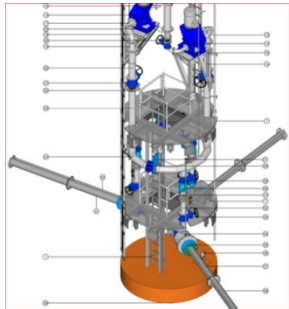


Der Horizontalfilterbrunnen

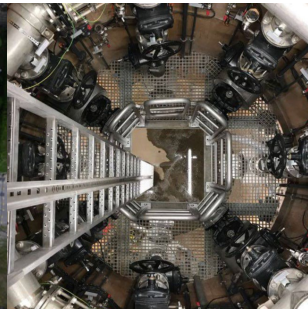
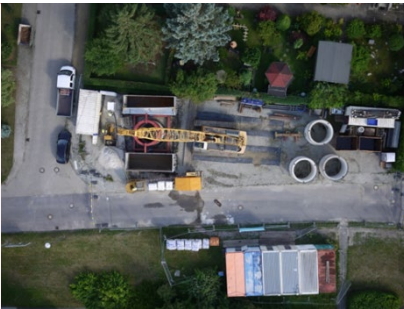
- Erfahrungen aus Planung, Bau, Monitoring und Regenerierung -

Planung



© M. Huber – ANGER's

Bau



© T. Daffner – UBV

Monitoring



Regenerierung



© Dr. Th. Daffner – UBV

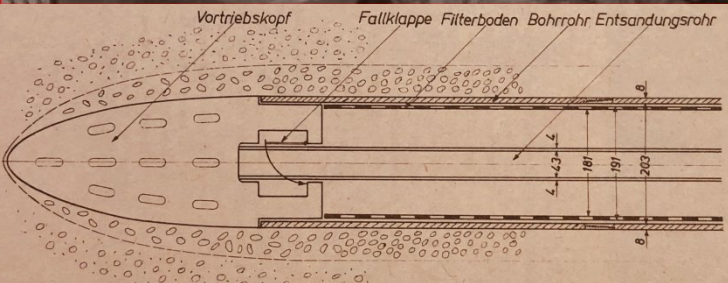
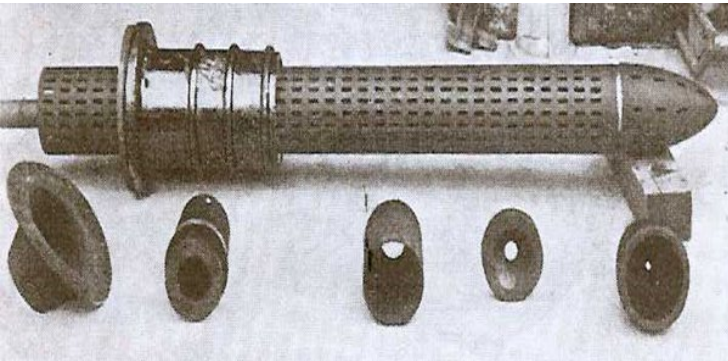
Daffner, Th., Börner, F., Klee, M., Lay, M., Wicklein, A.

(UBV Umweltbüro GmbH Vogtland / TU Berlin / DGFZ e.V. / pigadi GmbH)

Gliederung

1. **Kurzübersicht (Reminiszenz) zum Horizontalfilterbrunnen (HBr)**
2. **Entwicklungen beim HBr (Planung / Bau / Monitoring)**
3. **ausgewählte Ergebnisse aus F/E –Arbeiten zum HBr**
4. **Erfahrungen bei der Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen**
5. **Zusammenfassung**

1. Kurzübersicht (Reminiszenz) zum Horizontalfilterbrunnen (HBr)



Historisches:

ca. 1920 Erdölingenieur L. Ranney

1. RANNEY-HBr in Texas Erdölabbau entwickelt
sw ≥ 6 mm; starkwandiges Filterpressrohr

1933 in London Wasserversorgung

1. HBr für Brauchwasser für die Industrie gebaut

ca. **1936** Canton (Ohio) Wasserversorgung

1. HBr für Trinkwasserversorgung

1947 Dr. H. Fehlmann Wasserversorgung Stadt Bern

1. FEHLMANN – HBr errichtet

Viele FEHLMANN-HBr gibt es noch, auch in unserem Land und in Österreich wurden und werden in den Grobkiesen der Donau hauptsächlich aus fachlichen, praktischen und wirtschaftlichen Gründen diese Art der HBr erfolgreich gebaut

Historisches:

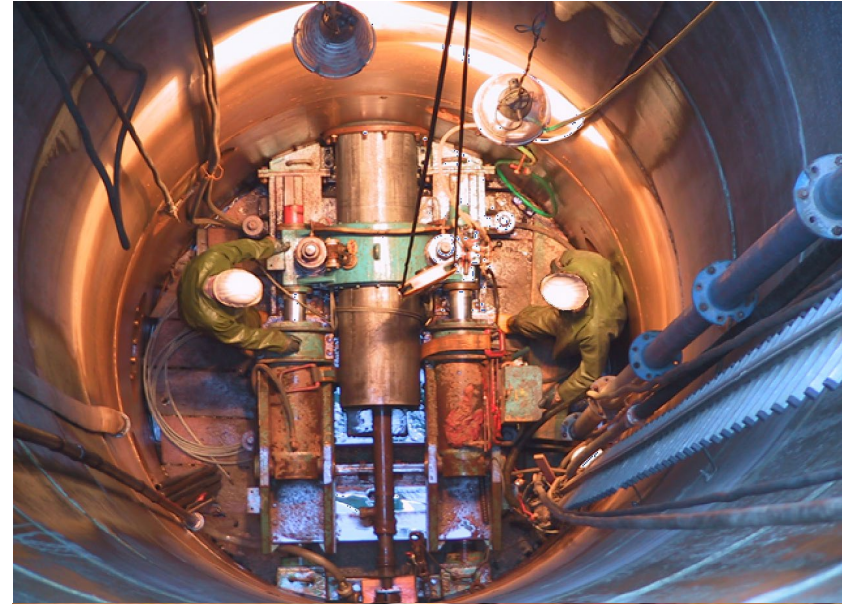
1953 Erfindung des Horizontal-Kiesmantel-HBr
auch PREUSSAG-HBr genannt

1953 1. HBr in Leipziger Wasserwerk Nauenhof
als RANNEY-HBr

Fachtagung der KdT „Horizontalfilterbrunnen“

26./27.10.1967 Magdeburg

(mit Beiträgen von Prof. Dr. habil. Busch und Dr. Beyer)
danach HBr in Schönebeck, Tettau, Naumburg,
Randau, Barby und Eilenburg in der ehem. DDR



Umweltbüro GmbH Vogtland

Thossener Straße 6
08538 Weischlitz



pigadi

Kompetenz im Brunnenservice



Dresdner Grundwasserforschungs-
zentrum e.V.

im Grundwasser-Zentrum Dresden

1. Kurzübersicht (Reminiszenz) zum Horizontalfilterbrunnen (HBr)

■ **Horizontalfilter** sind zwischenzeitlich herstellbar:

- **Unterirdischen Vortrieb** (z.B. WW Tettau, Oberhausen, Fa. SCHREINER, M.-Plank-Inst. Garching, Hoyerswerda, Senftenberg, Dresden ZKV Neumarkt, Dresden ALTMARKTGALERIE, Augsburg, Brieske, Petersaue, Hamburg, SAFIRA Bitterfeld, Wien, Hainburg a.D., Görlitz, Potsdam, etc.)
 - Ranney- (FALLY), Fehlmann-, Kies-Mantelverfahren mit verlorenen Bohrkopf (ungesteuertes Bohrverfahren)
 - Kies-Mantelverfahren im gesteuerten Bohrverf. z.B. WHD nur in Grimma und SFB / Microtunneling ohne Zielschacht in Böhlen oder Microtunneling (ohne Bentonit) mit Zielschacht mit rückgewinnbaren Bohrkopf in Essen
- **Überschnittbohrungen nach Kelly oder Abt** (z.B. Hessenwasser, HBr 6 Senftenberg, WV Riesa, München)
- **Offener Verlegung der Filterrohre** (z.B. MVPI Jacobsthal)



Der **Horibrunnen** sollte unter folgenden Gesichtspunkten zum Einsatz kommen:

Einsatzstärken

- besonders bei kleinen M_{GW}
- bei vertikal geschichteten k_f
- bei vertikal Anisotropie c_{GW}
- wenn große Wassermengen von einem Standort zu erschließen sind
- begrenzte Liegenschaften und Trassen
- weniger empfindl. Gegenüber Wasserspiegelschwankungen
- flache GW-Absenkung gewünscht
- Druckentlastung unter Gebäuden
- Verringerung Verockerungsgefährdung
- vglw. Lange Lebensdauer infolger sehr größerer Filtermantelfläche und geringer kritischer Filtereintrittsgeschwindigkeit
- Zusätzliche Filterstränge oder Ersatz mgl.
- geringere Energiekosten

Einsatzgrenzen

- etwas größere BE
- Investkosten
- Kluft-/Karst-GWL

Einsatz in Bereichen:

- Trinkwasserversorgung
- Industriewasserversorgung
- Kühlwasser
- Grundwasserniederhaltung
- Hochwasserschutz
- hydrotherm. Wärme-/Kältevers.
- Altlastensanierung
- GW-Dükeranlagen

1. Kurzübersicht (Reminiszenz) zum Horizontalfilterbrunnen (HBr)



HBr in funnel & gate Lauchhammer (LMBV)



HBr ZKV – Zentrale Kälteversorgung Neumarkt (DREWAG)



HBr Duisburg Aldenrade zur Grundwasserniederhaltung



HBr Oberhausen zur Grundwasserniederhaltung

1. Kurzübersicht (Reminiszenz) zum Horizontalfilterbrunnen (HBr)



HBr MiRO Karlsruhe
Industriewasserbereitstellung



Rheininsel HBr Petersaue in
Hochwasserausführung zur
Trinkwasserversorgung



Umweltbüro GmbH Vogtland

Thossener Straße 6
08538 Weischlitz



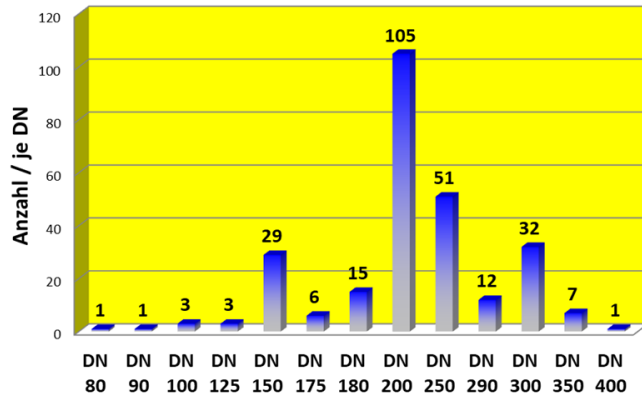
pigadi
Kompetenz im Brunnenservice



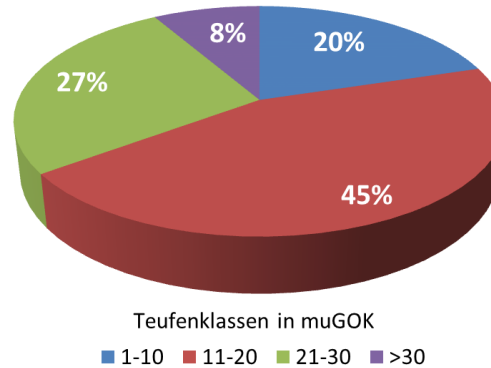
Dresdner Grundwasserforschungs-
zentrum e.V.
im Grundwasser-Zentrum Dresden

