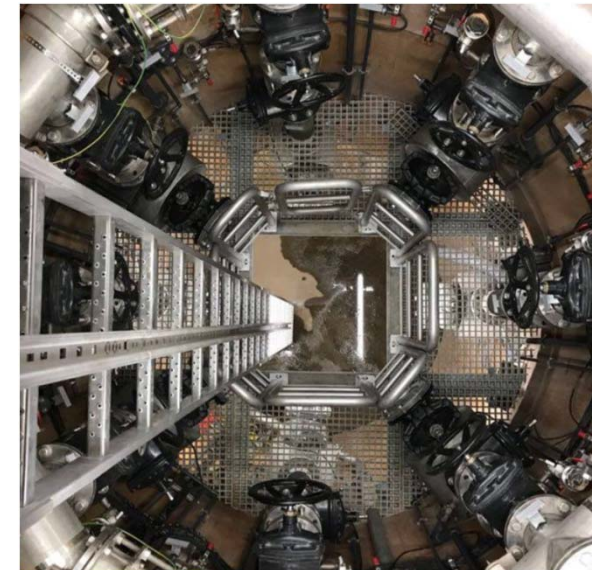




Wartung und Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen in Naß- und Trockenaufstellung



*HBr Petersaue Wiesbaden
(Naßaufstellung)*



*Forschungs-HBr „Marga“ in Senftenberg
(Trockenaufstellung)*

Dr.-Ing. Thomas Daffner / Dipl.-Hydrol. Andreas Wicklein

(UBV Umweltbüro GmbH Vogtland / pigadi GmbH)



Gliederung

1. **Alterungsarten bei Horizontalfilterbrunnen**
2. **Natürliche / technische und Betriebsrandbedingungen für Alterung von Horizontalfilterbrunnen**
3. **Kurzcharakteristik von Naß- und trocken aufgestellten Horizontalfilterbrunnen**
4. **Techn. Randbedingungen von 255 Horizontalfilterbrunnen**
5. **Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen
allg. Verfahrensschritte (Vorgehensweise)
Industrietaucher vs. Temporäre Einbauten bei naßaufgestellten HBr**
 - a. **Senkschacht**
 - b. **Horizontalfilter**
 - c. **Armaturen**
6. **Ausblick auf weitergehende Untersuchungen zu potentiellen Regenerierungsverfahren von horizontalen Filtern**



1. Natürliche / technische und Betriebsrandbedingungen für Alterung von Horizontalfilterbrunnen

Alterung von Horizontalfilterbrunnen		
Alterungsart	Prozess	Ursache/Kurzdefinition
Versandung	physikalisch	Fehlerhaftes Bohrverfahren (Raney, Fehlmann, Preussag, Überschneitbohrung, offene Verlegung, Pressbohrverfahren)
		Fehlerhafte Bemessung der Filterkiesschüttung und Filterschlitzweite (Kolmation oder Suffusion), unzureichende Entsandung, kein autostabiler Filter, oder zu große Entnahme aus umliegenden Gebirge
Verockerung	chemisch	Sauerstoffeinfluss bzw. Elektronenakzeptoren auf Fe^{2+} -/ Mn^{2+} -Ionen (Absenkung des GWSp bis in Filterbereich, Verfilterung verschiedener horizontal geschichteter GWL)
	biologisch	Überschreitung eines bestimmten Redoxpotentials bei gleichzeitiger Anwesenheit von Eisen-/Manganbakterien und der Fe^{2+} -/ Fe^{3+} -/ Mn^{2+} -/ Mn^{3+} - Ionen und sehr hoher Fließgeschwindigkeiten (z.B. Filterschlitz) mit erhöhter "Nahrungsquelle" für die Mikrobiologie
Versinterung	chemisch	Verhärtung der Calcium-, Eisen- und Manganablagerungen bei Störung des KKG (z.B. Entgasung des Kohlendioxides durch Druckentspannung - z.B. Grundwasserabsenkung oder Mischung unterschiedlicher GW-Beschaffenheit)



1. Natürliche / technische und Betriebsrandbedingungen für Alterung von Horizontalfilterbrunnen

Alterung von Horizontalfilterbrunnen		
Verschleimung	biologisch	Entstehung von Biomasse (Mikroorganismen, Biostruktur, Pilze) durch heterotrophe Stoffwechselprozesse (Zufuhr von Stickstoffverbindungen und organischen Substanzen, ebenso organische Bohr- und Spülmittelreste)
Ausfällung	chemisch	Ausfall von Aluminium-Hydrokomplexen bei pH-Wertwechsel und saures Milieu
Korrosion	chemisch	Kontaktkorrosion zw. unterschiedlichen metallischen Brunnenausbaumaterialien;
		Korngrenzenkorrosion - Verunreinigung, wie z.B. Sulfide, Phosphide, oxische Schlacken werden durch Säuren (chem. Regenerierung) herausgelöst und beschädigen Korngrenzen -> Interkristalline Korrosion danach im Niedrigtemperaturbereich mgl.;
		Lochkorrosion / Lochfraß - örtlich begrenzte Zerstörung der Oxidschicht (Passivschicht) wird durch Temperatur, pH-Wert, Chlor-, Brom- oder Jodhalogenkonzentrationen bestimmt;
		Mikrobiologische Korrosion - direkt oder durch ihre Stoffwechsel-produkte (Schwefelsäure, Salpetersäure, Schwefelwasserstoff usw.) können Algen, Pilze und Bakterien die verschiedensten Korrosionsarten hervorrufen;
		Spannungsrisskorrosion - betrifft i.d.R. Bauteile aus nichtrostenden austenitischen Stähle mit Eigenspannung und spezielle Medien (Chloride im Grundwasser und starke Laugen bei der chem. Regenerierung)



2. Natürliche / technische und Betriebsrandbedingungen für Alterung von Horizontalfilterbrunnen

Natürliche RB:

- hohes Verockerungspotential,
- verfügbare Elektronenakzeptoren (z.B. Sulfat, Nitrat),
- geringe Grundwasserüberdeckung über Horizontalfilter (<3m),
- Grundwässer unterschiedlichem Chemismus (z.B. untersch. Redoxverhältnisse),
- extrem niedrige pH-Werte (z.B. bei Huminsäuren),
- sehr hohe Chloridkonzentrationen,
- Anwesenheit organischer Verbindungen (z.B. Nitrat, Bakterien),

technische und Betriebsrandbedingungen:

- falsches Verfahren zur Herstellung der Filterstränge,
- falsches Filtermaterial bezogen auf Grundwasserchemismus und Einbautechnologie,
- fehlerhafte Filterkies- und Filterschlitzweitenbemessung,
- zu hohe Fließgeschwindigkeit in den Filterschlitzten,
- Überfahren der Filterstränge (z.B. hydr./geometr. Suffusionskriterium) ,
- zu lang ausgebaute Filterstränge,
- zu starke betriebsbedingte Grundwasserabsenkung (geringe GW-Überdeckung),
- techn. Förderung von GW unterschiedlichem Chemismus,
- ungleichmäßige Förderung, die zu wechselnder GW-Absenkung und GW-Anstieg in Brunnennähe führen,



3. Kurzcharakteristik von Naß- und trocken aufgestellten Horizontalfilterbrunnen

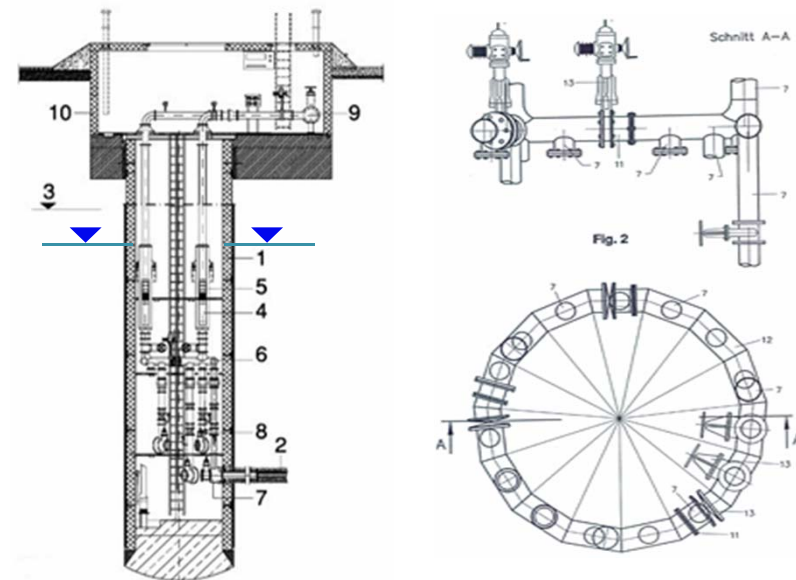
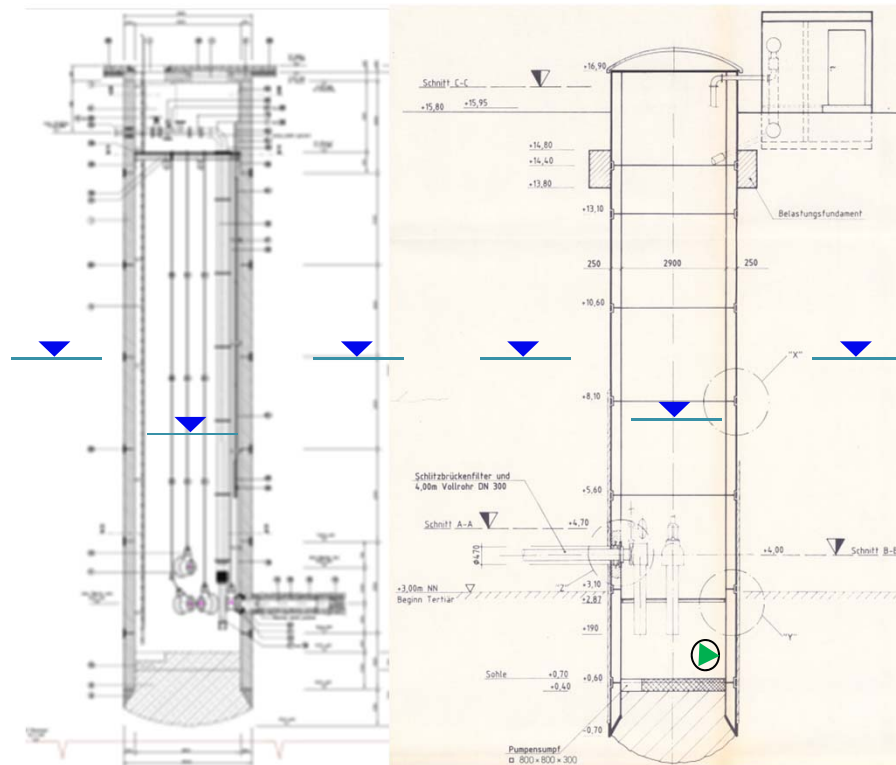
Horizontalfilterbrunnen sind grundsätzlich herstellbar in:

In Naßaufstellung

keine besonderen Anforderungen
bezügl. Verockerungspotential
bezügl. Wasserschadstoffe im GW

