

Voraussetzungen für die Erarbeitung von Sanierungskonzepten

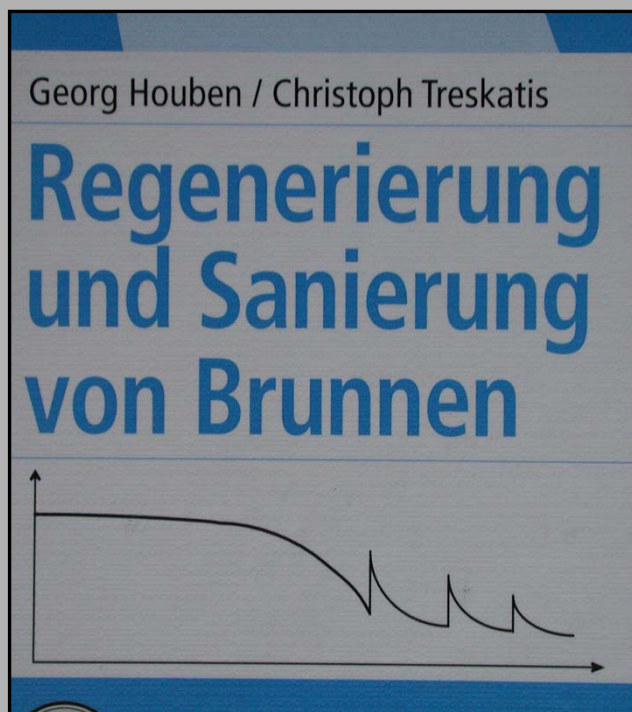
Hon. Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Ch. Schmid

Zivilingenieur für Erdölwesen

Gerichtl. beeideter und zertifizierter Sachverständiger

Grüner Wald 12, A-4810 Gmunden

E-Mail: christian.schmid@unileoben.ac.at



ISBN 3-486-26545-8

Brunnen sind “ individuelle Wesen ”

Technische Eigenschaften und Alterung sind abhängig von:

- Bauverfahren
- Technischen Ausstattung
- Hydraulische und hydrochemische Eigenschaften des Grundwassers
- Geologie

“ Es gibt keine Patentrezepte hinsichtlich Regenerierung und Sanierung “

Brunnensanierung umfasst **Reinigung, Regenerierung, Sanierung** des Brunnenausbaus und/oder Ringraums, Überbohren und/oder **Rückbau** (mit Ersatzbrunnen). Brunnensanierung ist sehr komplex und nicht auf “Spezialfirmen mit deren (Spezial-) Angebot” zu beschränken.

“Brunnensanierung beginnt beim Brunnenbau”

Voraussetzungen für eine **wirtschaftliche** und **effiziente** Sanierung sind:

- die normgerechte Errichtung (Ringraumdimensionierung, Materialien)
- Vollständige Dokumentation (Geologisches Profil, Ausbaumaterial, Abmaße, geophysikalische Bohrlochmessungen, Abnahme durch TV-Befahrung, Bautagesberichte)
- Obertägige Einrichtungen (Zugängigkeit, Brunnenstube)

Der Aufwand für die Brunnensanierung ist abgänglich von der Wartungsintensität (Brunnen-Monitoring) daraus lässt sich der Sanierungsbedarf frühzeitig erkennen.

Brunnensanierung ist daher meist längerfristig planbar – daher keine ad hoc Entscheidungen bzw. Methodenfestlegungen gerechtfertigt.

Nur eine **interdisziplinäre Analyse** der festgestellten Zustands-änderungen durch **unabhängige Fachkundige** (Sachverständige) erlaubt ein wirtschaftliches und effizientes **Sanierungskonzept**.

Arten der Brunnenalterung

Versandung

Durch die Schleppkraft des Wassers werden aus dem Korngerüst des Aquifers Feststoffe bis in die unmittelbare Nähe des Brunnens transportiert. Sie werden entweder im Brunnenringraum oder im Brunneninnenraum (Sumpfrohr) abgelagert oder über die Fördereinrichtung ausgetragen.

Ursachen:

- fehlerhafte Kornabstufung (*DVGW W 113*)
- zu geringe Stärke der Kiesschüttung (*DVGW W 123*)
- fehlerhafter Brunnenausbau (Kiesschüttung ummantelt nicht vollständig die Filter)
- falsche Filterschlitzgeometrie
- unzureichende Entsandung
- Überbelastung des Brunnens (zu hohe Eintrittsgeschwindigkeiten)
- zu hohe Fördermengen (Eintrittsgeschwindigkeiten) beim Anfahren der Pumpe (intermittierender Betrieb)
- feinkörnige Lockergesteinsschichten oder Ablagerungen in Klüften, die beim Brunnenausbau nicht erkannt oder bei der Entwicklung nicht erfasst wurden
- unsachgemäße Regenerierung

Arten der Brunnenalterung

Korrosion und Abrasion

Korrosion ist nach DIN 50900 “Die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung des Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann.”

