

Nachträgliche Ringraumabdichtung

zum Rückbau von Brunnen und Grundwassermessstellen

Der Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen oder Bohrungen ist für den Bauherrn schon immer eine sowohl technische als auch finanzielle Herausforderung gewesen. Da der Schutz unserer Ressource „Grundwasser“ einen sehr hohen Stellenwert hat, ist ein qualifizierter Rückbau jedoch unverzichtbar. Vielfach wird dabei das Überbohren der alten Bauwerke präferiert und alternativen Möglichkeiten nur ungenügende Aufmerksamkeit geschenkt. Im Nachfolgenden werden jahrzehntelang praktizierte Methoden der Ringraumabdichtungen bzw. Nachdichtungen beschrieben und für den Brunnenrückbau Alternativen zum Überbohren und Prüfmethode zur Erfolgskontrolle dargestellt.

von: Karsten Baumann (Bohrlochmessung Storkow GmbH), Sven Tewes & Daniel Lang (NBB Nord Bohr und Brunnenbau GmbH) & Ronald Rogge (HAMBURG WASSER)

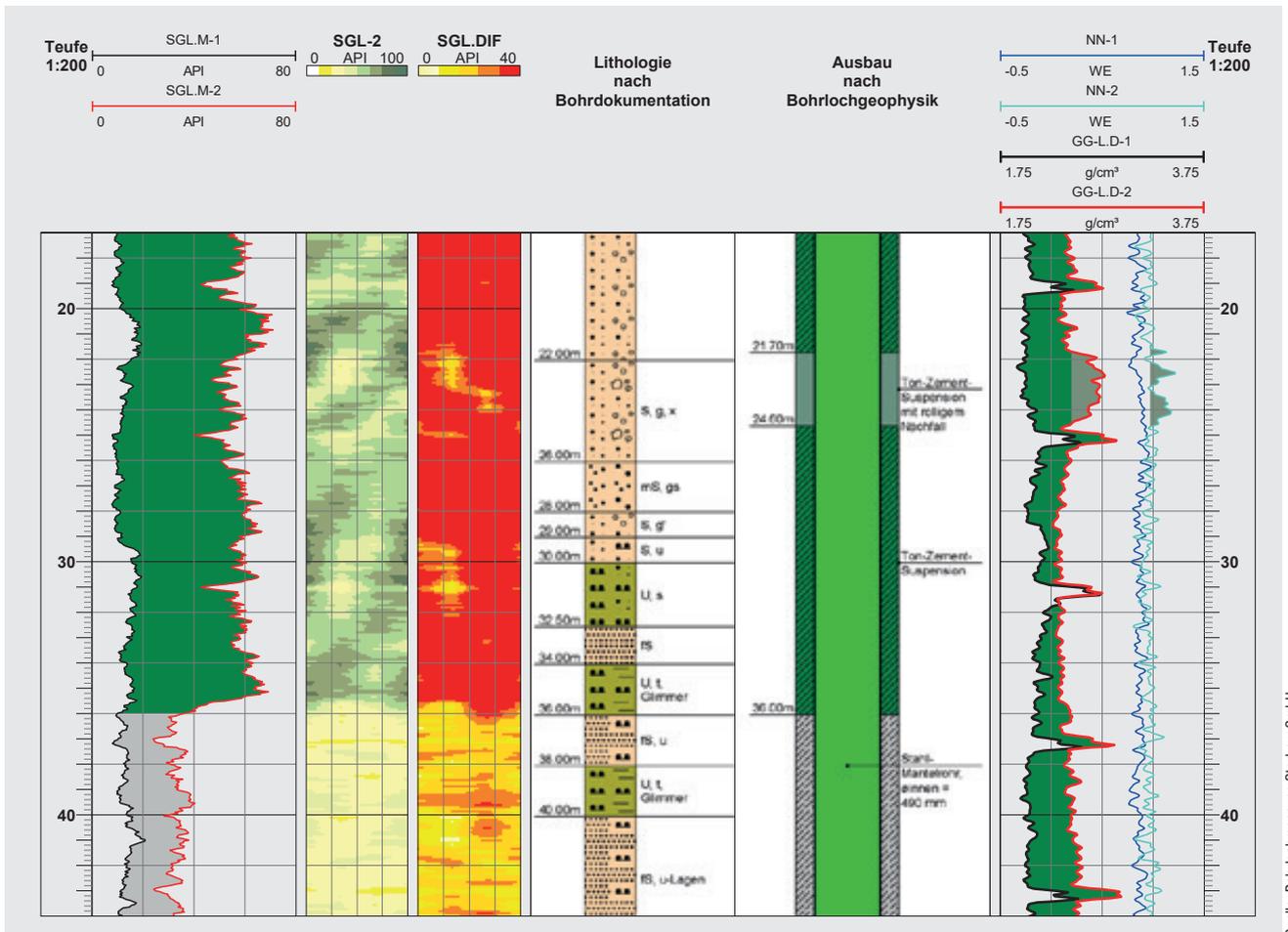
Im Dezember 2018 ist das neue DVGW-Arbeitsblatt W 135 mit dem Titel „Sanierung und Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen und Bohrungen“ erschienen. Hier werden unter Pkt. 8 Rückbaumethoden beschrieben, wobei im Pkt. 8.1 darauf orientiert wird, dass der Ausbau grundsätzlich durch Ausräumen (Überbohren) zu entfernen ist. Nur wenn die Entfernung des Ausbaus nicht möglich oder erforderlich ist, wobei hier nicht beschrieben wurde, wann eine Entfernung erforderlich ist oder nicht, kann entsprechend Pkt. 8.2 (Verfüllung der Verrohrung/Bohrung) oder Pkt. 8.3 (Ringraumnachdichtungen) auf einen Rückbau nach Pkt. 8.4 (Überbohren) verzichtet werden. Da nach allgemeinem Verständnis ein Rückbau immer zum Ziel hat, einen hydraulischen Kurzschluss zwischen verschiedenen Grundwasserleitern (Grundwasserstockwerke, aber auch Kluftsysteme) zu unterbinden, kann im Umkehrschluss gefolgert werden, dass bei einer intakten hydraulischen Abdichtung (im weiteren Sinne Tonsperre oder Ton-Zement-Suspension im Ringraum) auf ein aufwendiges, zum Teil technisch riskantes und auch kostenintensives Überbohren verzichtet werden kann. Hierbei sollten auch folgende Punkte besonders bedacht werden:

- Der notwendige Platz beim Überbohren übersteigt in vielen Fällen den Bedarf eines Neubaus. Gerade bei Brunnen, die vor 40 bis 50 Jahren erbaut wurden, ist heute oft nur sehr begrenzte Fläche vorhanden, die zudem oft bis an die Grenzen der Schutzzonen 1 reicht.

Quelle: NBB

Einbau einer Doppelpackergarnitur mit 5 m perforiertem Verpressrohr beim Rückbau eines Versorgungsbrunnens durch Perforation und anschließende Nachverpressung





Quelle: Bohrlöchmessung Starkow GmbH

Abb. 1: Nachweis der Verpressung einer 490 mm-Mantelrohrtour

- Das Überbohren von Brunnen im Lockergestein birgt wegen fehlender Führung der Bohrgarnitur und häufig anzutreffender Neigungen immer die Gefahr, die Ausbauachse zu verlassen. Das hätte zur Folge, dass der Brunnen nicht bis in die notwendige Teufe überbohrt werden kann und damit das angestrebte Ziel eines ordnungsgemäßen Rückbaus nicht erreicht wird.
- Im Ringraum oftmals angetroffene Bohrhindernisse (z. B. abgerissene Rohre, Steine, betonharte Versinterungen von Kiesen bis hin zu Führungen) sind ein nicht zu unterschätzendes Überbohrrisiko.
- Bei Trockenbohrungen mit teleskopiertem Bohrschema ist dies im Rahmen der Planung zu ergründen und der Nachweis des vollständigen Entfernens der Bohrröhre geophysikalisch zu erbringen. Das ehemalige Verrohrungsschema gibt den geforderten Mindestüberbohrdurchmesser vor.
- Auch die Gefahr des „Festwerdens“ der Überbohrgarnitur sollte nicht unterschätzt werden, denn dadurch kann der gesamte Rückbau scheitern.
- Ein Überbohren von Brunnen mit großen Ausbau- und/oder Bohr-

Anzeige 1/4



Quelle: Iwers Brunnenbau GmbH

Abb. 2: Lage der Verpressbohrungen um den Brunnenkopf

durchmessern und/oder großen Teufen erfordert einen besonders hohen technischen und finanziellen Aufwand.