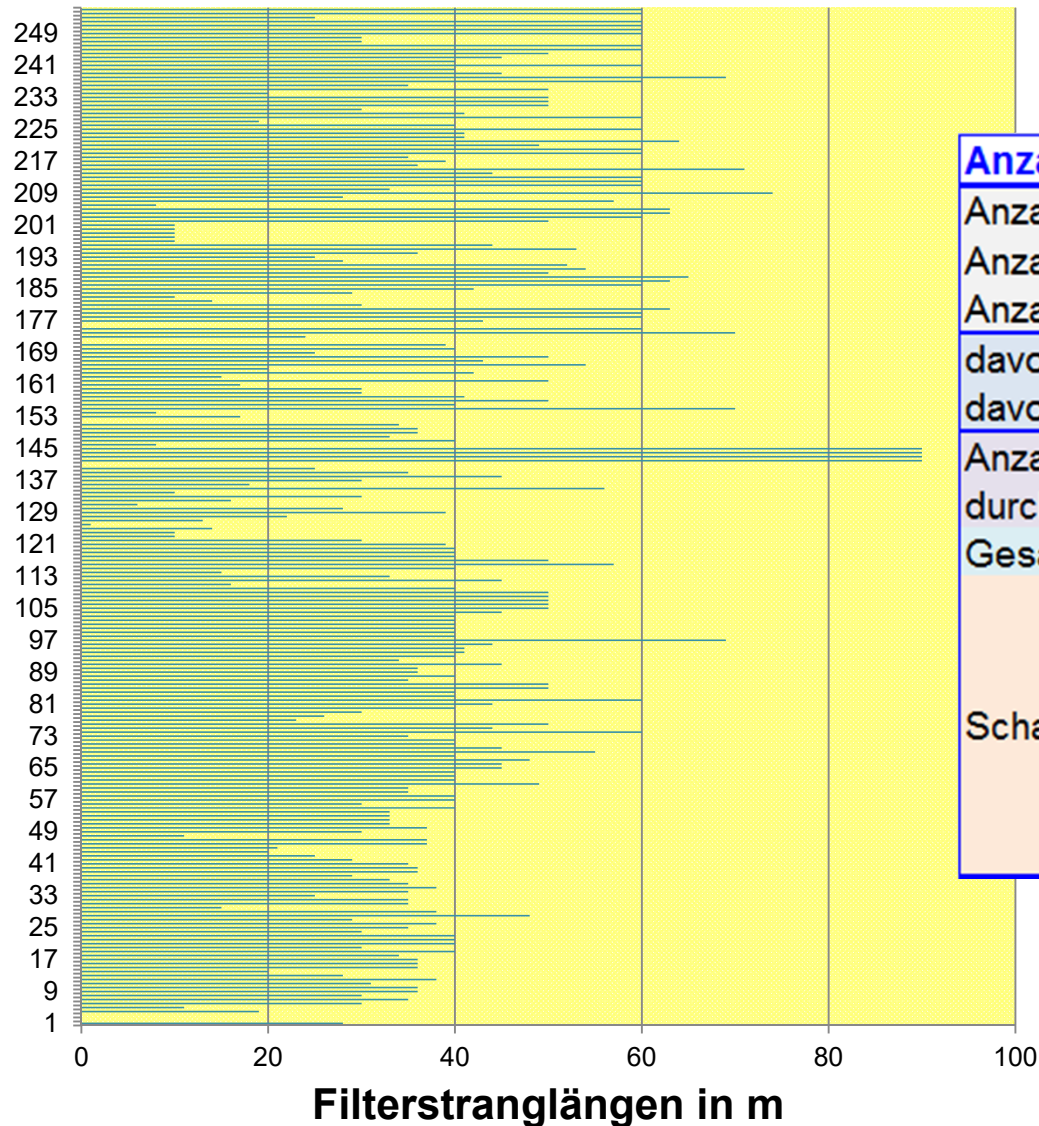
Trockenaufstellung

bei sehr hohem Verockerungspotential
explosive gelöste Stoffe (z.B. Benzol)
Anordnung von Reinigungsmodulen
im HBr-Schacht
einfache Regenerierbarkeit im etrieb





durchschnittliche Filterstranglänge jedes Horizontalfilterbrunnens



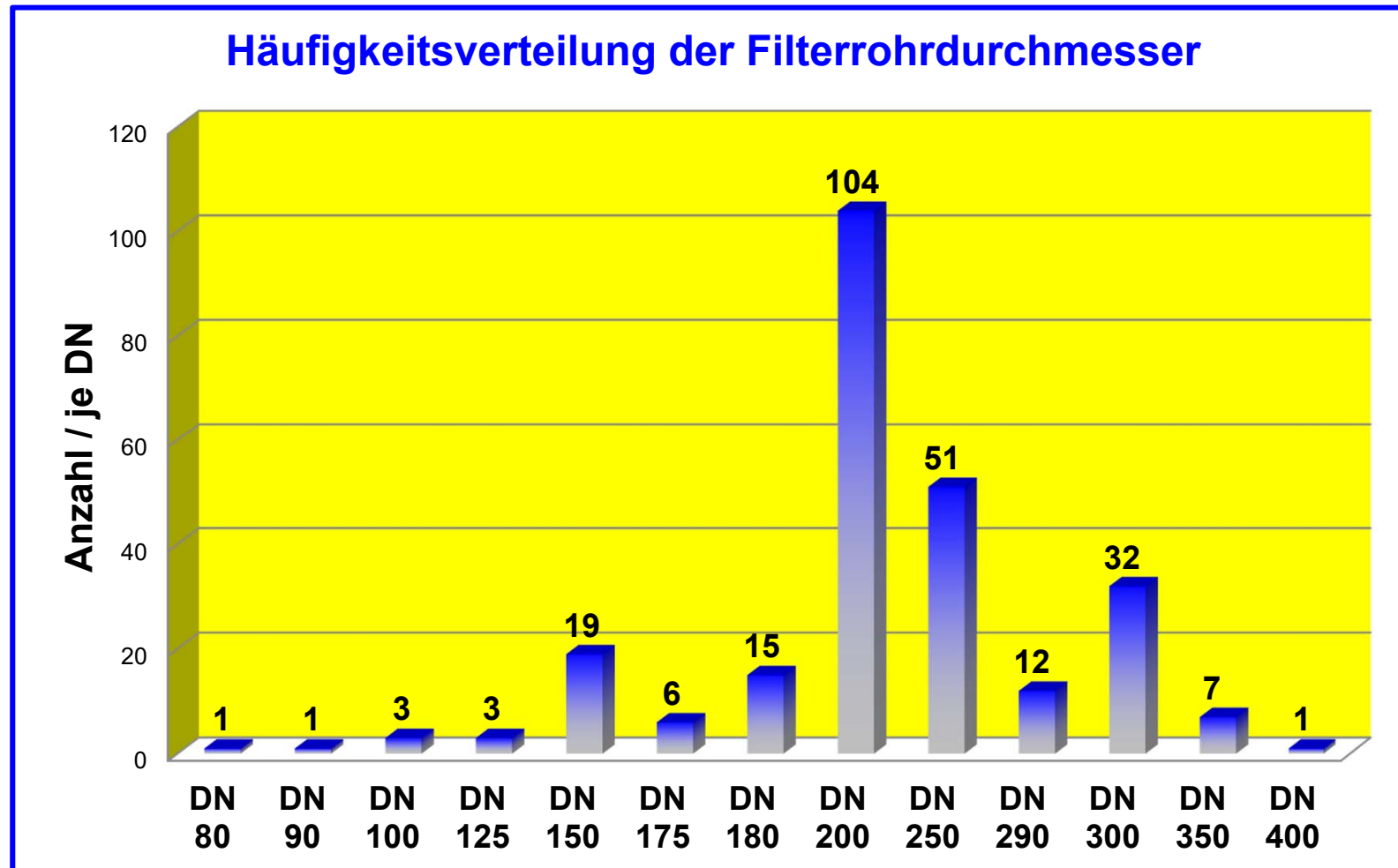
4. Techn. Randbedingungen von 255 Horizontalfilterbrunnen

Anzahl an HBr	255	Stck.
Anzahl an HBr Deutschland	203	Stck.
Anzahl an HBr Europa (-D)	36	Stck.
Anzahl an HBr Welt (-D-EU)	16	Stck.
davon Nassaufstellung 92%	234	Stck.
davon Trockenaufstellung 8%	21	Stck.
Anzahl an Filterstränge	1752	Stck.
durchschnittl. Filterstranglänge	39,7	m
Gesamtfilterlänge	62689	m
Schachtdurchmesser	2200	mm
	2500	mm
	2800	mm
	3200	mm
	4000	mm
	5000	mm

