

Idstein, 24.06.2014
**Auswirkungen von Spülmittelzusätzen
und Ausbaumaterialien auf das Grundwasser**



Instandhaltung: Regenerierung von Brunnen

Dipl.-Ing. Kerry F. Paul

1 *IBB* Ingenieur- und Beratungsbüro für Brunnenbetriebstechnik und –instandhaltung GmbH
Am Pichelssee 12, 13595 Berlin • Tel. 030 - 36 28 63 50 / 01577 – 45 31 936 • kfp@ibb-berlin.de

Historie des W 130 Brunnenregenerierung

- **DVGW Merkblatt W 130 – April 1992**

insgesamt 5 ½ Textseiten = 9 Textspalten
keine Abbildungen, kein Anhang

- **DVGW Merkblatt W 130 – Juli 2001**

insgesamt 15 ½ Textseiten = 31 Textspalten
inkl. 5 Abbildungen + 1 Tabelle
erstmalig Definition: Trennung – Austrag - Kontrolle
mit Anhängen Übersicht & Anwendbarkeit für mechan. + chem. Reg.
Implementierung des W 131

- **DVGW Arbeitsblatt W 130 – 2007**

gegenüber 2001: + ca. 2 Textseiten = + 4 Textspalten
inkl. 5 Abbildungen (neu: Workflow)
Wegfall Tabelle „Geophysik“ & Bild „Lösetest“
mit Anhängen Übersicht mechan. + chem. Reg., Wegfall „Anwendbarkeit“
neu: Muster-Protokolle für mechan. + chem. Reg sowie für parameterkontr. Abpumpen
Download „aktive“ Protokolle: www.figawa.de / Version beachten



Brunnenregenerierung - grundsätzliche Problemstellungen

- ↙ **tatsächliche Anströmung**
(Einschränkung der Regenerierfähigkeit)
- ❖ **mechanische & chemische Beständigkeit**
(Einschränkung der Regenerierfähigkeit, der Verfahren und der Regeneriermittel)
- ⇒ **Mehrfach-Kiesschüttungen**
(Einschränkung der anwendbaren Regenerierverfahren)
- ◎ **Umlagerung der eingebrachten Kiesschüttung**
(= Setzung des Schüttgutes; irreversibler Rückgang der maximalen spezifischen Ergiebigkeit)
- ⚡ **Fehler in Bau-Planung und Ausführung**
(Einschränkung der Regenerierfähigkeit)

Bei allen Arbeiten am Brunnen sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. BGR 117-1) bei der Begehung des Brunnenvorschachtes zu beachten !

An Öffnungen **müssen**
an gut sichtbarer Stelle
Warnhinweise angebracht sein.

Beispiel für Beschriftung
„Erstickungsgefahr ! Explosionsgefahr!“ & „Achtung Gefahr“



- Sie weisen auf Gefahren hin, z.B.
- Sauerstoffmangel
 - Faulgasbildung
 - Explosionsgefahr
 - und ggf. Chlorgasbildung



Lebensbedrohliche Ansammlung der Gase am Boden der Brunnenstube,
da viele Gase schwerer sind als Luft.

Sicherheit bei der Begehung von Brunnenvorschächten

Mehrgas-Gaswarngeräte

(mindestens O₂, CO₂, H₂S, CH₄)

Vorschacht-Freimessung

plus

Messung während Arbeitseinsatz

(Gerät am Körper oder „Schwimmer“-Sonde)



(Mehrgas-) Kalibrierung

Vor **jedem** Einsatz und **täglicher** Überprüfungstest

PSA

Persönliche Schutz-Ausrüstung
Gurt-Anlegung zu **jeder** Begehung



Schachtabsaugung

Bei Problemen: mindestens 4-facher
Luftaustausch vor Begehung

Ursachen / Unterscheidung der Brunnenalterung

1. **Verockerung**
biologische & chemische
2. **Versandung**
äußere & innere Kolmation, Auflandung, Sandführung
3. **Versinterung**
4. **Verschleimung**
5. **Aluminiumausfällung**
6. **Korrosion**

„Neue“ Brunnenalterungsarten = noch nicht im W 130 aufgenommen

7. **Partikelfiltration**
8. **Schüttgut-Setzung**

Kombinationen der Alterungsarten

Regenerierbedürftigkeit & Regenerierfähigkeit

Liegt eine reversible Brunnenalterungsart vor, so ist der betreffende Brunnen „regenerierbedürftig“.

Ist die Brunnenalterungsart irreversibel, so ist entweder eine Sanierung durchführen oder der Brunnen muß ordnungsgemäß rückgebaut und durch einen Neubau ersetzt werden.

Die Regenerierfähigkeit wird eingeschränkt durch :

optisch sichtbar

Schäden am Ausbaumaterial

z.B. Beschädigung an Beschichtungen, Quetschungen, Filterbruch

optisch nicht sichtbar

Planungsfehler

z.B. falsche Dimensionierung der Kiesschüttung

bautechnische Fehler

z.B. falsche Einbringung Kiesschüttung, „schiefer“ Einbau

Methoden zur Feststellung der Brunnenalterung und Vorbereitung von Maßnahmen zur Brunnenregenerierung

- weitgehend auch zur Erfolgskontrolle -

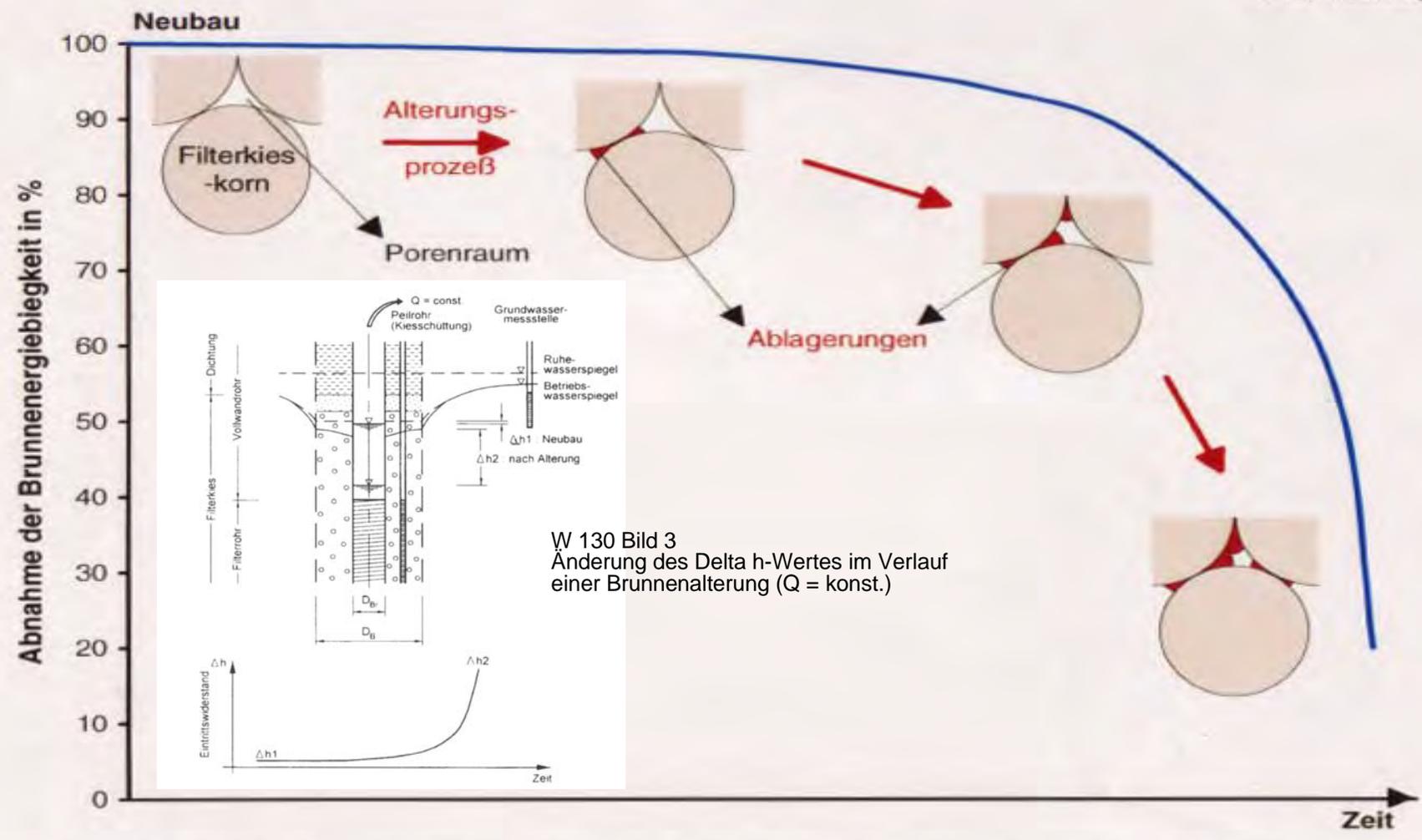
- **Kamerabefahrung (OPT)**
Kontrolle Ausbauzeichnung; oberste / unterste Filterschlitzreihe; Auflandung
Regenerierfähigkeit (Regenerierung / Sanierung / Neubau)
Regenerierbedürftigkeit (ja / nein, Art, Umfang, Ort)
Aufstellung Regenerierprogramm:
mechan. Reg.: Auswahl Verfahren, Kombination der Verfahren, Abschätzung zeitlicher Umfang
chem. Reg.: Regeneriermittelart, Abschnitte, Abschätzung Reg.mittelbedarf & zeitl. Umfang
- **Geophysik, ausgewählte Messungen**
 - **Zufluß (FLOW)**
Vergleich mit Neubau und nachher; Ermittlung der regenerierbedürftigen Stellen
 - **Porosität (NN)**
Vergleich mit Neubau; vorher-nachher
Beurteilung des Regenerier“miss“erfolges: Verringerung der Porosität = Setzung
 - **Kaliber (CAL)**
Überprüfung der Einbaubedingungen für die Gerätschaften
 - **Lotrechtigkeit (BA)**
Überprüfung des konzentrischen Schüttgut-Einbaus (Regenerierfähigkeit)
 - **bindige Anteile (SGL)**
Überprüfung Ringraumabdichtung und eingelagerte/entfernte bindige Anteile

Methoden zur Feststellung der Brunnenalterung und Vorbereitung von Maßnahmen zur Brunnenregenerierung

- **Pumptest - mehrstufig**
 - **Absenkung**
konstante Parameter = Voraussetzung;
spezifische Ergiebigkeit => Vergleich mit Neubau, vorher / nachher, Langzeit
 - **Δh -Messung**
= Differenz WSP Brunnen zu WSP im Peilrohr
nur bei Mehrfach-Kiesschüttungen

- **Analytik**
 - **mineralogische Untersuchungen**
zur Feststellung Alterungsart & Alterungsgrad
 - **Objekträger-Test**
zur Überprüfung, ob der Brunnen zur biologischen Verockerung neigt

- **Sonstiges**
 - **Brunnenakte**
zur Überprüfung auf Regenerierfähigkeit; Protokolle frühere Regenerierungen
 - **Inspektionsprotokolle**
z.B. Stromaufnahme, Pumpenwechsel
 - **Aufbereitung**
nur Brunnen mit Enteisung / Entmanganung neigen zur Verockerung



W 130 Bild 3 Änderung des Delta h-Wertes im Verlauf einer Brunnenalterung (Q = konst.)