2. Neue Entwicklungen beim HBr (Planung/Bau / Betrieb)

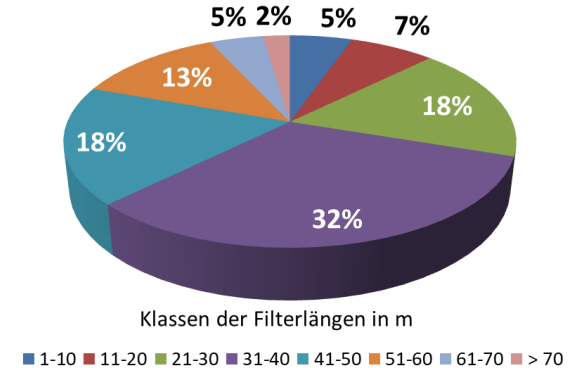
Häufigkeitsverteilung der Filterrohrdurchmesser



Prozentuale Verteilung der Schachttiefen



Prozentuale Verteilung von Filterstranglängen



Anzahl erfasster HBr

davon mit geolog./hydrogeol./techn. Informationen untersetzt

Anz. an HBr in Deutschland

Anzahl an HBr in Europa

Davon Nassaufstellung

Davon Trockenaufstellung

Über 1770 Filterstränge mit einer Länge mehr als

Schächte mit einem Innendurchmesser von

> 350

266

204

46

92%

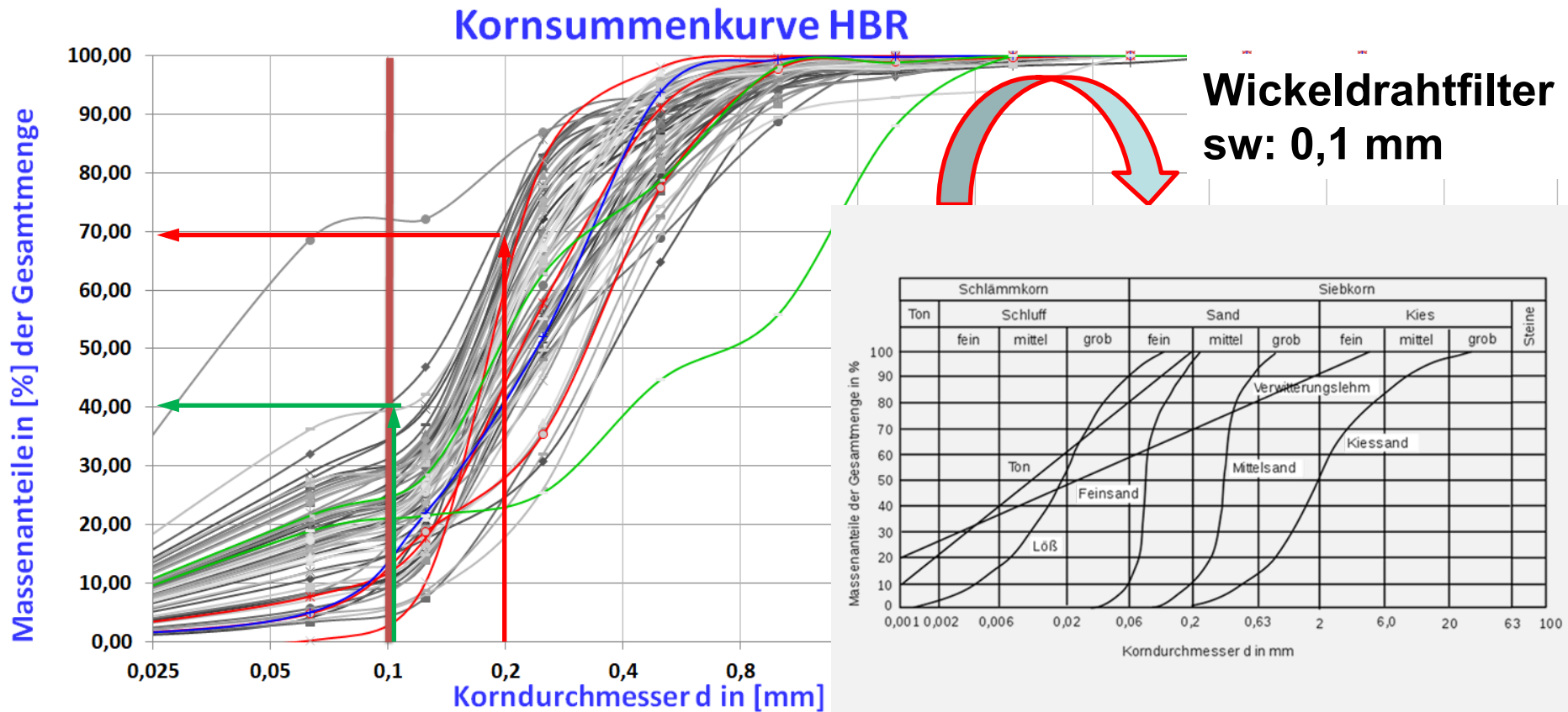
8%

63.400 m

2000 – 5000 mm

2. Neue Entwicklungen beim HBr (Planung/Bau / Betrieb)

hydrogeolog. RB von Filtersträngen an verschiedenen HBr im Grenzbereich
Granulometrie mit sehr hohem Anteil an Schluff bis Feinsand



Kleintechnische Nachweise der Möglichkeiten/Grenzen der Filterentwicklung



WDF mit 0,1 mm



WDF mit 0,2 mm

Einsatz einer
Rotationsdüse
mit ca. 30-50 bar
ohne Wassereinstau
im WDF

max. Reichweite des Wasserstrahles ca. 50 cm (Spritzer) ohne Gebirge
dichter Wasserfilm für Entwicklung ca. 5-10 (cm ohne Gebirge)
Unterschied zw. 0,1 mm und 0,2 mm sw nur in der Dichte des Wasserfilms

Kleintechnische Nachweise der Möglichkeiten/Grenzen der Filterentwicklung

Mit den Versuchen unter realitätsnahen Bedingungen konnte der Einsatz von Wickeldrahtfiltern vor der Ausführung nachgewiesen werden



**prognostizierter
Grundwasserüber-
stand**

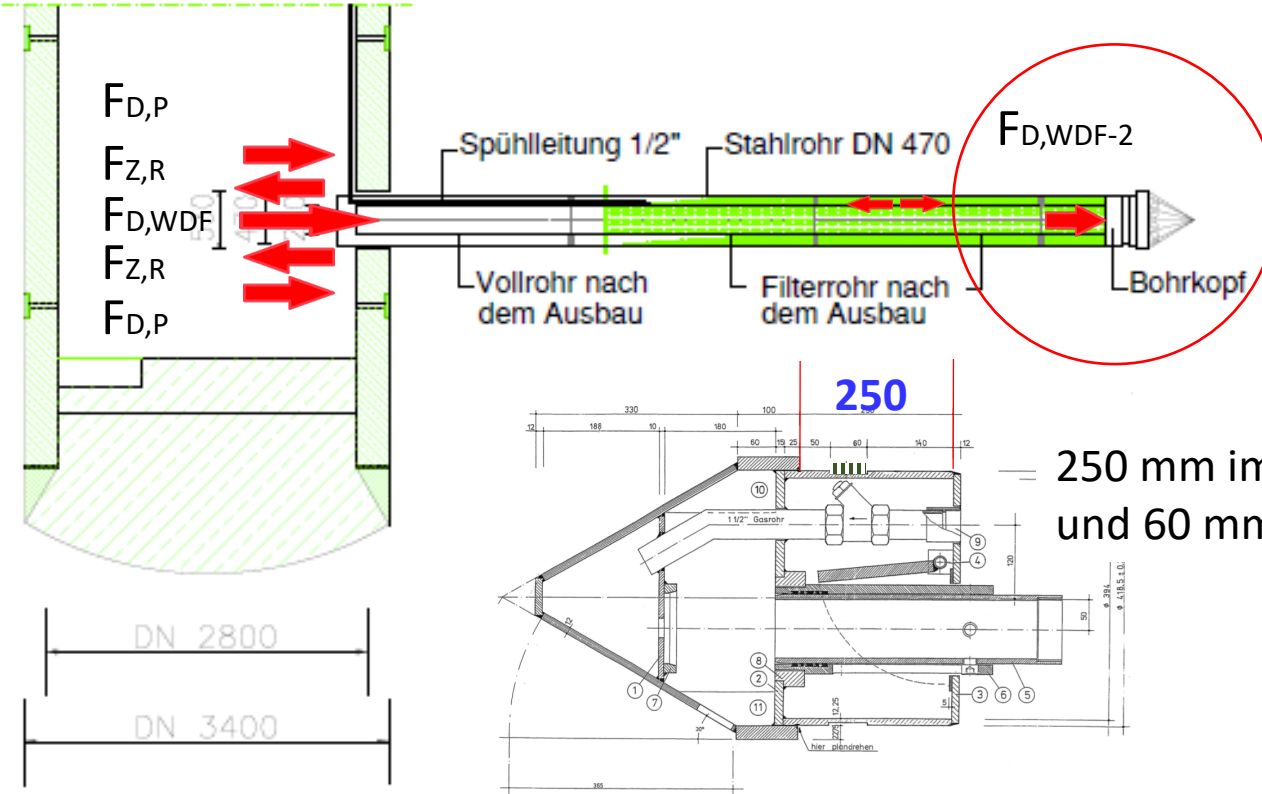


**entwässerbarer
Filterringraum bei
 $sw = 0,1 \text{ mm}$
 $D_s : 0,4 - 0,8 \text{ mm}$**



**Entwicklungsnotwendigkeit
der Bohraureole wegen
bautechnologisch
bedingter Skineffekte**

Maßgebliche Kräfte bautechnologisch begründet



$F_{D,P}$ Druckkraft Presse
 $F_{Z,R}$ Zugkraft Pressrohr
 $F_{D,WDF}$ Druckkraft WDF
 $F_{Z,R}$ Druckkraft WDF+
 $F_{D,WDF-2}$ Mantelreibung zw.
 WDF/Pressrohr/Kies

250 mm im Pressrohr straff eingedrückt
 und 60 mm eingewickeltes Hanfseil

Vertikalschnitt Horibrunnen mit Bohrkopf

Wickeldrahtfilterkorb

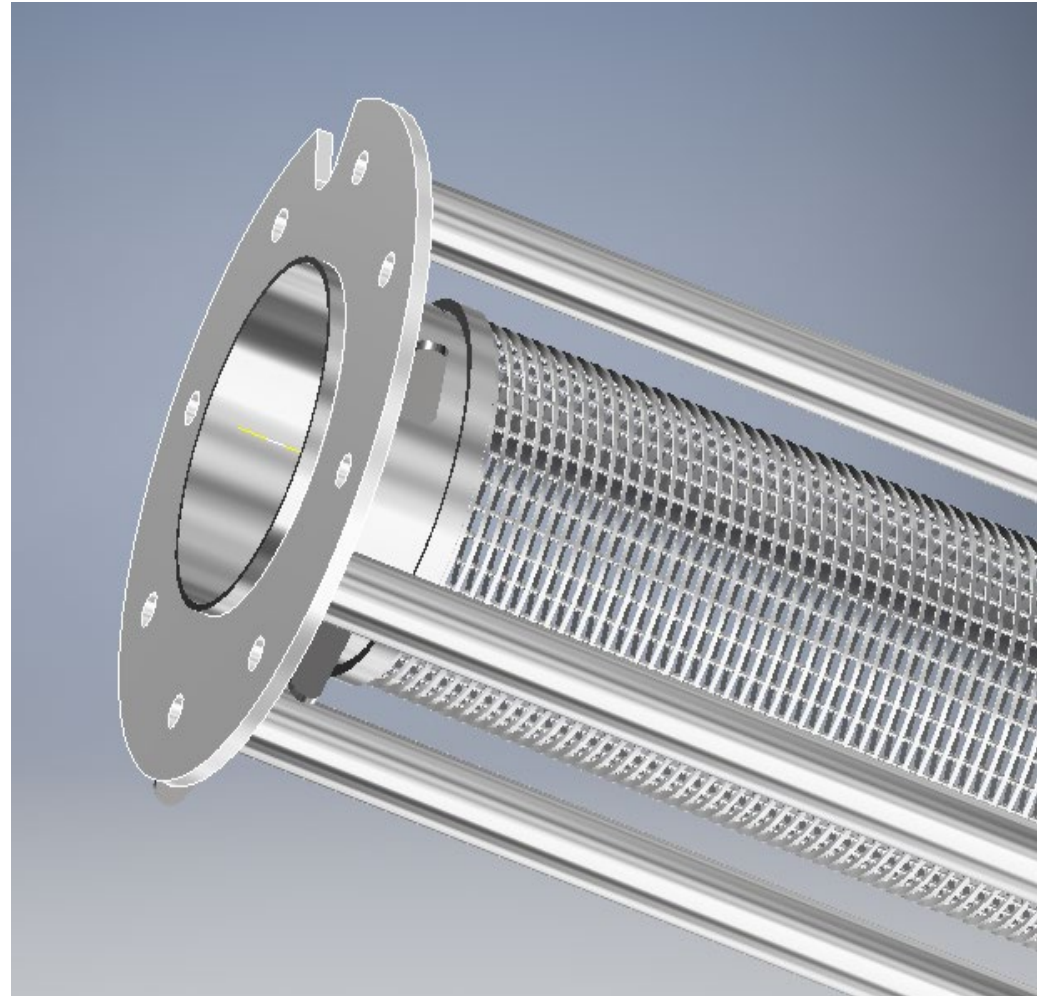
- Offene Filterfläche
- Außendruck beim Einbau
- Axiale Zug-/Druckfestigkeit
- Spaltweite