Recherchegrundlage aus:
 PREUSSAG
 BHG BRECHTEL
 ABT W & T
 ANGERS
 UBV

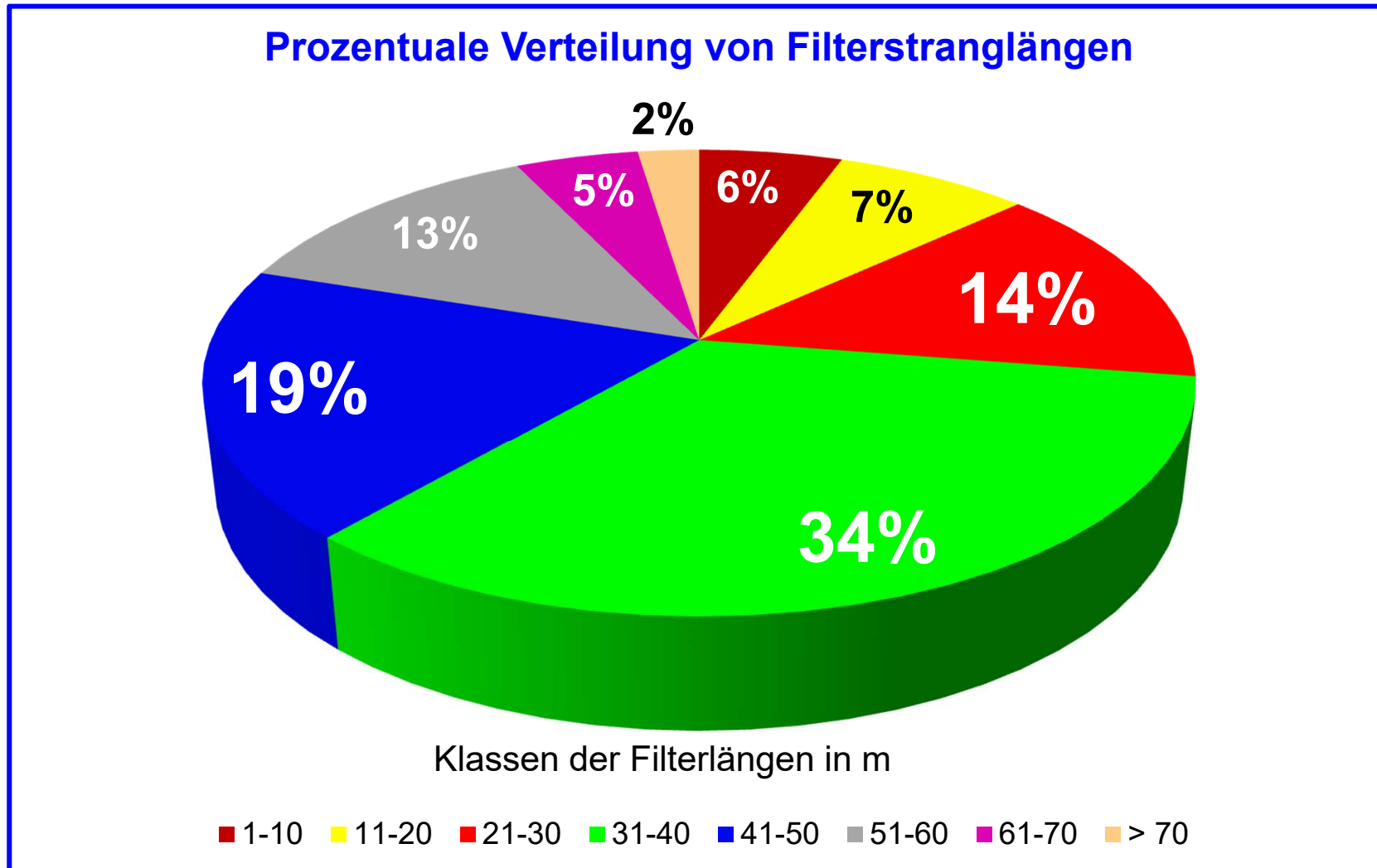


4. Techn. Randbedingungen von 255 Horizontalfilterbrunnen



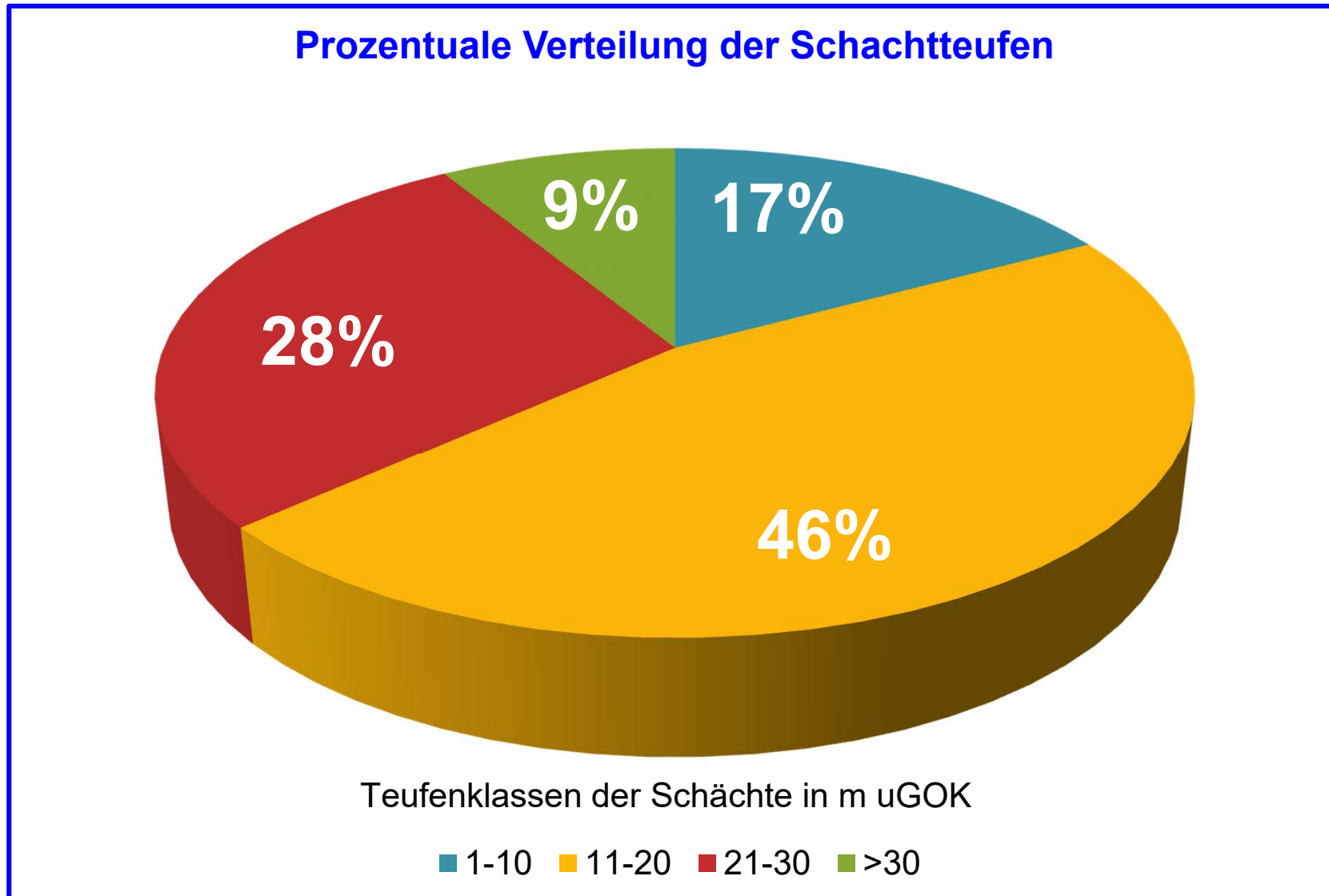


4. Techn. Randbedingungen von 255 Horizontalfilterbrunnen





4. Techn. Randbedingungen von 255 Horizontalfilterbrunnen



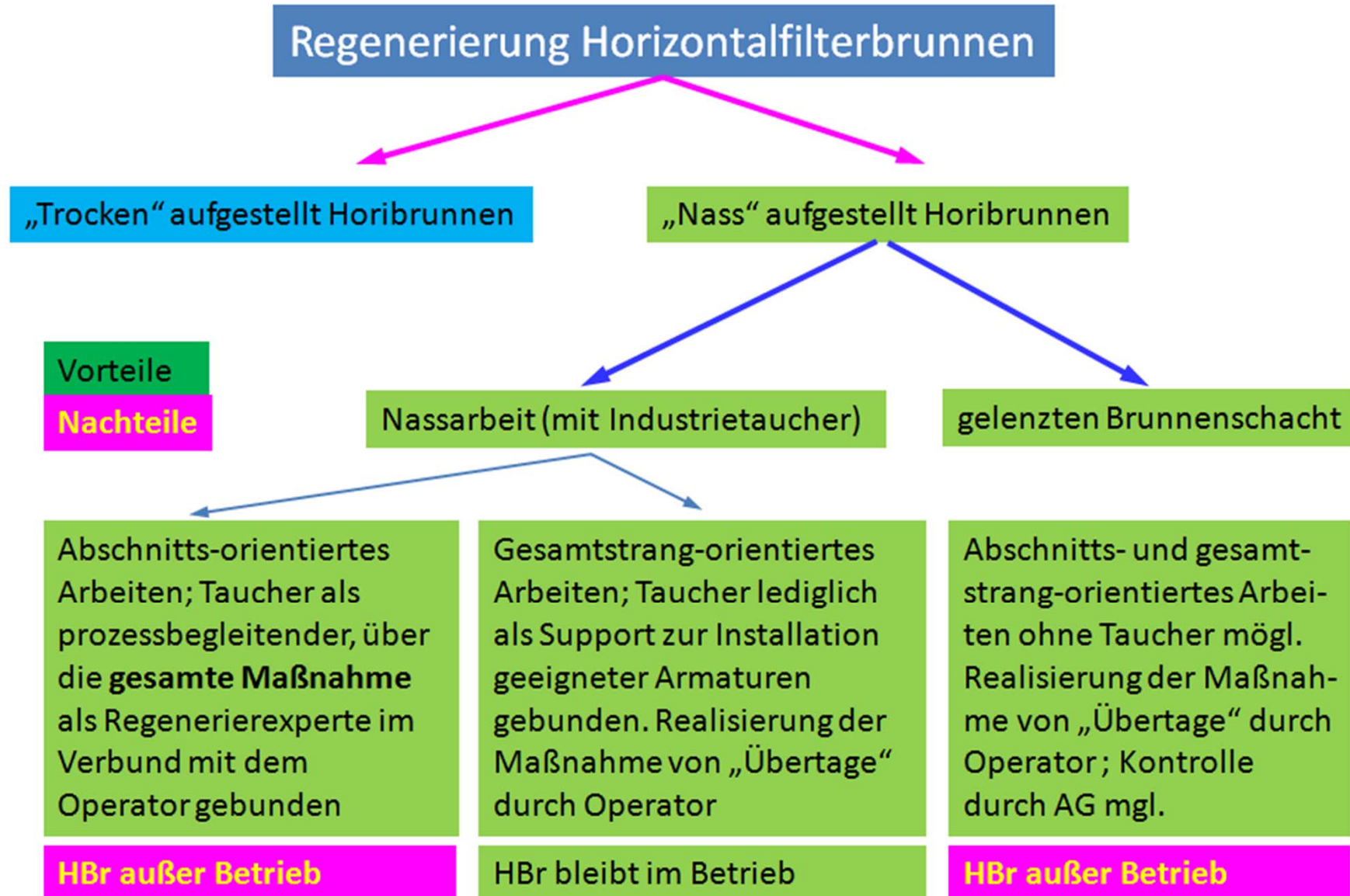
5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen allg. Verfahrensschritte (Vorgehensweise)



Verfahrensschritt	Information
Sichtung der Brunnenakte (sofern vorhanden)	Geologie, Hydrogeologie, Bohrverfahren, technischer Ausbau, Förderleistungen, GW-Absenkung, Pumpversuche, Wartungsintervalle, chem.-physikalische Untersuchungen
Archivrecherche im Haus des Brunnenbauers (sofern Brunnenbauer noch existiert und dies gestattet)	Geologie, Hydrogeologie, Bohrverfahren, technischer Ausbau, Brunnenentwicklungsnachweise, GW-Absenkung, Pumpversuche, chem.-physikalische Messungen
Brunnentest oder Auswertung retrospektiver Betriebsdaten vor Beginn	Feststellung der aktuellen hydraulischen und geohydraulischen Leistungsfähigkeit der(s) Filtersträ(a)nge(s)
Kamerabefahrung (TV) vor Beginn	optische Zustandsaufnahme des Filterrohres, der Filterschlitzte, der Filterrohrverbindungen mit ggf. möglicher Schäden, Lage und Mächtigkeit von Ablagerungen im Filterrohr
Geophysikalische Untersuchungen vor Beginn der Regenerierung (bei Bedarf)	Erfassung Zuflußmenge und -beschaffenheit entlang Filterstrang, Feststellung der Ringraumbeschaffenheit
bakteriologische Untersuchungen vor Beginn der Regenerierung (bei Bedarf)	Feststellung biolog. Aktivitäten, Bestimmung der Bakterien, Pilze etc.
Mineralogische Untersuchungen von Ablagerungen (bei Bedarf)	mineralogische Zusammensetzung der Ablagerungen
komplexe Regenerier-/Saniermaßnahme	Brunnenspezifisch, bauteschnisch und problemabhängig alternativ in Trocken- oder Nassarbeit; Verfahren ebenfalls in Abhängigkeit der Problemstellung
Kamerabefahrung (TV) nach Regenerierung	optische Zustandsaufnahme des Filterrohres, der Filterschlitzte, der Filterrohrverbindungen mit ggf. möglicher Schäden, Lage und Mächtigkeit von verbleibenden Ablagerungen im Filterrohr
Brunnentest oder Auswertung Betriebsdaten nach der Regenerierung	Feststellung der hydraulischen und geohydraulischen Leistungsfähigkeit der(s) Filtersträ(a)nge(s) nach der Regenerierung
Ergebnisdokumentation	ausführliche Beschreibung der Maßnahme; Bewertung des Ergebnisses; Interpretation-Ausblick (u.a. Betriebsempfehlungen)