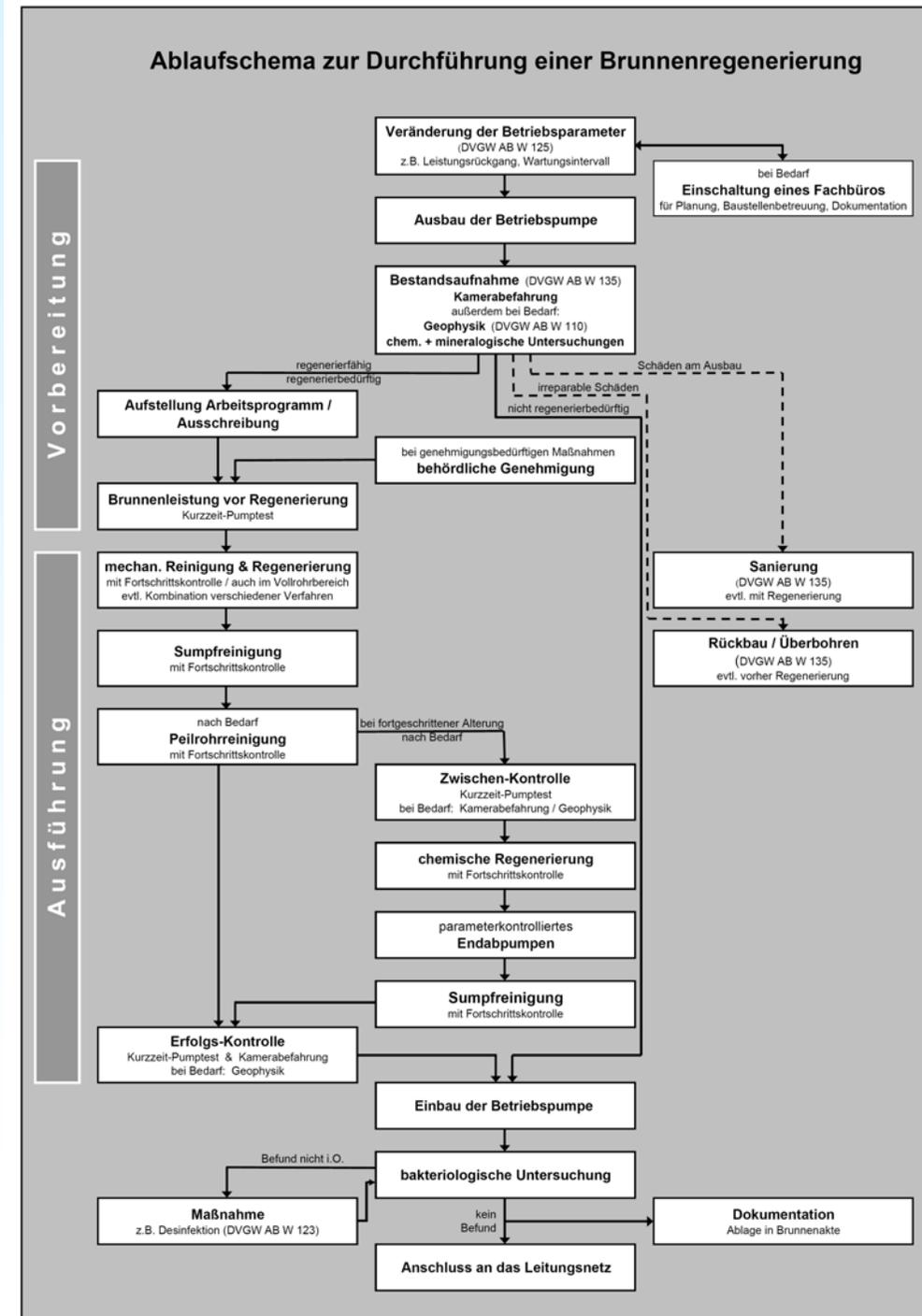
Abnahme der Brunnenenergiebiegigkeit durch zunehmende Alterungsprozesse (Prinzipiskizze)

W 130: Zeitpunkt der Regenerierung

Je früher eine Regenerierung durchgeführt wird, desto größer ist der Erfolg und umso niedriger sind auch die Kosten. Bereits bei 10 % bis 20 % Leistungsrückgang ist ein fortgeschrittenes Alterungsstadium erreicht und die Regenerierung erfordert einen hohen technischen Aufwand und somit hohe Kosten.

W 130 (2007)

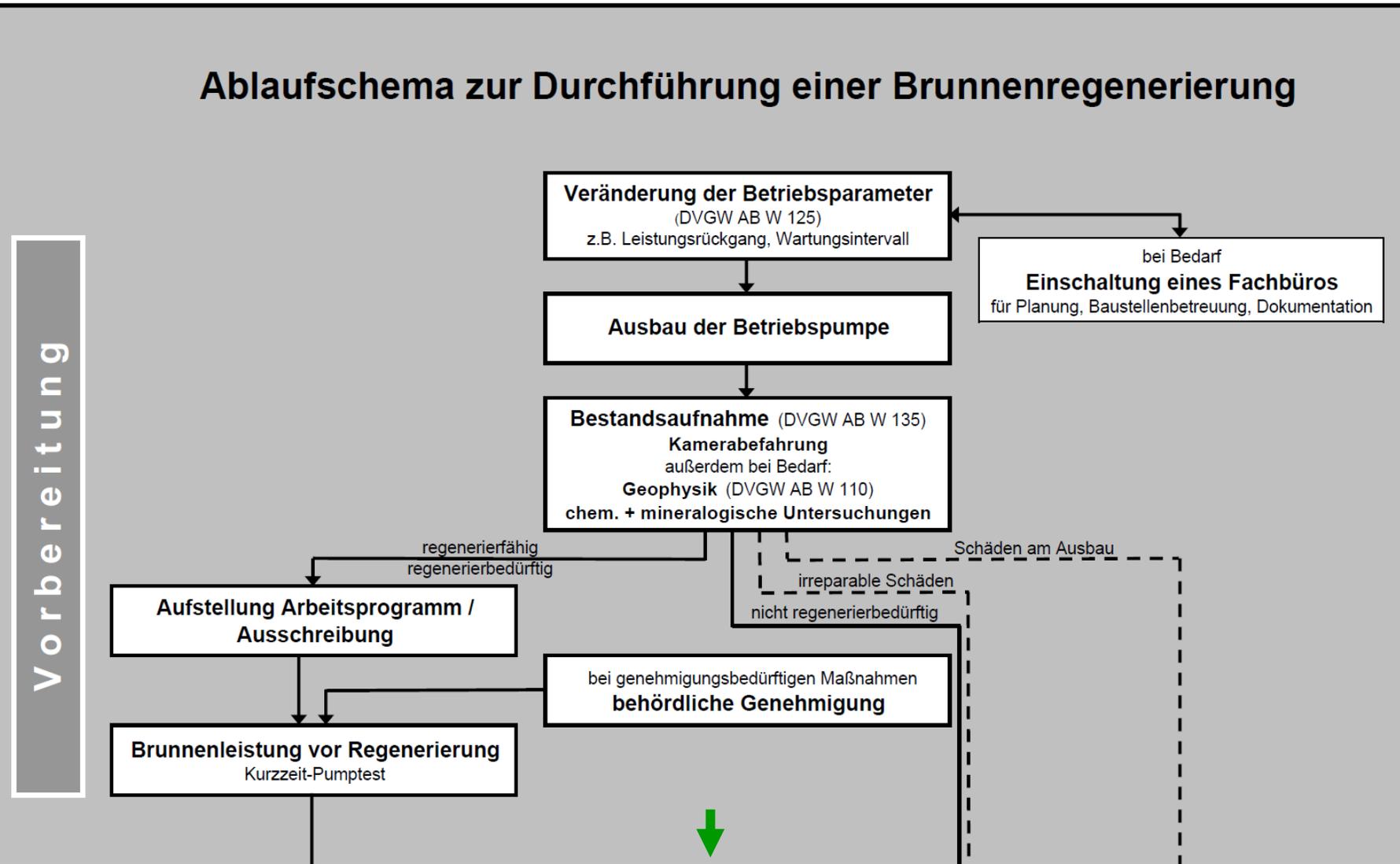
Fließdiagramm Brunnenregenerierung



W 130 (2007)

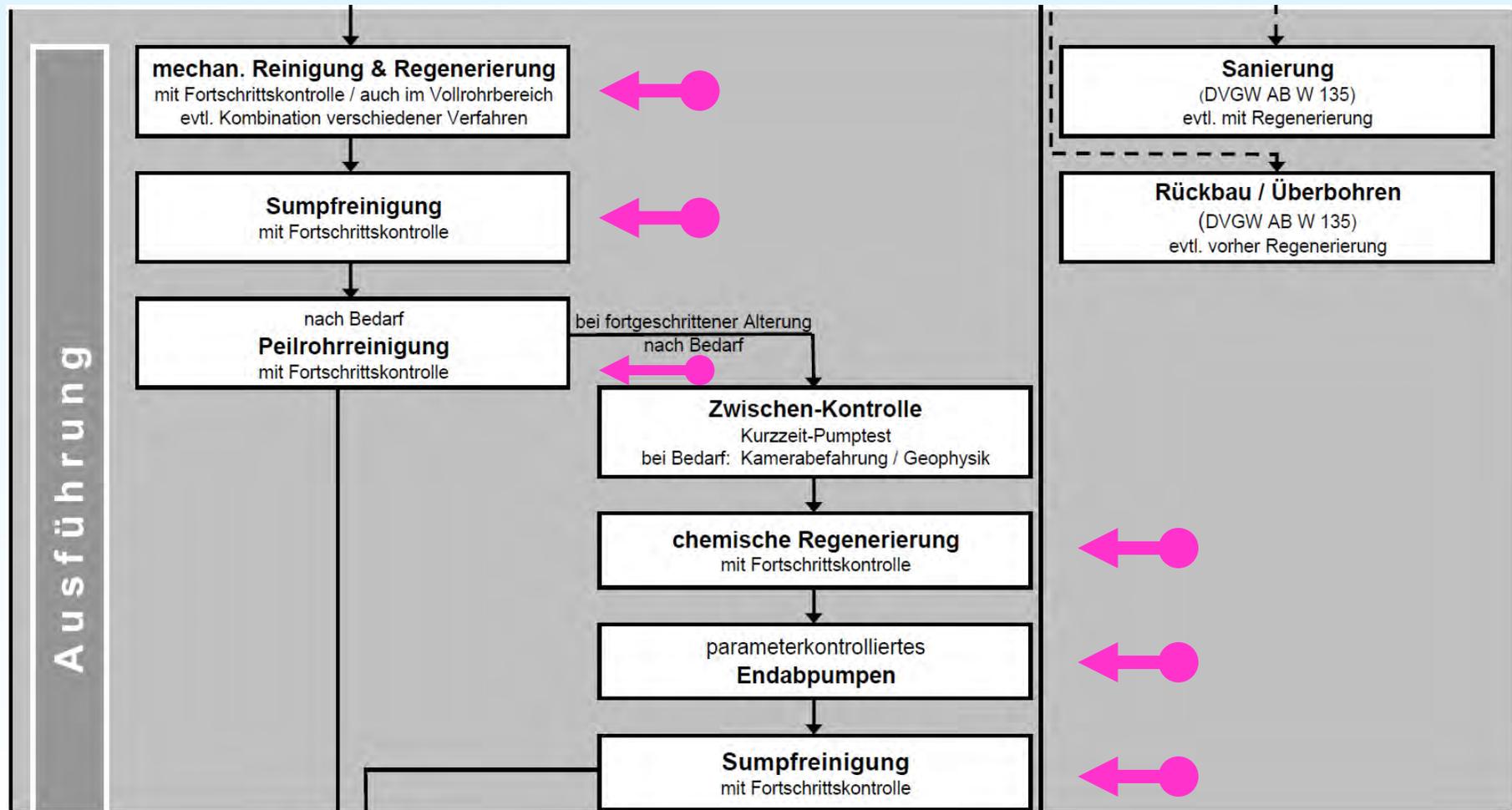
Fließdiagramm
Brunnenregenerierung
Bild 4 / 1 = oben
Vorbereitung

