Horizontalfilterbrunnenbau ist eine gesicherte Kenntnis zu möglichen Vortriebshindernissen und den zu erwartenden Vortriebskräften. Ausgehend von dieser Erfahrung, wird ein Mindestbohrdurchmesser von 300 mm empfohlen, damit mögliche Gesteinshindernisse mit hinreichender Sicherheit beurteilt werden können. In Formationen mit zu erwartendem hohem Widerstand beim Schacht- und Strangvortrieb sind zu dessen Quantifizierung CPT-Sondierungen ein geeignetes Erkundungsmittel. Diese sind z. B. dann erforderlich, wenn im Untergrund dichtgelagerte gleichkörnige Sande, Kohle, Geschiebemergel oder Ton in steifer bzw. halbfester Konsistenz anstehen. In gemischtkörnigen pleistozänen Grundwasserleitern kann dagegen in der Regel auf diese verzichtet werden. In Tabelle 3 wird der Erkundungsaufwand für einige ausgewählte Fallbeispiele aus der Praxis aufgezeigt.

Geologische, hydrogeologische und technische Randbedingungen für die Filterbemessung

Die Filterbemessungsansätze entsprechen grundlegend der DVGW W 128. Hierbei ist die Brunnenmantelfläche das wesentliche Bemessungskriterium. Ausgehend von den geohydraulisch ermittelten Entnahmemengen errechnet sich die erforderliche Brunnenmantelfläche als Quotient aus der zu fördernden Wassermenge und einer an der Bohrlochwand zulässigen kritischen Geschwindigkeit. Diese Grenzgeschwindigkeit ergibt sich nach SICHARDT aus der Beziehung

$$v_{krit} = \frac{\sqrt{k_f}}{15}$$

mit k_f - Durchlässigkeitsbeiwert im umliegenden Gebirge [m/s]. Nach KITTNER und eigenen Erfahrungen wird für diese kritische Anströmgeschwindigkeit ein Sicherheitsfaktor von 3,5 empfohlen. Er trägt zur wesentlichen Verzögerung der Brunnenalterung bei.

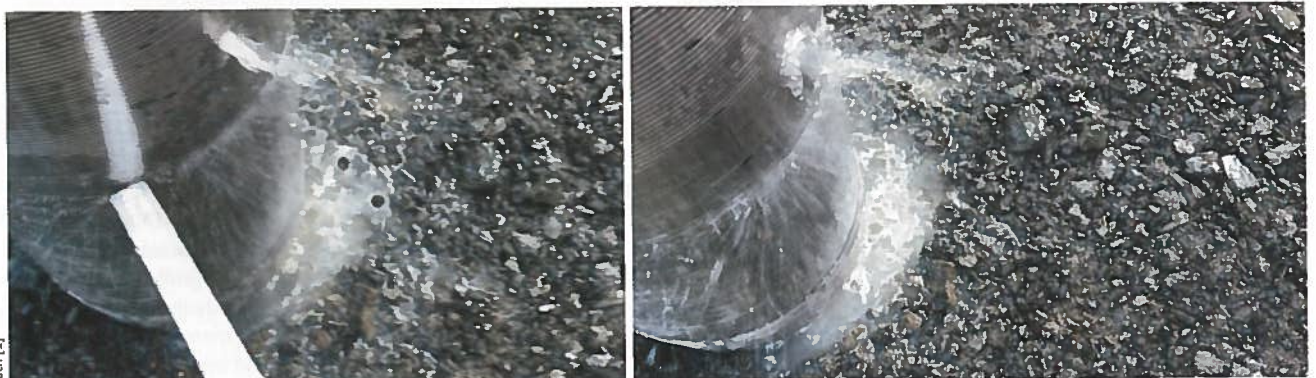


Abb. 4 – Technikversuch der Filterentwicklung mittels Wasserhochdruckverfahren an WDF mit sw: 0,1 und 0,2 mm

Von besonderer Bedeutung für den Horizontalfilterbrunnenbau ist eine gesicherte Kenntnis zu möglichen Vortriebshindernissen und den zu erwartenden Vortriebskräften.