- Kostenfaktoren beim Überbohren stellen weiterhin die Entsorgung von Spülung, Bohrgut sowie Ausbaumaterialien dar
- Bei Standorten mit Altlastenverdacht im oberflächennahen Bereich muss mit erheblichem Aufwand gerechnet werden, um die Kontamination oder Verschleppung durch die Bohrarbeiten zu verhindern.
- Bei überbauten oder abgeöschten Brunnen ist der Aufwand die Bohranlage aufzustellen bzw. zu betreiben erheblich oder unmöglich.

Aus den genannten Gründen sollte in jedem Fall eine sorgfältige Abwägung aller Risiken und Chancen von Rückbaumethoden erfolgen. Letztendlich muss das Ziel einer hydraulischen

Trennung der einzelnen Grundwasserstockwerke nach erfolgtem Rückbau erreicht sein. Es spricht somit nichts dagegen, Brunnen, die geophysikalisch nachweislich über eine ausreichend mächtige Ringraumabdichtung verfügen, der geologischen Schichtenfolge entsprechend oder vollständig bindig zu verfüllen. Auch das nachträgliche Einbringen von Ringraumabdichtungen mittels Perforation der Ausbaurohrtouren, Injektionsbohrungen mit Doppelwandgestänge oder über Injektionslanzen ist ein probates Mittel zum Brunnenrückbau, sofern das Ergebnis überprüfbar ist. Diese Technologien werden seit Langem praktiziert, wobei der Erfolg der Maßnahme sich mit bohrlochgeophysikalischen Methoden zuverlässig nachweisen lässt. Im Folgenden werden sowohl angewandte Ringraumverpresstechnologien als auch Methoden des Brunnenrückbaus über Perforationen, Injektionslanzen und Injektionsbohrungen mit Doppelwandgestänge sowie geeignete Kontrollmaßnahmen beschrieben.

Nachweis von Ringraumabdichtungen

Der Nachweis von Ringraumabdichtungen bei Brunnen, Grundwassermessstellen und inzwischen auch Erdwärmesonden gehört zu den Standardaufgaben der Bohrlochgeophysik. In den verschiedensten Arbeitsblättern des DVGW wird hierauf Bezug genommen. Das DVGW-Arbeitsblatt W 110 „Bohrlochgeophysik in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen“ beschäftigt sich ausschließlich mit bohrlochgeophysikalischen Messmethoden. In aller Regel ist es dem Stand der Technik entsprechend notwendig, den Nachweis einer ausreichend dimensionierten Ringraumabdichtung