Man unterscheidet:

- **elektrochemische Korrosion** (unedlere Metalle werden zugunsten edlerer Metalle abgetragen, bei höher mineralisierten Wässern als bei gering mineralisierten – elektrische Leitfähigkeit)
- **mikrobiell induzierte Korrosion** (führt zur Zerstörung der metallischen Werkstoffe z.B. anerobe Korrosion des Eisens durch sulfatreduzierende Bakterien)
- **Alterung von nicht metallischen Werkstoffen** (Holz durch Bakterien und Pilze zersetzt, Steinzeugrohre nach Beschädigung der Glasur durch aggressive saure Wässer, PVC mit Weichmacher wobei diese wieder entweichen und das Material versprödet, Versprödung von Gummiabdichtungen, Schrumpfung von Bentoniten bei Kontakt mit Säuren)
- **Mechanische werkstoffabtragende Prozesse** können ebenfalls zur Leistungsminderung und Zerstörung von Brunnenbauwerken beitragen (Sandführung mit hohem Quarzanteil)

Arten der Brunnenalterung

Setzungen

Für die Brunneneffektivität sind Setzungen im Brunnenringraum und von Lockergesteinsschichten im angrenzenden Grundwasserleiter infolge von Regenerierungs- oder Entsandungsarbeiten von Bedeutung.

Man unterscheidet:

- **Initialsetzung** durch Änderung der Lastzustände (im Brunnenbau bei plastischen Verpressmaterial)
- **Primärsetzung** oder Verdichtungssetzungen – Konsolidierung z.B. Auspressen des Porenwassers, Kompression des Korngerüsts
- **Sekundärsetzungen** - Umlagerungen im Korngerüst z.B. beim Entsanden oder Regenerieren
- **“Spontane Setzungen”** im Brunnenbau z.B. bei schlagartigem Einbruch der Filterkiesschüttung in das korrodierte Filterrohr, aber auch das Nachbrechen von Formation im Bereich der bohrlochnahen Zone in Hohlräume bei nicht vollständiger Verkiesung (Brückenbildung)

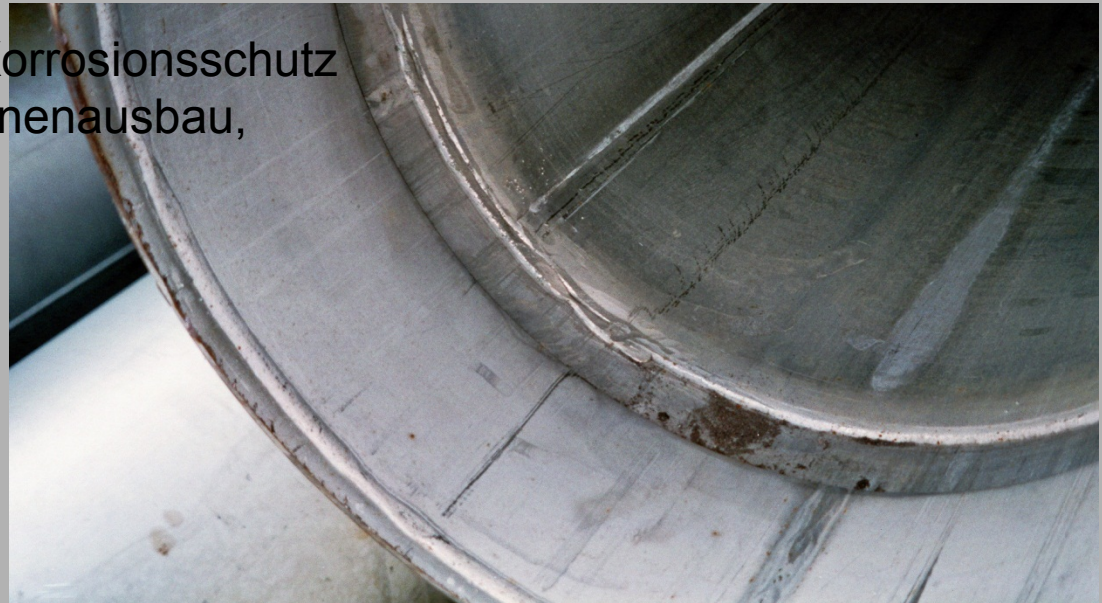
Arten der Brunnenalterung

Bautechnische Schäden

Diese Schäden machen sich meist kurze Zeit nach Inbetriebnahme der Anlage bemerkbar (z. B. undichte Rohrverbindungen, defekte Ringraumabdichtungen führen zu umfeldbedingten Einflüssen, wie überproportionaler Anstieg der Nitratkonzentration, positive Keimbefunde etc.).