5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen allg. Verfahrensschritte (Vorgehensweise)





5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen

Industrietaucher vs. Temporäre Einbauten bei naßaufgestellten HBr

Regenerierung mittels Industrietaucher bei naßaufgestellten Horizontalfilterbrunnen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ● keine zusätzlichen Einbauten notw. ● keine komplette Lenzung des Schachtes notwendig ● als Rückfallvariante zur temporären Umleitung des gefaßten Grundwassers einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ● hohe Strömung an der Schieberkammer bei Betrieb beachten ● i.d.R. Außerbetriebnahme erforderlich ● starke Turbulenzen im Brunnenschacht, dadurch kaum bis keine fachliche Begleitung insitu mgl. ● Sedimentanfall entlang des Stranges ist i.d.R nicht messbar ● geringe Sichtverhältnisse im Schacht ● hohe Anforderungen an Arbeitsschutz beachten ● Kosten (Taucherkolonne stets 3 Taucher mit Technik)

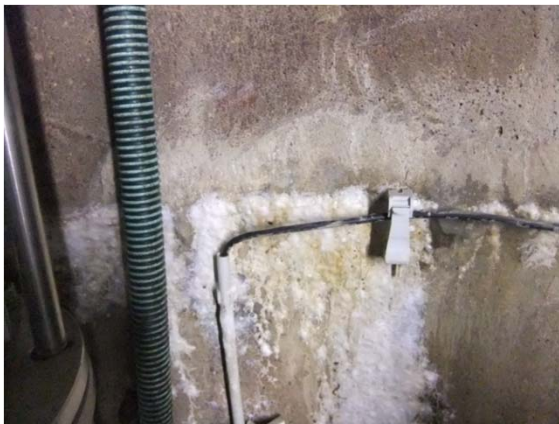
Regenerierung mit temp. Umleitung bei naßaufgestellten Horizontalfilterbrunnen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ● HBr bleibt faktisch in Betrieb ● GW-Förd. bei Regenerierung des betreffenden Filterstranges mit Umbindungsmaßnahmen und Drucktopf für Sediment mgl. ● Technik kann evtl. sogar im Schacht verbleiben ● Arbeitsschutz vergleichsweise geringer ● exakte Regenerierung mit genauer fachlicher Begleitung mgl. z.B. Sedimentanfall entlang des Stranges messbar ● als echte Alternative zum kompletten Tauchereinsatz mgl. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tauchereinsatz ist nur kurzzeitig notw. ● temp. Leitung und ggf. Pumpe für Grundwasserförderung während Regenerierung



5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Senkschacht

Durch neue Spannungen auf das Bauwerk, z.B. infolge GW-Schwankungen, Baumaßnahmen, Grundwasserchemismus, etc.

- ▶ Undichtigkeiten im Stahlbeton – Rissbildungen bevorzugt an Bewehrung/Dübel
- ▶ Undichtigkeiten in Fugen (Ermüdung der Dichtungsringe oder der Epoxidharzkleber)
- ▶ Undichtigkeiten Betonplombe wegen Versagen der Anschlussbewehrung



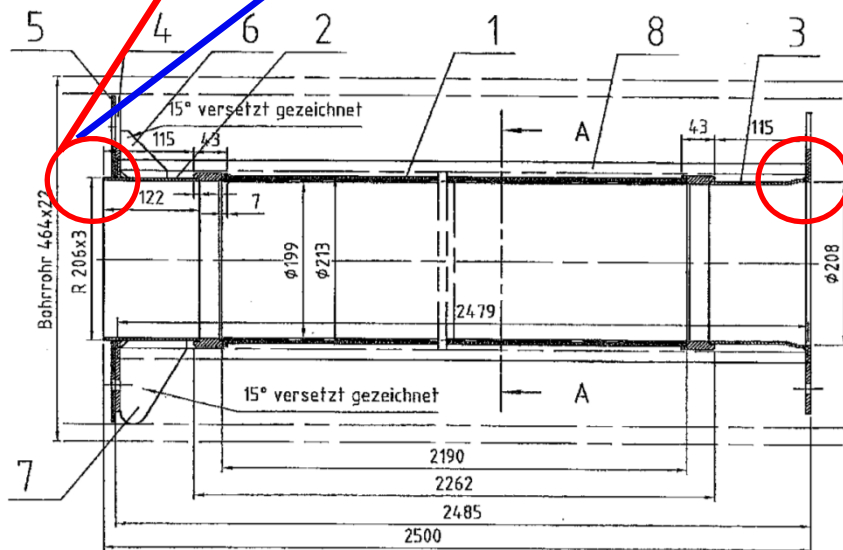
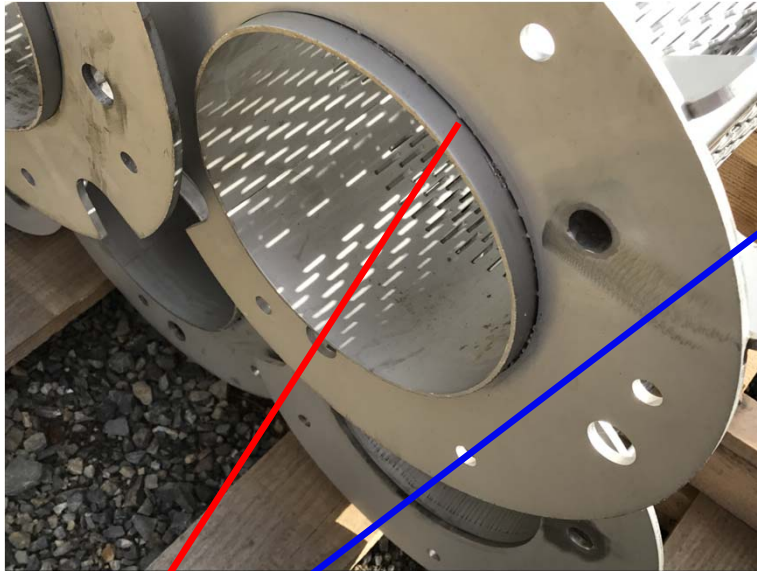
5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Horizontalfilter



Versandung
Verockerung
Kalkausfällung
Biolog. Verockerung / Verschleimung

Legende	
	kein Befund
	leichter Befund / leichte Ausprägung von Belägen
	mittlerer Befund / mittlere Ausprägung von Belägen
	starker Befund / starke Ausprägung von Belägen

5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Horizontalfilter



Ermüdung/Versagen der Dichtung bei fehlende „Rohr-in-Rohr“-Ausführung oder Abriss des Filters



andauernde Versandung

5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen

Horizontalfilter



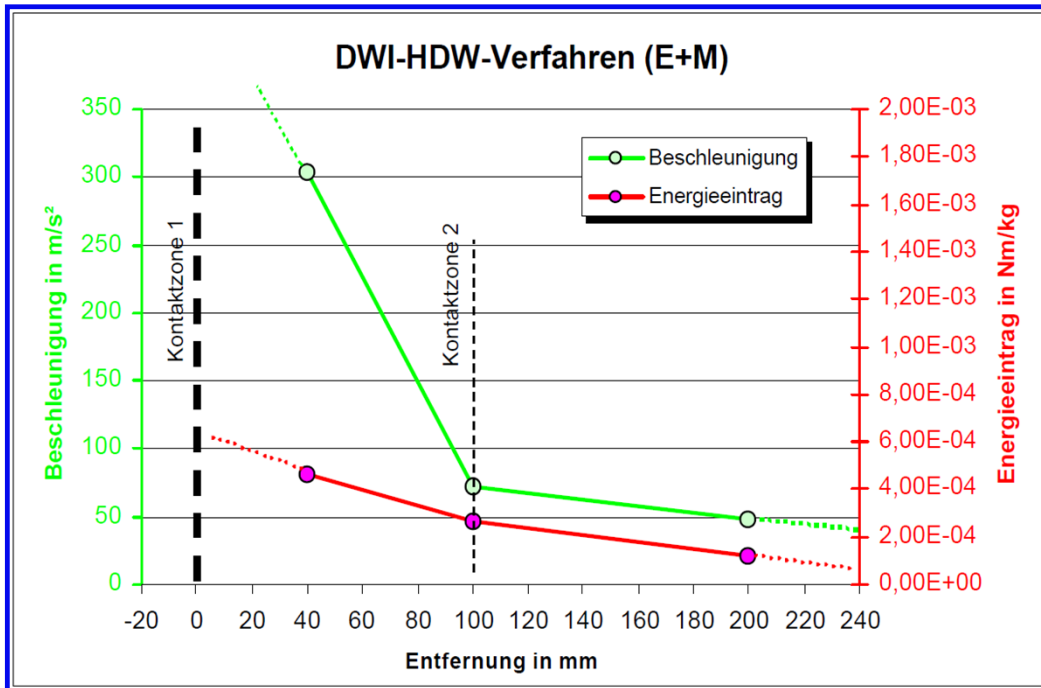
TECHNOLOGIE gem. W 130 HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE	Gerät FIRMA	MITTLERE BESCHLEUNIGUNGEN IN DER FILTERKIESSCHICHT in m/s ²	
			MESSWERT	GRAPHISCHER VERGLEICH
HOCHDRUCK- SPÜLVERFAH- REN	KEINE	WELLJET (AQUA Plus)	63	
		HRH-Gerät (ABB)	66	
	WASSERHOCHDRUCK	DOPPELROT. AGG. (E+M)	303	
	KNALLGAS	Pulsator (PST)	68	
	LUFTKOMPRIMIERUNG	Impulsgenerator (pigadi)	971	
		WellReg-Plus-Gerät (AQUAPlus)	39	
	WASSERKOMPRIMIERUNG	-		
	SPRENGLADUNGEN	-		
	ULTRASCHALL	SONICSONDE	340	
		ERDMANNSONDE	485	

gemessene Beschleunigung des Wassers innerhalb der Filterkiesschüttung
(ca. 5cm vom Filterrand) **sw: 2mm**

[Quelle: DGFZ 2003 DVGW-FE W55/99]