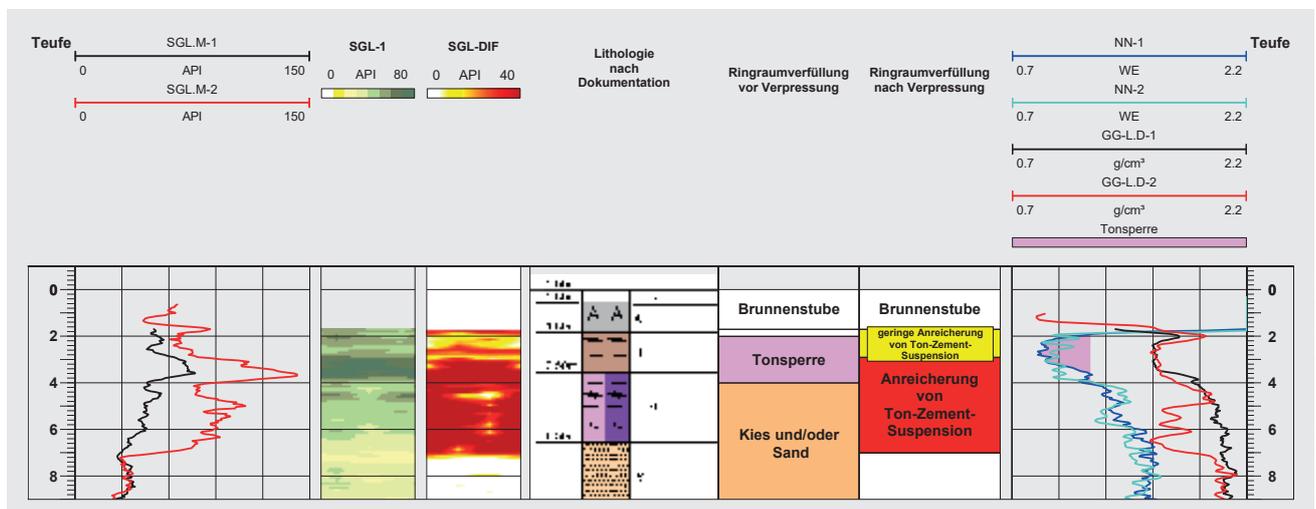


Abb. 3: Erfolgskontrolle der Lanzenverpressung

Quelle: Bohrlochmessung Storkow GmbH

zu führen. Hierzu ist im genannten DVGW-Arbeitsblatt in der Tabelle C1 zu finden, dass der Nachweis der Lage und Homogenität von unmarkierten oder gammaaktiv markierten Ringraumabdichtungen mittels der Messverfahren GR oder SGL, NN, GG.D oder RGG.D erfolgt. Bestehen trotzdem Zweifel an der hydraulischen Wirksamkeit der Ringraumabdichtung, so kann, je nach Brunnenausbauart (starr oder verloren), mittels eines Gasdynamischen Tests (GDT) oder eines Temperaturmonitorings (TEMP-MON) auch dies überprüft werden.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von zwei Messensätzen vor (Index 1) und nach Verpressung (Index 2) von Ton-Zement-Suspension mit einer hohen Gammaaktivität im Ringraum eines 508 x 10 mm Stahl-Mantelrohrstranges. Da es sich um einen Neubaubrunnen handelt, befand sich im Ringraum vor Verpressung Spülung. Als Messverfahren kamen gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 110 das Segmentierte Gamma-Ray-Log (SGL), das Neutron-Neutron-Log (NN) und das Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG-L. D) zum Einsatz. Alle drei Messverfahren zeigen eine Veränderung der Messwerte vor und nach Verpressung. Nach SGL ergibt sich eine Erhöhung der Gamma-Strahlung durch die eingebrachte Suspension (vergl. auch SGL.DIF als Differenz der Messung vor und nach der Verpressung). Nach GG-L.D hat sich die Lagerungsdichte im Ringraum erhöht und nach Neutron-Neutron-Log wurde die Spülung im Ringraum durch die Suspension verdrängt. Im Ergebnis aller drei Messverfahren lässt sich eindeutig schlussfol-



Quelle: Ivers Brunnenbau GmbH

gern, dass der Ringraum allseitig, weitestgehend homogen abgedichtet wurde.

Abb. 4: Doppelwandgestänge für Injektionsbohrungen

Verpressung über Injektionen zur nachträglichen Ringraumabdichtung

Brunnen, die in nur geringen Teufen abgedichtet werden müssen, also der Grundwasseringleiter oberflächennah ansteht, lassen sich

Anzeige 1/3



Quelle: NBB

Abb. 5: Einbau eines Korbes mit versetzt angeordneten Hohlladungen

mit dem einfachen Verfahren der Lanzenverpressung nachträglich abdichten. Dabei spielt es keine Rolle, wie tief der Brunnen insgesamt ist. Entscheidend ist nur die Teufenlage des abzudichtenden Horizontes. Nachfolgend ein Beispiel für die Lanzenverpressung eines Feuerlöschbrunnens: Anhand einer bohrlochgeophysikalischen Voruntersuchung wurde eine fehlerhafte Ringraumabdichtung festgestellt, was dazu führte, dass die zuständige Behörde für den Weiterbetrieb des Brunnens eine nachträgliche sichere Stockwerkstrennung verlangte. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (naheliegender Autobahntunnel) kam hier nur eine minimalinvasive Variante zur Ringraumnachdichtung in Frage. Der Brunnen konnte dabei auch nicht außer Betrieb genommen werden, da er als Feuerlöschbrunnen für den nahegelegenen Autobahntunnel ständig zur Verfügung stehen musste. Nur für den Nachweis einer funktionstüchtigen Ringraumnachdichtung durfte die Pumpe demontiert werden. Man entschied sich, zusammen mit der zuständigen Behörde, für eine oberflächennahe Rin-

graumabdichtung mittels Lanzenverpressung im Direktspülen.