Stützrohre

- Aufnahme zusätzlicher axialer Kräfte infolge des Einbaus
- Aussteifung zwischen den Flanschen
- Optionaler Einsatz als Piezometerleitung

Sonderflansch

- Einbauanforderungen
- Kraftflussanforderungen
- Schweißanforderungen
- Verbindungsanforderungen



Wirkenden Belastungen/Anforderungen entsprechend dimensionieren

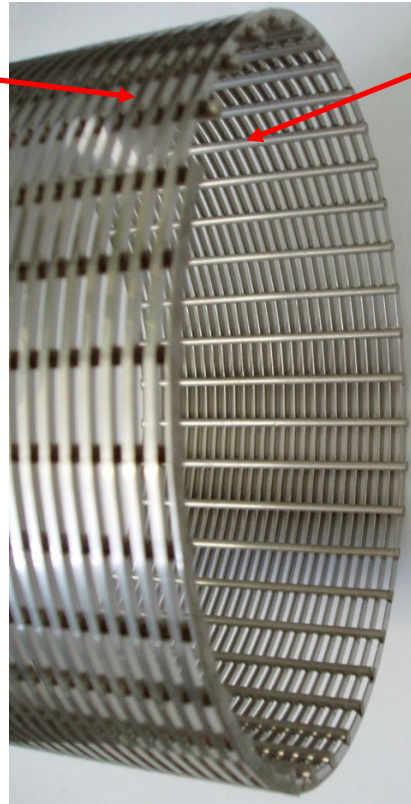
- Profildraht außen
bestimmt Außendruckfestigkeit

DIN4900 folgend nach AD-B6

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

Profilauswahl zur Erfüllung Bedingung:

$$p_{zul} \geq p_A$$



- Stützdrähte innen in Längsrichtung

bestimmen zulässige Druckspannungen

Druckspannungsrechnung

$$F_{dWDF} = \frac{\sigma_{dzul} * A_{St}}{S_D}$$

Periodisch Gitterstruktur verhindert Knicklasten

Fallunterscheidung:

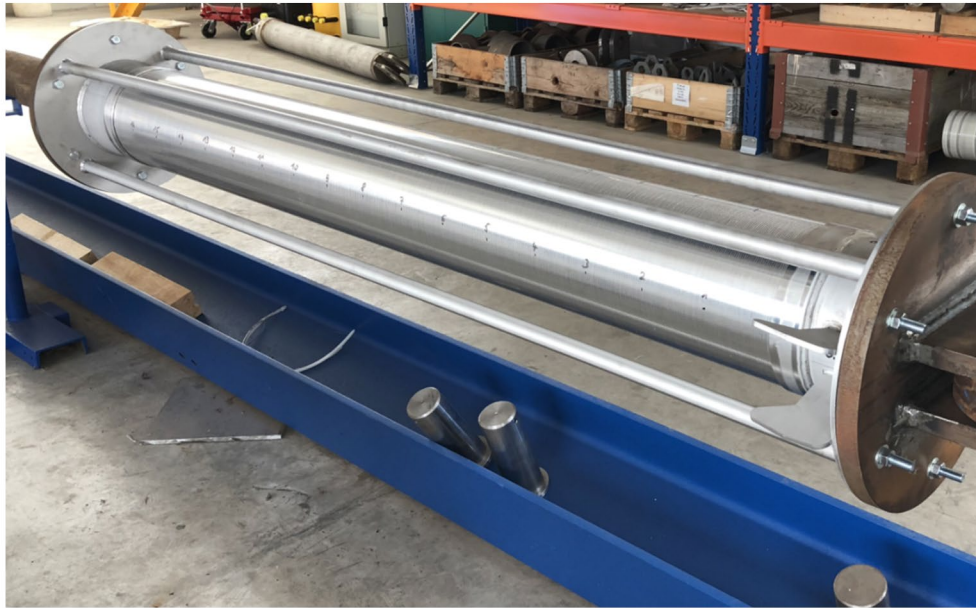
$$F_A \geq F_{dzul} = F_{dWDF}$$

Zusätzliche Stützrohre notwendig

$$F_A \leq F_{dzul} = F_{dWDF} + F_{dSt}$$



Versuchsdurchführung – Kontrolle der sw vor / nach Druckbelastung



Stützstäbe: 4 Stck. DA/D 26,9 x 2,6

mit ständiger exakter Aufnahme der sw zu allen Versuchsabschnitten

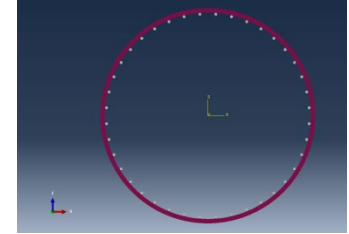
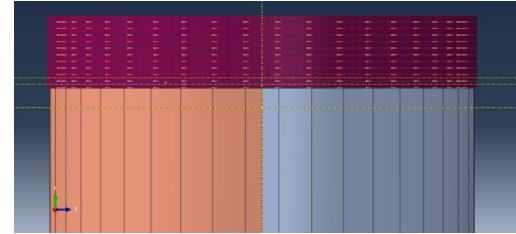
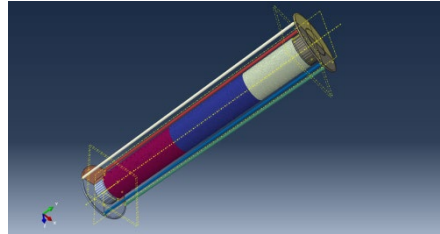
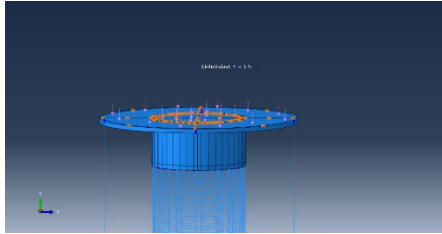
Anz. der Messungen		
sw	64	
0,05	14	22%
0,1	49	77%
0,15	1	2%

Druckkraft von 8 t (10 bar)

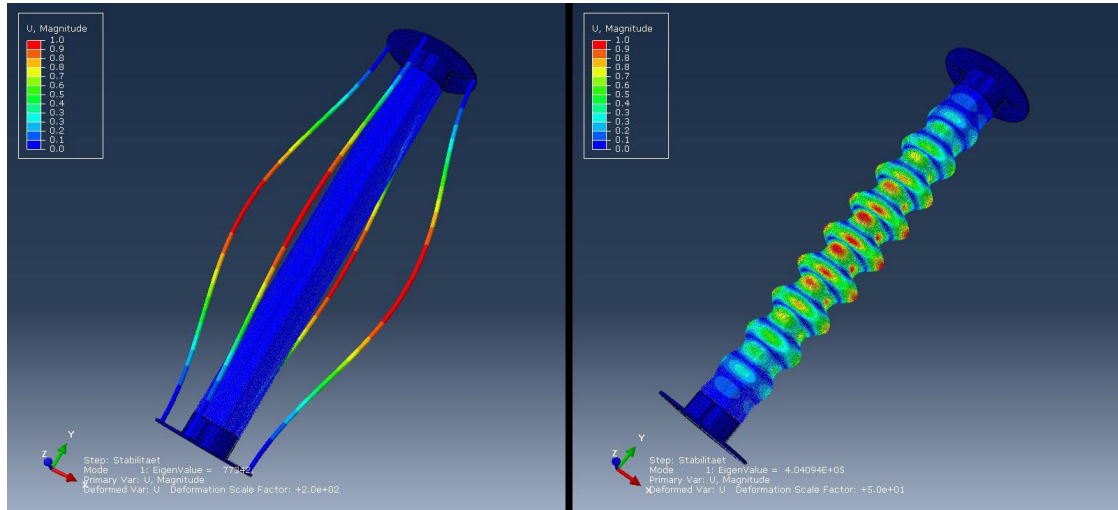
Anz. der Messungen		
sw	64	
0,05	8	13%
0,1	56	88%
0,15	0	0%

FEM-Berechnung = Nachrechnung der Technikumsversuche

Übertragung der Realgeometrie in die Rechnergeometrie für FEM-Berechnung



Differenzierte Analyse der Knicklasten von Stützrohren/Korb



Stabilitätsanalyse

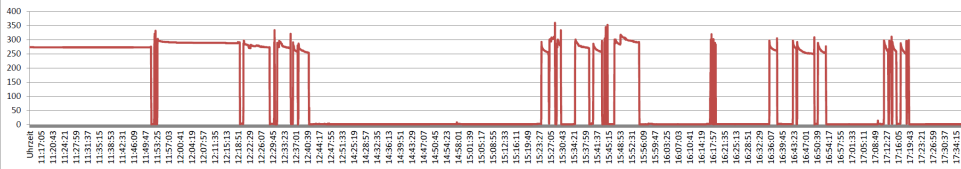
1. Knicklast mit 4 Stützrohre von **7,88 t**
2. Model ohne Stützrohre von **41 t**

2. Neue Entwicklungen beim HBr (Planung/Bau / Betrieb)

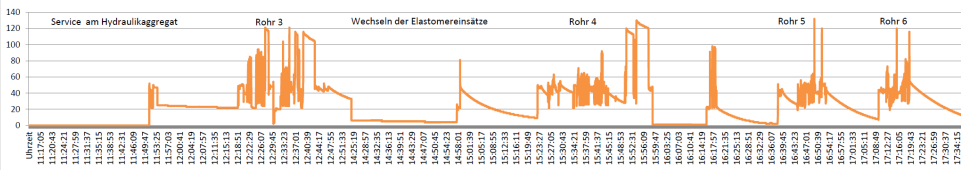
In den ersten Jahren der HBr-Errichtung waren die systematische bohrbegleitende Aufnahme von Kräften noch nicht SdT