Weitere Bemessungskriterien, welche grundsätzlich der Planung zugrunde zu legen sind, sind die Fließgeschwindigkeit im Filterrohr $v_{\text{Rohr}} < 0,7 \text{ m/s}$ und die Prüfung der zulässigen Fließgeschwindigkeit im Filterschlitz bei Q_{max} (nicht größer als $0,03 \text{ m/s}$) nach DVGW W 128. Neben der Schüttgutauslegung nach Granulometrie und DIN 4924 sind auch die Suffosionsnachweise nach BUSCH/LUCKNER [20] mit dem geometrischen bzw. hydraulischen Kriterium zu führen.

Für eine ununterbrochene Betriebsweise eines HBr (z. B. HBr zur Grundwasserniederhaltung) wird aus Gründen der Wartung und Regenerierung ein zusätzlicher Filterstrang empfohlen.

Bei den heutigen Horizontalfilterbrunnen werden hauptsächlich Edelstahlfilter eingesetzt. Aufgrund der Stabilität und bei gut durchlässigen Sanden und Kiesen werden Schlitzbrückenfilter bzw. Hochleistungsschlitzbrückenfilter bevorzugt verwendet. Diese Filterart hat jedoch einen entscheidenden Nachteil gegenüber den Wickeldrahtfiltern (WDF). Der Energieeintrag bei der Regenerierung wird aufgrund der Geometrie der Schlitzbrücke abgelenkt und somit abgemindert. Durch die Geometrie der Wickeldrahtfilter werden hingegen diese Effekte noch verstärkt. Hinsichtlich der Stabilität von WDF wurden neben

den Verstärkungsstäben auch weitergehende Versuche zur Statik durchgeführt.

Ausnahmslos im Altlastenbereich können kontaminierte Grundwasserleiter mit sehr geringen Durchlässigkeiten durch HBr zu erschließen sein. Für derartige hydrogeologische Verhältnisse können nur WDF mit sw 0,1 bis 0,3 mm zur Anwendung kommen (Abb. 3).

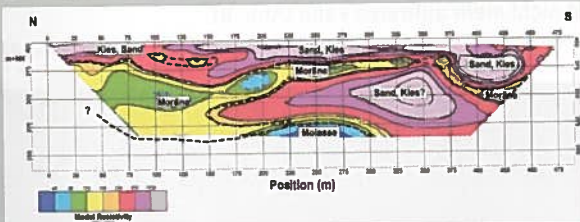
Die Nachweisführung der Wirkung von Regenerierverfahren für Vertikalfilterbrunnen wurde in der DVGW W 55/99 an WDF mit sw von 0,7 und 2,0 mm ausgeführt. Diese sw und die verwendeten Filterkiese waren auf sehr wasserhöffige Gewinnungsgebiete abgestellt.

In [4] wurden kleintechnische Versuche zur Wirkungstiefe einer Hochdruckspülung (Rotationsdüse mit 30 bis 50 bar, Düsenöffnung unmittelbar an WDF-Innenseite, WDF nicht mit Wasser gefüllt) dokumentiert. Es konnte eine maximale Reichweite des Wasserstrahles von ca. 50 cm (Spritzer) ohne Gebirge, ein dichter Wasserfilm für Filterentwicklung von ca. 5 bis 10 cm (ohne Gebirge) nachgewiesen werden. Ein Unterschied zwischen sw 0,1 mm und 0,2 mm war nur in der Dichte des Wasserfilms feststellbar (Abb. 4). Daraus musste geschlossen werden

terrateg Geophysical Services

terrateg Geophysical Services GmbH & CO. KG
Schillerstrasse 3
D-79423 Heitersheim
Tel.: +49 (0)7634 503190
Fax: +49 (0) 7634 4634
web: www.terrateg-geoservices.com

- Erkundung von potentiellen Brunnenstandorten
Festlegung von potentiellen Brunnenbohrungen mit geoelektrischer Tomographie (ERT) zur Erkundung des geologischen/ hydrogeologischen Aufbaus.



- Brunnenbefahrung
Brunneninspektion u. A. Temperatur-, Leitfähigkeits-, Flowmeter- sowie Nitratmessungen. Videobefahrungen bis 2000 m, Messung der Güte der Zementation sowie akustische und optische Bohrlochscans.



BÜRO ODER BAUSTELLE

MIT DER STÜWApedia APP SIND
SIE IMMER RICHTIG INFORMIERT!