Hauptursachen für bautechnische Schäden:

- Ungeeignetes Material
- Bemessungsfehler
- Verarbeitungs- und Herstellungsfehler
- Materialermüdung
- fehlender oder fehlerhafter Korrosionsschutz
- Bedienungsfehler beim Brunnenausbau, Ein- und Ausbau der Pumpe sowie deren Betrieb



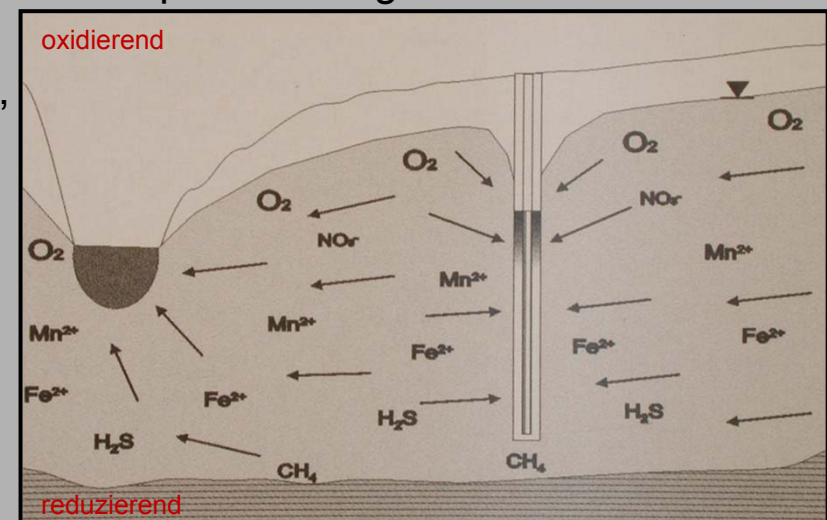
Arten der Brunnenalterung

Inkrustation

Die Bildung von Inkrustationen in Brunnen ist überwiegend ein Resultat der Vermischung von Wässern unterschiedlicher Beschaffenheit infolge einer Redox-Zonierung im Grundwasser. Das Mischwasser versucht ein chemisches Gleichgewicht herzustellen, dabei fallen schwer lösliche Verbindungen aus. Das Mischwasser wird durch den Gasaustausch verändert, ebenso fördern starke Verwirbelungen den Gasaustausch und die Durchmischung.

Man unterscheidet:

- **Verockerung (Eisen-Mangan)** meist eine Vielzahl von Oxiden, Hydroxiden
- **Versinterung (Karbonate)** bei sehr karbonathältigen Grundwasserleitern
- **Aluminiumhydroxid** an den vertikalen Gradienten des pH-Wertes gebunden
z.B. Bodenversauerung
- **Sulfide** als Inkrustationen kaum nachgewiesen, meist nur Geruchsbelästigung
- **Verschleimung** tritt bei nährstoffreichen Wasser auf, Uferfiltrat oder organisch belastetes Grundwasser