Ablaufschema zur Durchführung einer Brunnenregenerierung

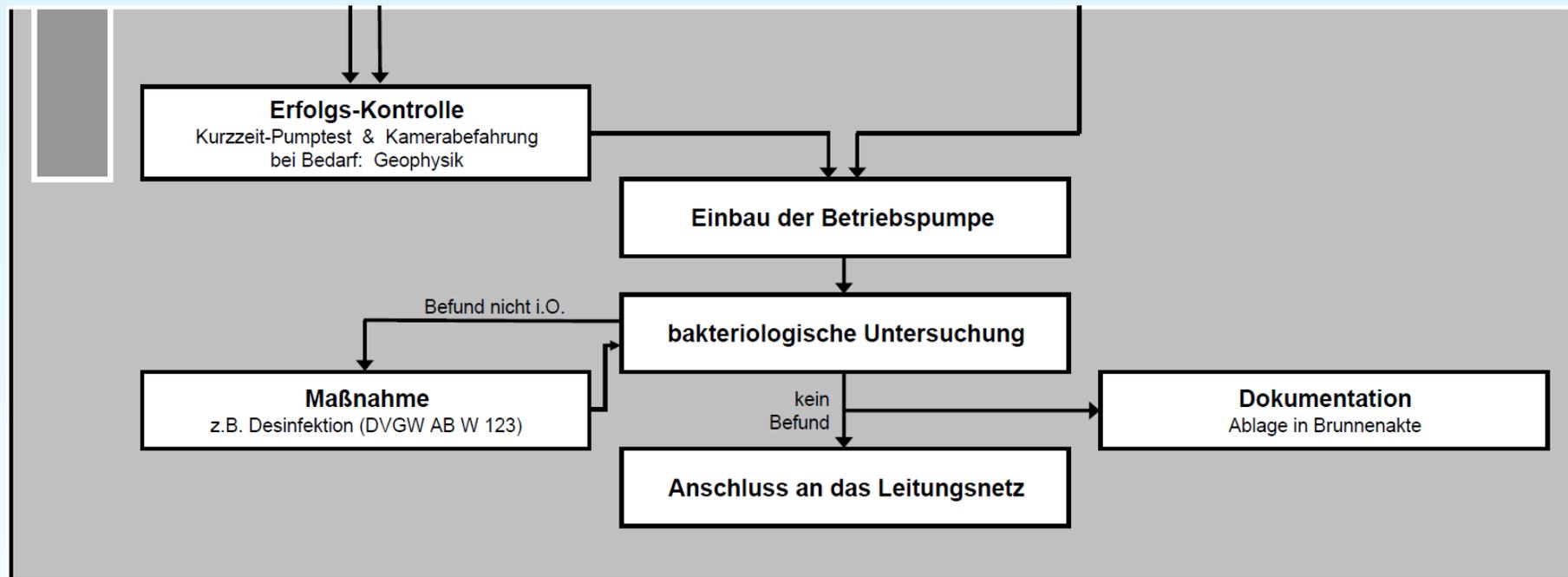


W 130 (2007)

Fließdiagramm Brunnenregenerierung Bild 4 / 2 = mitte **Ausführung**



Fortschrittskontrolle für die mechanische und chemische Brunnenregenerierung gemäß W 130 (2001 & 2007)



W 130 (2007)

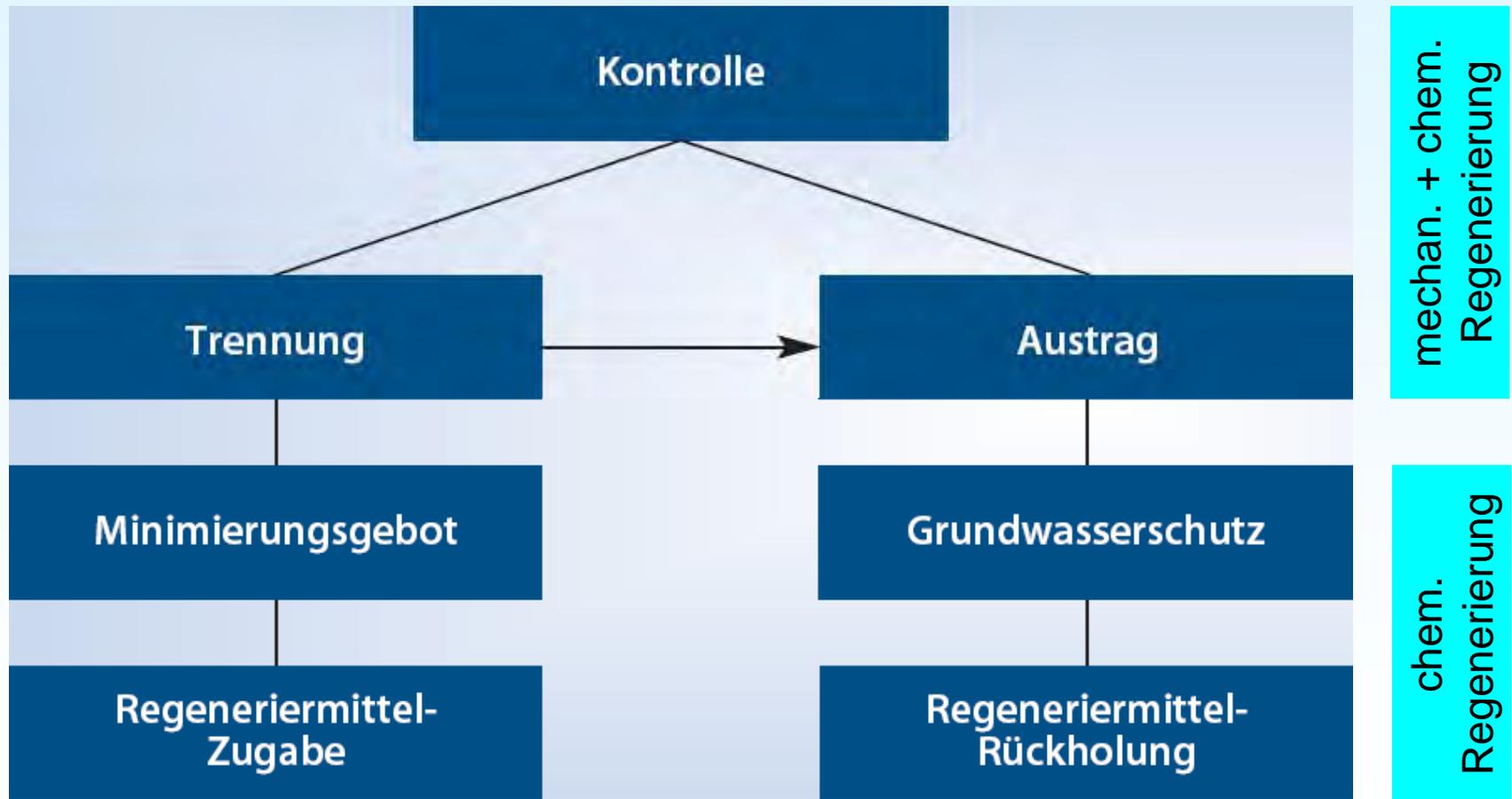
Fließdiagramm

Brunnenregenerierung

Bild 4 / 3 = unten

Erfolgskontrolle & Wiederinbetriebnahme

Brunnenregenerierverfahren – grundsätzliche Aspekte



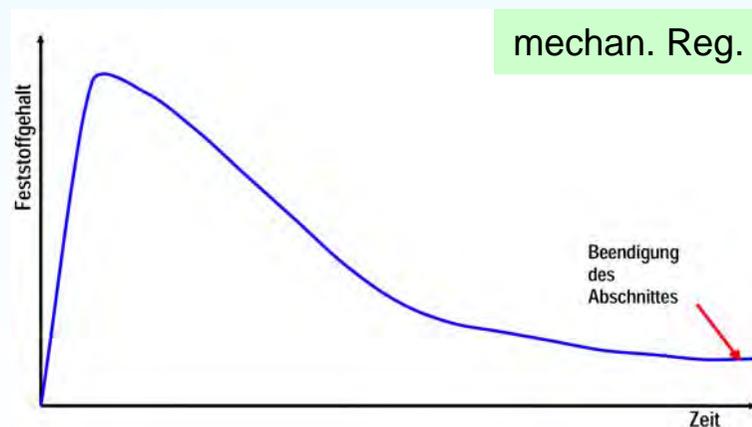
W 130 / 2001 → 2007

Kap. Brunnenregenerierung

2001

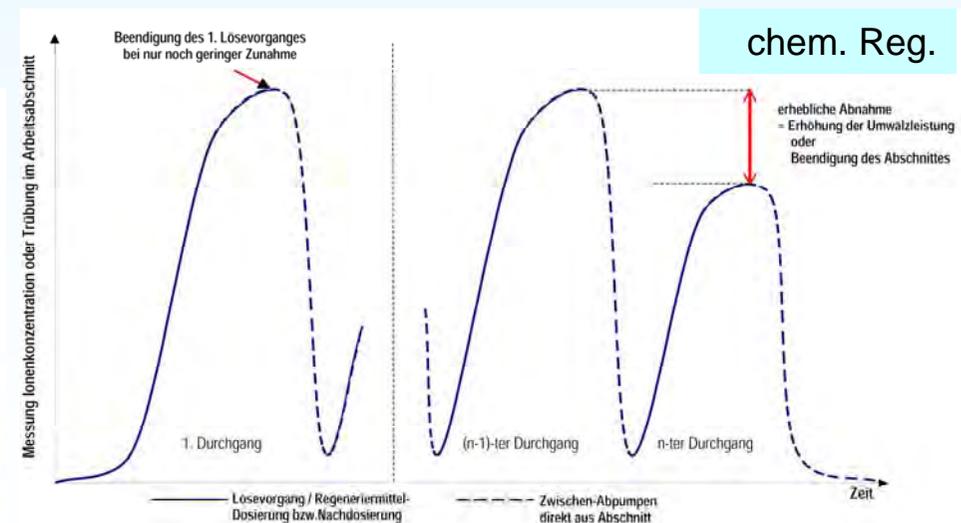
Kap. Grundsätzliche Aspekte

Geeignete Verfahren werden abschnittsweise eingesetzt und **ermöglichen die Kontrolle des Arbeitsfortschrittes** sowie die teufenmässig entfernten Mengen.