Der Brunnen war 30 m tief und mit PVC DN 200 ausgebaut. Die Bohrdurchmesser der Trockenbohrung waren unbekannt. Seitens der Behörde wurde gefordert, im Bereich des Grundwassergeringleiters, der von 1,80 m bis 6,50 m unter Flur reichte, eine wirksame Abdichtung einzubringen. Die Ringraumabdichtung des Brunnens erfolgte durch die folgenden Arbeitsschritte:

- Es wurden fünf Betonkernbohrungen, DN 100, direkt um den Brunnenkopf durch die Schachtsohle gebohrt (**Abb. 2**).
- Anschließend erfolgte das Einspülen von fünf Lanzen in den Ringraum bis ca. 6,5 m unter GOK.
- Die Lanzen wurden mittels Dichtgliederketten gegen die Brunnenschachtsohle abgedichtet. Anschließend wurde über die Lanzen im Pilgerschrittverfahren eine vorher berechneten Menge an gammaaktiv markierter Tonmehl-Zement-Suspension verpresst. Das Verpressen der z. B. letzten Lanze erfolgte dabei nach Verschluss (Stopfen) der übrigen mit Suspension aufgefüllten vier Lanzenbohrungen, sodass keine Umläufigkeiten auftreten konnten. Weiterhin wurden die Lanzen örtlich versetzt, gegenüberliegend eingespült.
- Die bohrlochgeophysikalische Kontrollmessung (**Abb. 3**) erfolgte im Anschluss, wobei hierfür die Betriebspumpe gezogen werden musste.
- Nachdem der Nachweis der erfolgreichen Ringraumabdichtung aus dem Vergleich der Nullmessung und der aktuellen Kontrollmessung erbracht wurde, konnten die Kernbohrungen rund um den Brunnenkopf mit Betonplomben verschlossen werden.

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der bohrlochgeophysikalischen Kontrollmessung vor (Index 1) und nach der Verpressung (Index 2) dargestellt. Sowohl aus der Messung des segmentierten Gamma-Log (SGL), dass gleichzeitig in um 120° versetzten Spuren die natürliche Gammastrahlung misst, als auch aus der Gamma-Gamma-Dichte-Messung (GG. D, Verringerung der Materialdichte im Ringraum durch den Austausch von rolligem Material gegen Suspension) lässt sich belegen, dass der Bereich von 1,0 m bis etwa 6,5 m erfolgreich verpresst wurde. Unter „SGL-DIF“ wurde die durch das Verpressen der strahlungsaktiven Suspension hervorgerufene Erhöhung der Gammastrahlung

radialsymmetrisch (0 bis 360°) aufgezeichnet. Dies belegt, dass die Suspension den gesamten Ringraum erfasst hat.