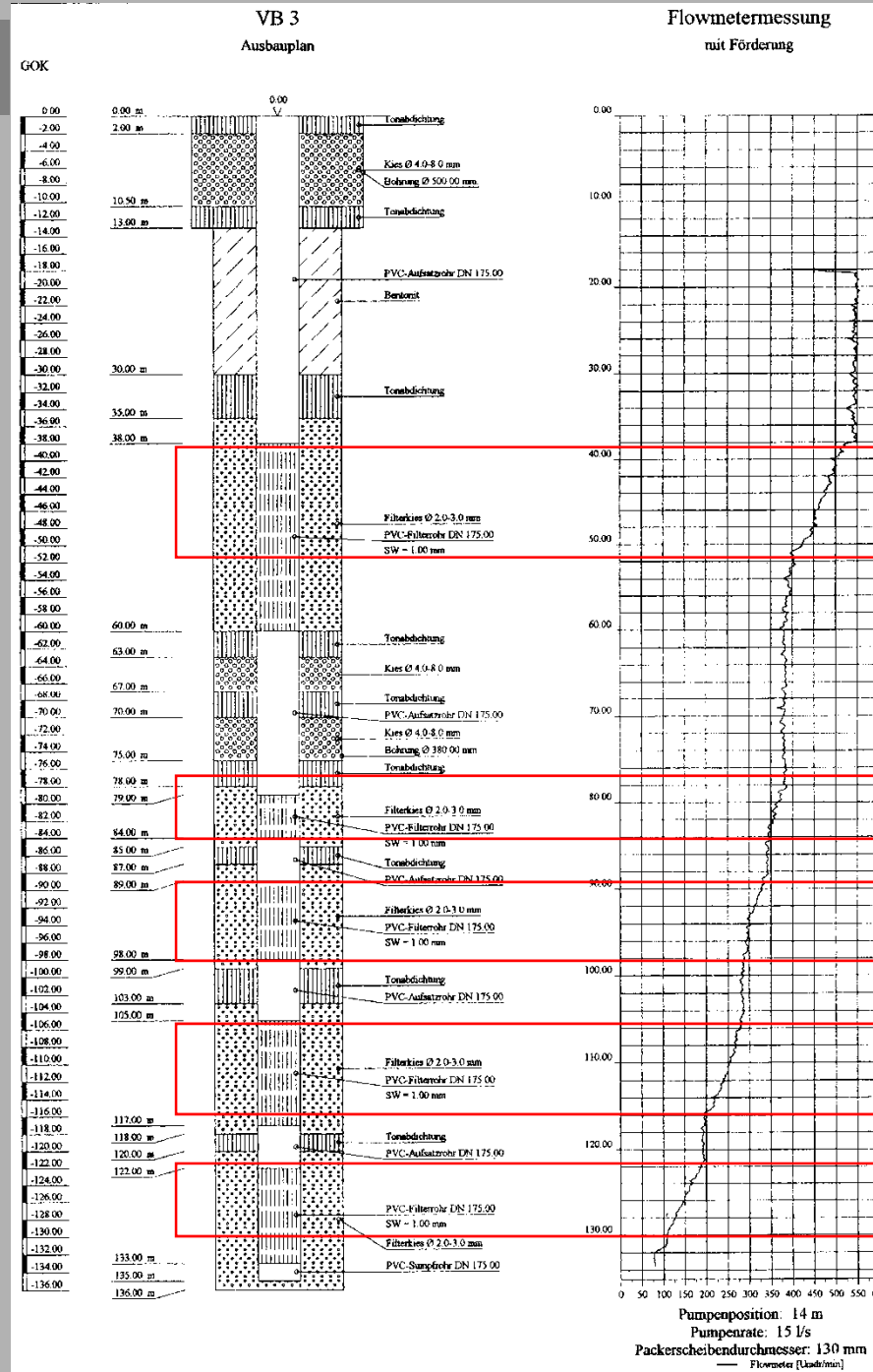


Dokumentation

Die Brunnendokumentation ist besonders bei älteren Bauwerken mangelhaft bis „nicht vorhanden“

Eine „Brunnenakte“ sollte enthalten:

- Vermessungsdaten
- Geologisches Bohrprofil
- Geophysikalische Bohrlochmessungen
- Ausbauplan
- Kontrollmessungen
- Pumpversuche
- Chemische Analysen
- Bautagesberichte, Rechnungen, Protokolle
- Projektunterlagen
- Bescheide

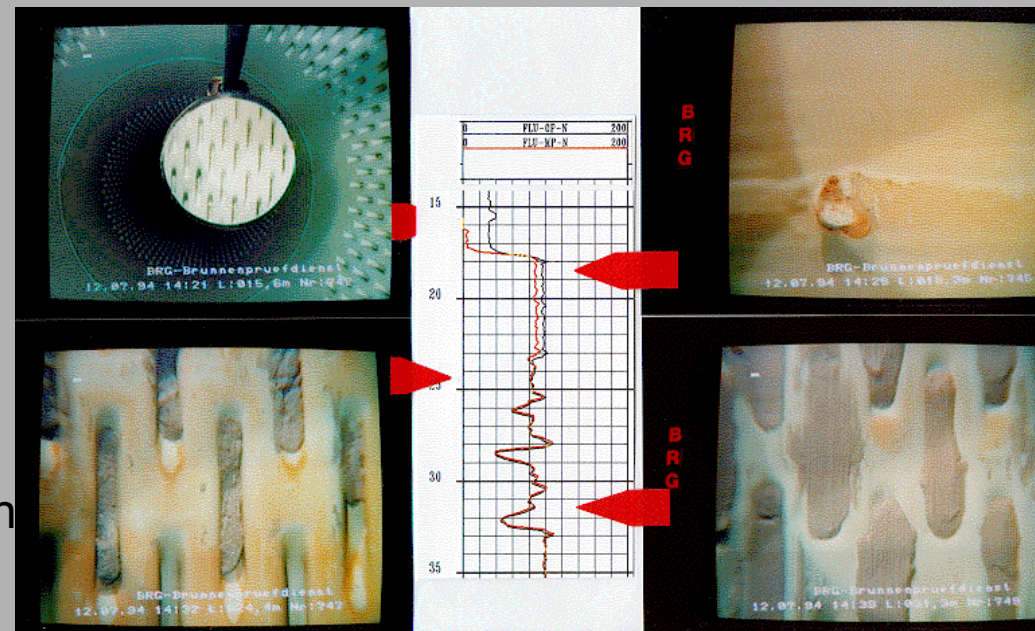


(nachträgliche) Zustandserhebung

Bei unvollständiger Brunnenakte sollte vor der Sanierungsplanung eine nachträgliche Zustandserhebung vorgenommen werden. Dadurch können wesentliche Planungsgrundlagen, zumindest teilweise, wiederhergestellt werden!