STÜWA
pedia

FREE APP

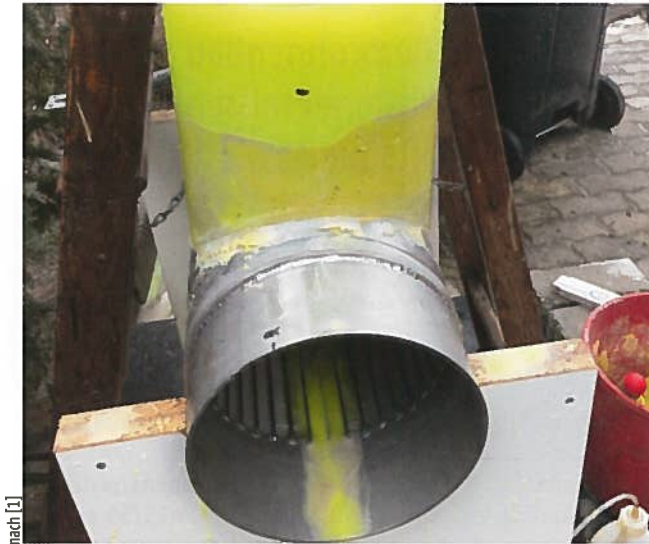


- Branchennews und Termine
- Umfangreiche Berechnungstools
- Nachschlagewerk **STÜWApedia**
- Praktische Informationen für die Bereiche Brunnenbau, Geothermie, Pumpentechnik, Geotechnik, Spülungs- und Verfülltechnik

Infos und
Download:



STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH | Tel.: 05244 4070 | www.stuewa.de



nach [1]

Abb. 5 – Entwässerbarer Filterringraum bei sw: 0,1 mm; Ds : 0,4 – 0,8 mm



nach [1]

Abb. 6 – Entwicklungsnotwendigkeit der Bohraureole wegen bautechnologisch bedingter Skineffekte

werden, dass der Abbau der Skinschicht an der Bohraureole die wichtigste Filterentwicklungsarbeit darstellt (Abb. 5 & 6).

Auch dies wurde kleintechnisch nachgebildet. Es konnte festgestellt werden, dass nur mit sehr viel Wasser (größere Düsenöffnung, bei gleichbleibendem Druck) nach über einer Stunde die Skinschicht ausgespült wird (Abb. 6).

Beim Einbau des WDF sind neben der Filterbemessung nach DVGW W 128 die planerisch nachzuweisende Statik (Scheitel-Außendruckfestigkeit, axiale Druckfestigkeit) zu erbringen.

Die Berechnungen der Außendruckfestigkeit erfolgen nach der DIN 4900 gemäß AD-B6. Unter Verwendung einer Ersatzwandstärke, welche sich aus Spaltweite und Profilform ergibt, kann die folgende Formel auf den Wickeldrahtfilter übertragen werden:

$$p_{zul} = \frac{E}{S_K} * \frac{20}{1-u^2} * \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \right)^3$$

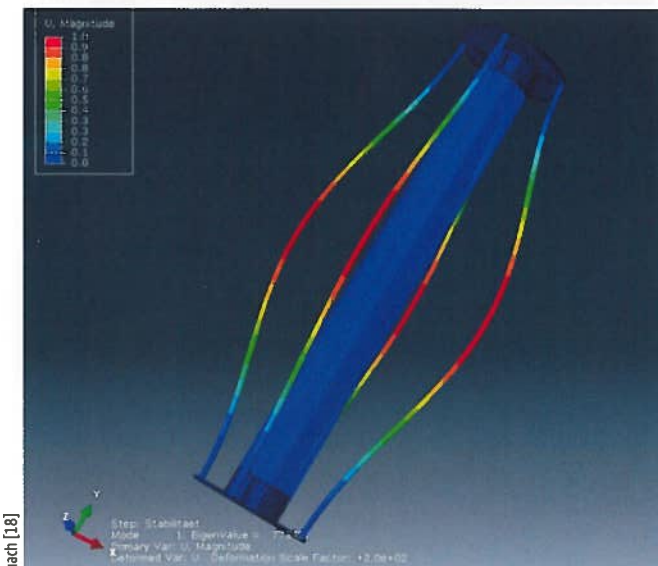
Die axialen Kräfte wurden mit dem Berechnungslastfall 4 nach EULER (da Stäbe beidseitig fest mit Flansch verschweißt sind),

der Berechnung mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) (Abb. 7) und einer labortechnisch ermittelten Statik erbracht und in [4] dokumentiert.