2007 – Kap. Maßnahmen zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes

Alle Verfahren sind, soweit technisch möglich, abschnittsweise einzusetzen und **müssen die Kontrolle des Arbeitsfortschrittes gewährleisten.**



Überwachung einer Regenerierung als Kontrolle für die Beendigung der Maßnahme an einem Arbeitsabschnitt

W 130 (2007) Kap. 8.5 Mechanische Verfahren

Bei mechanischen Verfahren erfolgt der Trennungsprozess durch physikalische Vorgänge.

Entsprechend der tatsächlichen Bedingungen am zu regenerierenden Brunnen kann es sinnvoll sein, verschiedene mechanische Verfahren nacheinander einzusetzen.

Bei rechtzeitiger und gründlicher Regenerierung mit mechanischen Verfahren kann auf eine chemische Regenerierung verzichtet werden.

Die Wahl und Anwendung der mechanischen Regenerierverfahren muß die Beständigkeitseigenschaften des Ausbaumaterials (Rohr & Kiesschüttung) berücksichtigen.

Kap. 6.3.

Der Auftragnehmer hat die Pflicht, den Auftraggeber über die Risiken im Zusammenhang mit seinen Leistungen zu informieren.

W 130 (2007) Kap. 8.5 **Mechanische Verfahren**

Reinigung

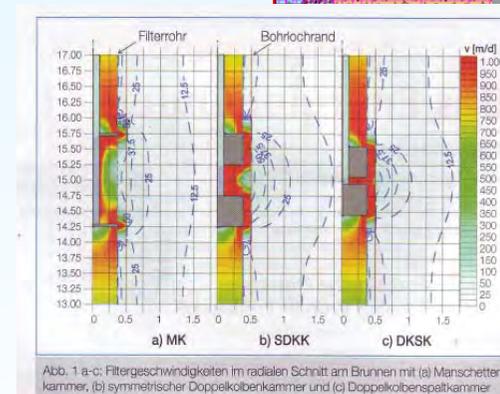
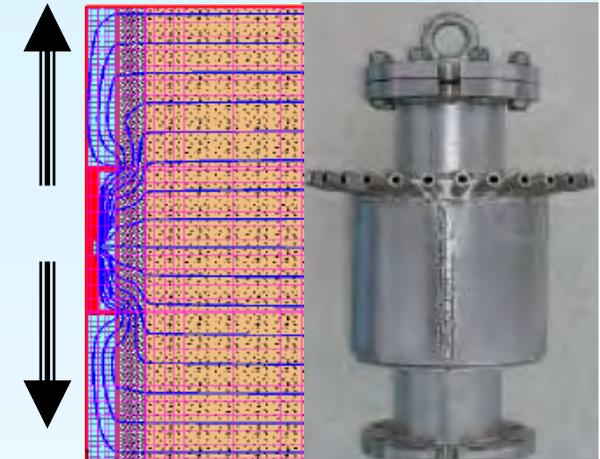
- Bürsten
- Auspumpen
(Entfernung von Auflandungen)



W 130 (2007) Kap. 8.5 Mechanische Verfahren

Regenerierung

- Intensiventnahme
noch nicht W 119 (2002) enthalten
mit kurzer, bewegter Kammer
- neu: noch nicht im W 130 (2007) / W 119 (2002) enthalten
mit Doppelkolbenkammer
(symmetrisch oder Spalt-Variante)
- Kolben
- CO₂-Injektion
- Niederdruck-Innenspülung
- Hochdruckspülverfahren
Innenspülung / Außenspülung
- Druckwellen-Impulsverfahren
 - Erzeugung durch Wasserhochdruck
 - Erzeugung durch Knallgas, Wasser- oder Luftkomprimierung bzw. komprimierte Gase
 - Erzeugung durch Sprengladungen
 - Erzeugung durch Ultraschall



Übersicht der mechanischen Verfahren (Fortsetzung 3)

	Hochdruckspülverfahren		Druckwellen-/Impulsverfahren			
	Innenspülung	Außenspülung	Erzeugung durch Wasserhochdruck	Erzeugung durch Knallgas, Wasser- oder Luftkomprimierung	Erzeugung durch Sprengladungen	Erzeugung durch Ultraschall
Abbruchkriterium	– Förderung von Teilen des Brunnenausbaumaterials und der Kiesel-schüttung	– Förderung von Teilen des Brunnenausbaumaterials, der Kiesel-schüttung und der angrenzenden Bodenformation	– Förderung von Teilen des Brunnenausbaumaterials und der Kiesel-schüttung	– Förderung von Teilen des Brunnenausbaumaterials und der Kiesel-schüttung	– nicht definierbar	– Förderung von Teilen des Brunnenausbaumaterials und der Kiesel-schüttung
Beanspruchung des Ausbaumaterials	– mittel bis sehr hoch	– sehr hoch	– mittel bis hoch	– mittel bis hoch	– hoch bis sehr hoch	– sehr gering
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> – Rotation der Düsen-einheit während des Reinigungsvorganges muss gewährleistet sein – nicht einsetzbar bei Kornklebefilter – Veränderung der Kiesel-schüttungs-Lagerungs-dichte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Umlagerung und Ver-änderung der Kiesel-schüttung – nicht einsetzbar bei Mehrfach- oder teufendifferenzierter Kiesel-schüttung – Risiko der Beschädi-gung des Brunnenaus-baumaterials – Risiko der Beschädi-gung von Abdichtun-gen – Risiko des Abdriftens der Spüllanzen 	<ul style="list-style-type: none"> – Rotation der Düsen-einheit während des Reinigungsvorganges muss gewährleistet sein – Veränderung der Kiesel-schüttungs-Lagerungs-dichte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendung nur im Filterrohrbereich – Veränderung der Kiesel-schüttungs-Lagerungs-dichte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – bei Bedarf Vorreinigung der Rohrrinnenwand und der Filterschlitz-e erforderlich – nicht geeignet für Steinzeug-, OBO-, PVC- und Kornklebe-filter – präzise Positionierung der Sprengladung im Filterrohrbereich erforderlich – Veränderung der Kiesel-schüttungs-Lagerungs-dichte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Wirkungsgrad abhän-gig von der Energie-dichte – Vorreinigung der Rohr-innenwand und der Fil-terschlitz-e erforderlich

Konvention zur Durchführung der Fortschrittskontrolle gemäß

W 130 (2007) Kap. Brunnenregenerierung – Mechanische Verfahren

Zur **Kontrolle** der Maßnahme wird beim Abpumpen die **Durchflussmenge** und in geeigneten Zeitintervallen die **abgepumpte Feststoffmenge** gemessen (zu Beginn in Zeitabständen bis maximal 5 Minuten, im weiteren Verlauf in Zeitabständen bis maximal 15 Minuten) und protokolliert (s. Anhang B).

Vorteilhaft ist die nahe **Anordnung der Pumpe** am oder in der Nähe des Reinigungsabschnittes.

Die **Effizienz des Austrages** wird auch entscheidend von der **Fördermenge** beeinflusst.

Die Beendigung bzw. das Umsetzen auf den nächsten Abschnitt erfolgt, wenn das vorgegebene **Beendigungskriterium** unterschritten wird (s. Bild 5).

Die bei der mechanischen Regenerierung anfallenden **Schlämme** sind, sofern sie nicht weiter verwertet werden können, **ordnungsgemäß zu entsorgen**.

Konvention zur Durchführung der Fortschrittskontrolle gemäß

W 130 (2007) Kap. Brunnenregenerierung – Mechanische Verfahren

Die **Messungen** zur Überwachung des Beendigungskriteriums sind **in folgender Reihenfolge** durchzuführen (vgl. Anhang, Protokoll mechanische Regenerierung):

Probennahme, möglichst aus dem Ablauf-Vollstrom bzw. bei großen Fördermengen aus dem Teilstrom entsprechend DVGW W 119 (M), **mit 10-Liter-Eimer**;

nach 5 Minuten Beruhigungszeit 9 Liter Überstand abkippen, Rest (= 1 Liter) in **Spitzglas** umfüllen;

nach weiteren 5 Minuten Ablesung des Absetzwertes und Vergleich mit Beendigungskriterium zur Überwachung des Arbeitsfortschrittes.

Nach vollständiger Sedimentation kann bei Bedarf **näherungsweise** die entfernte **Feststoffmenge** nach dem Mittelwert-Verfahren bestimmt werden (vgl. Anhang, Protokoll mechanische Regenerierung).

Die Einhaltung der Konvention
ist Basis zur Abrechnung von angebotenen Stundensätzen



Fortschrittskontrolle mechanische Regenerierung

inkl. Feststoffabtrennung für ordnungsgemäße Entsorgung



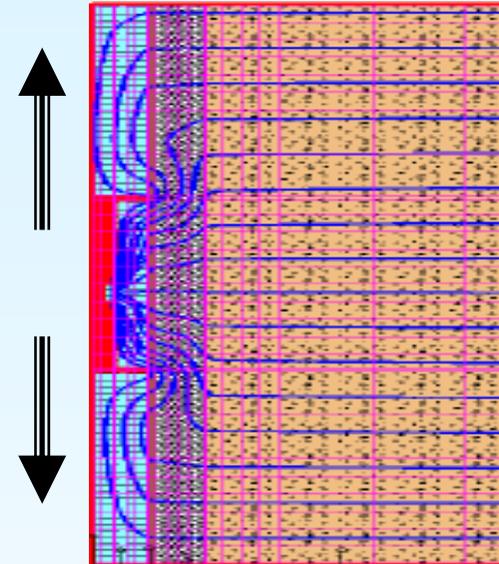
(persönliche Empfehlung für) Entsandung & mechan. Brunnenregenerierung

Intensiventnahme

noch nicht im W 119 (2002) enthalten

mit **kurzer, bewegter Kammer**

- Kammerhöhe
~ 0,5 m
- Abdichtung
mind. doppelt mit H ca. 5 ... 10 cm
Bewegung (langsam auf / ab) ohne Rohrbeschädigung muß gewährleistet sein
- Entnahmemenge
entsprechend W 119 5 ... 10-fach / m (abhängig von Brunnenkonstruktion)
- „Risiko“ Reichweite
einfache Kiesschüttung: ja (100 – 150 mm) # doppelte KS, aussen: nein
- „Nebenwirkungen“
Setzung im „unvermeidbaren“ Umfang (kein Kolben; kein Impuls)
- sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis
- „wenn gar nichts mehr geht“ – **nur** für Regenerierung, **nicht** für Entsandung
in Kombination mit Gas-Impuls (Nebenwirkungen und unabh. Beratung beachten !!)



