

Optimierung und Ertüchtigung von Sanierungsbrunnen

Sanierungsbrunnen und Abwehrbrunnen sollten im Gegensatz zu Förderbrunnen, die auf hohe Förderleistungen ausgelegt sind, bei geringer Wasserhebung einen möglichst hohen Schadstoffaustrag gewährleisten. Dass dies nicht immer so ist, welche Ursachen dafür verantwortlich sein können und wie man Abhilfe schaffen kann wird im nachfolgenden Artikel erläutert.

Industrielle und militärische Altlasten finden wir in Deutschland in wohl allen Bundesländern. Aufgrund ihrer oft permanenten Gefahr für das Grundwasser werden sie in der Regel einem ständigen Monitoring unterzogen. Da wo es erforderlich ist, erfolgt auch eine Sanierung dieser Altlasten. Eine der am häufigsten angewendeten Methoden ist dabei das Abfordern des kontaminierten Wassers über sogenannte Sanierungsbrunnen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Wassergewinnungsbrunnen, die auf möglichst hohe Leistungen ausgelegt werden, kommt es bei den Sanierungsbrunnen darauf an, mit einer mög-

lichst geringen Wassermenge eine große Menge an Schadstoffen zu fördern. In der Regel wird das kontaminierte Wasser anschließend durch Reinigungsanlagen geschickt, in denen die mitgeführten Schadstoffe extrahiert werden. Derartige Grundwassersanierungen sind meist sehr kostenintensiv und auch langwierig.

Ähnlich verhält es sich mit sogenannten Abwehrbrunnen. Diese werden errichtet, um zu schützende Objekte, hier meist Wasserwerkstandorte, vor Grundwasserverunreinigungen zu bewahren. Dabei werden einzelne Brunnen bis hin zu Brunnengalerien dem Wasserwerk vorgeschal-

tet, mit dem Ziel, das kontaminierte Wasser noch vor dem Erreichen des Wasserwerkes abzuführen. Immer wieder erfährt man, dass sowohl Sanierungsbrunnen als auch Abwehrbrunnen nicht den erhofften und aus der meist akribisch ausgeführten Computermodellierung prognostizierten Sanierungs- bzw. Schutzerfolg erbringen. Leider sind zu diesem Zeitpunkt meist schon hunderttausende Euro an Kosten entstanden.

Bringen Sanierungsbrunnen nicht den erhofften Sanierungserfolg bei der Beseitigung von Grundwasserkontaminationen, liegt die Ursache dafür häufig in einer falschen Dimensionierung der Brunnen, sodass überwiegend gering oder sogar nicht kontaminiertes Wasser gefördert wird und so zur Reinigungsanlage gelangt. Die Folgen sind, wie oben schon beschrieben, erhebliche Kosten und zwangsläufig nur ein geringer oder auch manchmal überhaupt kein Sanierungserfolg.

Ursachen

Häufige Fehler sind zu lange und/oder falsch positionierte Filterstrecken woraus sich im Zusammenspiel mit dem Aufbau des Gebirges und der Hinterfüllung ein ungleichmäßiges Zuflussprofil sowie zusätzliche Zuflüsse an der Filterober- und -unterkante (aus Bereichen ober- und unterhalb des Filters – sog. „Fahrstuhleffekte“) ergeben (Abb. 2). Weiterhin herrscht oft Unkenntnis darüber, in welchen Horizonten Wasser mit welchem Kontaminationsgrad durch den Brunnen mobilisiert werden kann (Abb. 3). In manchen Fällen sind schon Filterlängen von einem Meter zu lang, um eine effektive Abförderung der Schadstoffe zu gewährleisten.

Häufig sind die geologischen Schichtenverzeichnisse auch sehr ungenau. Feinkörnigere, schluffige oder kiesige Berei-

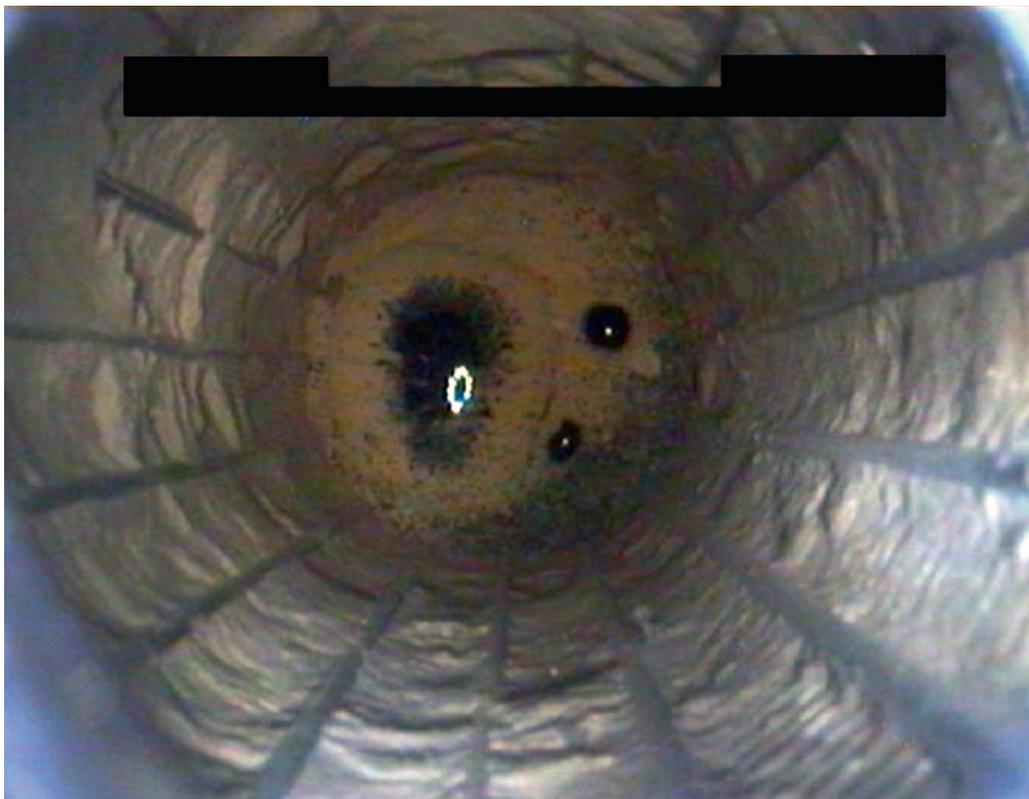


Abb. 1 – Vollständig verockerter Sanierungsbrunnen mit Schwerölphase im Brunnensumpf.

Abbildungen: Blim-Startkow

Eine Verringerung des Schadstoffgehalts aufgrund zonierter Alterung wird oft als Sanierungserfolg gedeutet. ‹‹

che werden oft nicht erkannt. Diese verschiedenen Kornspektren bewirken aber erhebliche Unterschiede im Zuflussverhalten. Das Zuflussverhalten wird zusätzlich noch in einem erheblichen Maße durch brunnen-spezifische Besonderheiten, die meist schon bei der Errichtung eines Brunnen entstehen, geprägt. Weiterhin spielt die Alterung der Brunnen (Abnahme der Ergiebigkeit) eine wichtige Rolle. Schnelle Brunnenalterungen, z. B. hervorgerufen durch eine falsche Bauweise des Brunnen, haben erheblichen Einfluss auf das Zuflussverhalten von Brunnen. Bei ungleichmäßiger Anströmung der Filterstrecke und bei hydrochemischen Gradienten im verfilterten Grundwasserleiter ist mit einer zonierten Alterung zu rechnen. Damit kann sich die Schadstoffförderung des Brunnen mit der Zeit verändern, was bei einer Verringerung des Schadstoffgehalts oft als Sanierungserfolg gedeutet

wird, tatsächlich aber der Alterung des Brunnen geschuldet ist. Da die Sanierung in der Regel oberflächennah erfolgt, ist hierdurch schon mit einer verstärkten Alterung der Brunnen zu rechnen [1].

In den seltensten Fällen haben Brunnen aus den genannten Gründen einen über die gesamte Filterstrecke gleichmäßig verteilten Zufluss. Der Sanierungserfolg bleibt jedoch bei einem unregelmäßigen Anströmungsprofil auf die Bereiche hoher Durchlässigkeit (hoher k_f -Wert in Gebirge und Ringraum) beschränkt. Es wird somit oft nur gering oder nicht kontaminiertes Wasser über die Reinigungsanlage geleitet und der Sanierungserfolg bleibt in den oft stark kontaminierten Bereichen mit kleinem k_f -Wert aus.

Anzumerken wäre hier noch, dass das Problem der ungleichmäßigen Anströmung auch für Grundwassermessstellen gilt. Leicht vorstellbar ist, wie massiv eine Probe

aus einer Grundwassermessstelle mit langem Filter verfälscht wird und damit kaum repräsentativ ist, wenn der Zufluss nur an wenigen Stellen, gegebenenfalls auch nur über den oben beschriebenen Fahrstuhleffekt, erfolgt. Auch ist mit einer deutlichen Veränderung des Zustroms immer dann zu rechnen, wenn die Messstelle mit einer anderen Pumpleistung beprobt wird. Schon hieraus können Veränderungen im Schadstoffgehalt resultieren. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass Grundwassermessstellen, ebenso wie Brunnen, einer Alterung unterliegen, die das Zuflussprofil einer Messstelle über die Zeit verändert. Da dieser Alterungsprozess, d. h. die Verringerung der Durchlässigkeit von Filter, Filterkies und Gebirge nicht gleichmäßig über die gesamte Filterlänge erfolgt, kann hieraus eine deutliche Veränderung der Schadstofffracht bei der Probenahme resultieren. →



STÜWA
BRUNNENFILTER
BOHRBEDARF

Ihr Hersteller seit über
125 Jahren
Made in Germany

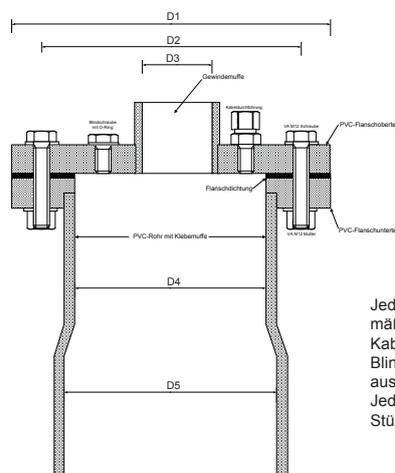


STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH Tel.: 05244 / 407-0 www.stuewa.de

COLSHORN BRUNNENKOPF



Brunnenkopf aus PVC-hart
Schrauben und U-Scheiben
aus V2A/M12. Flanschdichtung
aus NBR. Gewindemuffe verzinkt.



Jeder Brunnenkopf hat standardmäßig eine Gewindemuffe, eine Kabeldurchführung PG16 und eine Blindverschraubung. Gewindemuffe aus V2A. (Mehrpreis auf Anfrage). Jede weitere Durchführung 6,00€/Stück.

Michael Colshorn
Neuffenstraße 78, 73240 Wendlingen
Tel. 07024/929242 Fax: 07024/929244
E-Mail: michael@colshorn.biz <http://www.colshorn.biz/>

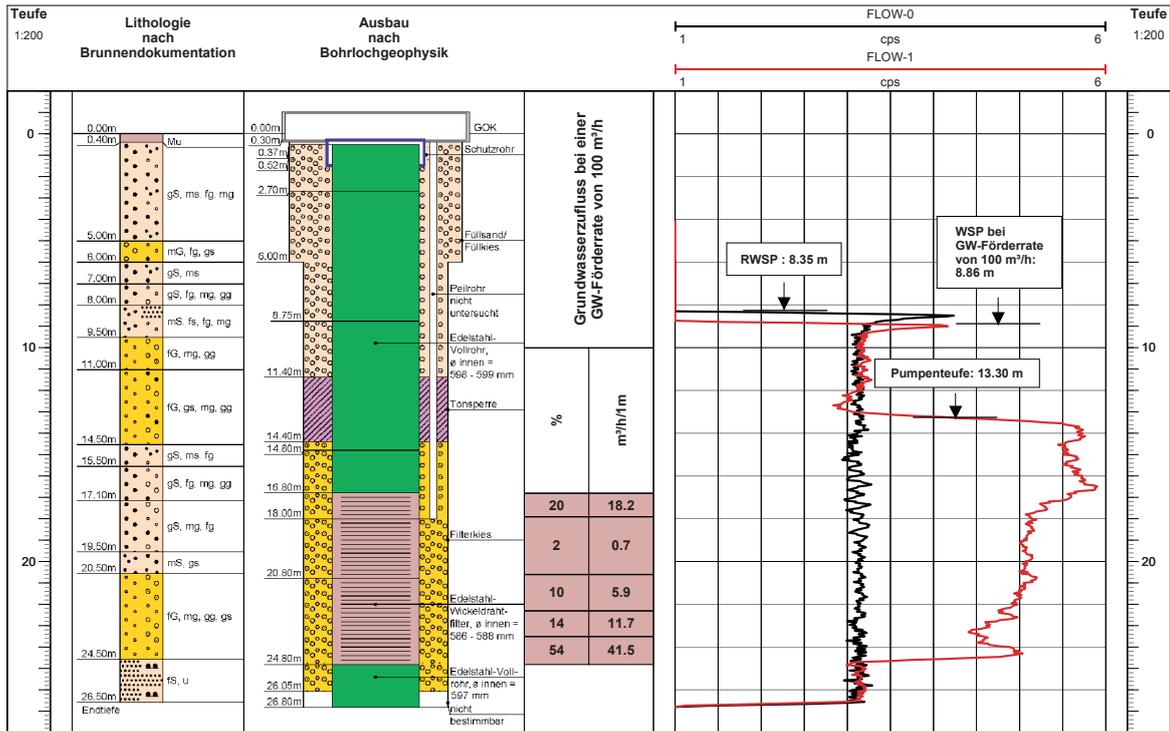


Abb. 2 – Beispiel eines Brunnens, welcher im Bereich der Filterstrecke eine vergleichsweise geringe Ergiebigkeit zeigt. Die Hauptzulußzonen befinden sich unterhalb (54 % des Gesamtzulußes) und oberhalb (20 % des Gesamtzulußes) der Filterstrecke (sogenannter „Fahrstuhleffekt“). Das Zuflußprofil ist ein Hinweis auf eine fehlerhafte Aufnahme der Lithologie.

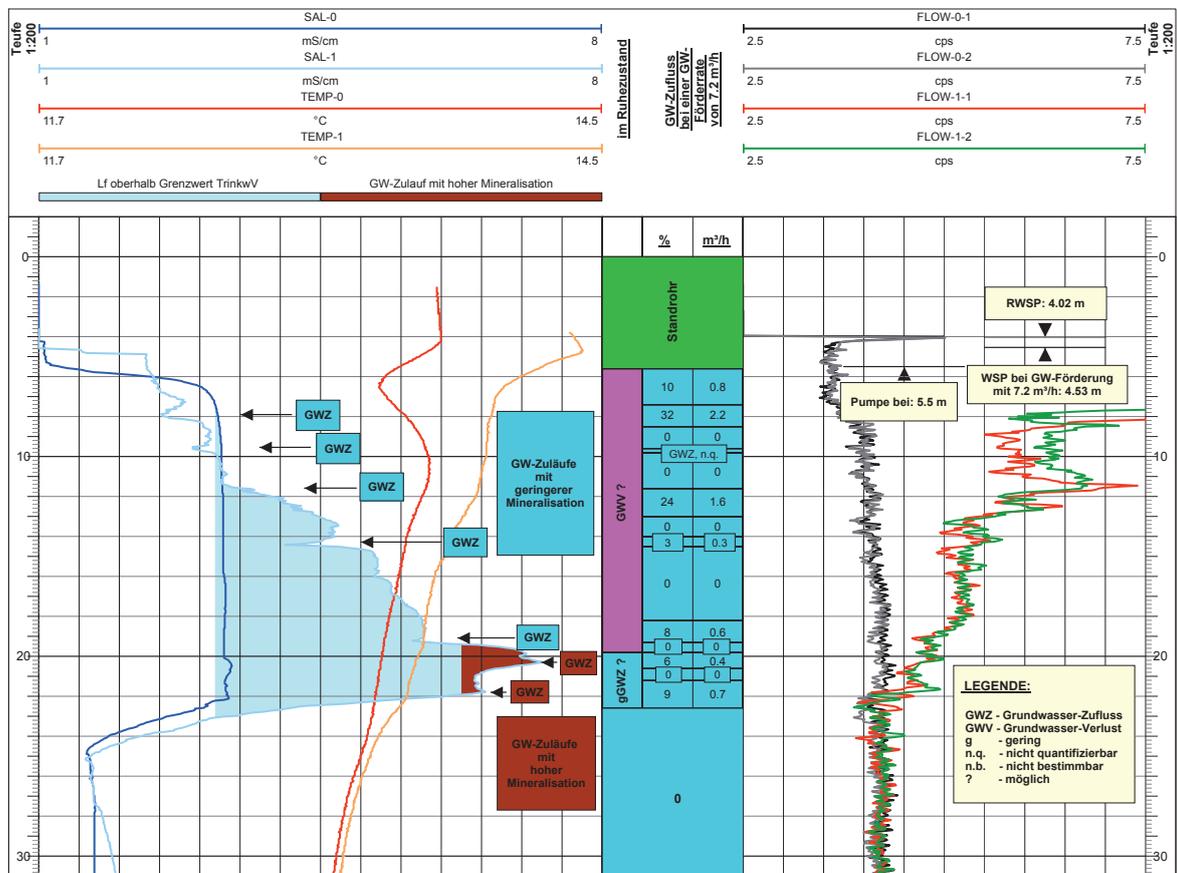


Abb. 3 – Zuflußprofil einer Aufschlußbohrung (Festgestein); In diesem Fall konnte anhand von Messungen der elektr. Leitfähigkeit des Wassers in Kombination mit Flowmetermessungen der Anschnitt von Wässern unterschiedlicher Mineralisation (Kontamination!) nachgewiesen werden. Auf der Grundlage dieser Messungen ist zur Charakterisierung der anströmenden Wässer zusätzlich eine teufenorientierte Wasserprobenahme (TP) zu empfehlen.

Brunnenuntersuchung

Eine genaue Kenntnis des Brunnenausbau, der Hinterfüllung, der hydraulischen Eigenschaften des Gebirges und der Verteilung der Schadstoffe ist Voraussetzung für die Optimierung eines Sanierungsbrunnens. Hier beginnt oftmals schon das Problem eines Sanierungsbrunnens. Immer wieder kann nämlich festgestellt werden, dass die Filterstrecken nicht in der geplanten Teufe installiert wurden, vorgegebene Ringraumabdichtungen nicht oder nicht teufengerecht eingebaut wurden und die Rohrverbindungen undicht sind, sodass Oberflächenwasser in den Brunnen eindringt, was wiederum zu einer beschleunigten Alterung führen kann. Auf der Grundlage einfacher geophysikalischer Untersuchungen (z. B. Zuflussmessungen und Wichtung der Zuflüsse hinsichtlich ihrer Schadstofffracht) lässt sich dann eine Lösung finden. Bei Projekten der Altlastensanierung wird jedoch meistens darauf verzichtet und so eine Kostenexplosion bei nicht erreichtem Sanierungsziel in Kauf genommen. In der Wassergewinnung sind geophysikalische Messverfahren heute Standard und auch Bestandteil entsprechender technischer Regelwerke (z. B. DVGW-Arbeitsblatt W 110 [2] oder W 135 [3]).

Ziele der bohrlochgeophysikalischen Messungen sollten dabei

- die genaue Statusaufnahme des Brunnens (u. a. Lage der Filter, Ringraumabdichtung, Verfüllung, Dichtheit der Rohrverbindungen, Teufenreichweite teleskopierter Rohre) und
- die Bestimmung der genauen Zuflussbereiche (quantitativ) sowie der Zonen im Brunnen, welche die höchste Schadstofffracht bringen, sein.

Auf der Grundlage der Untersuchungen kann ein Umbau des Brunnens oder gegebenenfalls eine Anpassung des Förderregimes geplant werden.

Messung

Die Messbeispiele, zu denen Abbildung 2 und 3 gehören, zeigen Untersuchungsergebnisse in einem Brunnen bzw. in einer Aufschlussbohrung zur Altlastenerkundung, bei welchen eine ungleichmäßige Anströmung bzw. der Eintritt von Wässern unterschiedlicher Mineralisation in die Bohrung auftraten.

Bei der Konzipierung des Messprogramms sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Neben dem Ausbau-/Verfüllmaterial im Ringraum und dem

Tabelle 1 – Messverfahren

Abkürzung	Bezeichnung	Aussage
OPT	Fernsehsondierung	Allgemeinzustand Lage des Filters
FEL	Fokussiertes-Elektro-Log	Dichtheit der Rohrverbindungen
IL	Induktions-Log	lithologischen Gliederung des umgebenden Gebirges
SGL	Segmentiertes-Gamma-Ray-Log	Tonsperrennachweis in Kombination mit GG.D und NN, Zustand der Kiesschüttung
NN	Neutron-Neutron-Log	Tonsperrennachweis in Kombination mit SGL und GG.D, Zustand der Kiesschüttung
GG.D	Gamma-Gamma-Dichte-Log	Tonsperrennachweis in Kombination mit SGL und NN, Zustand der Kiesschüttung
RGG.D	Gamma-Gamma-Dichte-Ringraumscanner-Log	Tonsperrennachweis in Kombination mit SGL und NN, Einsatz bei Rohren von 100 bis 150 mm zum Nachweis einer allseitigen homogenen Verfüllung/Abdichtung des Ringraums, Zustand der Kiesschüttung
EMDS.WD	Elektromagnetisches Wanddicken-Log	Sperrohrnachweis
MIL	Milieu-Log (SAL/TEMP/pH/O ₂ /Rx)	Wasserchemismus
FLOW	Flowmeter-Log	Zuflussprofilierung
FWPACK	Packerflowmeter-Log	Durchlässigkeit der Filterschlitzes und des filternahen Ringraumes
TP	Teufenorientierte Probenahme	Entnahme teufenorientierter Wasserproben, die insitu hermetisch gegenüber der Umgebung abgeschlossen werden

Durchmesser spielt hier die Qualität der Brunnendokumentation eine entscheidende Rolle. Die Förderraten und auch die Pumpenstellung sind ebenfalls in die Planung einzubeziehen. Aus diesem Grunde muss das Messprogramm für jeden Brunnen durch einen mit Brunnenuntersuchungen erfahrenen Geophysiker detailliert geplant werden. Für die Untersuchung können prinzipiell die in Tabelle 1 aufgeführten Verfahren zum Einsatz gebracht werden.

Nachdem der Ausbau des Brunnens geklärt und die Zuflussbereiche mittels einer Flowmetermessung quantifiziert wurden, sind aus dem Pumpenstrom mittels eines motorischen Probennehmers teufenorientierte Proben aus den einzelnen Zuflussbereichen zu entnehmen. Sowohl bei der Zuflussprofilierung mittels Flowmetermessung als auch bei der anschließenden teufenorientierten Probenahme ist darauf zu achten, dass der Brunnen möglichst exakt mit der Förderrate betrieben wird, die auch für den Regelbetrieb bestimmend ist. Veränderte Förderraten

können ein anderes Zuflussprofil und zwangsläufig damit verbunden auch eine andere Schadstoffverteilung der Zuflüsse zur Folge haben. Nach dem Vorliegen der Laboranalysen der entnommenen Wasserproben ist nunmehr nur noch eine einfache mathematische Operation notwendig, um den Schadstoffgehalt jedes einzelnen Zuflusses zu bestimmen. Dabei muss bei der Berechnung beachtet werden, dass sich der Schadstoffgehalt des Pumpenstroms bei einer Pumpenstellung oberhalb der Filterstrecke vom Liegenden zum Hangenden aufaddiert. Das Ergebnis ließe sich noch verifizieren, wenn die Flowmetermessung mit anschließender Probenahme bei einer veränderten Pumpeneinbauteufe, z. B. im Liegenden der Filterstrecke, wiederholt wird.

Brunnenanpassung

Durch geeignete Brunnenumbaumaßnahmen ist der Brunnen so zu gestalten, dass vorrangig nur noch die Bereiche mit der höchsten Schadstofffracht abgefördert werden. Einige mögliche Anpassungs-

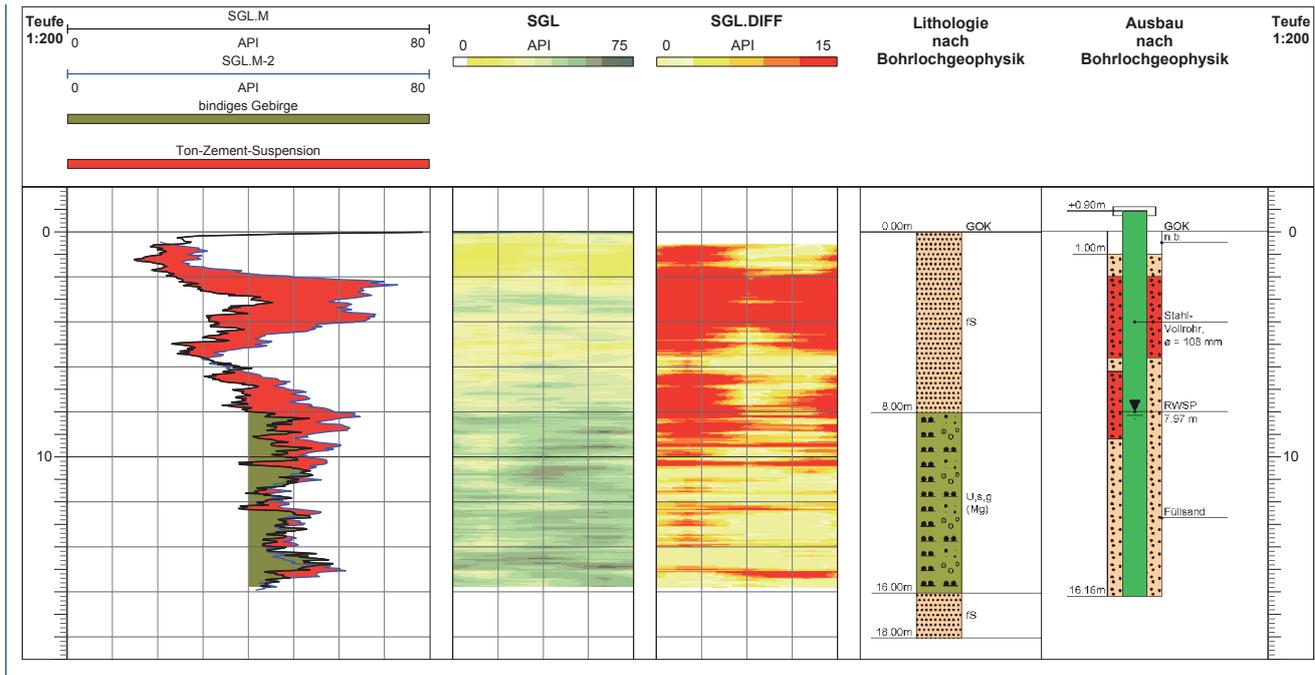


Abb. 4 – Beispiel einer geophysikalischen Verpresskontrolle nach sekundärer Ringraumverpressung über Lanzen; Aus den Messungen ist deutlich ersichtlich, dass in den geplanten Verpresshorizont nur einseitig und auch nur in den oberen Bereich Suspension gelangte. Die Verpressung muss in jedem Falle durch das Setzen weiterer Spüllanzen ergänzt werden.

maßnahmen sollen nachfolgend kurz erläutert werden.

Als erster Schritt sollten Zuflüsse aus dem Bereich oberhalb der Filterstrecke („Fahrstuhleffekt“) unterbunden werden. Dies wird dadurch erreicht, dass oberhalb der Filterstrecke nachträglich eine Ring-

raumabdichtung eingebracht wird [4, 5]. Hierfür gibt es seit Jahren erprobte Techniken. Da Sanierungsbrunnen selten tiefer als 30 m sind, würde sich hier die nachträgliche Verpressung der Ringräume oberhalb des Filters mittels Lanzen anbieten. Hierbei wird mit Spüllanzen die Ringraum-

verfüllung bis zur gewünschten Teufe weitestgehend entfernt, zumindest aber der Porenraum der Ringraumverfüllung mit einer Ton-Zement-Suspension versetzt. Um zu verhindern, dass Suspension in den Filterbereich gelangt, muss ein ausreichender Abstand zum Filter eingehalten werden. Sofern magnetisch oder strahlungsaktiv markierte Suspensionen verwendet werden, ist eine Onlinebeobachtung der Ausbreitung der Suspension im Ringraum mittels Bohrlochgeophysik möglich und auch empfehlenswert. Der Verpressvorgang kann so zielgenau gesteuert und auch die erfolgreiche Abdichtung dokumentiert werden (Abb. 4).

Alternativ wäre die Verpressung des Ringraums über Perforationen (z. B. Schuss- oder Sandstrahlperforation) der Brunnenrohre und einem Doppelpacker bzw. einem Aufkieseln des Brunnens bis zur Verpressteufe möglich. Beim Aufkieseln wird dann oberhalb der Perforationsstrecke ein Packer gesetzt und die Suspension über einen Durchgang im Packer verpresst. Nachdem die Suspension beginnt auszuhärten, sind die Suspensionsreste aus dem Brunneninneren zu entfernen. Nach dem vollständigen Aushärten der Suspension kann dann auch die Aufkiesung entfernt werden. Um die ordnungsgemäße Verpressung nachweisen zu können, sollten auch hier ausschließlich markierte Suspensionen verwendet werden.

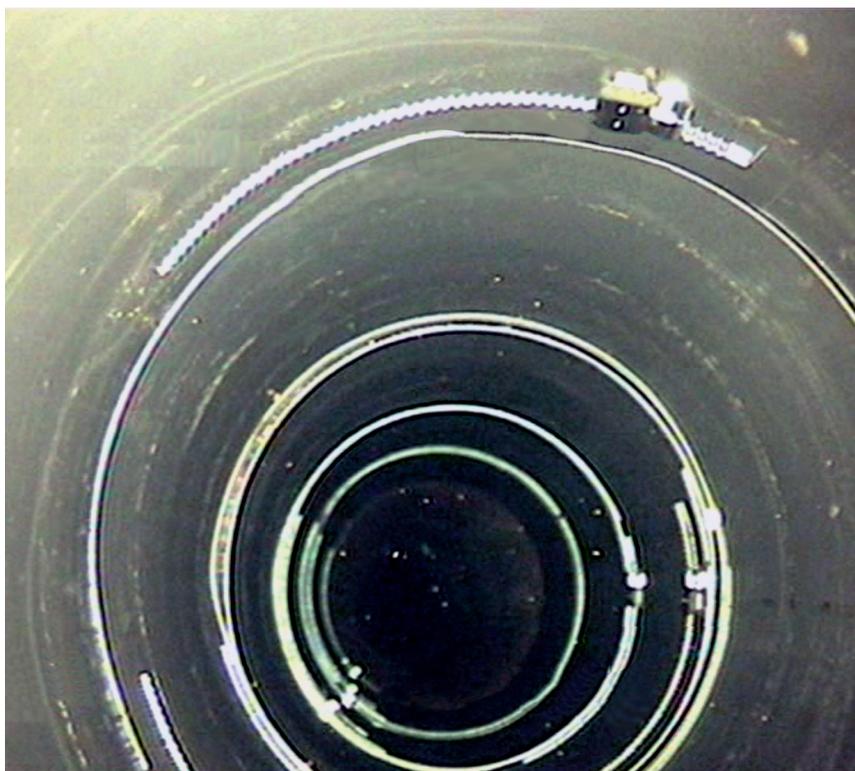


Abb. 5 – Mehrere übereinander gesetzte Innenrohrmanschetten

In einem weiteren Schritt müssen die Filterbereiche verschlossen werden, die nur eine geringe oder z. T. auch gar keine Schadstofffracht erbringen. Dies sind meist die hydraulisch aktivsten Filterabschnitte. Auch hierfür gibt es inzwischen technische Standardlösungen. Am einfachsten ist es, den Zufluss einzelner Filterbereiche mittels Innenrohrmanschetten (Abb. 5) zu reduzieren. Da eine Umströmung der gesetzten Innenrohrmanschetten nicht ausgeschlossen werden kann, kann dies jedoch auch nur zu einer Reduzierung der ungewollten Zuflüsse führen. Aber selbst eine Reduzierung der unerwünschten Zuflüsse stellt meist schon eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand dar.

Für die tiefsten Filterabschnitte des Brunnens besteht die Möglichkeit, diese mittels einer möglichst abrasionsstabilen Ton-Zement-Suspension zu verschließen. Hierdurch könnte auch der „Fahrstuhleffekt“ aus dem Liegenden des Brunnens weitestgehend unterbunden werden. Sofern der obere Teil eines Filters verschlossen werden soll, eignet sich hierfür der Einbau einer Einschubverrohrung bis zur Unterkante des abzudichtenden Bereiches. Diese ist am Fuß derart abzudichten, dass ein Austreten der Suspension in den Brunnen verhindert wird (z. B. Rollgummi + Tonpellets + Füllsand). Anschließend erfolgt die Verpressung einer ebenfalls abrasionsstabilen Ton-Zement-Suspension zwischen Brunnenrohr und Einschubverrohrung. Durch die über die Filterschlitz eindringende Suspension wird die Durchlässigkeit des Ringraums entscheidend reduziert, so dass auch der „Fahrstuhleffekt“ weitestgehend minimiert wird. Auch hier sollte möglichst markierte Suspension verwendet werden, um so den Verpresserfolg belegen zu können.

In der Regel führt ein solcher Brunnenumbau zu erheblichen Kosteneinsparungen, da sich die Menge des über die Reinigungsanlage geleiteten Wassers verringert. Auch kann durch eine derartige Maßnahme das Sanierungsziel schneller erreicht werden. Selbst wenn durch die Umbaumaßnahmen am Brunnen die unerwünschten Zuflüsse auch nur reduziert werden, ist dies gegenüber dem vorherigen Zustand schon ein Erfolg.

Es sollte zur Regel gehören, Sanierungsbrunnen vor ihrer Inbetriebnahme nach dem oben vorgeschlagenen Schema zu untersuchen. Die Ergebnisse sollten dann in die computergestützte Grundwassermodellierung einfließen. Eine exaktere

Vorhersage des Sanierungsfortschrittes könnte, neben der Verhinderung unnötiger Kosten, ein weiteres Ergebnis hierbei sein.

Sollte eine Sanierung in einzelnen Fällen, überwiegend aus Kostengründen, nicht sinnvoll sein, ist es meist dennoch besser, einen neuen Brunnen zu errichten, als einen uneffektiven Brunnen oftmals über Jahre weiter zu betreiben.

Literatur

- [1] Triller, F., Voß, T., Baumann, K. (2009): Verstärkte Brunnenalterung bei fehlender Ringraumabdichtung; bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau, Nr. 5/2009, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 110 (2005): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen – Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 135 (1996): Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [4] Baumann, K., Lewin, H. G., Nolte, L. P. (2003): Nachträgliche Herstellung von Ringraumdichtungen als Sanierungsmaßnahme für Brunnen und Grundwassermessstellen; bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau, Nr. 3/2003, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln
- [5] Baumann, K., Pfenner, I. (2006): Bohrlochgeophysikalischer Nachweis von sekundär eingebrachten Ringraumabdichtungen; bbr Fachmagazin für Wasser- und Leitungstiefbau, Nr. 7/8/2006, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

Autor

Dipl.-Geol. Karsten Baumann
Bohrlochmessung-Storkow GmbH
Schützenstr. 33
15859 Storkow
Tel.: 033678 43630
Fax: 033678 43631
baumann@blm-storkow
www.blm-storkow.de

Swan
1/3 Seite