Nachträgliche Zustandserhebung durch:

- geophysikalische Bohrlochmessungen
- TV-Befahrung
- Analyse der Sandführung (Filterkies und/oder Formation, Korngrößenbestimmung)
- Visuelle Befundung der Inkrustation in Korrelation mit den chemisch / physikalischen Bedingungen im Grundwasser
- geologische Recherche mit Interpretation der neuen Daten



(nachträgliche) Zustandserhebung

Bohrlochgeophysikalische Verfahren zur Planung und Beurteilung von Regenerierung, Sanierung und Rückbau (*nach Houben & Tresarkis, 2003*)

Geophysikalische Bohrlochmessungen vor der Regenerierung	
Prüfung von:	Verfahrenskombination
Allgemeinzustand mittels Fernsehbefahrung und BLM	TV, FLOW, CAL, GR oder SGL
Zuflussverhalten im Filterbereich	FLOW, FWPACK, SAL/TEMP
Durchlässigkeit der bohrlochnahen Zone	FLOW, FWPACK, SAL/TEMP,
Rohrzustand (Durchrostung, Restwandstärke)	EMDS oder RGG.D
Kolmation, Feinkornanteil des Filterkieses	SAL/TEMP, TV
Dichtheit der Verbinder	FLOW, FWPACK, SAL/TEMP

Anmerkung: die einzelnen Bohrlochmessverfahren müssen interaktiv ausgewertet bzw. befundet werden, wobei die Befunde aus anderen Untersuchungen (lokale Geologie/Hydrogeologie) und Analysen miteinbezogen werden müssen!

CAL	Kaliberlog (mechanisches Abtasten der Ausbauwandung)
FLOW	Flowmeter (Umdrehungszahl eines Messflügels im Pumpenstrom)
FWPACK	Packerflowmeter (Fluiddurchsatz im Messquerschnitt)
GR	Gamma-Ray (natürliche Gammastrahlung von Ausbau und Gebirge)
RGG.D	Ringraumscanner (360°-Messung der relativen Dichteänderung im Ringraum)
SAL/TEMP	Salinität/Temperatur-Messung (Fluidmessung im Bohrloch oder Brunnen)
SGL	Modifikation des GR, Messung der natürlichen Gammastrahlung gleichzeitig in mehreren Segmenten)
TV	Fernsehbefahrung, optische Brunnenuntersuchung

Sanierungskonzept

Infolge der Individualität eines jeden Brunnens sind **an die jeweilige Situation der Anlage angepasste Sanierungskonzepte** zu erarbeiten und hinsichtlich ihrer Machbarkeit und den technischen Risiken nachvollziehbar zu bewerten (**Risikoanalyse**).

Dies sollte mit entsprechender Fachkompetenz vom jeweiligen Anlageneigentümer oder von einem beigezogenen unabhängigen Fachkundigen **vor der endgültigen Planung**, Ausschreibung und Beauftragung durchgeführt werden.

Ein Sanierungskonzept begründet sich auf:

- die Dokumentation der Brunnenerrichtung
- dem Status quo (Brunnen-Monitoring, BLM, etc.)
- der Schadensanalyse
- technische Möglichkeiten der beizuziehenden Fachfirmen
- Kostenabschätzung
- Wirtschaftlichkeit – Kosten / Nutzen Rechnung

Die Risikoanalyse sowie die Kosten / Nutzen Rechnung muss das Entscheidungskriterium für Sanierung – Rückbau und/oder Neubau der Anlage sein!

Regenerierungsverfahren

Ziel jeder Brunnenregenerierung ist es leistungsmindernde Ablagerungen aus dem Brunneninnenraum zu entfernen bzw. die Brunnenleistung wieder zu erhöhen und Alterungsprozesse möglichst hintan zu halten.

Besonders ablagerungsanfällig sind:

- Brunnenrohrinnenwände
- Filterschlitz oder spalten
- Außenfläche der Filterrohre
- die Filterkiesschüttung
- Grenzfläche zwischen Grundwasserleiter und Filterkies

Man unterscheidet:

- Mechanische Reinigungsverfahren
- Chemische Reinigungsverfahren
- Kombiniert mechanisch/chemische Reinigungsverfahren

Regenerierungsverfahren werden von zahlreichen Spezialfirmen angeboten. Eine Voruntersuchung (TV / BLM etc.) sollte unbedingt durchgeführt werden. Bei sorgfältiger Auswahl des Verfahrens und entsprechender Planung ist das technische Risiko für die Brunnenanlage als relativ gering einzustufen.