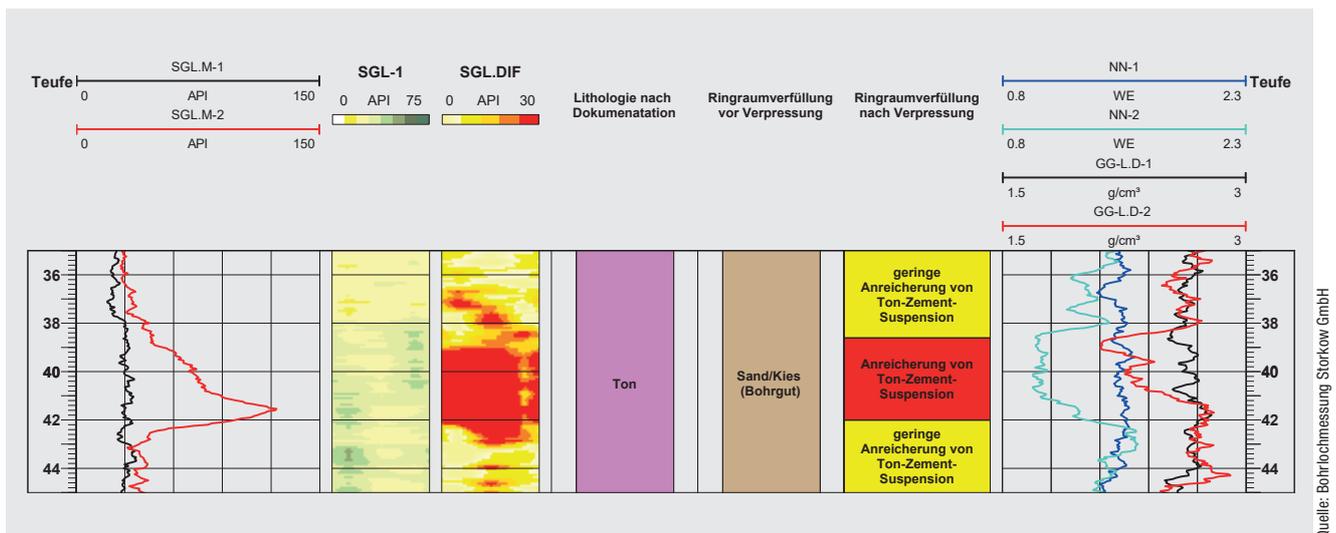
Ein Vorteil dieses Verfahrens ist auch, dass bei nicht ausreichendem Abdichtungserfolg jederzeit mittels weiterer Lanzen nachgedichtet werden kann, so lange, bis der gewünschte Erfolg sich eingestellt hat. Sofern die Pumpe während des Verpressvorgangs, wie im geschilderten Fall, nicht im Brunnen verbleiben muss, ist auch eine Onlineüberwachung des Verpressvorgangs geophysikalisch möglich und auch schon praktiziert worden. Dabei wird die Bohrlochmesstechnik während des Verpressens im Verpressbereich belassen, um so die Ausbreitung der markierten Suspension direkt verfolgen zu können. Lanzenverpressungen sind praktikabel bis zu Verpressteufen von etwa 30 m durchführbar. Es gibt auch Beispiele, wo Brunnen in 50 bis 70 m Teufe erfolgreich mittels Injektionsbohrungen (Linkspülbohren) verpresst wurden (Abb. 4). Das sind jedoch Ausnahmen, die nur mit Doppelwandgestängen ausgeführt werden können.

Nachträgliche Ringraumabdichtung durch Perforation und Verpressung

Bei Brunnen mit abzudichtenden Strecken in größeren Teufen (etwa > 30 m) scheidet die Lanzenverpressung als Verfahren zur Nachdichtung des Ringraums aus. Nachfolgend wird die Vorgehensweise beim Rückbau eines Versorgungsbrunnens durch Perforation und anschließender Nachverpressung beschrieben.

Geplant war der Rückbau einer Wasserfassung, der aufgrund der Veränderung der hydrodynamischen und hydrochemischen Verhältnisse notwendig geworden war. Das Gelände der Brunnenfassung lag im innerstädtischen Bereich und sollte nach dem Rückbau des Brunnens umgenutzt werden. Der Brunnen durchörterte mehrere Grundwasserstockwerke. Eine Ringraumabdichtung zur Vermeidung eines hydraulischen Kurzschlusses war laut Ausbauzzeichnung nicht vorhanden. Die Brunnendaten lauteten wie folgt:

Anzeige 1/2



Quelle: Bohrlochmessung Storkow GmbH

Abb. 6: Erfolgskontrolle der Nachverpressung

- Teufe 280 m
- Verfilterung im unteren tertiären Aquifer (untere Braunkohlensande)
- 0,3 bar artesischer Überdruck
- artesische Schüttung 120 m³/h
- verlорener Ausbau mit DN 450 Stahlrohr als Mantelrohre und 200 mm Kupferfilter.

Seitens der Behörde und auch des Brunnenbetreibers wurde der fachgerechte Rückbau mit einer sicheren Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Grundwassergeringleiter verlangt. Aufgrund der örtlichen Situation im innerstädtischen Bereich war ein minimalinvasives Verfahren zu wählen. Der Nachweis einer funktionstüchtigen Ringraumnachdichtung war zu erbringen. Die Ringraumabdichtung des Brunnens erfolgte durch die nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritte:

- Aufbau einer Schleuse zur Beherrschung der Artesik
- Verfüllung der Filterbereiche mit Filterkies nach DIN 4924
- Durchführung einer geophysikalischen Nullmessung zur Ermittlung der Restwandstärke somit zur Beurteilung der Stabilität der Rohre (Messverfahren EMDS). Insbesondere der Zustand der Rohre (Korrosionsgrad) ist wichtig für die Einschätzung der Stabilität, denn ein Kollabieren der Rohre, durch die geplante Schussperforationen war zu verhindern. Weiterhin war die aktuelle Situation im Ringraum als Nullmessung (z. B. Lagerungsdichte, Hindernisse, Hohlräume) im Bereich der angeordneten Nachdichtungsbereiche zu ermitteln (Messverfahren SGL, GG. D, NN)
- Perforation der Stahlmantelrohre mittels Hohlladungstechnik auf einer Länge von