Aus dem bautechnologischen Ablauf ergibt sich der kritischste Lastfall zum Zeitpunkt des Abstoßens des eingedichteten Bohrkopfes, wo zeitgleich die größte Mantelreibung zum Gebirge besteht und bereits anderthalb Filterrohrsegmente den Kiesmantel besitzen.

Dieser dreistufige Nachweis führte zu einem gesicherten Einbau des WDF mit sw = 0,1 mm ohne Deformation der Schlitzweite. Es wird empfohlen, je nach einzusetzender Pressmaschine und geohydraulisch nachgewiesener sw, diese statischen Berechnungen standortspezifisch auszuführen.

Aufgrund der Erfahrungen, dass sich die Glatflanschverbindungen beim Einbau der Filter derart verformen bzw. das Dichtungsmaterial in den Filter gewirkt werden kann, erbrachte die Entwicklung eine Kombination aus Muffenverbindung und Flanschverbindung. Somit wird sichergestellt, dass die Rohre formschlüssig ineinander gefügt werden und dieses Schadensbild nicht mehr auftreten kann (Abb. 8).



nach [16]

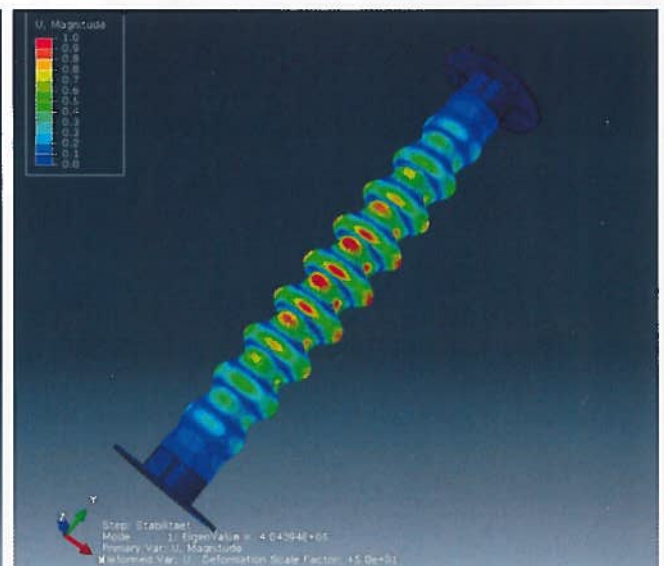


Abb. 7 – Stabilitätsanalyse mittels FEM-Modell der Stützstäbe (links) und des Wickeldrahtkorbes (rechts)



Abb. 8 – Links: Filter mit Spitzende, rechts: Filter mit Muffe

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Horizontalfilterbrunnen werden zunehmend für ein breiteres Aufgabenspektrum errichtet. Zu den klassischen Aufgaben der Trink- und Brauchwasserversorgung, welche vorzugsweise in quartären hochergiebigem Grundwasserleitern platziert werden, kamen der Hochwasserschutz, die Sanierung kontaminierter Grundwässer, die hydrothermale Kälte- und Wärmeversorgung und die großflächige Grundwasserniederhaltung in urbanen Gebieten dazu.

Dadurch sind die geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Standortverhältnisse viel differenzierter und bedürfen deren planerische Beachtung bei der geohydraulischen Nachweisführung, der Rohrstatik, der Rohrmaterialauswahl, dem Design der Filter und der planerisch vorzugebenden Bautechnologie.

Mit der Umsetzung der vorgelegten Planungserfahrungen zur Filterbemessung und dem technischen Design werden besonders für den Bau, den Betrieb und die Wartung der Horizontalfilterstränge gute wirtschaftliche Grundlagen gelegt.