Mechanische Regenerierungsverfahren

Anwendbarkeit mechanischer Regenerierungsverfahren in Abhängigkeit vom Brunnenausbau

Brunnen- ausbau	Bürsten*	Aus- pumpen	Intensiv- entnahme	Kolben	CO ₂ - Injektion	Nieder- druck- spülung	Hoch- druck- Innen- spülung	Hoch- druck- Außen- spülung	Wasser- Hoch- druck	Knallgas Wasser- Luft-Kom- primierung	Spreng- ladungen	Ultra- schall
<i>Vollrohre</i>	++						++				-	
<i>Wickeldraht- filter</i>	++		++	+	++	++	++		++	++	++	++
<i>Schlitz- brückenfilter</i>	++		++	++	++	+	++		++	++	++	++
<i>Schlitzfilter PVC</i>	++		++	++	++	+	+		+	++	-	++
<i>Schlitzfilter Metall</i>	++		++	++	++	++	++		++	++	++	++
<i>Steinzeug- filter</i>	++		++	+	+	+	+		+	+	-	++
<i>Pressholz- filter</i>	++		++	+	-	-	+		+	+	-	++
<i>Kiesbelags- filter</i>	++		+	-	-	-	+		-	+	+	++
<i>Kornlebe- filter</i>	++		+	-	-		-		-	-	-	++
<i>Sumpfrohr</i>	++	++			-		++			+	-	
<i>Einfach- schüttung</i>			++	++	++	++	++	+	++	++	++	++
<i>Mehrfach- schüttung</i>			++	+	+	-	+	-	+	+	+	++
<i>Teufen- differenzierte Schüttung</i>			++	+	+	+	+	-	+	+	+	++
<i>Peilrohr</i>	++	++	+		++		++			++	-	

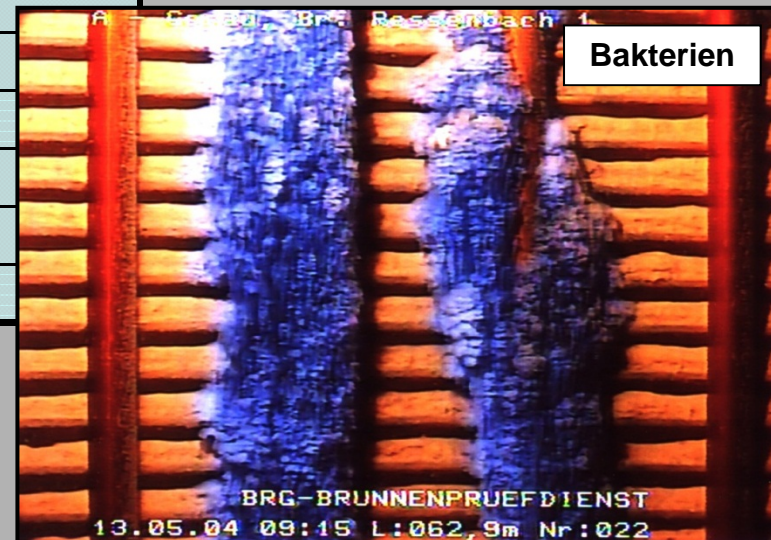
Chemische Regenerierungsverfahren

Das Einleiten von chemischen Substanzen zur Regenerierung in einen Brunnen kann einen wasserrechtlichen Tatbestand darstellen!
Lagerung und Handhabung mit diesen Chemikalien ist per Gesetz bzw. per Verordnung geregelt. **Die Vielzahl der Chemikalien und der Umgang mit diesen verlangen ein großes Maß an Kenntnis vom durchführenden Personal.**

Säurestärken im Vergleich

Bezeichnung	Chemische Formel	pKa (1)	pH-Wert bei 0,1 M
Salzsäure	HCl	≈ -6	1,00
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	≈ -3	0,70
Ascorbinsäure	C ₆ H ₈ O ₆	4,10	2,55
Zitronensäure	C ₆ H ₈ O ₇	3,14	2,07
Sulfamidsäure	NH ₂ SO ₃ H	0,99	1,00
Glykolsäure	C ₂ H ₄ O ₃	3,83	2,42
Malonsäure	C ₃ H ₄ O ₄	2,83	1,92

Eine fachkompetente chemische Regenerierung kann zu einer erheblichen Verbesserung der Brunnenleistung führen!



Sanierungsmethoden und Rückbau

Sanierung im Sinne des DVGW Arbeitsblattes *W 135* dienen dazu die Leistung von Brunnen mit baulichen Schäden oder durch Regenerierungen nicht mehr behebbare „Alterungserscheinungen“ wieder herzustellen.

Technisch anspruchsvoll, die Machbarkeit ist nicht immer klar abschätzbar!

Teilsanierung

- Veränderung an Pumpen und Steigleitung
- Einbau von Einschubverrohrungen im Vollrohr oder Filterbereich
- Nachdichten der Ringraumabdichtungen
- Anbringen von Innenmanschetten zum Abdichten undicht gewordener Rohrstücke und Verbindungen

Komplettsanierung

- Vollständige Entfernung der Rohrtouren
- Ausbohren der Ringraumverfüllungen
- Neuausbau des Bohrloches mit Filter- und Vollwandrohren samt Ringraumabdichtung

Die Auswahl der Methode hängt von der **technische Machbarkeit**, dem **Bauzustand**, der **Wirtschaftlichkeit**, der **Fördermenge**, der Sicherheit der **Versorgungsstruktur** und von der **Hydrogeologie** sowie Wasserchemismus ab.