Sicherheit gegen weiteres Bohren
Zusatzstrang gegen Plankosten

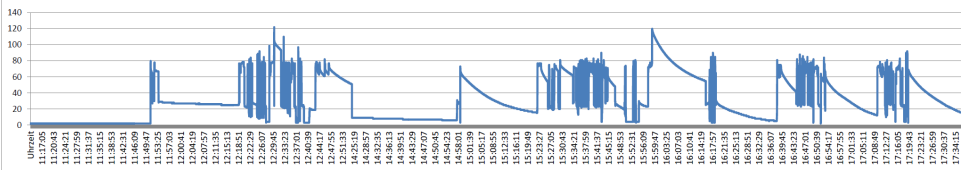
Spanndruck Momentanwert bar



Vorschubdruck Momentanwert bar



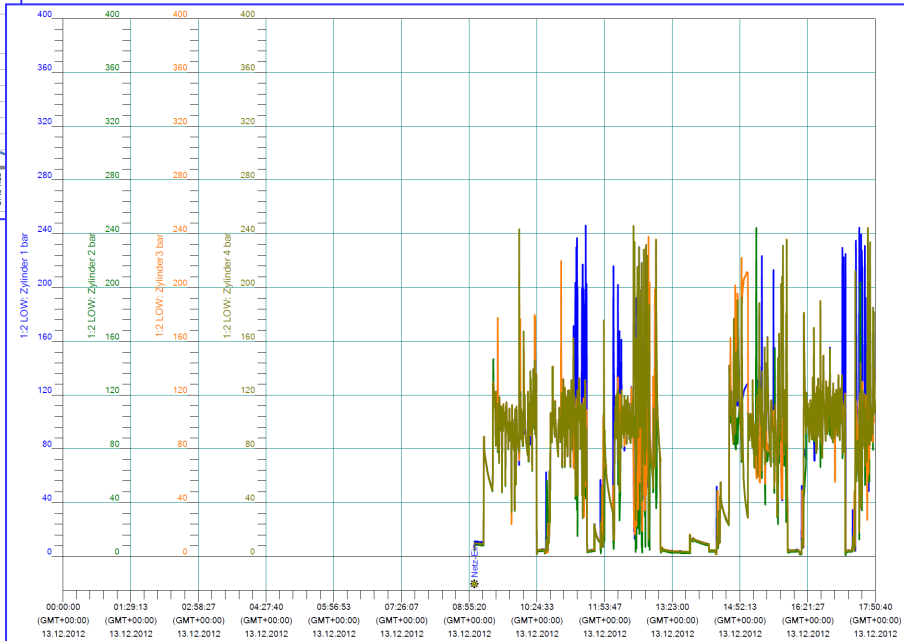
Ziehen Momentanwert bar

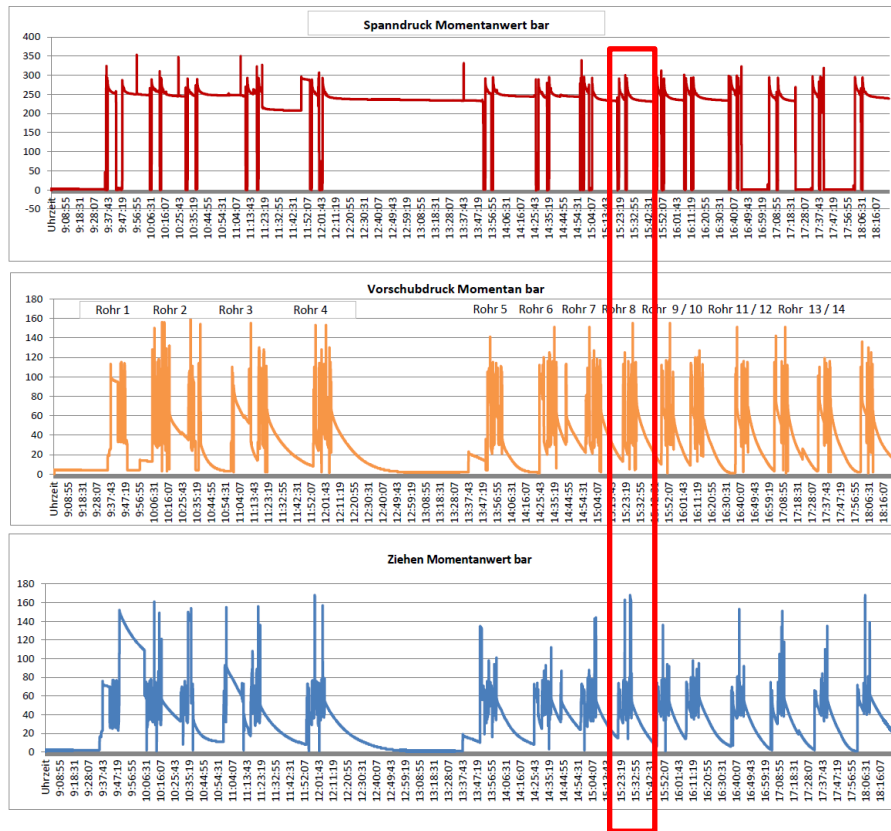


Spanndruck, Vorschub-Presskraft und Ziehen zur Kontrolle des Strangvortriebes werden zwischenzeitlich quasikontinuierlich mit dem Bohren korrespondierend gemessen.

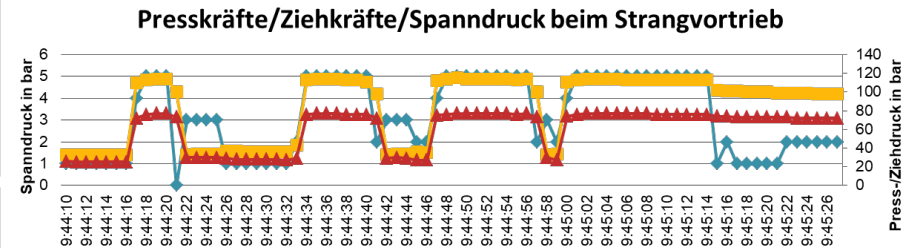
Einsatz zwingend unter Gebäuden !

Es dient zusätzlich für die Kontrolle der Einhaltung der statischen Berechnungen.





Detailauswertung



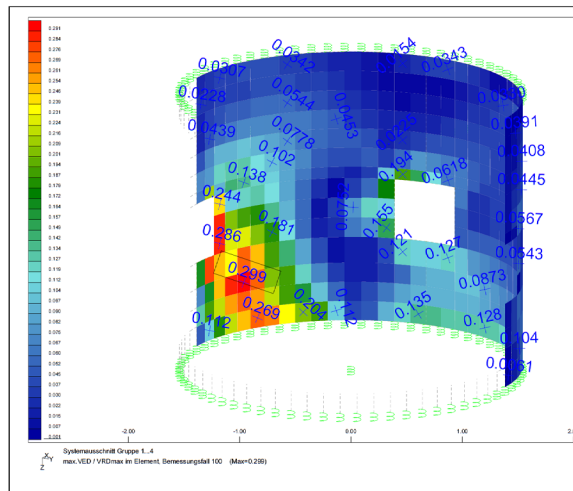
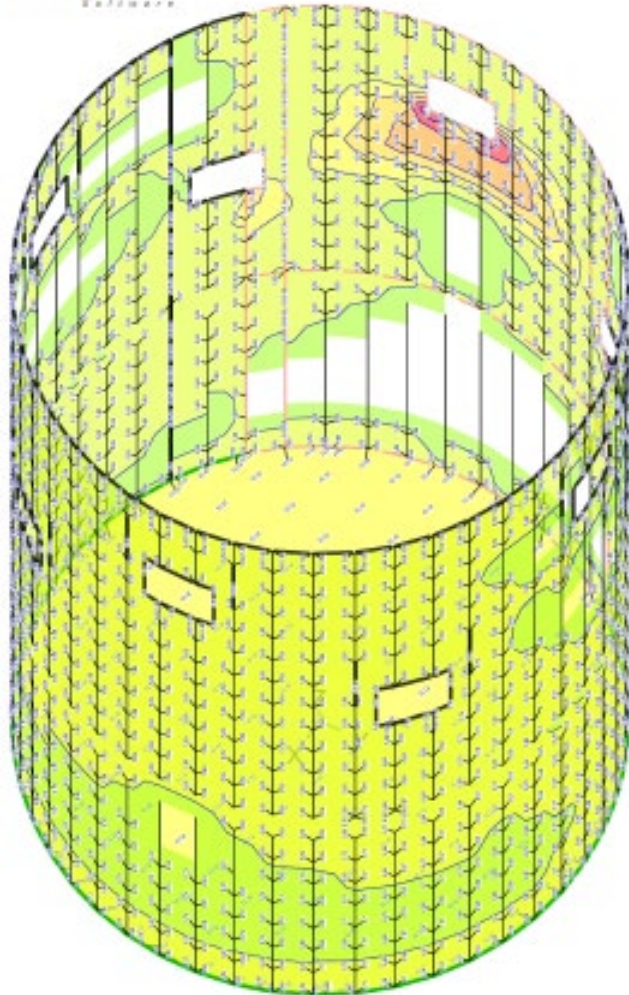
Senkschächte werden immer schlanker,
Pressmaschinen leistungsfähiger,

Bisherige Sicherheiten in der Statik
müssen neu hinterfragt werden !

Ganz wesentlich: der Bohrbetrieb darf
nicht nur Presskraft und Fläche der
Abtragung an den Schachtring angeben !

Strangvortrieb erfolgt durch Pendelbewegung des Pressrohres mit vor/zurück -> weiter vor/wenig zurück. Dabei wird das Bohrgut (Unterkorn) durch GW-Überdruck in das Rückspülrohr ausgetragen.

Je Meter Horizontalfilterrohr werden ca. 30-50 x Presskräfte eingetragen
-> pro 60m Strang incl. Ziehen: 3600-6000 Lastwechsel



FEM-Statik:

Wandstärke und
Bewehrung für

1000kN bis 1600kN
(rd. 160 t) und
Rissweitenbeschränkung
< 0,1mm



Geriplan - Ingenieurbüro für Bauplanung Dipl.-Ing. J. Gerisch

Umweltbüro GmbH Vogtland

Thossener Straße 6
08538 Weischlitz



pigadi

Kompetenz im Brunnenservice



**Dresdner Grundwasserforschungs-
zentrum e.V.**

im Grundwasser-Zentrum Dresden

2. Neue Entwicklungen beim HBr (Bau / Betrieb)

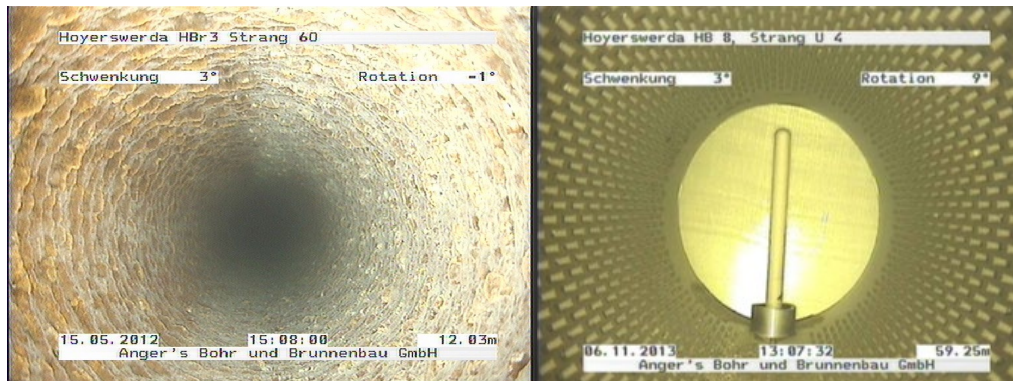
Weitere Entwicklungen betreffen:

- Neue Maßnahmen zum Arbeitsschutz während der Bauphase (Wegfallen des Spillen Auf-/Abdrehen von Gewindebohrpressrohre mittels Seil und Arbeiten unter schwebenden Lasten)
- Anwendung neuer Messverfahren zur Überwachung von Bautoleranzen
- Anwendung von Dichtemessung für das ausgetragene Bohrgut mittels Gammastrahlung $< 1 \mu\text{Sv/h}$ und Detektor
- Nachweis für die Nichtanwendung von Glaskugeln beim Horizontalfilterausbau

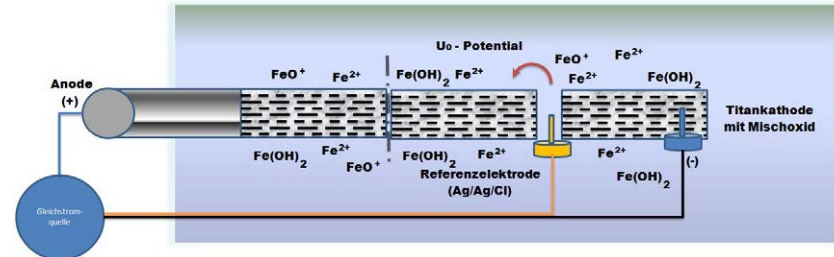
2. Neue Entwicklungen beim HBr (Planung / Bau / Betrieb)



3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr - Anodischer Verockerungsschutz