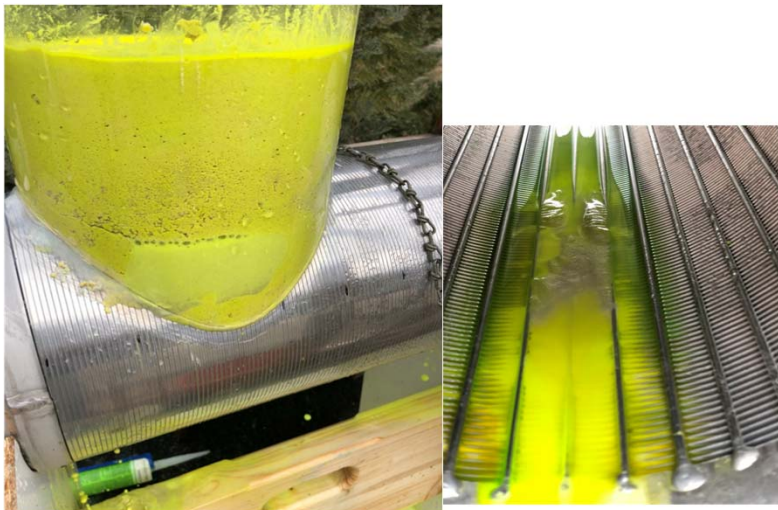
FK:3,15-5,6mm

5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Horizontalfilter



Beschleunigungs- und Energieabbau des Doppelrotationsaggregates in Abhängigkeit vor Ort

(DVGW-FE-Projekt W55/99 , 2003)



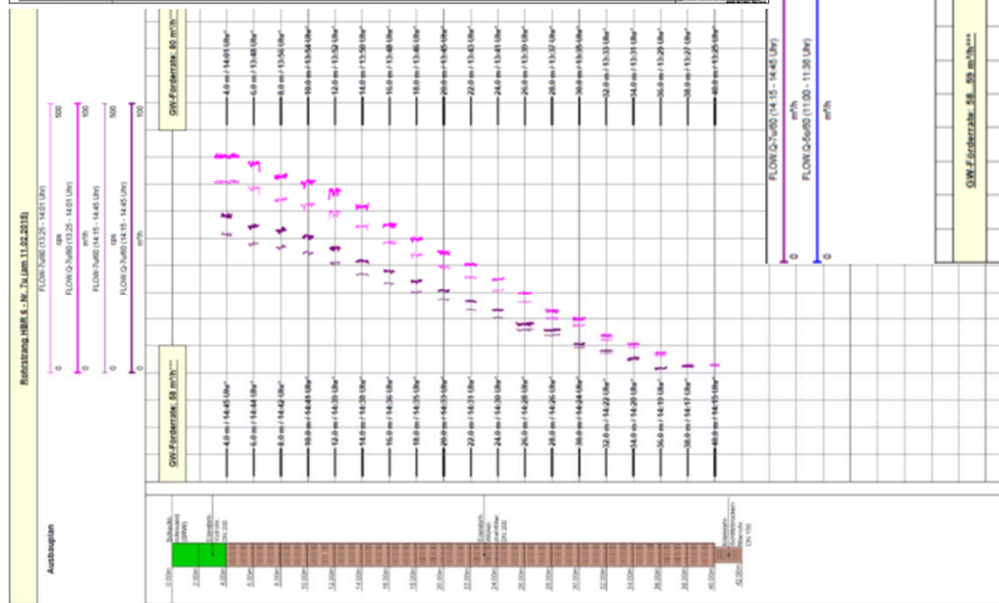
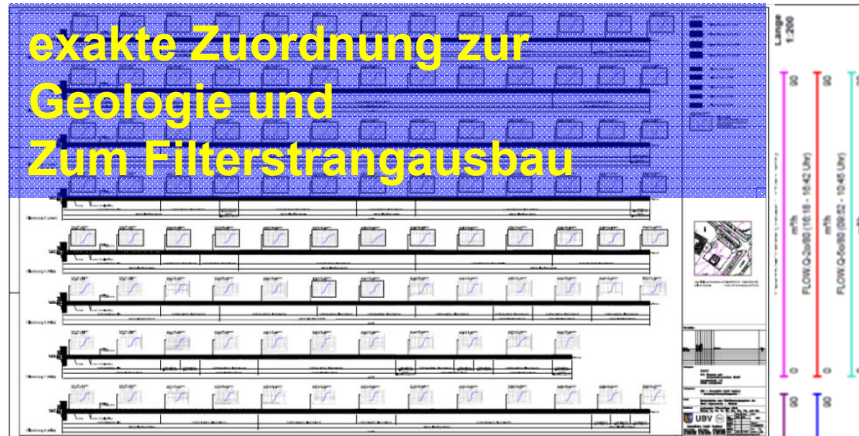
Nachweis der Gebirgsentwicklung eines schluffig-feinsandigen Grundwasserleiters durch einen WDF mit $sw=0,1$ mm (FEHLMANN-Filter) mit qualitativem und quantitativem Nachweis des Unterkorns $< 0,1$ mm im Vergleich mit den Ergebnissen der Sieb-/Schlammmanalyse

(UBV, 2018-ÖGP Böhlen)

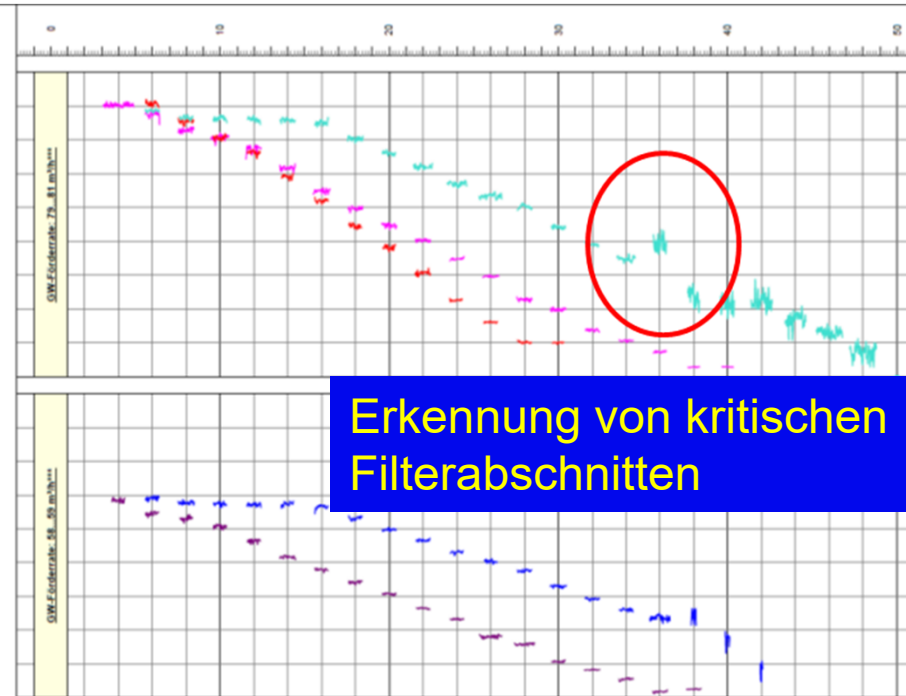
Vorprüfung der Filtereigenschaften bestimmen Regenerierung



exakte Zuordnung zur Geologie und Zum Filterstrangausbau



Flowmetermessung mit MID/Flügel im Filterstrang relativ und mittels MID im Schacht Gesamtmenge



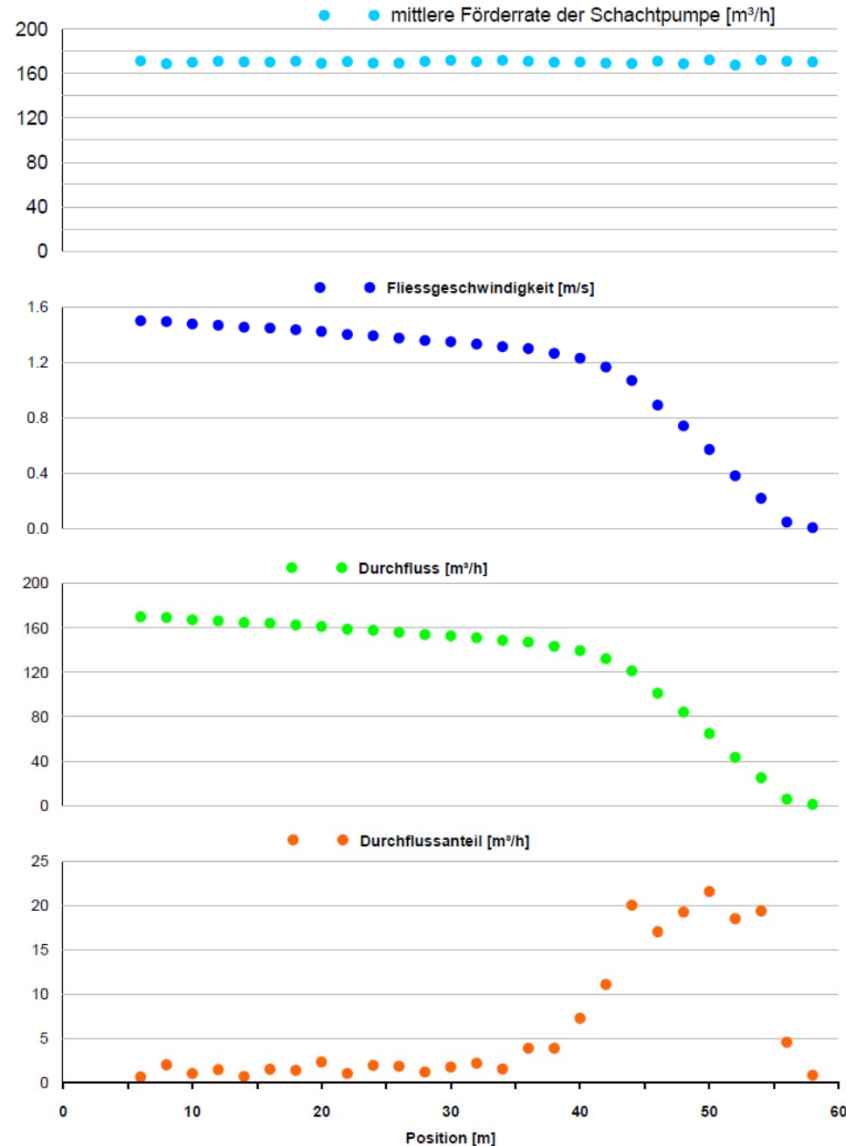
Erkennung von kritischen Filterabschnitten

Recherche von Filterausbau, Leistungstest, geophysikal. Parameter dienen der spezif. Festlegung der Regenerierung z.B. wo welche Drücke Angewandt werden dürfen

Sie dienen auch nach der Reg. Dem Ausweisen des Reg.-erfolges



Vor- und Nachprüfung der Filtereigenschaften



Absolutmessung
mittels MID im
Schacht

Direktmessung
Geschwindigkeit

Berechnung
Durchfluss

Direktmessung
Durchflussanteil





Horizontalfilterbrunnen BH01, BH02 und BH04 Nassaufstellung

- **Veranlassung:**
starker Rückgang der Ergiebigkeit der Horizontalfilterbrunnen





Horizontalfilterbrunnen BH01, BH02 und BH04 Nassaufstellung

- **Konzeptentwicklung:**
- Erfassung und Dokumentation des Brunnenzustandes aus vorhandenen Unterlagen und Erarbeiten der Maßnahmen
- **→ Gliederung der Arbeiten in zwei wesentlich Projektabschnitte**
 1. mechanische Vorreinigung aller Filterrohre mittels Wasserhochdrucktechnik und tiefenwirksame Impulseinträge zur Entfernung der Feststoffablagerungen
 2. abschnittsorientierte Nachentsandung der einzelnen Filterstränge mittels mobilen Packerkammersystems