W 130 (2007) Kap. 8.6. chemische Verfahren

Nach einer mechanischen Regenerierung erfolgt im Bedarfsfall bei fortgeschrittener Brunnenalterung eine chemische Regenerierung.

Aufgabe der chemischen Regenerierung ist es, die durch die mechanische Regenerierung nicht entfernten Ablagerungen aus dem Porenraum der Kiesschüttung möglichst vollständig zu lösen / abzulösen und möglichst effektiv abzutransportieren.

Generell muss bei der chemischen Regenerierung der Einsatz von Chemikalien auf das notwendige Minimum begrenzt werden.

Verfahren ... wie z.B. Standbehandlung, Kolben mit Chemieeinsatz werden ... nicht mehr eingesetzt.

Heute werden für die chemische Regenerierung ausschließlich Mehrkammergeräte, sogenannte „Kieswäscher“, eingesetzt.

Wann chemische Brunnenregenerierung ?

Zeitpunkt nach W 130 (2007)

Bereits bei 10% bis 20% Leistungsrückgang ist ein „fortgeschrittenes“ Alterungsstadium erreicht.

... bei fortgeschrittener Brunnenalterung erfolgt im Bedarfsfall eine chemische Regenerierung.

Praxis

► Je mehr Eisenschlamm bei einer mechanischen Regenerierung entfernt wird, umso erforderlicher ist eine chemische Regenerierung.

Grund ist, dass mechanische Regenerierverfahren „nur“ eine eingeschränkte Reichweite besitzen und viele Ablagerungen „übrig“ lassen.

► Mehrfach-Kiesschüttungen sind in den äußeren Bereichen nur durch eine geeignete chemische Regenerierung / Regeneriertechnik erreichbar.



W 130 (2007) – Kap. 8.6.3. Regeneriermittel

Es werden überwiegend folgende Regeneriermittel-Typen eingesetzt:

Gemische anorganischer Säuren

Wirkprinzip: Absenkung pH-Wert

Anorganische Reduktionsmittel

Wirkprinzip: pH-neutrale Reduktion $\text{Fe}^{3+} \Rightarrow \text{Fe}^{2+}$ & $\text{Mn}^{4+} \Rightarrow \text{Mn}^{2+}$

Gemische organischer Säuren

Wirkprinzip: überwiegend Reduktion $\text{Fe}^{3+} \Rightarrow \text{Fe}^{2+}$ & $\text{Mn}^{4+} \Rightarrow \text{Mn}^{2+}$

Kombination anorganischer und organischer Gemische

Wirkprinzip: Nutzung beider beider Wirkprinzipien

Komplexbildner (überwiegend organisch)

Wirkprinzip: Bildung von löslichen Metallkomplexen; häufig als Zusatz

Oxidationsmittel (als Zusatz; z.B. Wasserstoffperoxid)

mikrobiozide Wirkung & Verbesserung der Löseeigenschaften

keine Kombination mit HCl wg. Bildung Haloforme & Korrosionsgefahr

Eisen-Löslichkeit in Abhängigkeit vom pH-Wert

anorgan. Säuren:
Arbeits-pH
0,9 – 1,0
(vgl. W 130)

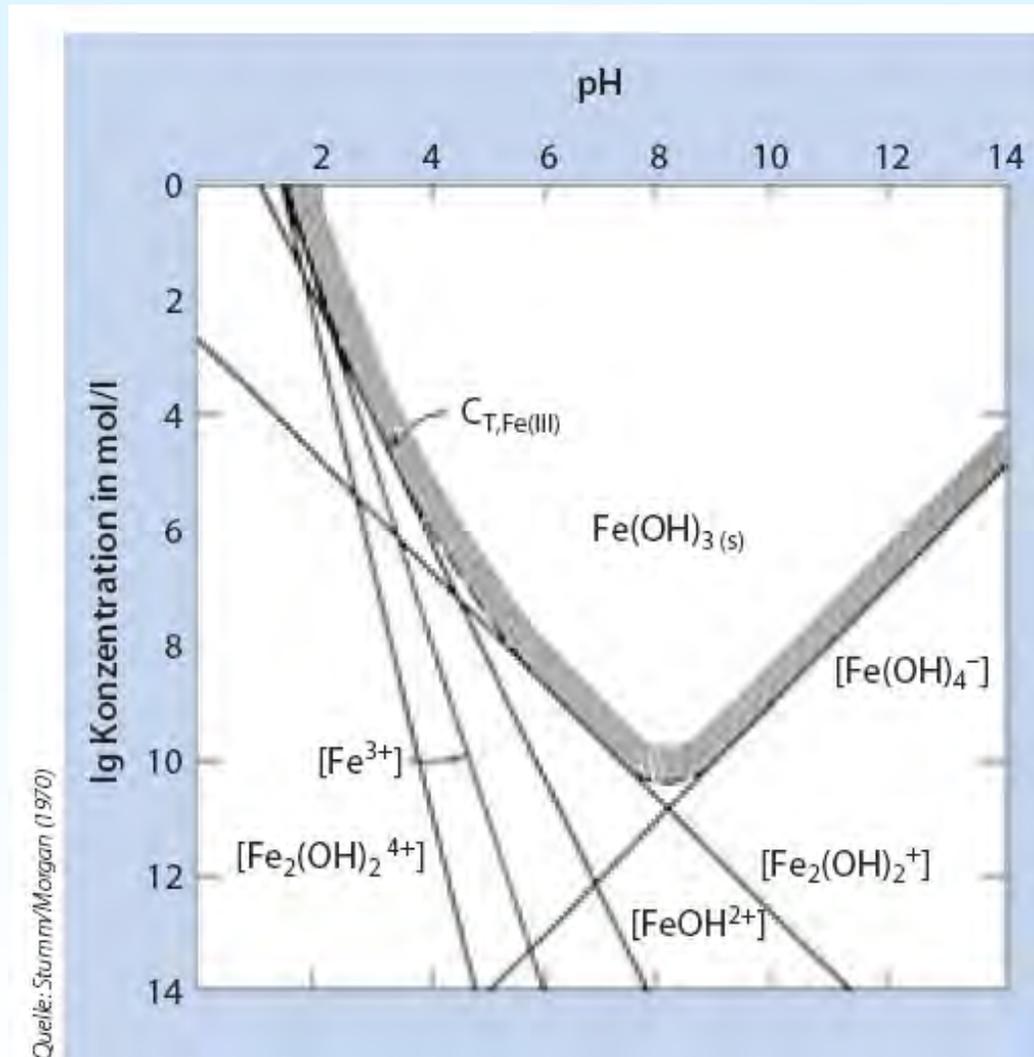
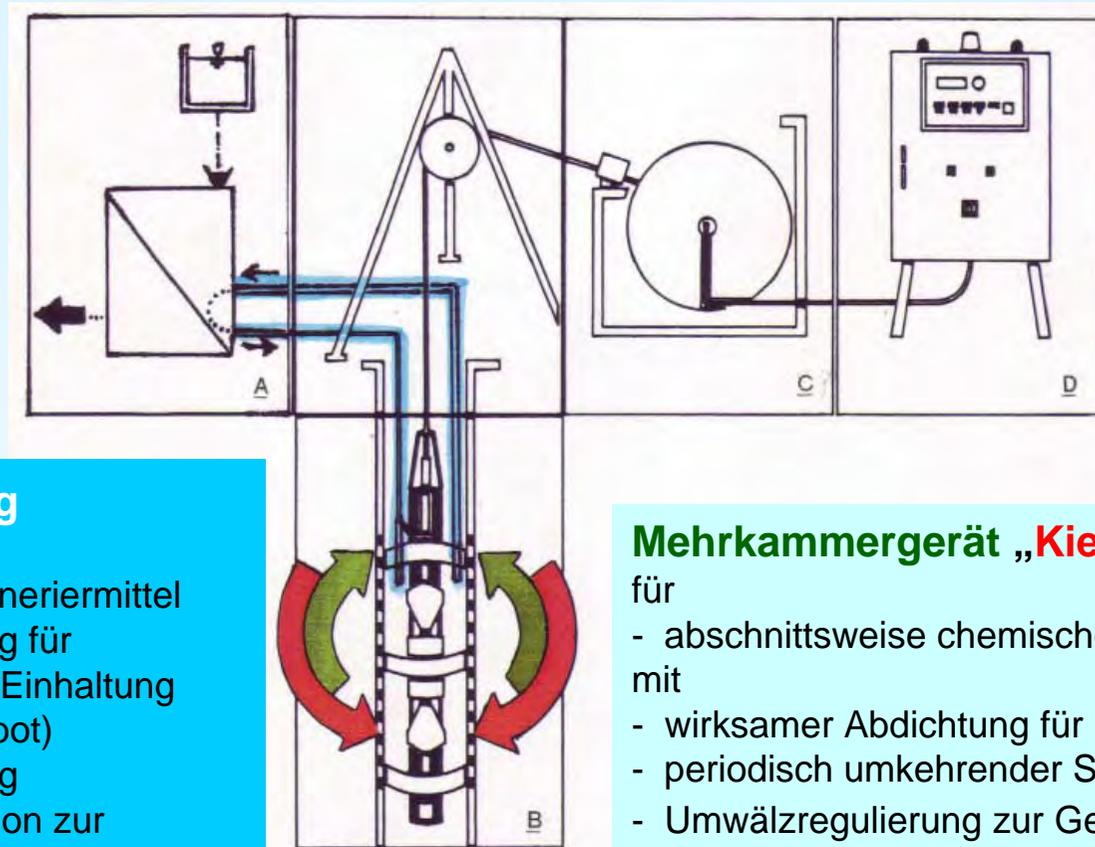


Abb. 1 Gleichgewichtskonzentrationen für Eisen(III)-Verbindungen in Lösung über frisch gefälltem Eisenhydroxid $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Beispiel Hardwarekonfiguration zur Kontrolle Mehrkammergerät



Kreislaufleitung

für

- Dosierung Regeneriermittel
- Kontroll-Messung für Nachdosierung (Einhaltung Minimierungsgebot)
- Kontroll-Messung Ionenkonzentration zur Steuerung des Ablaufes
- Zwischenabpumpen gesättigter Lösungen / vor Umsetzen auf den nächsten Regenerierabschnitt im abgepumpten Volumen
- Kontroll-Messung für Regeneriermittel-Rückholung (Grundwasserschutz)
- Messung entfernte Fe-Menge

Mehrkammergerät „Kieswäscher“

für

- abschnittsweise chemische Regenerierung mit
- wirksamer Abdichtung für Kammerbildung
- periodisch umkehrender Strömungsrichtung
- Umwälzregulierung zur Geometrie-Anpassung

Fortschrittskontrolle chemischer Regenerierverfahren



Muster-Protokoll
zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes und Einhaltung des Minimierungsgebotes / Grundwasserschutzgemäß DVGW Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang D

CHEMISCHE REGENERIERUNG
mit saurehaltigen Regeneriermitteln

Hinweis: für die unterschiedlichen Überwachungs- und Steuerungstechniken der Lösevorgänge sind die Protokollblätter entsprechend anzupassen, ebenso für die Anwendung pH-neutraler Regeneriermittel