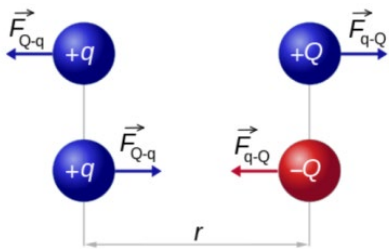


HBr 3 ohne AVS (links), HBr 8 mit AVS (rechts) nach 10 Jahren Betrieb



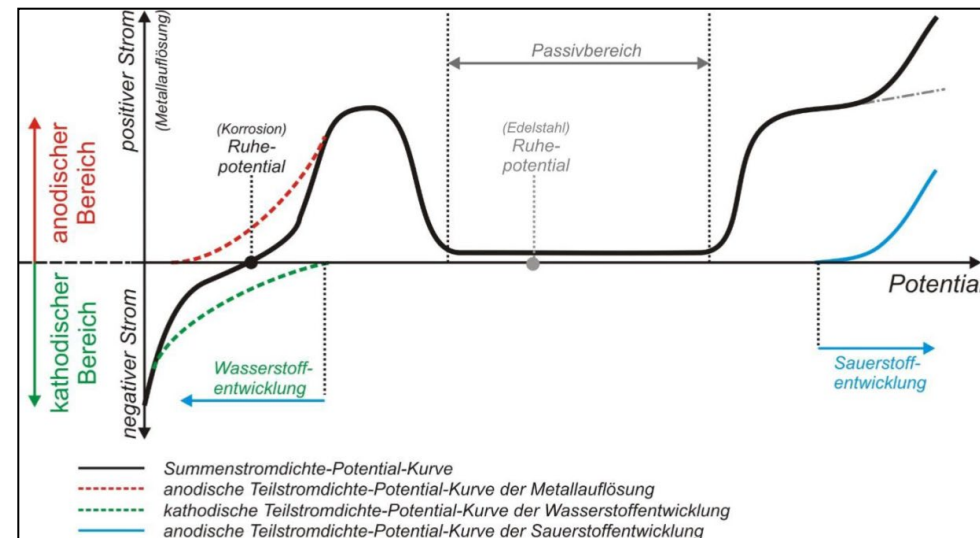
Prinzip des anodischen Verockerungsschutzes

Coulomb'sches Gesetz:



$$|\vec{F}_{Q-q}| = |\vec{F}_{q-Q}| = k \frac{|q \times Q|}{r^2}$$

- Nutzung der coulomb'schen Wechselwirkung über die chemische Wechselwirkung
- Verschiebung des Potentials durch Aufprägen eines äußeren Stroms in positiven (anodischen) Bereich
- Bestimmung von Schwellenwerten anhand von Stromdichte-Potential-Kurven



schem. Darstellung der Stromdichte-Potential-Kurve für Edelstahl (Tenzer, 2014)

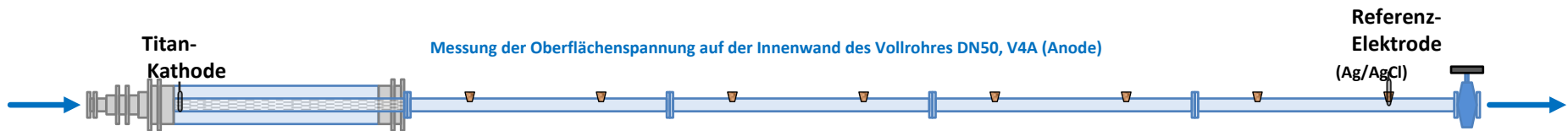
3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr - Anodischer Verockerungsschutz

Die Höhe der aufzuprägenden Stromstärke wird beeinflusst durch:

- Dimension und Material des Filterstrangs
- Wasserchemismus im Filterstrang (Eisengehalt, Sauerstoffgehalt, TOC-Gehalt, Temperatur, pH-Wert, Redoxpotential, Filtereintrittsgeschwindigkeit)

Die optimalen Einsatzparameter für den anodischen Verockerungsschutz müssen für jeden Filterstrang einzeln bestimmt werden.

➡ Nutzung einer mobilen Versuchsanlage



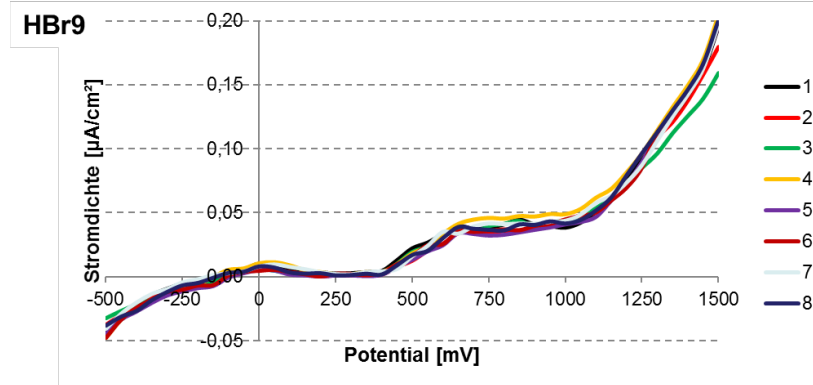
Aufbau der Versuchsanlage (oben: schematisch, unten: im Feld)



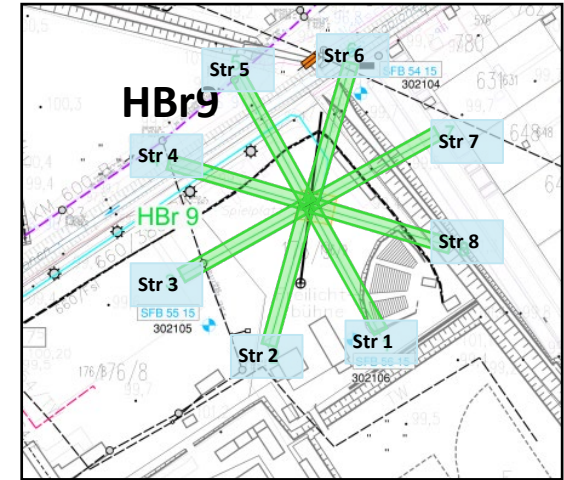
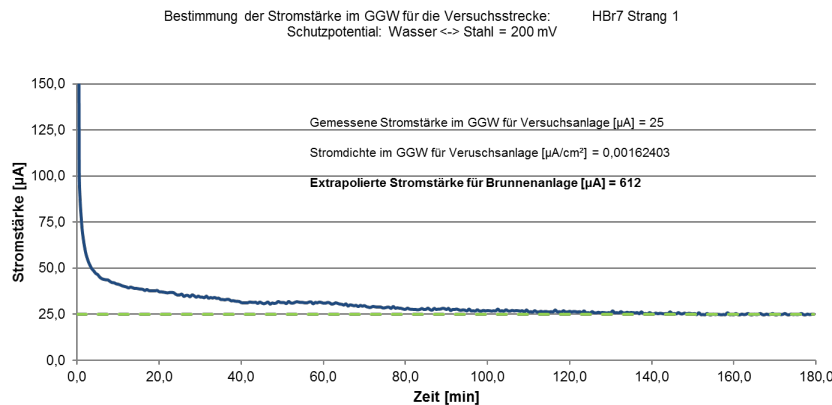
3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr - Anodischer Verockerungsschutz

Feldergebnisse (exemplarisch HBr 9, Brieske/ Senftenberg)

1. Bestimmung Stromdichte-Potential-Kurven mit originärem Wasser



2. Bestimmung Stromstärke im Gleichgewicht mit originärem Wasser für die Versuchsanlage



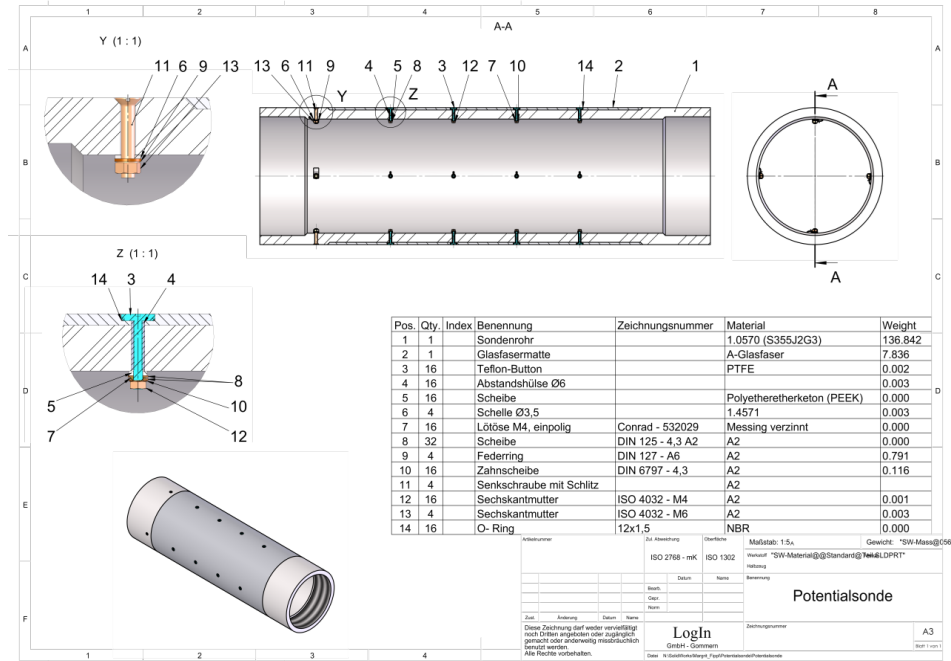
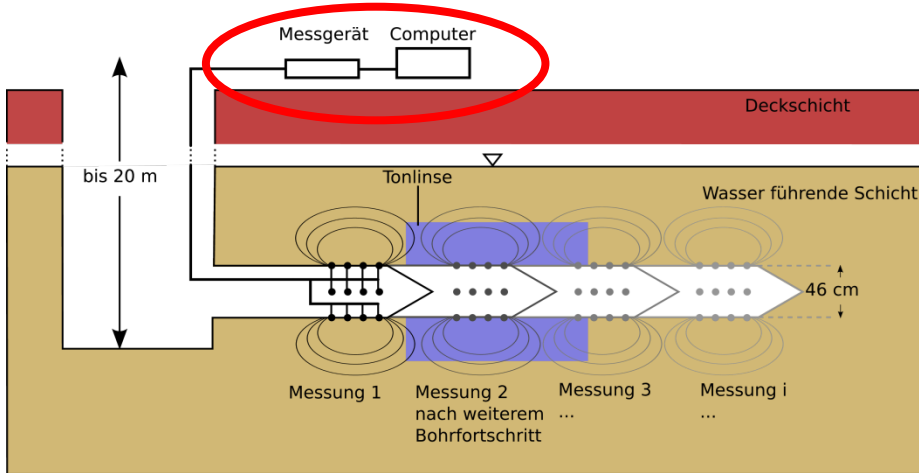
3. Extrapolation der Stromstärke im Gleichgewicht auf den Filterstrang

$$I_{\text{Strang}} = I_{\text{GGW}} * \frac{O_{\text{innere_strang}}}{O_{\text{innere_Versuchsanlage}}} [\mu\text{A}]$$

Ausblick:

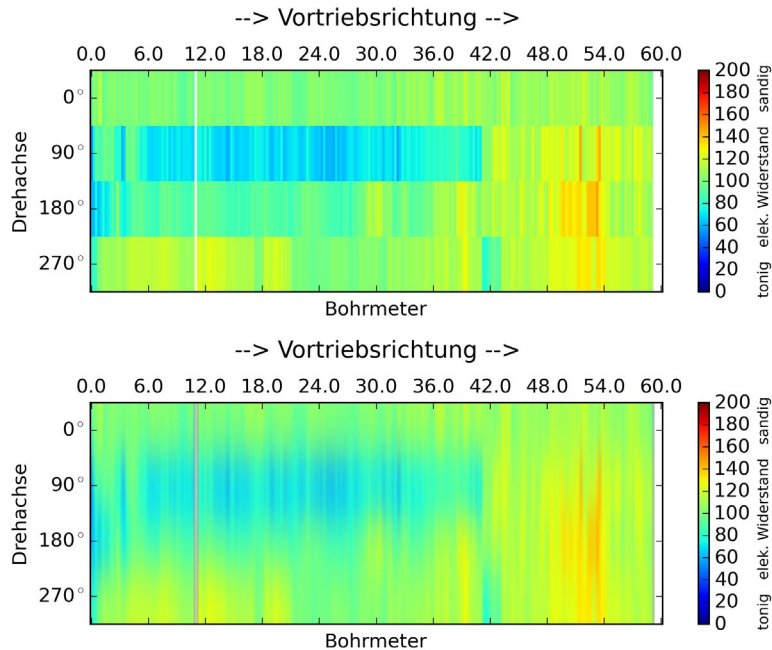
Entwicklung eines nachrüstbaren AVS in horizontale Filterstränge