Horizontalfilterbrunnen BH01, BH02 und BH04 Nassaufstellung

- optische TV-Untersuchung der einzelnen Stränge
- Gesamt- und Einzelstrangpumpversuche



erste optische und
hydraulische
Bestandsaufnahme

-
- mechanische Vorreinigung aller Filterrohre mittels Wasserhochdrucktechnik und tiefenwirksame Impulseinträge zur Entfernung der Feststoffablagerungen
 - TV-Kontrollfahrt

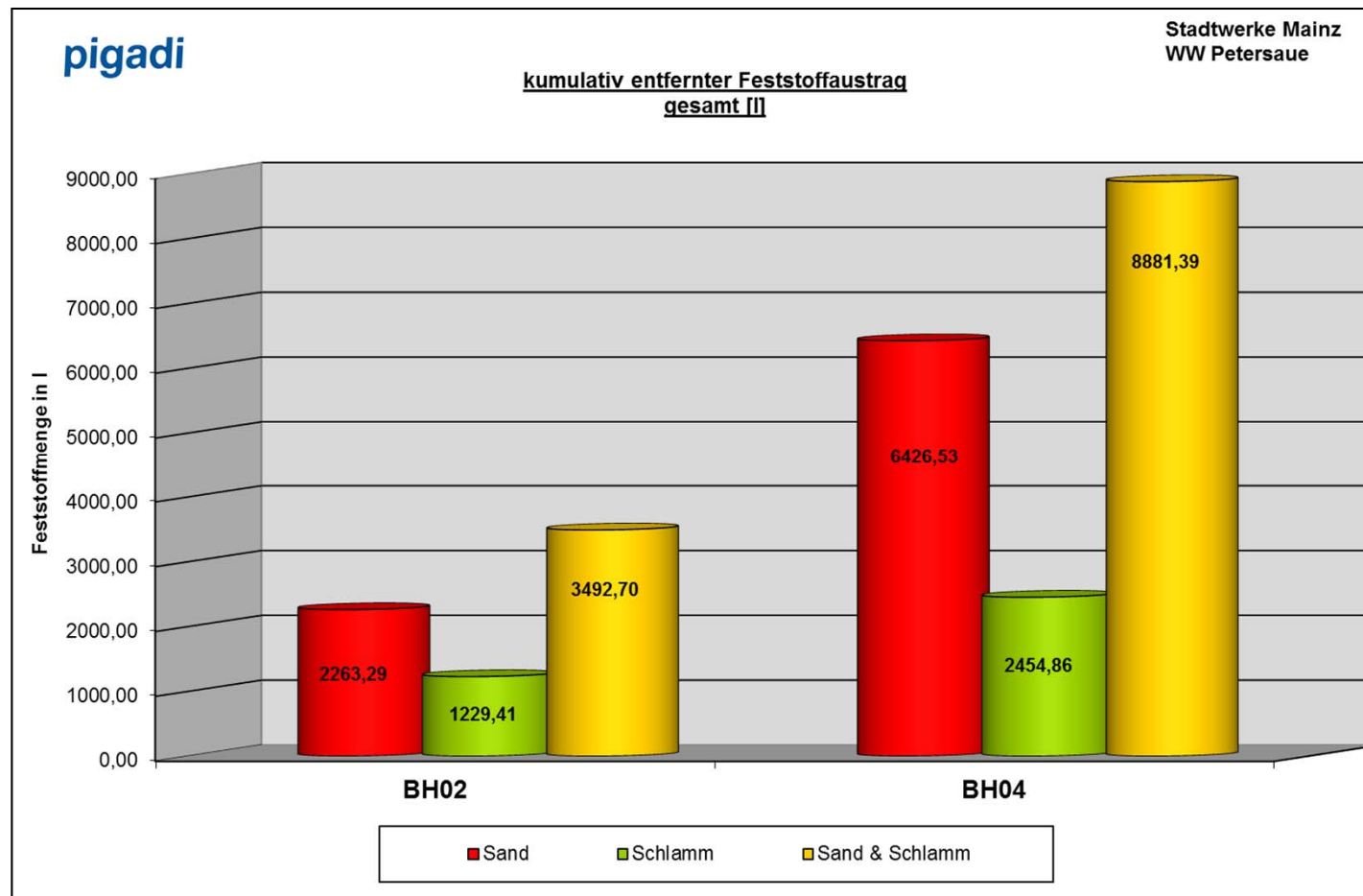
-
- abschnittsorientierte Nachentsandung der einzelnen Filterstränge mittels mobilen Packerkammersystems
 - Gesamt- und Einzelstrangpumpversuche
 - TV-Endbefahrung



Erfolgskontrolle



Vergleich der Feststoffbilanzen



1. Öffnung der Filterschlitze durch Entfernung der Feststoffablagerungen und

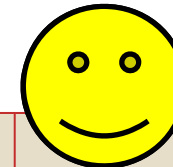
tiefenwirksame Impulsregeneration mittels Hochdruck und hydropuls®

2. abschnittsorientierte Nachentsandung der einzelnen Filterstränge mittels mobilen Packerkammersystems

Bemerkung: Der Feststoffaustrag am Horibrunnen BH01 wurde vom damaligen Subunternehmer undifferenziert dokumentiert. Die Gesamtmenge beläuft sich gemäß der Aufzeichnungen dieses Subunternehmers auf ca. 340 l. Aufgrund der durch uns nachfolgend gemachten Erfahrungen, gewonnener Erkenntnisse und dem Umstand, dass die Ergiebigkeit dieses Brunnens signifikant erhöht werden konnte muss davon ausgegangen werden, dass die gemessene und dokumentierte Feststoff-Austragsrate nicht korrekt waren.



Vergleich der Ergebnisse der Gesamtpumpversuche:

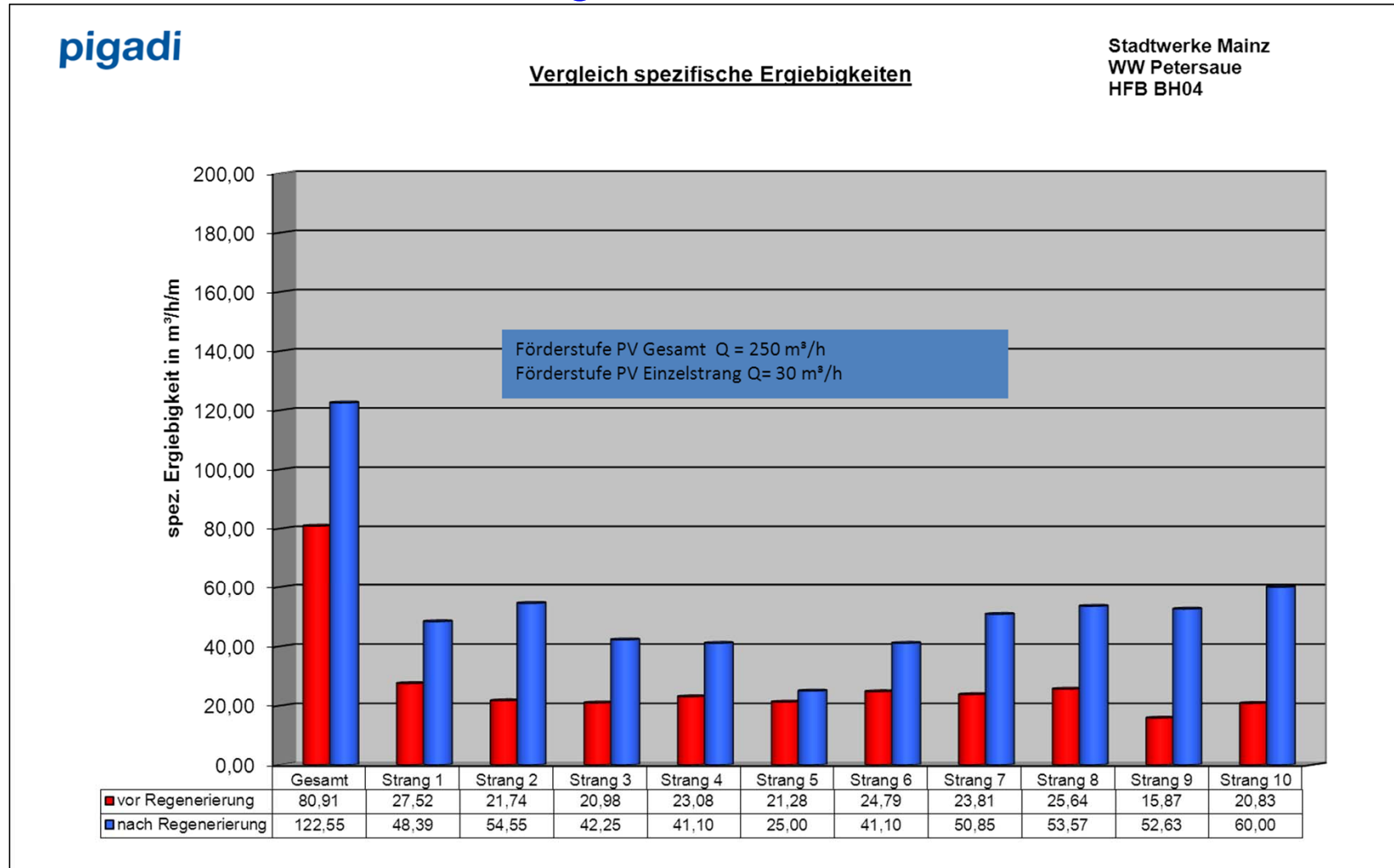


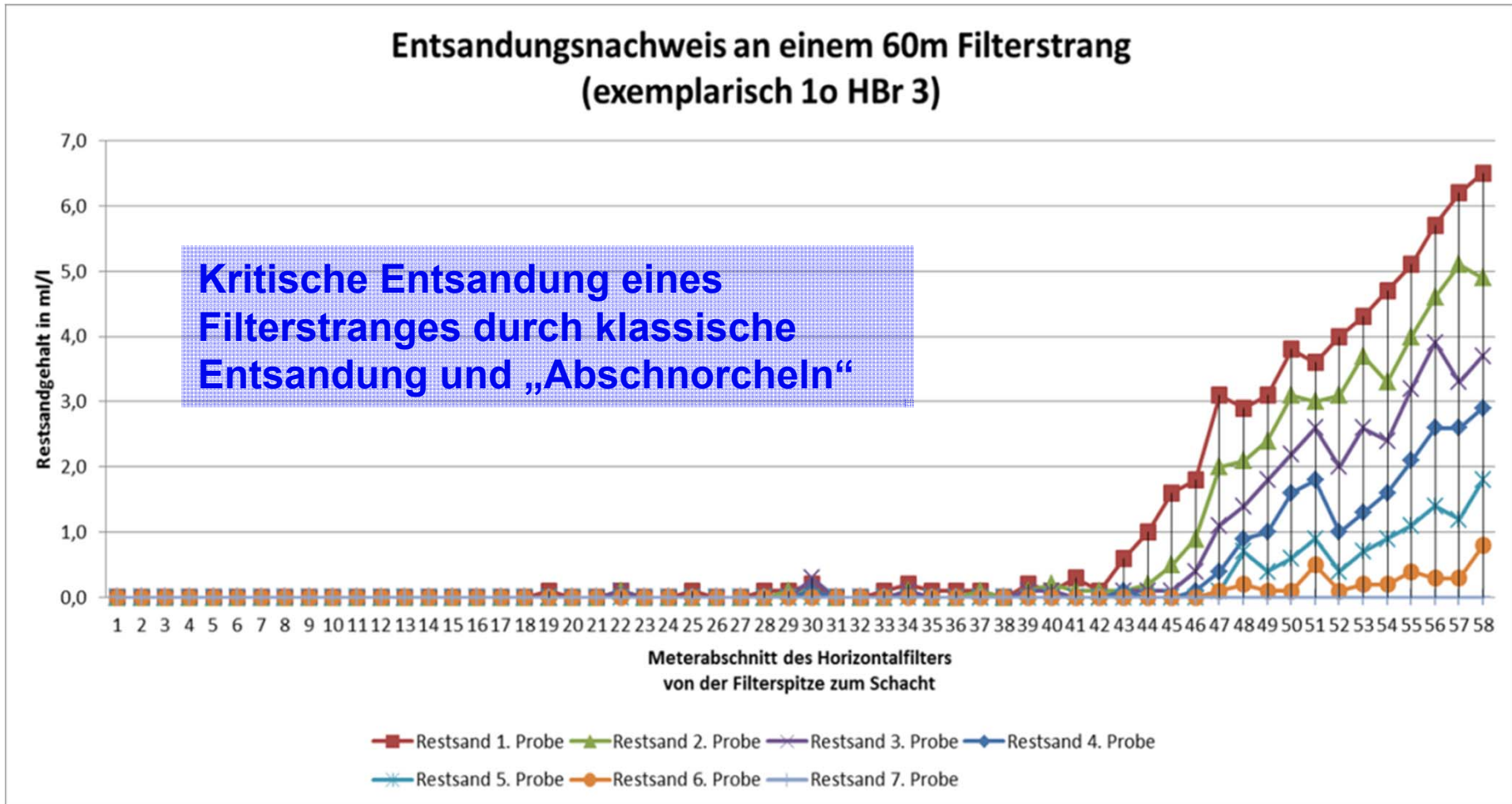
Brunnen	Förderleistung [m³/h]		Q _{spez.} [(m³/h)/m]		Steigerung [%]
	vor Regenerierung	nach Regenerierung	vor Regenerierung	nach Regenerierung	
BH01	90	190	41,5	94,5	127,9
BH02	90	90	44,8	160,7	258,9
BH04	250	250	80,9	122,9	51,8

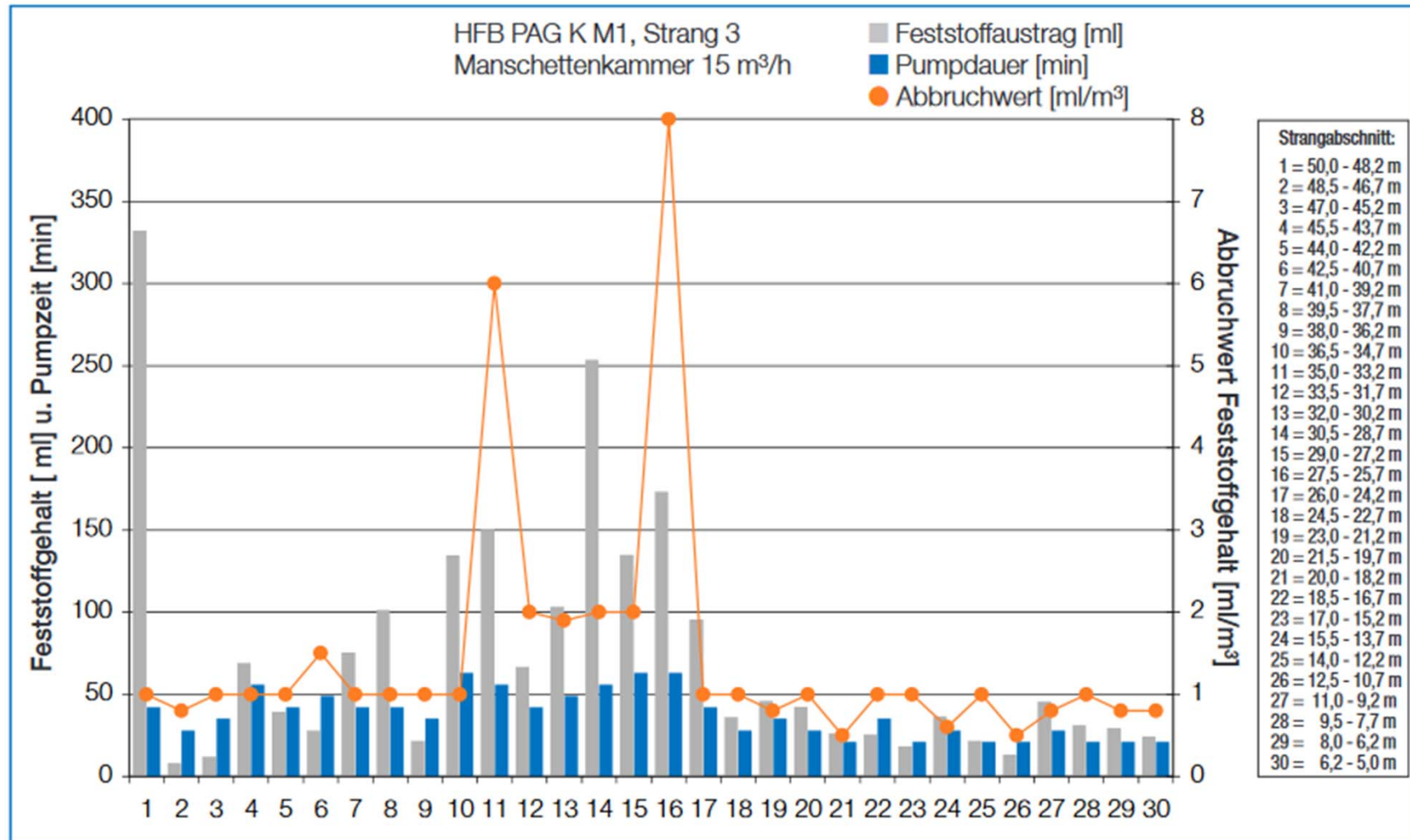




Beispiel: Vergleich der spezifischen Ergiebigkeiten an den einzelnen Strängen am HFB BH04

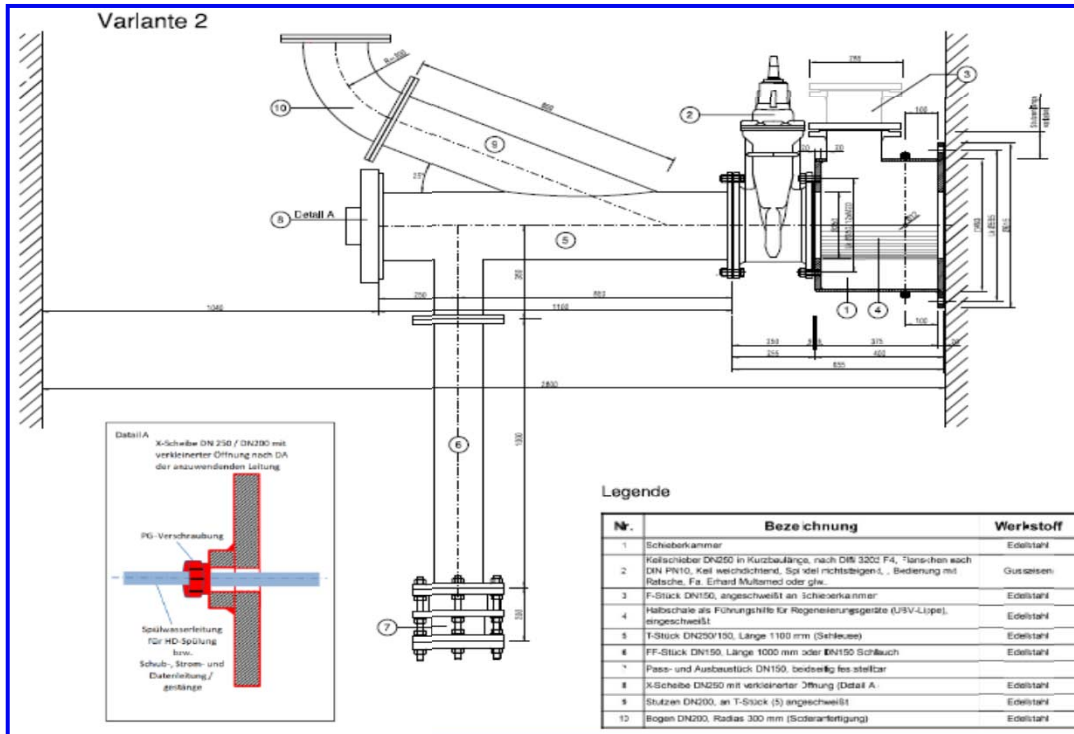




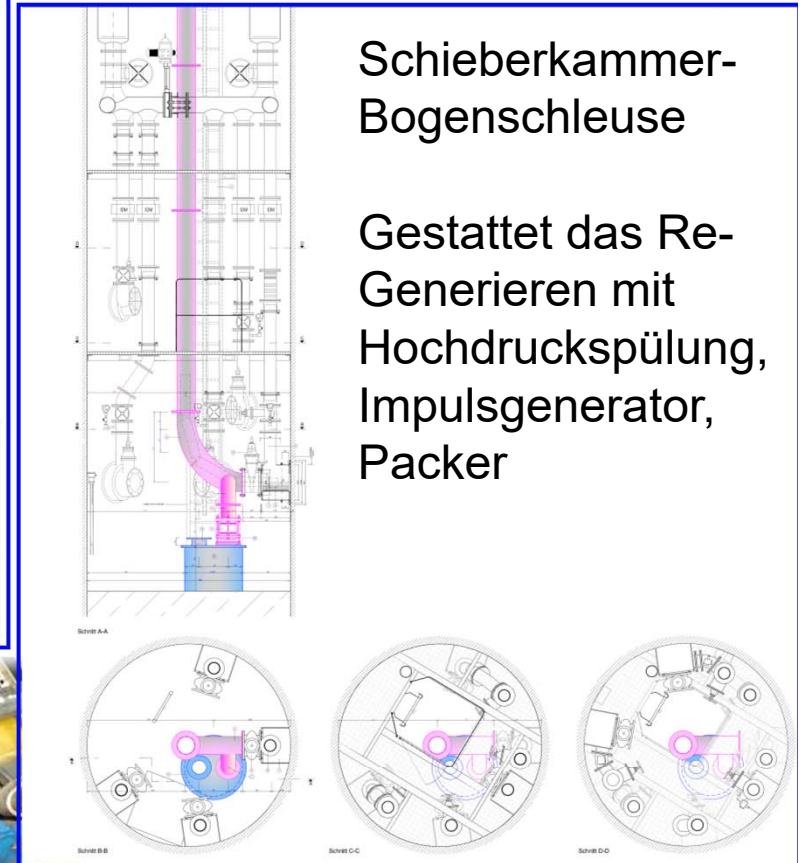




Verfügbare Lösungen für Trockenaufstellung



Planung/Lösung - UBV



Applikation HBr3 Hoyerswerda
Durch Fa. ANGER
(Foto: ANGER)



Geplante und realisierte Lösungen für die Regenerierung aller Leitungen und Armaturen von 2 HBr in Trockenaufstellung

Während bei der Regenerierung aller Filterstränge die HBr in Trockenaufstellung weiter in Betrieb sind, wird bei der kompletten Regenerierung alle Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen etc. ein 5 tägige Außerbetriebnahme erforderlich

Wichtig:

- > Festhalten des letzten status quo aller wesentlicher Betriebsdaten
- > komplette Freischaltung aller elektrischen Anlagen
- > komplette Leerung aller wasserführenden Teile von oben nach unten
- > Rohrleitungen, Anlagenteile etc. stehen unter Spannung
- > die Statik der Anlagenteile beachten – wo aufgelagert, eingespannt etc.
- > Beachtung getrennter Lastgruppe

Reinigung onsite aller Teile möglich mit Feststellung von Belagbildung, Materialermüdung, Loch-/Flächen/Keilspaltkorrosion

Austausch verschlissener Teile etc.

Erneuter Einbau der Teile von unten nach oben, nach statischen Vorgaben

Inbetriebnahme

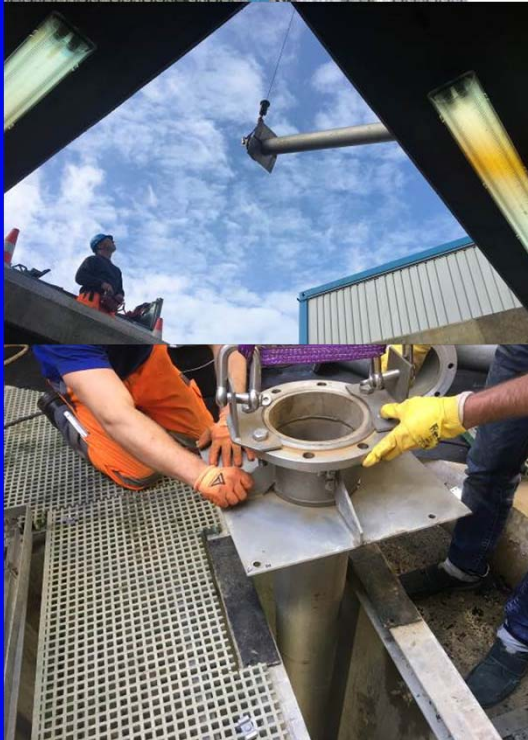
Demontage – Reinigung in Trockenaufstellung

Umweltbüro GmbH Vogtland
Thossener Straße 6



Montage/Inbetriebnahme von HBr in Trockenaufstellung

Umweltbüro GmbH Vogtland
Thossener Straße 6
08538 Weischlitz



13. Berlin – Brandenburger Brunnentage BBB ,18 04./05. Juni 2018

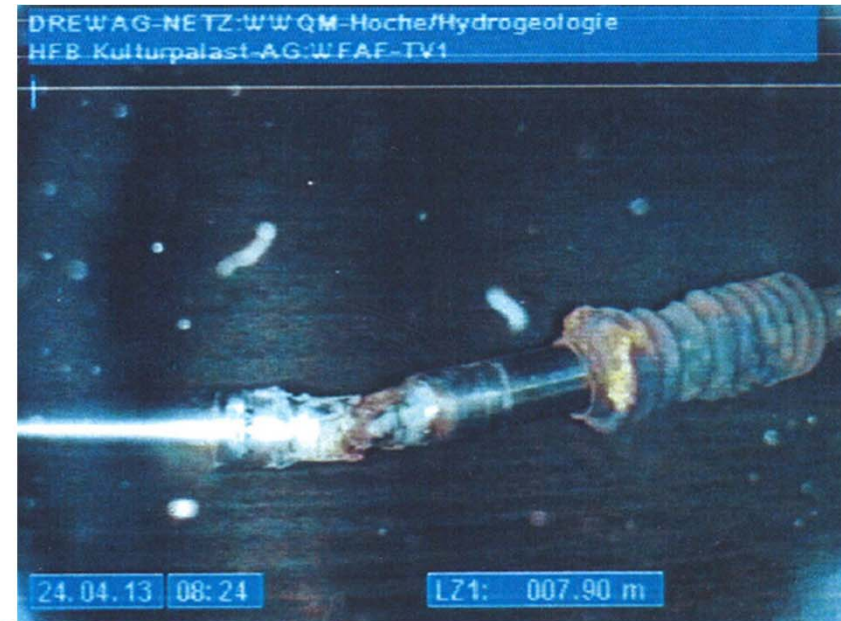
5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Armaturen



nachlassende Passivierung
elektrochemische Kontakt-
korrosion
poröse Dichtungen



5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen Armaturen



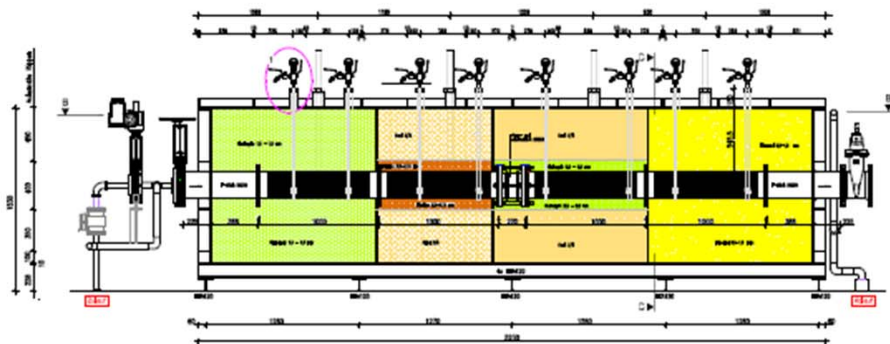
Ursache:
anhaftende Fette
unterschiedliche
Qualitäten der verwen-
deten Stähle



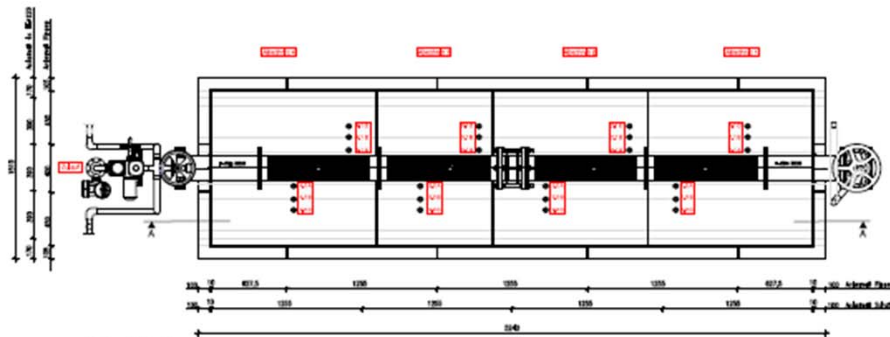
Wirkung:
Brechende Sichts-
stifte und Gelenke



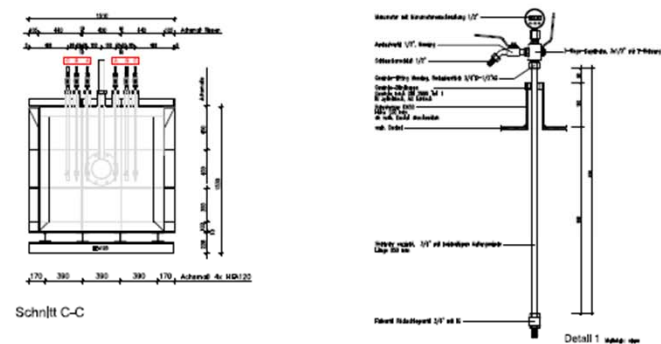
6. Ausblick auf weitergehende Untersuchungen zu potentiellen Regenerierungsverfahren von horizontalen Filtern



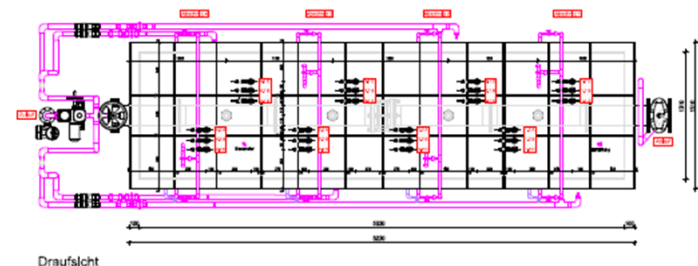
Schnitt A-A



Schnitt B-B



Schnitt C-C



Draufsicht

lfd. Nr.	Filterrohrmaterial	sw mm	Filterkiesmaterial mm	Gebirge mm
1	HLSBF	1	Glaskugeln 1,5-1,8	Glaskugeln 1,5-1,8
2	HLSBF	1,5	Filterkies 2 - 3,15	Sand 2 / 2,8
3	WDF	0,4	Glaskugeln 0,6-0,9	Sand 2 / 4
4	WDF	0,4	Feinsand 0,5-1,0	Feinsand 0,5-1,0



6. Ausblick auf weitergehende Untersuchungen zu potentiellen Regenerierungsverfahren von horizontalen Filtern



Überprüfung der
Fluidbewegung

Packerscheibe
10cm Abschnitt 3
Kies 2,0-3,15



6. Ausblick auf weitergehende Untersuchungen zu potentiellen Regenerierungsverfahren von horizontalen Filtern



Impulsverfahren

mit nur 10 bar

Korngerüst wird
aneinander
gerieben, z.T.
Umlagerung



5. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen

Zusammenfassung

- a. Wartung/Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen bedarf einer soliden Zustandsaufnahme zur Eingrenzung der Regenerierungszielstellung;
- b. rein nach den mechan., physik., bio-chem. Wirkungen bewertet, unterscheiden sich die Regenerierungsverfahren bzgl. VBr und HBr nicht
- c. die technischen RB der HBr (z.B. Schacht- und Filter-DN, Filterausbau n. Fehlmann, Kies-Mantel etc. oder Schieberkammerart), die Trocken-/Nassaufstellung bestimmen die derzeit verfügbaren angepassten Techniken
- d. die Tiefenwirkung verfügbarer Regenerierungstechniken wurde mit dem DVGW-FE- Bericht für große Schlitzweiten belegt, für kleine und sehr kleine sw stehen diese systematische Nachweise aus;
- e. Je nach Regenerierungszielstellung muss für jeden Fall eine spezielle, angepasste Verfahrenskombination begründet abgeleitet werden;
- f. Vor und nach jeder Regenerierung sind die geeigneten visuellen optischen, hydraulischen/ geohydraulisch/geophysikalischen Nachweise/Dokumentationen zu erbringen, die den Regenerierungserfolg dokumentiert.



VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT

GLÜCK AUF !