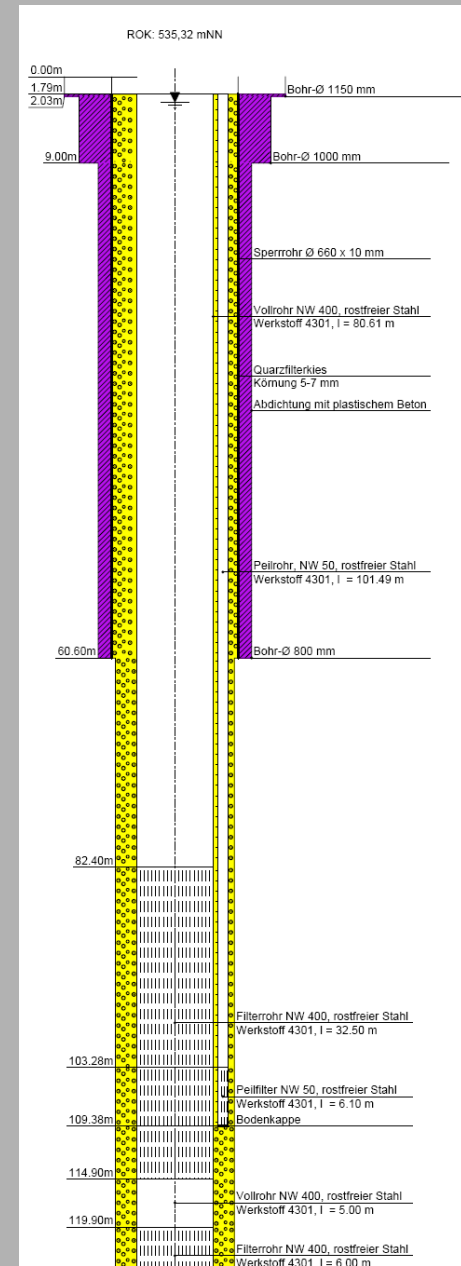
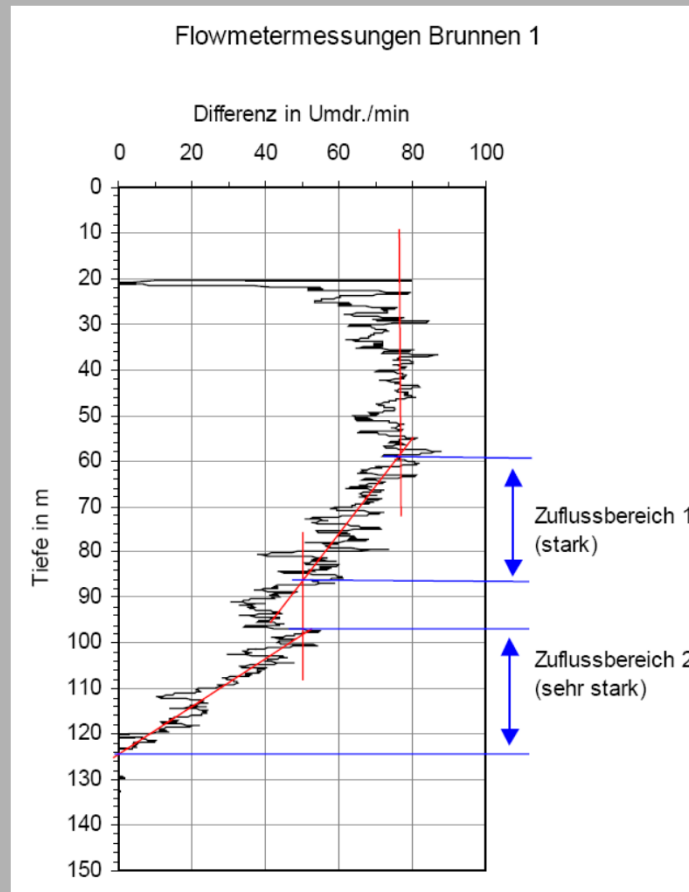
Beispiel: Teilsanierung Adelholzen GmbH Brunnen 1

Anlass:

Mikrobakterielle Belastung des Wasser und Verdacht hinsichtlich Undichtheit der vollrohre im Bereich der Verbinder ➔ BLM

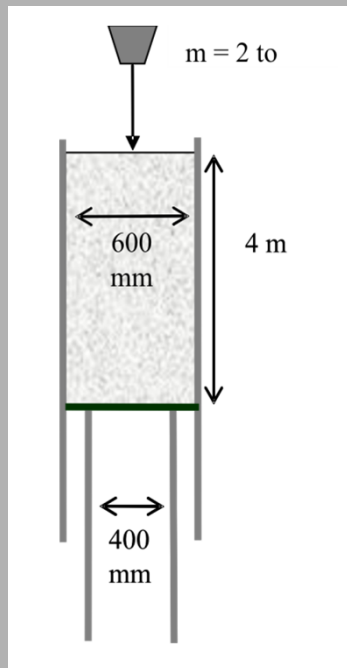
Maßnahmen:

- Schneiden der DN 400 Vollrohre (VR) bei 50 m
- Perforation der VR bei 57 m
- Ausspülen des Filterkieses
- Klarpumpen der verbliebenen Filterstrecken sowie darüberliegenden Ringraum
- Trennschuss Peilrohr bei 60 m
- Neuerliches Klarpumpen mit Packer
- Packer infolge Auflandung fest
- Auflandung auszirkuliert, Packer gelöst
- Vorbereitung zur Ringraumzementation



Beispiel: Teilsanierung Adelholzen GmbH Brunnen 1

- Ringraumzementation mittels Lanzen und Deckel auf Vollrohr in vier Arbeitsschritten mit nicht klar definiertem Zementvolumen
- Nach Zementaushärtung ca. 4 m Zement oberhalb des Deckels
- Zerschlagen und Ausfördern des Zementpfropfens



Extreme Belastung auf
VR DN400/4 mm

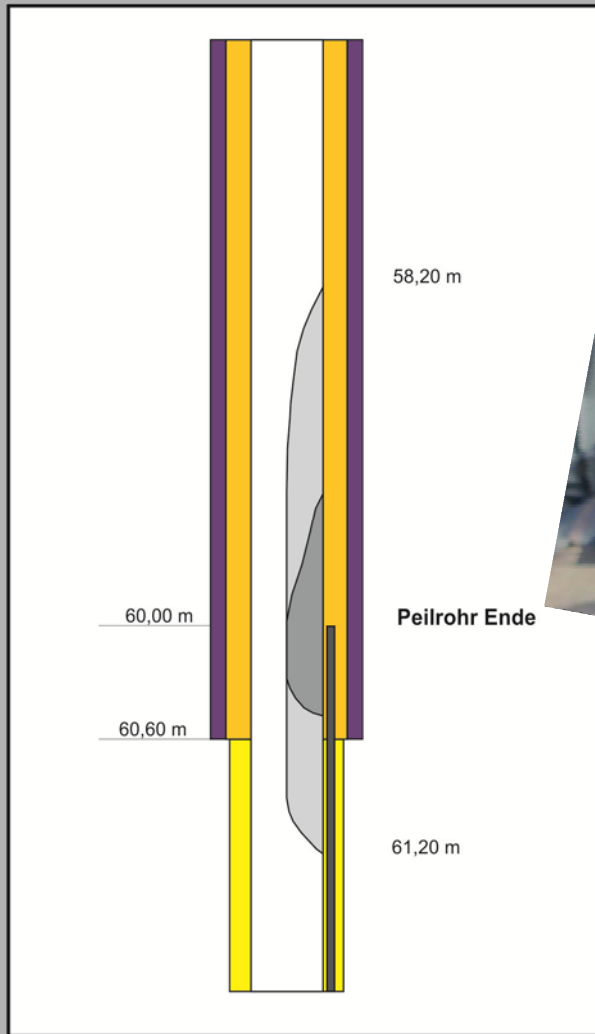
Ergebnis:
Beschädigung VR DN400
(Einbeulung)



**Schadenserhebung
Ursache und Haftung**



Beispiel: Teilsanierung Adelholzen GmbH Brunnen 1



Ursache I:

Abschießen des Peilrohres innerhalb des Sperrrohres



Ursache II:

Zertrümmern des Zementes auf dem Vollrohrdeckel


Ursache III:


Schwingungen im Bereich des Vollrohres können infolge aufgeweitetem Peilrohrendes nicht innerhalb des Sperrrohres gedämpft werden.
(*Peilrohrtrennung unterhalb des Sperrrohres!*)

Kostenstand der „Teilsanierung“ derzeit ca. € 450.000


Haftung mangels klarer Auftragsituation und Arbeitsdefinition derzeit nicht eindeutig?!

Zusammenfassung

 Voraussetzung für Regenerierung, Sanierung und Rückbau ist eine möglichst lückenlose Dokumentation von Brunnenerrichtung, Betrieb und Überwachung („Brunnenakte“).
Nachträgliche Befundaufnahme möglich (beschränkt auf Ausbauzustand und Ringraumzustand)

 Sorgfältige Planung möglichst durch unabhängige Fachkundige (bei Beiziehung der Spezialfirmen Gefahr der Methodenpräferenz) mit Kosten /Nutzenabwägung und Risikoabschätzung.

Brunnenregenerierung (Reinigung) weitgehend mit erprobten Methoden durch Spezialfirmen, Kosten und Risiko gut abschätzbar.

 Brunnensanierung (Teil-/Vollsanierung oder Rückbau) erfordert ein hohes Maß an technischer (bohrtechnischer) Kompetenz, eine klare Definition der Aufgaben und Zuordnung der Verantwortlichkeiten sowie eine offene Risikoeinschätzung der geplanten Maßnahmen.