Uhrzeit Beginn	Zeit (min)	pH	Anmerkungen	Zugabe Reg.mittel (kg)	Zugabe Zusatz (kg)
14:15 Uhr					
LÖSEN pH-Messungen in Vor-Rücklaufleitung	0	7,35	trüb; LF 505 µS	35,0	1,8
	5	1,38			
	10	0,98	klar, leicht gefärbt	10,0	0,5
	15	1,02			
	20	0,91			
	25	0,94			
	30	0,98			
	35	1,03		10,0	0,5
	40	0,93			
	45	0,96			
	50	1,00			
	55	0,96		5,0	0,3
60	0,99				
Gesamt-Zeit Lösen				60,0 kg	3,1 kg
				48,4 Liter	
Faktor "Summe Zugabe Regeneriermittel über gesamte Lösezeit / Mindestzugabe Regeneriermittel"				1,9	Einhaltung des Minimierungs-Gebotes

Interpretation des Regeneriermittel-Zugabe-Faktors

für die Einhaltung des Minimierungsgebotes

saurehaltige Regeneriermittel Zugabe-Faktor "Summe Zugabe Regeneriermittel über gesamte Lösezeit / Mindestzugabe Regeneriermittel"	≤ 2,5	Minimierungsgebot eingehalten	GRÜN
	> 2,5 .. ≤ 3,5	Minimierungsgebot gerade noch akzeptabel eingehalten	ORANGE
	> 3,5	Minimierungsgebot nicht eingehalten / Abbruch-Notwendigkeit prüfen	ROT

Muster-Protokoll
zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes und Einhaltung des
Minimierungsgebotes / Grundwasserschutzesgemäß DVGW
Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang D

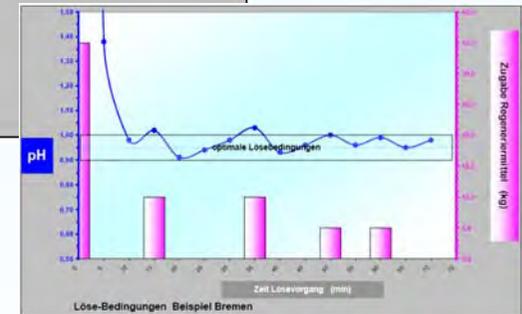
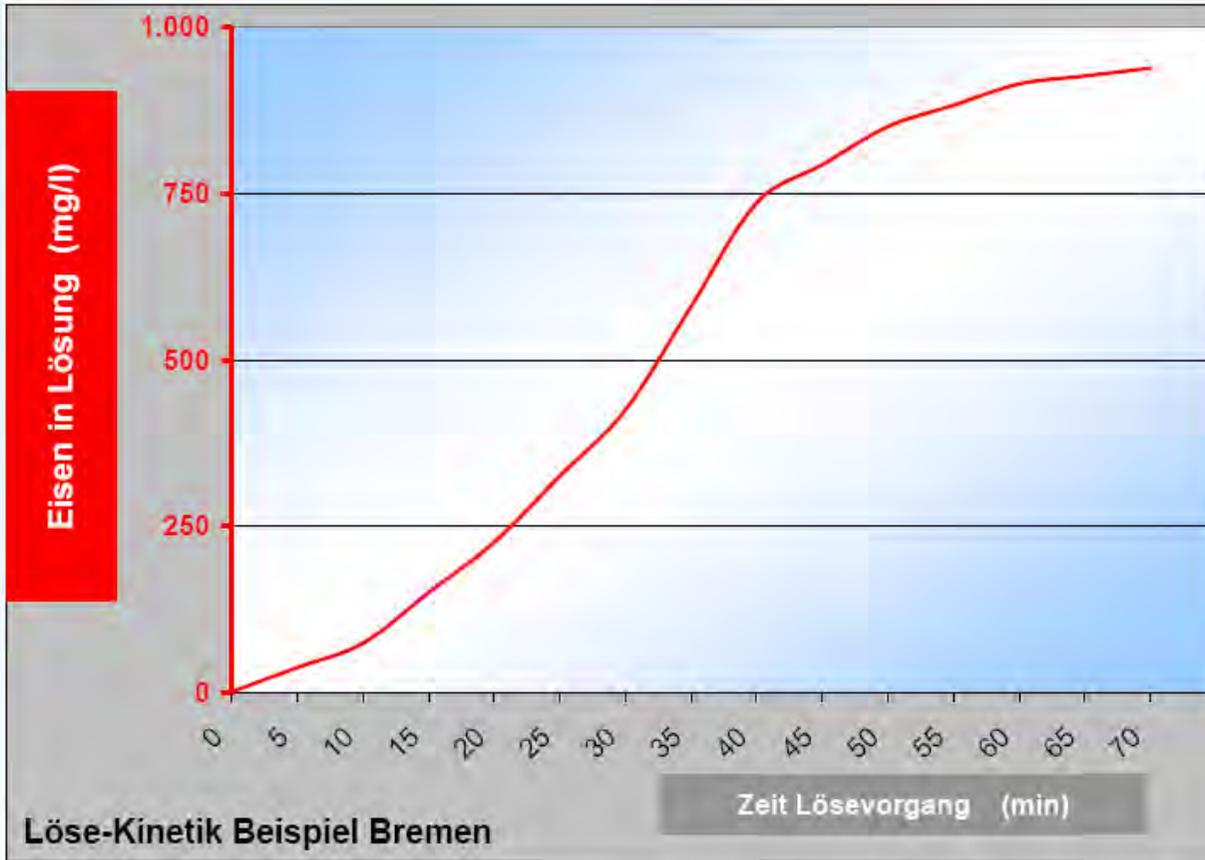
CHEMISCHE REGENERIERUNG
mit saurehaltigen Regeneriermitteln

Hinweis: für die unterschiedlichen
Überwachungs- und Steuerungstechniken der Lösevorgänge
sind die Protokollblätter entsprechend anzupassen;
ebenso für die Anwendung pH-neutraler Regeneriermittel



Uhrzeit Beginn	Zeit (min)	pH	Eisen (mg Fe / l)	Anmerkungen	Zugabe Reg.mittel (kg)	Zugabe Zusatz (kg)
14:15 Uhr						
LÖSEN Messungen in Vor-Rücklaufleitung	0	7,35	1,10	trüb; LF 505 µS	35,0	1,8
	5	1,38	6.627,3 % Zunahme			
vorgegebener Endwert für Durchgang	10	0,98	74	klar, leicht gefärbt		
	15	1,02	205,4 % Zunahme		10,0	0,5
Zunahme Fe innerhalb 10 Minuten kleiner 5 % bei Einhaltung Arbeits-pH	20	0,91	226			
	25	0,94	88,1 % Zunahme			
vorgegebener Endwert für Wechsel KW-Umwälzleistung bzw. Abschnitt	30	0,98	425			
	35	1,03	73,2 % Zunahme		10,0	0,5
Endwert < 50 % Fe von max. Fe-Konz im "besten" Durchgang	40	0,93	736			
	45	0,96	15,6 % Zunahme			
Gesamt-Zeit Lösen	50	1,00	851		5,0	0,3
	55	0,96	7,6 % Zunahme			
Summe Regeneriermittel-Zugabe (kg)	60	0,99	915		5,0	0,2
	65	0,95	2,6 % Zunahme			
Summe Regeneriermittel-Zugabe (Liter)	70	0,98	939			
Summe Regeneriermittel-Zugabe (kg)					65,0 kg	3,3 kg
Summe Regeneriermittel-Zugabe (Liter)					52,4 Liter	
Faktor "Summe Zugabe Regeneriermittel über gesamte Lösezeit / Mindestzugabe Regeneriermittel"					2,1	Einhaltung des Minimierungs-Gebotes

„aktives“ Protokoll nach W 130 (2007) – Anhang D
Beispiel für Dosierungs-Kontrolle saurehaltiger Regeneriermittel
und Fortschrittskontrolle mit Messung der Ionenkonzentration (Lösungskinetik)



Monitor-Darstellung: Kinetik der Eisen-Lösung
 Parameter: konstante Lösebedingungen

Zwischenabpumpen zur Entfernung gesättigter Lösungen und zur Einhaltung der Forderungen des Grundwasserschutzes

inkl. Feststoffabtrennung für ordnungsgemäße Entsorgung



Muster-Protokoll

zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes und Einhaltung des Minimierungsgebotes / Grundwasserschutzes gemäß DVGW Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang D