3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – Geophysik beim Strangvortrieb

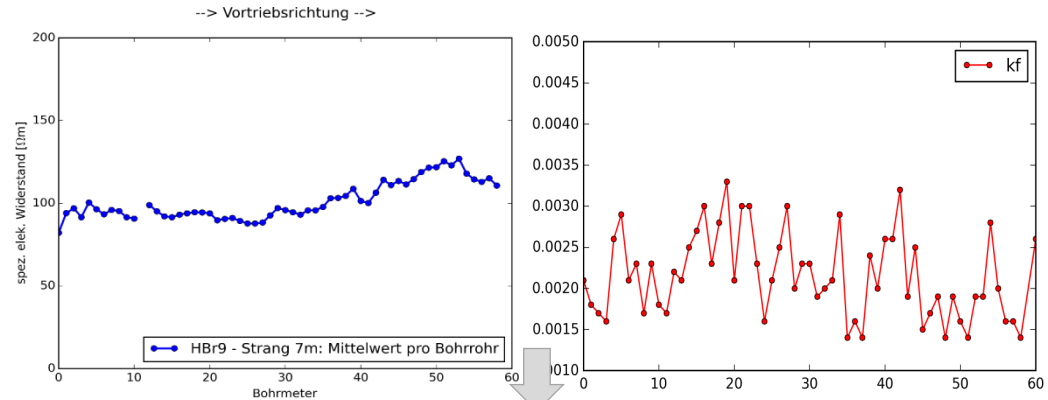


3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – Geophysik beim Strangvortrieb

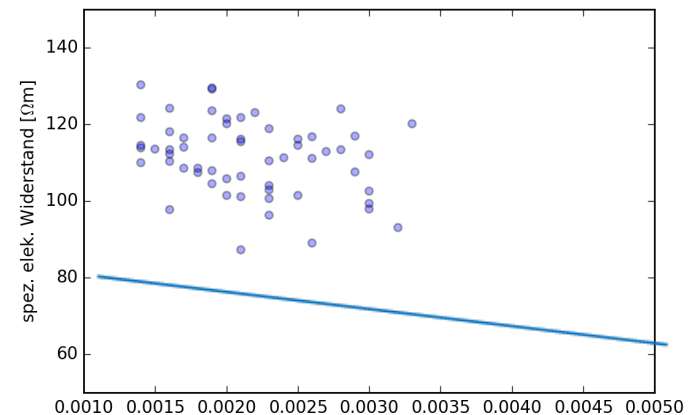
Feldergebnisse für 60 m Strangvortrieb (Messung in 4 Richtungen)



Ton	= 5 – 20 Ωm
Schluff	= 20 – 100 Ωm
Sand_{nass}	= 50 – 100 Ωm
Sand_{kiesig}	= 100 – 200 Ωm



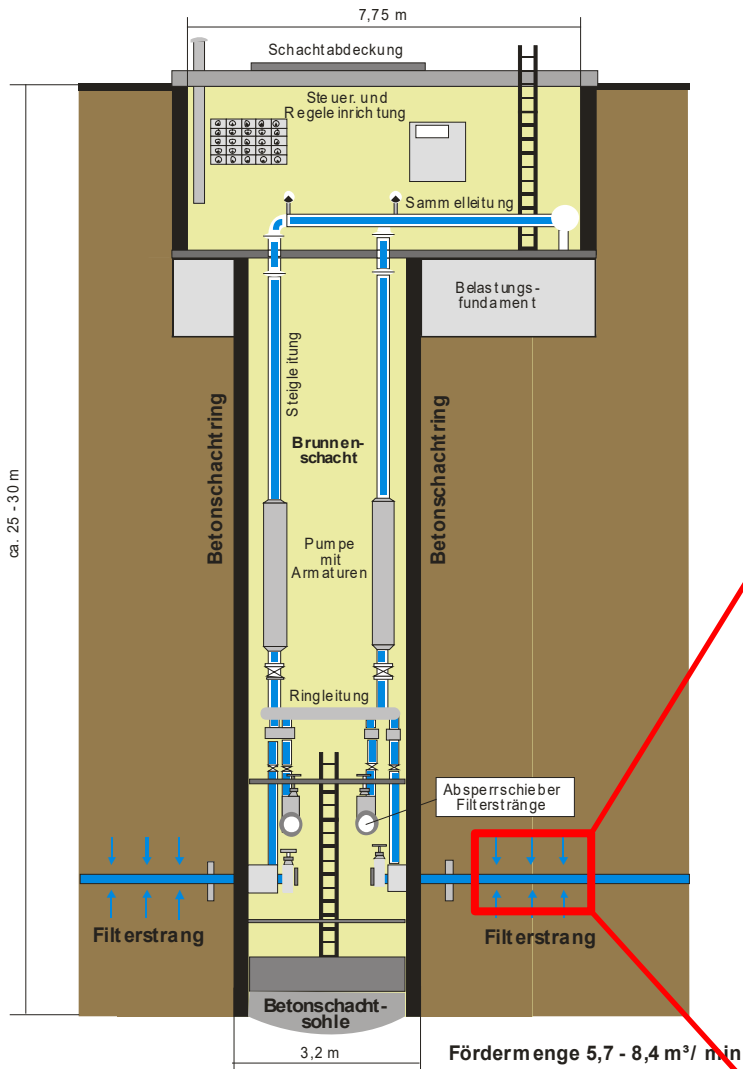
Korrelation zwischen elektrischem Widerstand und Durchlässigkeit



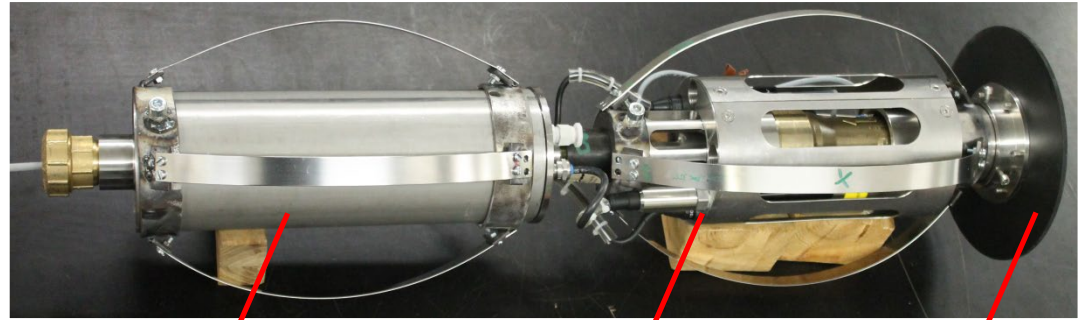
Ausblick:

Entwicklung widerstandsfähigeres Dichtungsmaterial
Drahtlose Datenübertragung der Vorortmessungen

3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – HoriWell Inspector



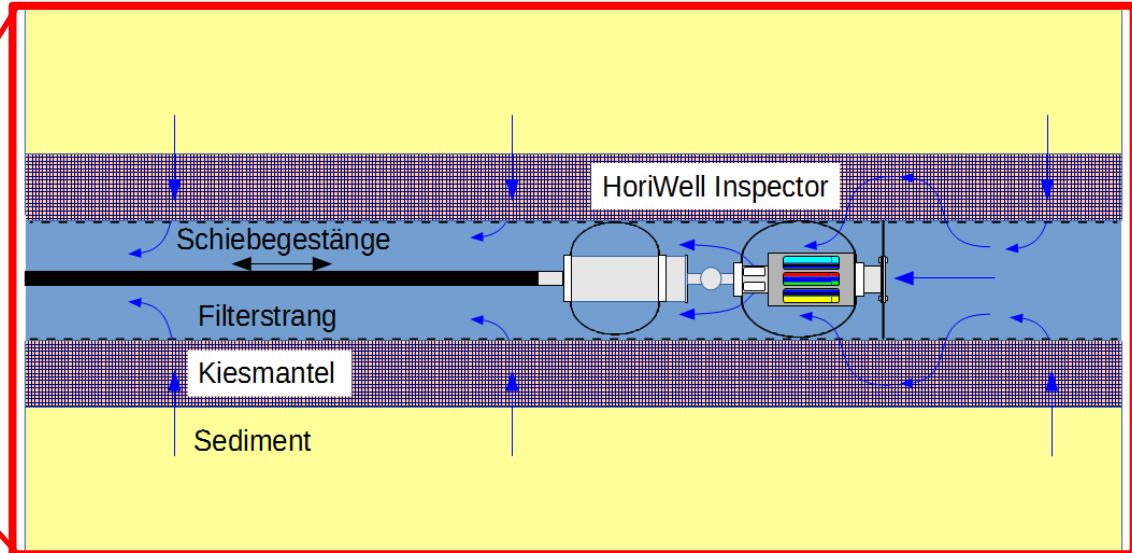
Funktionsträger eines In-situ-Messsystems zur Bestimmung des hydraulischen und geochemischen Zustandes von horizontalen Filtersträngen



Elektronikkomponente

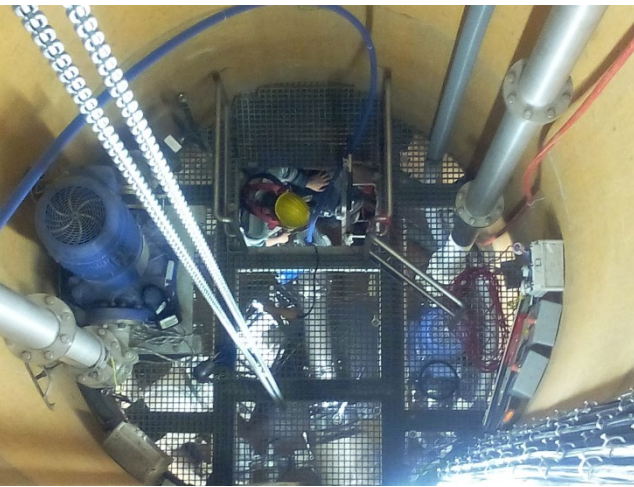
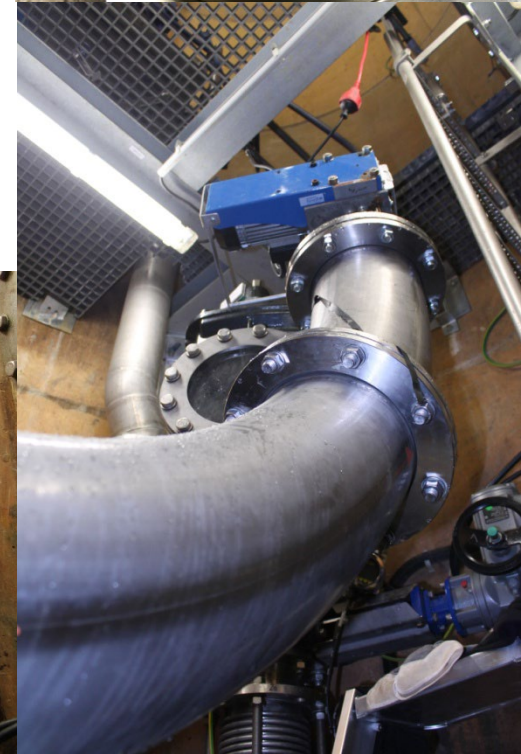
Sondenkomponente

Packerscheibe



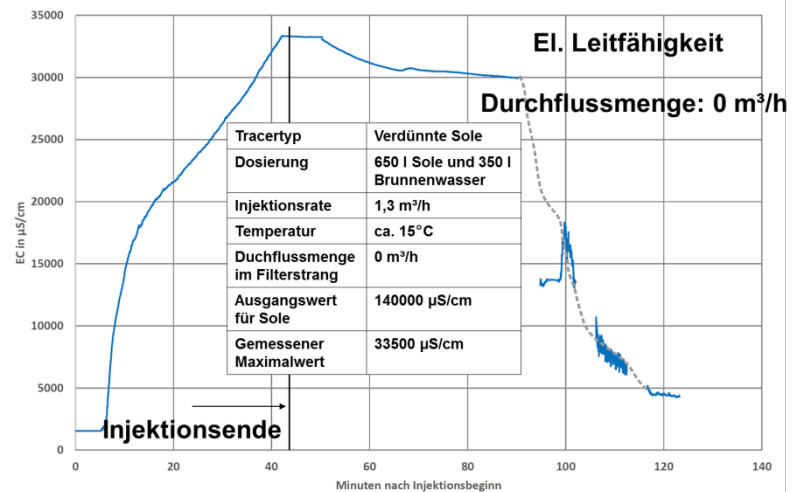
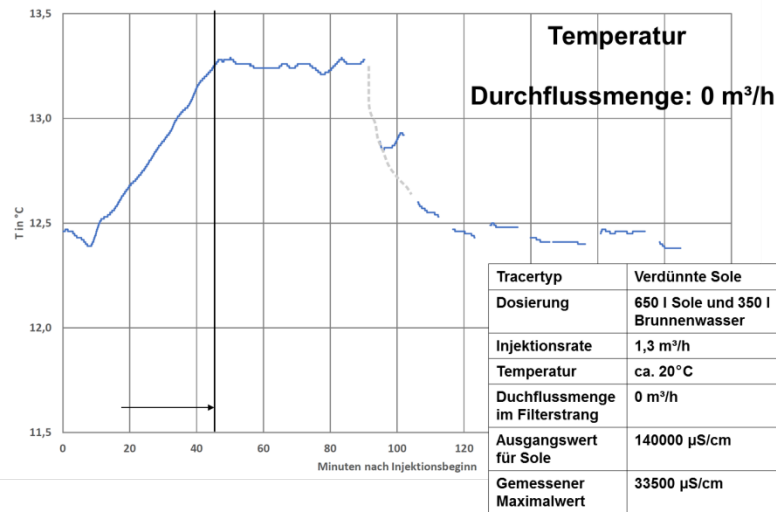
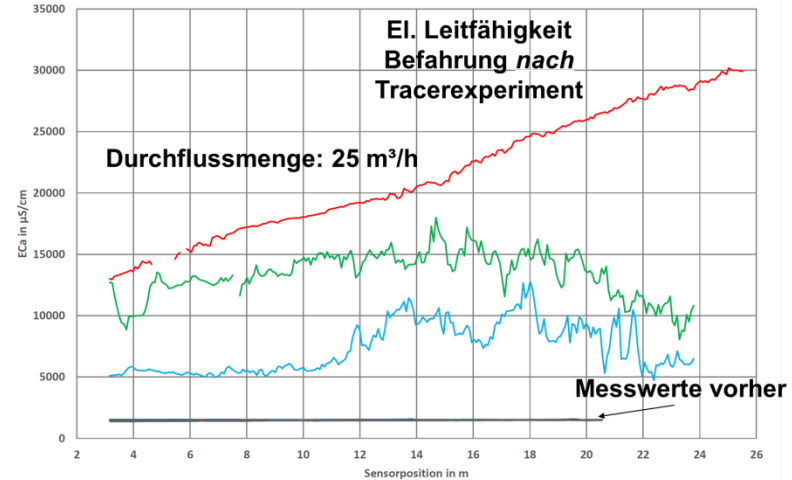
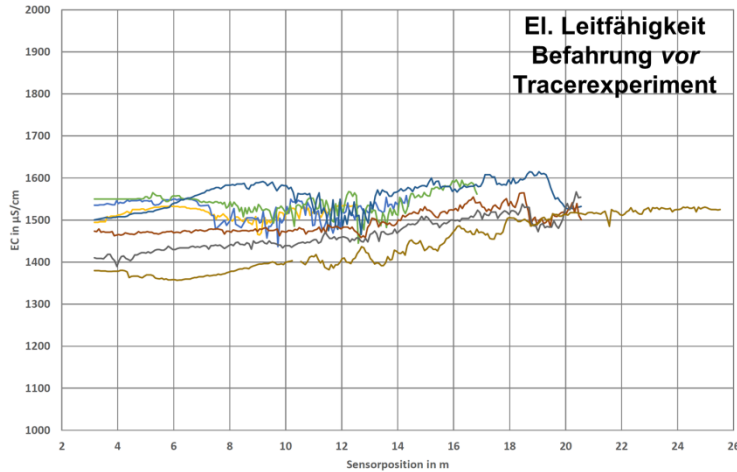
3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – HoriWell Inspector

- **Messungen am HBr 6 in SFB 10./11.09.18:**
 - Nullmessung ohne Pumpbetrieb
 - Stationäre Messungen an mehreren Positionen bei verschiedenen Pumpstufen
 - Sondenfahrt bei geringer Pumpstufe (6,3 m³/h)
 - Tracerversuch: Infiltration von verdünnter Sole in der Säurespülleitung ohne Pumpbetrieb
 - Befahrung und stationäre Messungen bei maximaler Pumpstufe (25 m³/h) nach Tracerexperiment



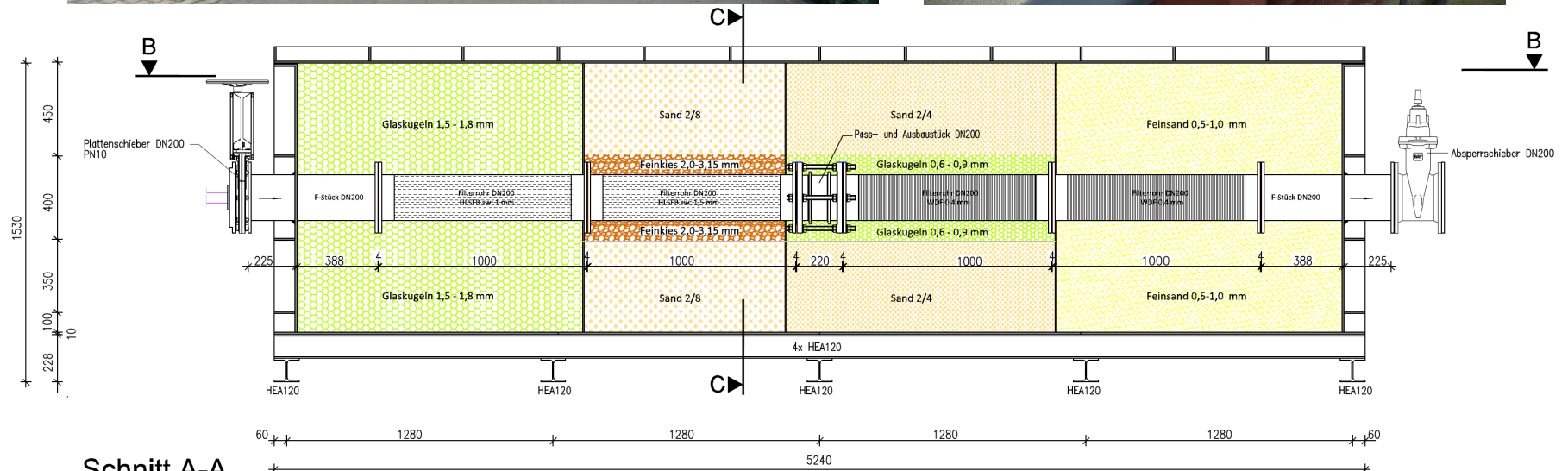
3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – HoriWell Inspector

• Ergebnisse Strang 7u:



3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – Technikum Horizontalfilterbrunnen

Versuchsstand zur technologischen Entwicklung und Weiterentwicklung von Verfahren und Techniken für Horizontalfilterbrunnen

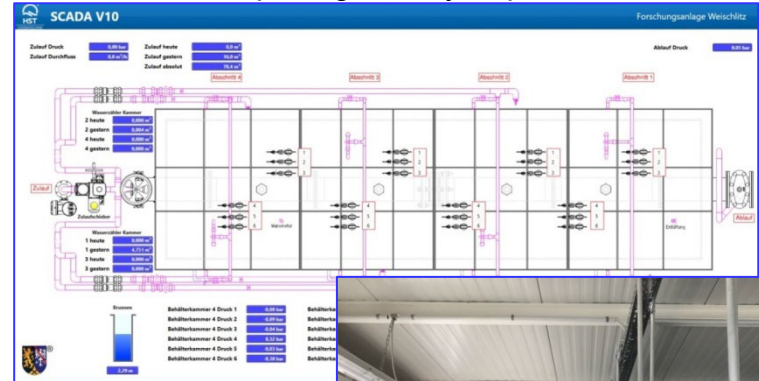


3. Erste Ergebnisse aus F/E zum HBr – Technikum Horizontalfilterbrunnen

Test: HoriWell Inspector



Test Hochdruckspülung und Hydropuls®-Granaten:



Test: Symmetrische Doppelkolbenkammer



zur Entsandung von Filterabschnitten nach dem Einsatz von Impulsgebern



Wasserbereitstellung für die URACA und zum Testen der LEMO-Hydropuls®-Granaten

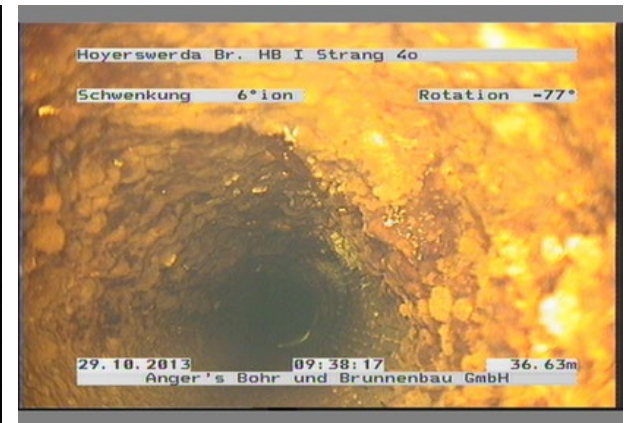
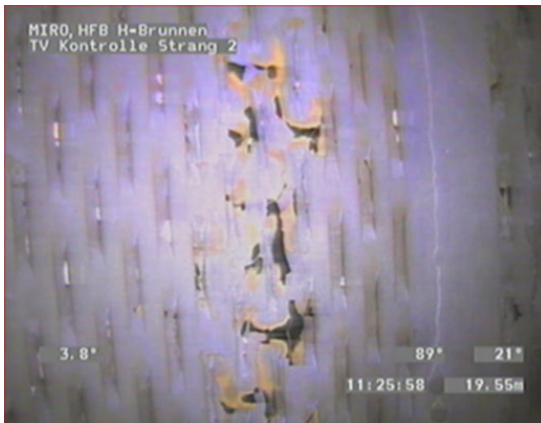
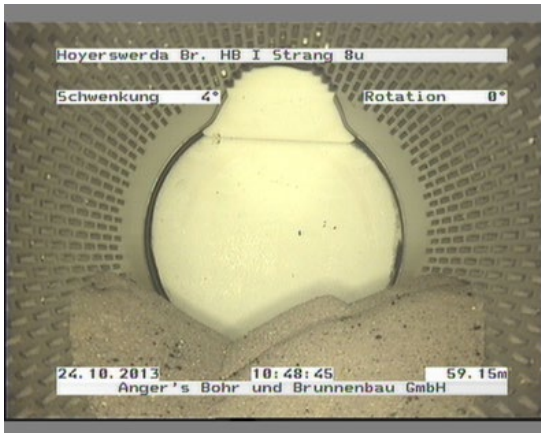


Spezialpacker für DN200-Flansch mit Hochdruckspülleitung und Hochdruckgasleitung für LEMO

4. Erfahrungen bei der Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen

Motivation für regelmäßiges Monitoring (Kamerabefahrung der Filter, Sandführung etc.)

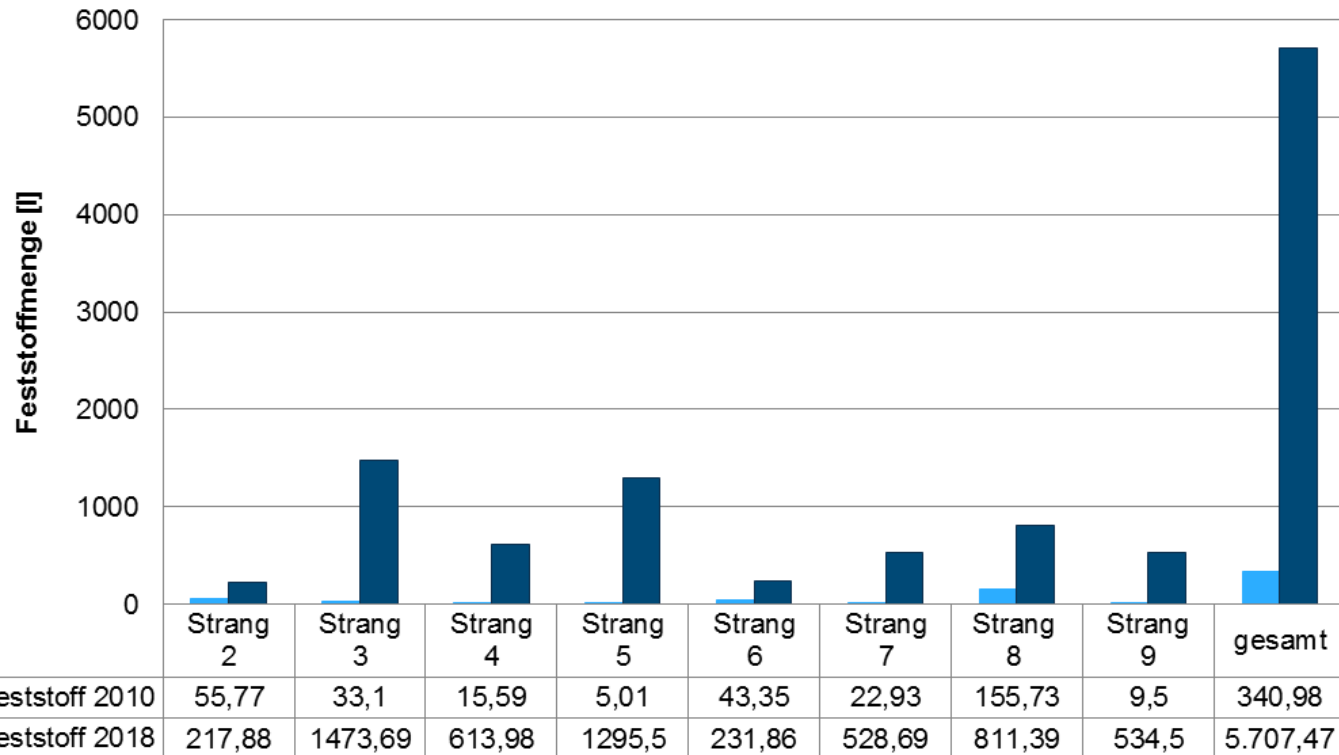
Filtereinbrüche, Sanden von Filter wegen fehlender autostabiler Filter o. hydraulisches Überfahren von Filterabschnitte (z.B. wegen fehlender Dokumentation, Gazeverarbeitung) können unter Umstand zu erheblichen Gefährdungen führen (Grundbruch)



System Horizontalfilterbrunnen



Feststoffbilanzen 2010/2018 BH01

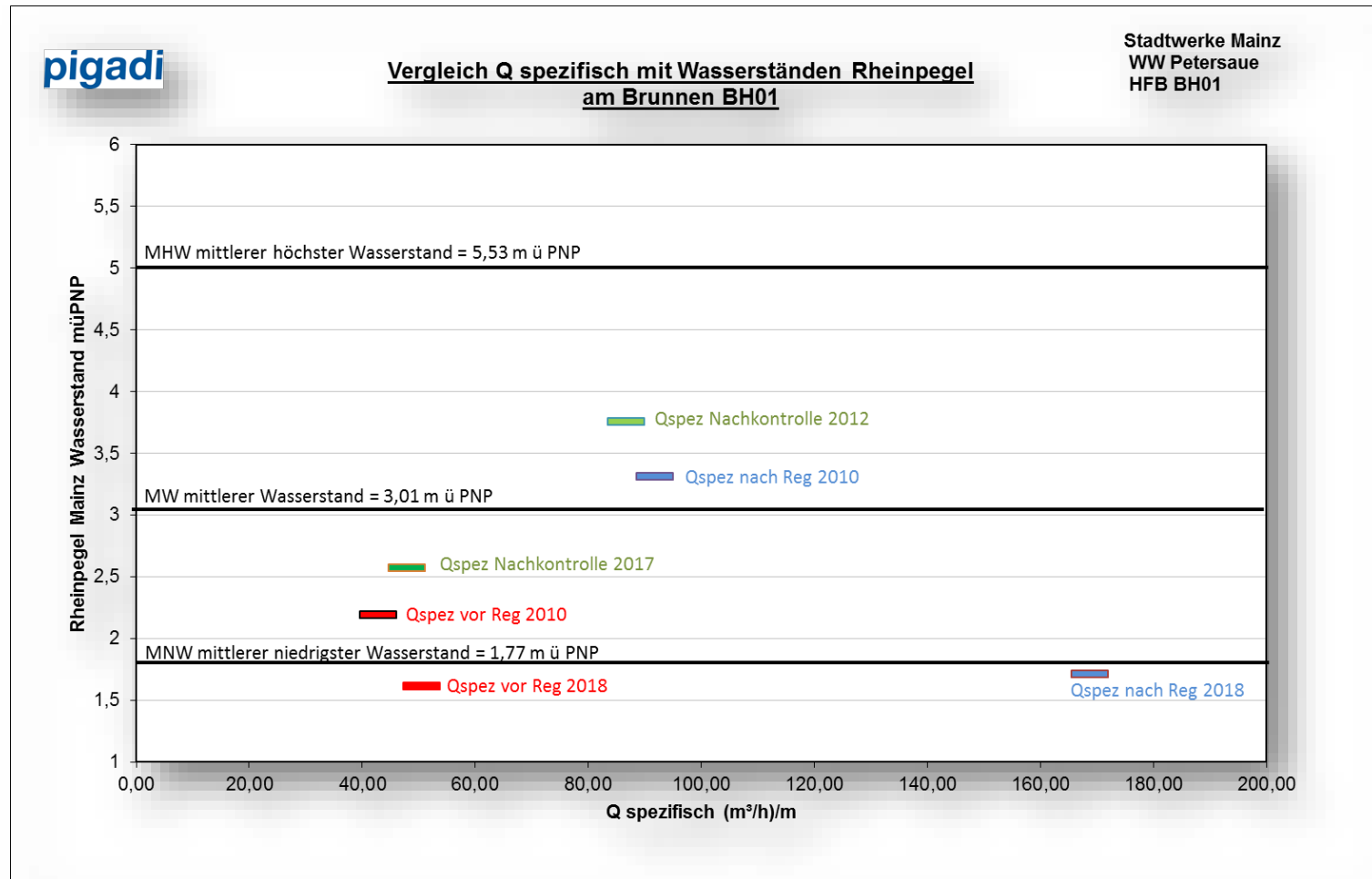


1. Öffnung der Filterschlitzze durch Entfernung der Feststoffablagerungen und

tiefenwirksame Impulsregeneration mittels Hochdruck und hydropuls®

2. abschnittsorientierte Nachentsandung der einzelnen Filterstränge mittels flexiblem Packerkammer-systems

Vergleich der spezifische Ergiebigkeiten bei entsprechenden Rheinpegelständen



- hydraulische Leistung signifikant von Brunnenalterung abhängig (Rheinwasserstand kein übergeordneter Einfluss)

Brunnenspezifikation					verfahrensspez. Ergebnisse			
	Anzahl Stränge	Ø Stränge	Material Stränge	Filterlänge	durchgeführte Verfahren	Qspez vor Reg.	Qspez nach Reg.	Steigerung auf %
Kies-Mantel-Filterausbau	8	250	CrNi/SBF	307	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	197,5	257,0	130%
					PV / TV / Bürsten / Ents.	183,0	188,0	103%
	10	180	Cu/SBF	346	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	38,4	167,0	435%
					PV / TV / Bürsten / SS / IE	61,7	227,0	368%
	6	250	CrNi/SBF	300	TV / HD / FPK-Ents. / (teilw. E-PV)	190,0	222,0	117%
	6	250	CrNi/SBF	300	TV / HD / FPK-Ents. / (teilw. E-PV)	250,0	259,0	104%
	8	175	Cu/SBF	303	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	50,0	169,0	338%
					PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	41,5	94,5	228%
	9	183	Cu/SBF	300,5	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	44,8	160,7	359%
	10	183	Cu/SBF	288	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	62,5	81,8	131%
	10	183	Cu/SBF	335	PV / TV / HD / hp / FPK-Ents.	80,9	122,6	152%

Legende Regenerierverfahren:

TV: Kamerabefahrung

E-PV / PV: Einzel- / Gesamtpumpversuch

FPK-Ents.: Flexible Packerkammer Entsandung

SS: Sprengschocken®

IE: Intensiventnahme

HD: Hochdruck

hp: hydropuls® (Impulsverfahren)

5. Zusammenfassung

1. Die Applikationsbreite von Horizontalfilterbrunnen hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich erweitert und bewährt;
2. In Europa sind seit ca. 70 Jahren >> 350 HBr errichtet oder ertüchtigt worden, mit einer deutlich vielfältigen technischen Bandbreite;
3. HBr sind geeignet zur GW-Gewinnung, GW-Niederhaltung, zum Hochwasserschutz, hydrothermale Kälte-/Wärmeversorgung, Grundwasserüberführungen oder Dekontamination von GWL (Altlastensanierung) und Manches mehr;
4. Dies erfordert von Auftraggebern, Planern und Bauschaffenden gleichermaßen und gemeinsames Finden der besten Lösung
5. wo ihre Vorteile von der Planung, über Errichtung, Betrieb/Monitoring und Regenerierung beachtet wurden und deshalb zum Tragen kamen, sind sie vergleichsweise sogar wirtschaftlicher

6. die vorgestellten QS-Merkmale bei der Errichtung von HBr sind nicht ad hoc überall anzuwenden, aber für jeden Standort, jede geolog./hydrogeol. hydrochem. Besonderheit, für jede Bauausführungsart liegen nunmehr geeignete Qualitätsstandards vor.
7. Die rezente Entwicklung/Applikation neuer Methoden für die Bauvorbereitung/-durchführung und Wartungsoptimierung von HBr lassen optimistisch noch eine bessere Wirtschaftlichkeit erwarten.
8. HBr bedürfen nunmehr verstärkte Aufmerksamkeit hinsichtlich Betriebserfahrungen, der Wartung, Instandsetzung und Regenerierung. Entwicklung applikativer Lösungen zum Beispiel:
- Methodenvergleich von Regenerierungsverfahren in Anlehnung DVGW W 55/99
 - nachrüstbarer anodischer Verockerungsschutz in bestehende HBr
 - technische Lösung für anwendbaren Dreifachpacker (HBr in Trockenaufstellung)

„DES BERGMANNS WERK IST NICHT EINES MANNES WERK !“



**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT**

GLÜCK AUF !

Das Quellenverzeichnis kann auf Wunsch zugesendet werden.

Umweltbüro GmbH Vogtland

Thossener Straße 6
08538 Weischlitz



pigadi

Kompetenz im Brunnenservice



**Dresdner Grundwasserforschungs-
zentrum e.V.**

im Grundwasser-Zentrum Dresden