Literatur

- [1] Daffner, Börner et. al.: Der Horizontalfilterbrunnen – Erfahrungen aus Planung, Bau, Monitoring und Regenerierung – Dresdner Grundwassertage, Dresden, 2019.
- [2] Conrad: Ertüchtigung bestehender und neu erstellter Horizontalfilterbrunnen, Berlin-Brandenburger Brunnentage 7./8.5.2012.
- [3] Radestock: KdT-Heft 9 des VEB Spezialbaukombinat Magdeburg, 1970.
- [4] Daffner, Jursch, Harms: Optimierung von Bemessung, Statik und Ausführung von Wickeldrahtfiltern im Horizontalbrunnenbau, 70. Deutsche Brunnentage 28.2.-1.3.2019 Schobenhausen.
- [5] Errichtung von Horizontalfilterbrunnen als Ersatz für vorhandene Vertikalfilterbrunnen am Wasserwerk Schierstein, Genehmigungsplanung, UBV-Umweltbüro GmbH Vogtland, Weischlitz/Senftenberg, 18.03.2011.
- [6] Jreisat, Richter, Abt, Scheppat-Rosenkranz: Sicherstellung der Trinkwasserversorgung für Wiesbaden durch Neukonzeption des WW Schierstein und Bau von 2 Horizontalfilterbrunnen, Fachkonferenz Wasser Bad Elster, den 13.09.2012.

[7] Daffner: Planung, Bau und Betrieb von Horizontalfilterbrunnen in Trocken- und Nassaufstellung, Berlin-Brandenburger Brunnentage, Potsdam, 7./8. Mai 2012.

[8] Genehmigungs-/Ausführungsplanung „Errichtung einer Ersatztrinkwasserfassung im Paußnitzer Boden mittels zweier Horizontalfilterbrunnen und einer Rohwasserleitung zum Wasserwerk Fichtenberg/Jacobsthal“, UBV-Umweltbüro GmbH Vogtland, Weischlitz/Senftenberg, 11/2013.

[9] Daffner: 27. Fachtagung – Der Horizontalfilterbrunnen – Horizontalfilterbrunnen zur Wassergewinnung, zum Hochwasserschutz, für Kühlzwecke und zur Grundwassersanierung im Altlastenbereich Fachtagung gemäß DVGW AB W120-1, 25.1.2018.

[10] Daffner, Hüper, Scheppat-Rosenkranz, Leibenath: Erfahrungen bei der Planung von Horizontalfilterbrunnen in Nass- und Trocken aufstellung, (Teil 1) in bbr 05/2010, (Teil 2) in bbr 06/2010.

[11] Klambauer: Technischer Lebenszyklus eines Horizontalfilterbrunnens, Universität für Bodenkultur Wien, Masterarbeit Matrikelnummer 0840683, Wien 30.10.2017.

[12] Treskatis: Bohrbrunnen – Planung/Ausbau/Betrieb, 9. Aufl. 2017.

[13] Huber, Schätz: Neues horizontales Bohrverfahren im ersten Praxiseinsatz, bbr 04/2009.

[14] Abt, Daffner, Scheppat-Rosenkranz: Ökologisches Großprojekt Böhlen – Sicherung südwestlicher Grundwasserabstrom (SW-GW-Abstrom), Bau sowie Test- und Probetrieb, Pilot-Horizontalfilterbrunnen (HFB) Anpassungsplanung – Einsatz eines gesteuerten Pilot-Bohrverfahrens, ABT Wasser- und Umwelttechnik GmbH / UBV – Umweltbüro GmbH Vogtland, Böhlen, 01/2018 (unveröffentlicht).

[15] Hagedorn, Bayer: Erstellung von Horizontalfilterbrunnen und Drainagebohrungen mittels HDD-Verfahren. bbr 06/07-2016.

[16] Daffner, Bilek, Illing: Grundwasserhaltung für das Stadtgebiet Hoyerswerda und seine Umlandgemeinden, Umweltbüro GmbH Vogtland/DGFZ e. V./LMBV, 10. Dresdner Grundwasserforschungstage 2005, Proceedings DGFZ e. V., Heft 27.

[17] Erdwerk GmbH: Grundwassernutzung Projekt „Neue Balan“ – Hydraulische Optimierung des Horizontalfilterbrunnens und Empfehlungen zum Ausbau der Brunnen, 15.05.2019.

[18] FEM-Berechnungen eines Wickeldrahtfilter für spezielle axiale Druckkräfte, Ingenieurbüro femcos, 01/2019.

[19] Technische Richtlinie des DCA – Informationen und Empfehlungen für Planung, Bau und Dokumentation von HDD-Projekten, Verband Güteschutz Horizontalbohrungen e. V., Aachen, 2007.

[20] Busch, Luckner (1972): Geohydraulik VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1972.

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