CHEMISCHE REGENERIERUNG

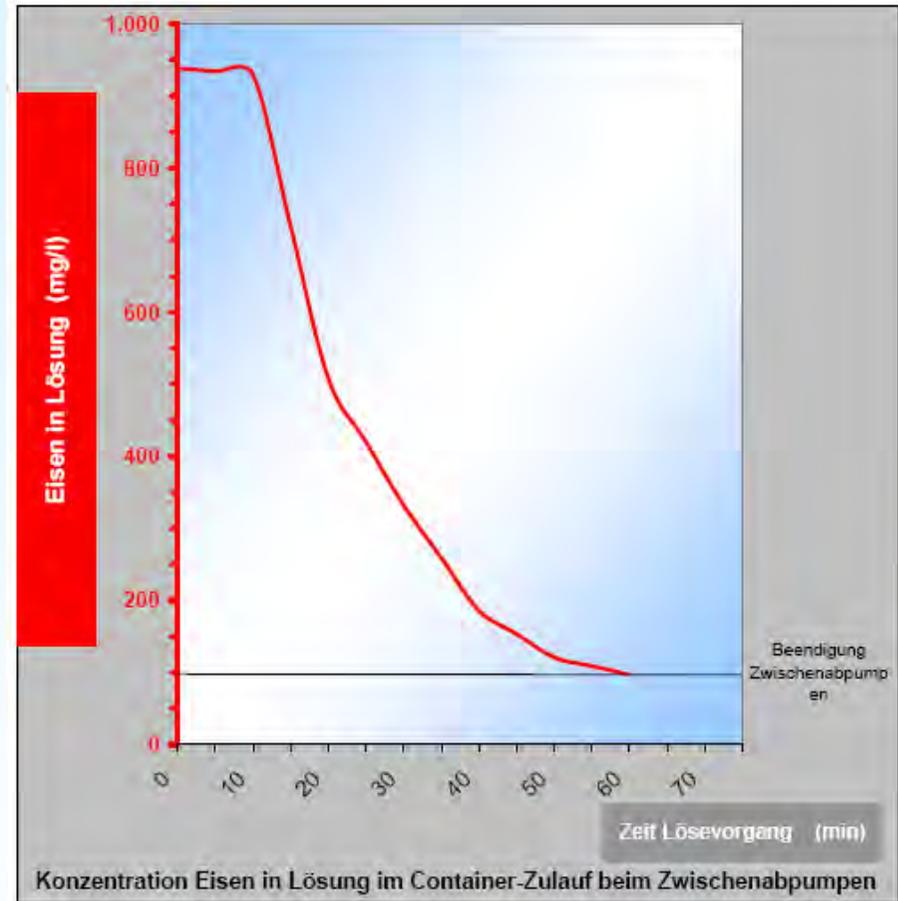
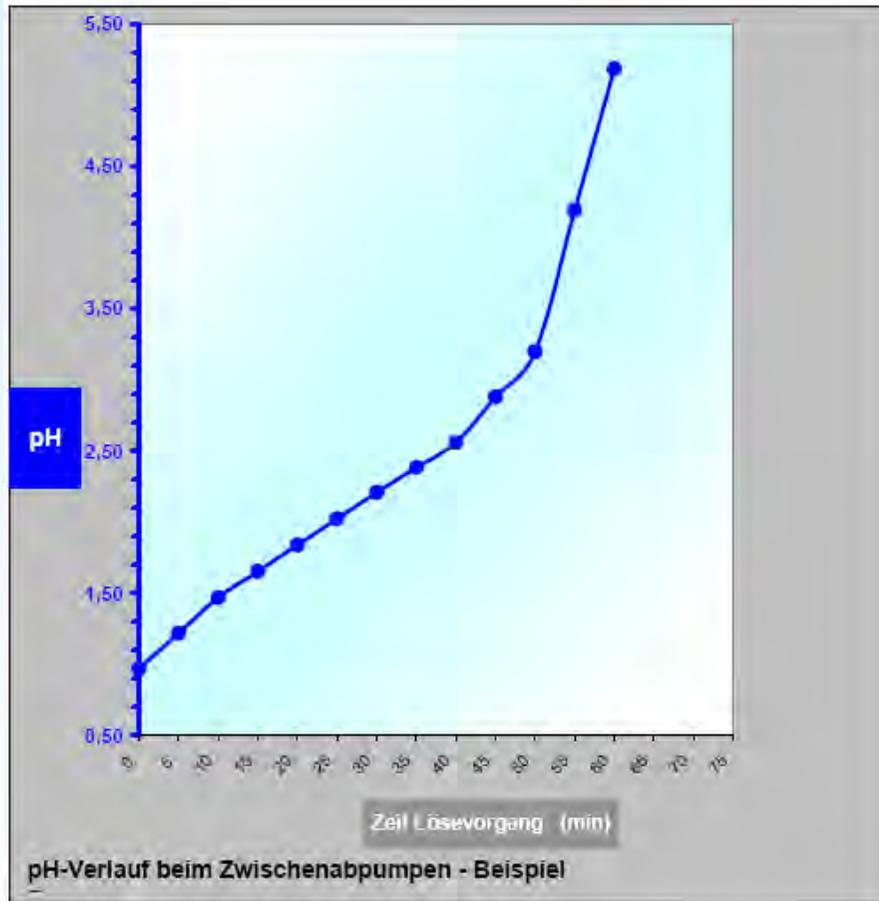
mit säurehaltigen Regeneriermitteln

Hinweis: für die unterschiedlichen Überwachungs- und Steuerungstechniken der Lösevorgänge sind die Protokollblätter entsprechend anzupassen; ebenso für die Anwendung pH-neutraler Regeneriermittel

	Zeit (min)	Messung im Container-Einlauf		MID-Zählerstand (Liter)	Fördermenge (l/s)	Regenerier-Betrieb während Zwischen-Abpumpen	
		pH	Eisen (mg Fe/l)				
Zwischen- ABPUMPEN in Container	0			44.567	1,3	Umwälzleistung (U/min ~ l/s) Strömungsumkehr (sec)	
	10	1,47	929				
	20	1,84	508				
	30	2,21	332				
	40	2,56	186				
vorgegebener Endwert Zwischen-Abpumpen (mg Fe/l)	50	3,20	121		nach Beendigung Zwischen- Abpumpen & Durchmischung	pH	
	60	5,19	97				2,89
100 mg Fe / l	70					Messung im Container	Fe-Konzentration (mg Fe/l)
	80						
90				48.938			
100				48.938			
Gesamt-Zeit Zwi.Abpumpen	60 min	abgepumptes Volumen		4.371			

„aktives“ Protokoll nach W 130 (2007) – Anhang D

Beispiel für Kontrolle Zwischenabpumpen säurehaltiges Regeneriermittel mit pH-Kontrolle und Fortschrittskontrolle mit Messung der Ionenkonzentration



Monitor-Darstellung:
pH-Verlauf & Fe-Konzentration beim Zwischenabpumpen

Muster-Protokoll
 zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes und Einhaltung des
 Minimierungsgebotes / Grundwasserschutzes gemäß DVGW
 Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang D

CHEMISCHE REGENERIERUNG
 mit saurehaltigen Regeneriermitteln

Hinweis: für die unterschiedlichen
 Überwachungs- und Steuerungstechniken der Lösevorgänge
 sind die Protokollblätter entsprechend anzupassen;
 ebenso für die Anwendung pH-neutraler Regeneriermittel

NEUTRALISATION
 im Container
 nach Zwischen-Abpumpen,
 Durchmischung & Messung

verwendetes Neutralisationsmittel	Zugabe Neutralisationsmittel	
	(kg)	(Liter)
Produkt PQR der Fa. ABC	40,5	30,5

	nach Neutralisation
pH	6,90
LF (µS/cm)	3.820 µS/cm

„aktives“ Protokoll nach W 130 (2007) – Anhang D
 Beispiel für Dokumentation Neutralisation saurehaltiges Regeneriermittel
 die Neutralisation nach Beendigung des Zwischenabpumpens eines Lösevorgangs durchgeführt

Muster-Protokoll

zur Kontrolle des Arbeitsfortschrittes und Einhaltung des Minimierungsgebotes / Grundwasserschutzes gemäß DVGW Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang D

CHEMISCHE REGENERIERUNG
mit säurehaltigen Regeneriermitteln

Hinweis: für die unterschiedlichen Überwachungs- und Steuerungstechniken der Lösevorgänge sind die Protokollblätter entsprechend anzupassen; ebenso für die Anwendung pH-neutraler Regeneriermittel



AUSWERTUNG inkl. Überwachung Regeneriermittel- Rückholung = Grundwasserschutz	entfernte Eisen-Menge (Trockenmasse) - mit Abzug Grundwasser-Fe-Konz. (g Fe)	921,8 g Fe	Regeneriermittel- Rückholung (%) durch Zwischen-Abpumpen
	Anmerkungen	keine	
	Regeneriermittel-Ausnutzung (Gramm Eisen / Liter Regeneriermittel)	17,59	83 %
	Zeit Lösen + Zeit Zwischen-Abpumpen = Netto-Arbeitszeit ohne Pausen (min)	130 min	

säurehaltige Regeneriermittel Regeneriermittel- Rückholung "Summe entferntes Regeneriermittel / Summe Zugabe Regeneriermittel"	≥ 70 %	Forderungen des Grundwasserschutzes eingehalten	GRÜN
	≥ 50 % .. < 70 %	Forderungen des Grundwasserschutzes gerade noch akzeptabel eingehalten	ORANGE
	< 50 %	Forderungen des Grundwasserschutzes nicht eingehalten / Abbruch-Notwendigkeit prüfen	ROT

„aktives“ Protokoll nach W 130 (2007) – Anhang D
Beispiel für Kurz-Auswertung eines Regenerier-Durchganges
 +
**Interpretation der Regeneriermittel-Rückholung
 für die Einhaltung der Vorgaben des Grundwasserschutzes**



angepasstes „aktives“ Protokoll nach W 130 (2007) – Anhang F

Beispiel für Kontrolle Rückholung säurehaltiger Regeneriermittel mit Messung Leitfähigkeit und pH + Neutralisation

Im Beispiel sind 3 Abschnitte (1, 2 & 10) zusammengefasst.

Muster-Protokoll gemäß DVGW Arbeitsblatt W 130 "Brunnenregenerierung" (2007) - Anhang F

parameterkontrolliertes End-Abpumpen

Durchführung nach chemischer Regenerierung - Ausführung von oben nach unten

Uhrzeit Beginn	Wasser-spiegel	Förder-menge	abge-pumptes Volumen	Leit-fähigkeit	pH	Zugabe Neutrali-sations-mittel	Anmerkungen z.B. Färbung Sediment, Färbung Flüssigkeit, Trübung
Zeit ab Beginn	(m u MNP)	(l/s)	(m ³)	(µS/cm)		(kg)	
(min)							
0	9,83			937	6,09		Abschnitt 1 29 - 31 m u MNP
5		10,0	3,00 m ³	765	6,51		trüb + etwas Feststoffe, grau
10		10,0	3,00 m ³	745	6,58		trüb + etwas Feststoffe, grau
15		10,0	3,00 m ³	785	6,49		trüb + etwas Feststoffe, grau
20		10,0	3,00 m ³	934	6,10		trüb + etwas Feststoffe, grau
25		10,0	3,00 m ³	1.092	5,81	0,6	im Auslauf pH 7,2
30	12,16	10,0	3,00 m ³	1.054	5,76	0,3	im Auslauf pH 6,9
35		10,0	3,00 m ³	987	5,95	0,4	im Auslauf pH 8,3
40		10,0	3,00 m ³	928	6,13		leicht trüb, wenig Feststoffe
45		10,0	3,00 m ³	874	6,27		leicht trüb, wenig Feststoffe
50		10,0	3,00 m ³	823	6,38		leicht trüb
55		10,0	3,00 m ³	780	6,47		fast klar
60	12,17	10,0	3,00 m ³	742	6,56		fast klar
65		10,0	3,00 m ³	708	6,65		fast klar
70		10,0	3,00 m ³	680	6,69		klar
75		10,0	3,00 m ³	655	6,74		
80		10,0	3,00 m ³	635	6,80		
85		10,0	3,00 m ³	620	6,85		
90		10,0	3,00 m ³	599	6,92		
95		10,0	3,00 m ³	578	6,99		
100		10,0	3,00 m ³	566	7,03		
105		10,0	3,00 m ³	555	7,08		
110		10,0	3,00 m ³	545	7,12		
115		10,0	3,00 m ³	537	7,15		
120	12,16	10,0	3,00 m ³	528	7,19		
125		10,0	3,00 m ³	520	7,24		
130		10,0	3,00 m ³	513	7,29		
135		10,0	3,00 m ³	510	7,31		
140		10,0	3,00 m ³	509	7,31		
145		10,0	3,00 m ³	509	7,32		
150		10,0	3,00 m ³	508	7,32		
155		10,0	3,00 m ³	508	7,33		

abgepumptes Volumen (m³) Abschnitt 1 Summe Zugabe Neutralisationsmittel

Uhrzeit Beginn	Wasser-spiegel	Förder-menge	abge-pumptes Volumen	Leit-fähigkeit	pH	Zugabe Neutrali-sations-mittel	Anmerkungen z.B. Färbung Sediment, Färbung Flüssigkeit, Trübung
Zeit ab Beginn	(m u MNP)	(l/s)	(m ³)	(µS/cm)		(kg)	
(min)							
0	10,02			539	7,14		Abschnitt 2 31 - 33 m u MNP
5		9,5	2,85 m ³	552	7,10		leicht trüb, wenig Feststoffe
10		9,5	2,85 m ³	530	7,19		leicht trüb, wenig Feststoffe
15		9,5	2,85 m ³	522	7,24		leicht trüb
20		9,5	2,85 m ³	516	7,27		klar
25		9,5	2,85 m ³	512	7,30		
30	12,17	9,5	2,85 m ³	509	7,32		
35		9,5	2,85 m ³	507	7,33		
40		9,5	2,85 m ³	507	7,32		
45	12,18	9,5	2,85 m ³	507	7,33		