- 2 x 5 m mit sechs Hohlladungen je Meter auf den Umfang gleichmäßig verteilt (Abb. 5)
- Einbau einer Doppelpackergarnitur mit Packerelementen jeweils unter- und oberhalb der Perforationsstrecke
- Verpressen einer gammaaktiv markierten Abdichtungssuspension mit den Abbruchkriterien theoretisches Ringraumvolumen auf 5 m mit 100 % Porenanteil oder Druckaufbau bis maximal ΔP 10 bar
- Ausbau der Packergarnitur, nachdem die Suspension weitestgehend abgebunden hatte (Nachweis über Rückstellproben)
- Reinigung der Rohrrinnenwand von Suspensionsresten
- Durchführung einer geophysikalischen Kontrollmessung (Messverfahren SGL, NN, GG. D) zum Nachweis der eingebauten Abdichtung
- Brunnenrestverfüllung mit Ton im Bereich der Ringraumabdichtung und Füllsand/-kies in den restlichen Bereichen

Die in **Abbildung 6** dargestellten bohrlochgeophysikalischen Messungen belegen für eine der Verpressstrecken den Erfolg der Maßnahme. Im Teufenbereich von 38,6 m bis 42,4 m konnte allseitig eine sekundäre Ringraumabdichtung eingebracht werden. Die Darstellung SGL.DIF zeigt dabei die von 0 bis 360° homogene Erhöhung der Gammastrahlung durch das Verpressen der gammaaktiven Ton-Zement-Suspension an. Auch die Neutron-Neutron-Messung (NN-1 vor und NN-2 nach der Verpressung) und die Gamma-Gamma-Lange-Dichte-Messung (GG-L.D-1 vor und GG-L.D-2 nach der Verpressung) zeigen, dass es zu einer Tonanreicherung im Ringraum durch Suspension gekommen ist.

Zusammenfassung

Die in der neuen W 135 geforderten Maßnahmen zum Rückbau von Brunnenbauwerken zur Grundwassergewinnung stellen den wünschenswertesten maximal machbaren Aufwand dar. Im Rahmen der Überprüfung der Randbedingungen sollten jedoch alle technischen Möglichkeiten mit in Betracht gezogen werden. Der Rückbau durch nachträgliche Abdichtung des Ringraums mittels Lanzen, Injektionsbohrungen oder Perforationstechnik stellt keine nachrangige Ausführung dar. Vielmehr sind diese Verfahren entwickelt worden, um mit einem vertretbaren technischen und finanziellen Aufwand eine maximale Sicherheit zu erreichen. Die neue W 135 sollte nicht auf das Überbohren der Brunnen- und Messstellenausbauten als einzige Möglichkeit reduziert werden. Eine Berechtigung aller Verfahren, wie sie seit dem Jahr 1995 (W 135 alt) entwickelt und ausgeführt wurden, halten die Verfasser dieses Artikels für gegeben. ■

Die Autoren

Karsten Baumann ist XXXXXXXX

Sven Tewes ist XXXXXXXX

Daniel Lang ist XXXXXXXX

Ronald Rogge ist XXXXXXXX

Kontakt:

Karsten Baumann
Bohrlochmessung-Storkow GmbH
Schützenstr. 33
15859 Storkow
Tel.: 033678 43630
E-Mail: baumann@blm-storkow.de
Internet: www.blm-storkow.de

Sven Tewes
Daniel Lang
NBB Nord Bohr und Brunnenbau GmbH
Randersweide 1
21035 Hamburg
Tel.: 040 73595630
E-Mail: tewes@nord-bb.de
Internet: www.nord-bb.de

Ronald Rogge
HAMBURG WASSER
Billhorner Deich 2
20539 Hamburg
Tel.: 040 7888 82340
E-Mail: ronald.rogge@hamburgwasser.de
Internet: www.hamburgwasser.de

Anzeige 1/3