abgepumptes Volumen (m³) Abschnitt 2 Summe Zugabe Neutralisationsmittel

Uhrzeit Beginn	Wasser-spiegel	Förder-menge	abge-pumptes Volumen	Leit-fähigkeit	pH	Zugabe Neutrali-sations-mittel	Anmerkungen z.B. Färbung Sediment, Färbung Flüssigkeit, Trübung
Zeit ab Beginn	(m u MNP)	(l/s)	(m ³)	(µS/cm)		(kg)	
(min)							
0	10,02			539	7,14		Abschnitt 10 47 - 49 m u MNP
5		10,5	3,15 m ³	552	7,10		leicht trüb, wenig Feststoffe
10		10,5	3,15 m ³	530	7,19		leicht trüb
15		10,5	3,15 m ³	522	7,24		leicht trüb
20		10,5	3,15 m ³	516	7,27		klar
25		10,5	3,15 m ³	512	7,30		
30	12,17	10,5	3,15 m ³	509	7,32		
35		10,5	3,15 m ³	507	7,33		
40		10,5	3,15 m ³	507	7,32		
45	12,18	10,5	3,15 m ³	507	7,33		

abgepumptes Volumen (m³) Abschnitt 10 Summe Zugabe Neutralisationsmittel

Hinweis: dieses Muster-Protokoll wird für säurehaltige Regeneriermittel angewendet; für pH-neutrale Regeneriermittel ist es entsprechend anzupassen.

Neutralisation & Entsorgung



„aktive Protokolle“ für die chemische Brunnenregenerierung

Kontrolle Regeneriermittel-Zugabe= Minimierungsgebot
Kontrolle Regeneriermittel-Austrag= Grundwasserschutz
Kontrolle Lösungskinetik = Effizienz-Überwachung

W130 (2007) – Musterprotokolle # Download www.figawa.de

Anhang D Überwachung und Dokumentation einer chemischen Brunnenregenerierung
Anhang E Ermittlung von Kenndaten für die chemische Regenerierung
Anhang F Überwachung und Dokumentation des parameterkontrollierten
Endabpumpens nach der chemischen Brunnenregenerierung

firmenspezifische Änderungen der aktiven Protokolle „erlaubt“
... aber die Grundsätze der Überwachung müssen eingehalten werden !

=> *externer Berater erforderlich ?*

Wasserrechtliche Erlaubnis

Die chemische Brunnenregenerierung (und auch Desinfektionsmaßnahmen) ist mit dem vorübergehenden Einbringen von Stoffen in das Grundwasser verbunden und bedarf daher einer vorherigen wasserrechtlichen Erlaubnis nach §§ 2 und 7 WHG

Näheres wird durch die jeweiligen Landeswassergesetze geregelt.

Antragsteller ist grundsätzlich der Auftraggeber, der sich aber durch das Ingenieurbüro und den Auftragnehmer unterstützen lassen sollte.

Der Auftragnehmer hat sich spätestens bei Beginn genehmigungspflichtiger Maßnahmen eine Kopie der Genehmigung vorlegen zu lassen. Die Genehmigung kann z.B. wichtige Auflagen für die Durchführung und Entsorgung enthalten

Beseitigung der Rückstände

Das aus dem Brunnen abgepumpte, chemikalienhaltige Wasser ist so aufzubereiten, dass eine schadlose Beseitigung möglich ist (z. B. Neutralisation, Dekomplexierung).

Dazu ist die Zwischenlagerung in einem dichten Absetzbehälter oder in einem Spezialfahrzeug unerlässlich.

Durch die Neutralisation werden gelöste Stoffe ausgeflockt und sedimentieren zusammen mit den Feststoffen (Schluff + Feinsand).

Die Entsorgung des neutralisierten bzw. aufbereiteten Klarwassers und der festen, aber stark wasserhaltigen Schlämme (ebenso der aus der mechanischen Regenerierung) erfolgt entsprechend den behördlichen Auflagen.

Bei Eignung können sie gemeinsam mit den Wasserwerksschlämmen entsorgt, weiterverwertet oder nach Absprache mit dem Klärwerk in die Kanalisation eingeleitet werden.

Eine Einleitung der Neutralisationsprodukte in den Vorfluter oder eine Versickerung ist abzulehnen.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 09.2006,
**Hinweise für die Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte
bei Benutzung des Grundwassers in bestimmten Fallgestaltungen**

Kap. 1 Aufgabenstellung

Die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) sind definiert als die Konzentrationen, bei denen trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber den regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder die nach einer entsprechenden Risikobetrachtung abgeleiteten Werte eingehalten werden.

... Unterhalb der Geringfügigkeitsschwellenwerte ist das Grundwasser im rechtlichen Sinne nicht verunreinigt.

Kap. 3.6 Einleitung von flüssigen Stoffen in das Grundwasser

...Die eingeleiteten Stoffe dürfen zu keiner schädlichen Veränderung der Eigenschaften des Grundwassers führen ...

... zeitlich beschränkte Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellen können hingenommen werden ...

... Bei einem anlassbezogenen Einsatz von Stoffen werden die Stoffe nur während dieses Zeitraumes eingeleitet ...

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 09.2006,
**Hinweise für die Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte
bei Benutzung des Grundwassers in bestimmten Fallgestaltungen**
Fortsetzung

Kap. 3.6.5 **chemische Brunnenregenerierung**

... Liegt die Wasserdurchlässigkeit des Grundwasserleiters deutlich niedriger als die der Kiesschüttung, ist darüber hinaus eine Ausbreitung des Reinigungsmittels in den Grundwasserleiter unwahrscheinlich.

Nach Beendigung der Reinigung ist nach den Regeln der Technik sicherzustellen, dass die eingesetzten Regeneriermittel und die gelösten oder abgelösten Inkrustationen wieder aus den Brunnen / Messstellen und Ringraum sowie aus dem angrenzenden Grundwasserleiter entfernt werden (vgl. DVGW W 130).

Das Abwasser muss ggfs. nach Aufbereitung schadlos entsorgt werden.

*Insoweit besteht bei Regenerierungen von Brunnen und Grundwassermessstellen nur ein **begrenztes Risiko** einer mehr als nur geringfügigen Grundwasserverunreinigung.*

Mit der Ausführung von Regenerierarbeiten sind nur solche Unternehmen zu beauftragen, die über die notwendige fachliche und technische Leistungsfähigkeit verfügen. Hierfür hat der Auftraggeber entsprechende Nachweise zu verlangen.

Als ein Nachweis der fachlichen und technischen Leistungsfähigkeit von Unternehmen kann z.B. das DVGW-Zertifikat R1 / R2 nach DVGW-Arbeitsblatt W 120-1 dienen.



R Regenerierungsverfahren [Verfahren gemäß DVGW W 130 (A)]	
R 1	mechanische Regenerierung (jeweils mit Bürsten/Ausräumen): <ul style="list-style-type: none"> R 1.1 Intensiventnahme R 1.2 Kolben R 1.3 CO₂-Injektion R 1.4 Niederdruck-Innenspülung R 1.5 Hochdruckspülverfahren- Innenspülung R 1.6 Hochdruckspülverfahren- Außenspülung R 1.7 Druckwellen-/Impulsverfahren – Erzeugung durch Wasserhochdruck R 1.8 Druckwellen-/Impulsverfahren – Erzeugung durch Knallgas, Wasser-, Luft- oder Gaskomprimierung R 1.9 Druckwellen-/Impulsverfahren – Erzeugung durch Sprengladungen R 1.10 Druckwellen-/Impulsverfahren – Erzeugung durch Ultraschall
R 2	chemische Regenerierung mit Mehrkammergeräten

Zusammenfassung (1/2)

- **mechanische Regenerierung**

Risiken der Schüttgut-Setzung beachten !

(Folgen der Schüttgut-Setzung: Verringerung Speichervolumen für Brunnenalterung – Erhöhung der Kolmations- und Verockerungsgefahr, Verkürzung der Brunnenlebenszeit)

- **chemische Regenerierung**

nicht kompliziert sondern komplex

- zur Einhaltung des Minimierungsgebotes
- zum Grundwasserschutz
- keine Schüttgutsetzung

- **doppelte Kiesschüttung**

erfolgreiche (= wirksame) Brunnenregenerierung **nur** chemisch möglich mit

- Mehrkammergerät (vgl. W 130 und W 55/99)
- regulierbarer Umwälzmenge
- Überwachung Lösungskinetik

- **Umweltschutz**

Die Stellungnahme der LAWA (2006) zeigt, dass **gegen** eine verantwortungsvoll und gemäß W 130 ausgeführte **chemische Brunnenregenerierung nichts einzuwenden** ist.

Erfahrung aus mehr als 40 Jahren eigener Arbeit „rund um den Brunnen“

von 100 % Brunnen mit Leistungsrückgang bedürfen

- ▶ 1/4 keiner Maßnahmendurchführung
- ▶ 1/4 Regenerierung
- ▶ 1/4 Sanierung
- ▶ 1/4 Neubau / Überbohrungen

Aber: fast alle Brunnen werden bei Leistungsrückgang zunächst regeneriert, d.h. Fehldiagnose bzw. fehlerhafte Beratung ist „Standard“.

Die gewissenhafte Anwendung des DVGW AB W 130 (2007) und der „aktiven Protokolle“ (... und nicht nur das Versprechen, „nach W 130 zu arbeiten“)

- ▶ sichern den Erfolg der Maßnahme(n) durch frühzeitiges Erkennen von Fehlern
- ▶ erfüllen das Minimierungsgebot
- ▶ halten die Vorgaben des Grundwasserschutzes ein
- ▶ sind gleichzeitig Grundlage der Abrechnung und Dokumentation

Genehmigungen sollten nicht nur die Anwendung des DVGW W 130 verlangen,

sondern explizit die Anwendung der Protokolle nach W 130 vorschreiben !

- ▶ mechanische Regenerierung
mit Anwendung der Fortschrittskontrolle nach W 130 (Konvention+Protokoll)
- ▶ chemische Regenerierung; bei anorgan. Säuren Arbeits-pH 0,9 – 1,0
mit Überwachung der Regeneriermittelzugabe; maximaler Zugabefaktor 3,5
mit Überwachung der Lösungskinetik; Umsetzen bei < 300 mg Fe/l
mit Überwachung des Regeneriermittel-Rückholgrades; mind. 50 %

... aber ...

Hermann Etschel (2006) „Die 10 Gebote zum Bau und Betrieb eines Brunnens“

Nirgends kann soviel gelogen und betrogen werden wie bei Regenerierungen.



*Eine gute Regenerierung ist aufwendig und damit teuer.
Ist sie billig und im Handumdrehen erledigt, taugt sie nichts
- aber das merkt der Kunde nicht oder leider erst nach Jahren.*



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit !**