

bbr

Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau

Sonderdruck aus bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau,
Ausgabe 6/2017

Vom Rückbaukonzept zur Komplettsanierung: Sanierung des Tiefbrunnens P71 in Ludwigshafen am Rhein

Daniel Lang, Dipl.-Ing.



NBB

Nord Bohr und Brunnenbau GmbH

Zentrale Hamburg

Randersweide 1
21035 Hamburg
Tel. 0 40 / 73 59 56 - 30
Fax 0 40 / 73 59 56 - 40 / - 66

Büro Grimmen

Zum Rauhen Berg 3
18507 Grimmen
Tel. 03 83 26 / 41 09
Fax 03 83 26 / 4 66 22

Büro Rauda

Am Fuchsgraben 2
07613 Rauda
Tel. 03 66 91 – 83 95 07
Fax 03 66 91 – 83 95 06

Vom Rückbaukonzept zur Komplettsanierung: Sanierung des Tiefbrunnens P71 in Ludwigshafen am Rhein

Seit 1935 betreibt die Technische Werke Ludwigshafen AG (TWL) auf der städtischen Parkinsel am Rhein ein Wasserwerk mit heute insgesamt neun Tiefbrunnen. Nach Ablauf der Brunnenlebenszeit wurden diese bisher stets durch neue Brunnen ersetzt und die Altbrunnen entsprechend der Vorgaben der zuständigen Behörden zurückgebaut. In einem neuen Ansatz sollte erstmals und beispielhaft der Brunnen P71 komplett saniert werden. Die Sanierungsaufgabe stellte sich aufgrund der großen Tiefe von 335 m unter GOK und den durchgeführten Reparaturversuchen als technisch anspruchsvoll und äußerst komplex dar.



Für die Sanierung durch Überbohrtechnik des Tiefbrunnens P71 wurde eine selbstfahrende, vollhydraulische Universalbohranlage vom Typ Prakla RB 50 mit Überbohrrohr 521 mm gewählt.

Bei einer wegen **Leistungsrückgang** des Tiefbrunnens P71 durchgeführten Demontage der Förderanlage wurden Sandablagerungen auf den Flanschen der Steigleitung und im Pumpenkörper festgestellt. Daraufhin durchgeführte Entsandungs-, Reinigungs- und Regeneriermaßnahmen waren nicht von Erfolg gekrönt. Auch die Absperrung der oberen drei Filterstrecken mit einem PVC-Inliner einschließlich einer Packerkonstruktion am Fuß des Inliners sowie einer Ringraumverfüllung mit Glaskugeln und Tiefbohrzement brachte keine wesentliche Reduzierung der Sandführung. Ein eindeutiger Grund für diese Sandführung konnte nicht ermittelt werden. Vermutlich waren sowohl Filterkiesschüttungen als auch Ober- und Untergrenzen der einzelnen Filterstrecken unpassend dimensioniert bzw. platziert. Auch Ausführungsmängel bei den Umhüllungen der Filterrohre mit Sarangewebe könnten ein Grund der starken Sandführung gewesen sein.

Zunächst wurden die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der Sanierung des Brunnens P71 geprüft. Die Aufgabenstellung erschien aufgrund der großen Teufe von 335 m unter GOK und den durchgeführten Reparaturversuchen technisch schwierig und äußerst komplex. Bei der Gelegenheit im Zuge der möglich Sanierung sollte zudem der Zustrom möglicher Belastungen aus den oberflächennahen Bereichen sowie der Zulauf unerwünschter Tiefenwässer unterbunden werden.

Veranlassung der Sanierungsmaßnahme: Wirtschaftlichkeitsberechnung

Der Preisvergleich zwischen dem Brunnenneubau mit Rückbau des Altbrunnens und einer Komplettisanierung fiel zugunsten der Sanierung aus. Unter Berücksichtigung sämtlicher Nebenkosten wurden für eine derartige Komplettisanierung gegenüber einem Brunnenneubau Einsparungen in Höhe von ca. 40 % ermittelt. Neben der günstigeren Gesamtsituation gab es weitere wirtschaftliche Vorteile:

- Ein notwendiger erneuter hydrogeologischer Aufschluss kann entfallen.
- Brunnenschacht, Förderanlage und Rohrleitungs- sowie Elektroanschluss können weiter verwendet werden.
- Die Kosten für den Erwerb eines neuen Brunnengrundstückes entfallen.
- Die Ursprungsleistung des Brunnens wird bei derartigen Sanierungen erfahrungsgemäß wieder erreicht.
- Die Rückbaukosten entfallen.
- Da Sanierungsarbeiten nur anzeigepflichtig sind, ist eine neue wasserrechtliche Bewilligung oder Erlaubnis nicht erforderlich. Gerade bei Lage der Gewinnungsbrunnen in naturschutzfachlich sensiblen Gebieten erleichterte dies das Vorgehen erheblich.

Ist-Zustand des Tiefbrunnens P71

Der für die Wassergewinnung genutzte Tiefbrunnen P71 ist in einer quartären Schichtenabfolge – Wechsellagerungen von Sanden, Kiesen und Tonschichten – verfiltert. Zwei mit Tiefbohrzement hinterfüllte Sperr- bzw. Mantelrohtouren mit 1.015 mm Ø (bis 20 m unter GOK) bzw. 812 mm Ø (bis 105 m unter GOK) bildeten den oberen Brunnenabschnitt, der bei einer Sanierung erhalten bleiben sollte.

In die Mantelrohre waren Aufsatz- und Filterrohre DN 400 aus Rilsan-beschichtetem Stahl mit zehn Filterstrecken unterschiedlicher Länge verloren eingebaut. Die Ringraumverfüllung im Filterbereich bestand aus Quarzfilterkies unterschiedlicher Körnungen. Einige der Filterstrecken waren mit Sarangewebe umwickelt worden.

Nach im Förderbetrieb auftretender Trübung und Sandführung waren im Jahr 2011 die obersten zwei Filterbereiche zwischen 85 und 145 m unter GOK durch den Einbau eines PVC-Inliners DN 250 KV/TNA abgesperrt worden. Der Ringraum zwischen Inliner und Brunnenausbau DN 400 wurde von 145 bis 112 m mit Glaskugeln und von 112 bis 84 m unter GOK mit Zement verfüllt (Abb. 1). Die Sandführung des Brunnens konnte allerdings durch diesen Sanierungsversuch nicht unterbunden werden.

Ein für die Sanierung neuralgischer Punkt innerhalb des Brunnenbauwerkes stellt zweifellos der Bereich des eingebauten PVC-Inliners dar. Dieser wurde verloren eingebaut und hängt somit frei im Brunnenausbau. Als Abwerfer für den verlorenen Einbau und gleichzeitig Einfahrhilfe für spätere Werkzeuge wurde der Inliner am Kopf mit einem massiven Edelstahl-Trichter ausgerüstet (Abb. 2). Der ursprünglich und ebenfalls verloren eingebaute Brunnenausbau DN 400 hatte auch schon solch einen Trichter. Dieser Trichter hatte zudem noch einen Anschluss für eine 3"-Peilrohrleitung, die im Inneren der Mantelrohre durch den Trichter in den Ringraum geführt wurde. Abbildung 1 zeigt im Detail die komplexe Situation in diesem Bereich. Der Inliner selbst hatte am unteren Ende ein 0,5 m langes VA-Rohr mit Abdichtungsring zum Ausbau DN 400.

Bohrlochgeophysikalische Voruntersuchungen

Bohrlochgeophysikalische Voruntersuchungen sollten vorab klären, ob der dokumentierte Aufbau der beiden Sperrrohtouren einschließlich deren Ringraumverfüllung tatsächlich so vorhanden war. Hierzu wurde von der Firma BLM Storkow in einer ersten Etappe mittels eines Kaliber-Logs (CAL) und eines elektromagnetischen Wanddicken-Logs (EMDS) die Teufenreichweite der beiden Sperrrohtouren überprüft. Weiterhin diente diese Messung auch der Überprüfung des Ringraums auf eventuell noch vorhandene, nicht dokumentierte („abgerissene“) Rohrhindernisse. Es stellte sich dabei heraus, dass der dokumentierte Verrohrungsplan weitestgehend den

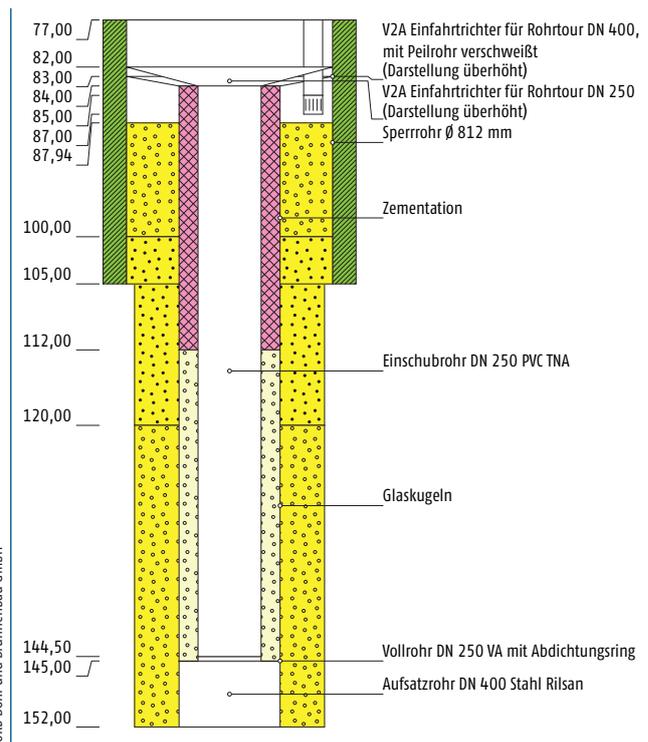


Abb. 1 – Detailzeichnung Trichterkonstruktionen



NORD Bohr und Brunnenbau GmbH

Abb. 2 – Geschnittener und gebogener Einfahrtrichter des Inliners



NORD Bohr und Brunnenbau GmbH

Abb. 3 – Geborgenes und langgezogenes Filterrohr

Tatsachen entsprach. Das äußere Sperrrohr (DN 1016) reichte demnach bis in eine Teufe von 20 m, das innere Sperrrohr reichte bis zu 105,4 m. Eine Berechnung der Wandstärke ist nach EMDS auf Rohrtouren mit einem Durchmesser bis maximal 500 mm beschränkt. Aus diesem Grund waren anhand der Untersuchungen keine Aussagen zum Korrosionsgrad des Sperrrohres möglich.

Sanierungskonzept und -maßnahmen

Bei der Sanierung des Brunnens standen verschiedene Zielsetzungen im Fokus: Die bestehenden Sperr- bzw. Mantelrohrtouren 1.015 mm Ø sowie 812 mm Ø sollten erhalten bleiben und eine neuerliche Sandführung verhindert werden. Zudem bestand das Bestreben, den zu verfilternden Teufenbereich auf 162 bis 295 m unter GOK entsprechend der anderen neueren TWL-Brünnen auf der Parkinsel zu begrenzen. Der Zustrom möglicherweise belasteter oberflächennaher Grundwässer als auch der Zulauf mineralisierter Tiefenwässer sollte hierdurch sicher unterbunden werden. Letztendlich sollten die einzelnen Filterstrecken und Korngrößenbereiche der Kiesschüttungen genau an das durchteufte Gebirge angepasst werden.

Es war geplant, den alten Filterstrang des Tiefbrunnens P71 auszuräumen und neu zu verfiltern. Für die Durchführung waren folgende Hauptmaßnahmen vorgesehen:

- Baustelleneinrichtung, Herstellung Bohrplatz, Bauzaun, Schallschutzmaßnahmen;
- Sicherung des geöffneten Brunnenschachtes für die Durchführung der geplanten Arbeiten;
- Entfernen des PVC-Inliners durch Überbohren in mehreren Segmenten, die zuvor sprengtechnisch geschnitten werden sollten;
- Entfernen des Brunnenausbaus DN 400 ebenfalls durch Überbohren in mehreren Segmenten, die sprengtechnisch geschnitten werden sollten;
- Aufbohren von Bohrdurchmesser 750 auf 950 mm im Bereich von 105 bis 300 m;
- Einbringen einer Abdichtung von 329 bis 305 m unterhalb des Nutzhorizontes;
- Neuausbau des Tiefbrunnens mit Aufsatz- und Filterrohren DN 400 V4A;
- geophysikalische Bohrlochuntersuchungen vor und nach der Neuverfilterung;
- fraktioniertes Entsanden;
- Leistungspumpversuch;
- geophysikalische Vermessungsarbeiten zur Ausbauekontrolle sowie
- Rückbau des Bohrplatzes und Herstellen der Baugrube für den Wiederaufbau des Brunnenschachtes aus Stahl.

Die frühere Bauweise des Tiefbrunnens P71 ließ bei Leistungsrückgang, Versandung und Fremdzufüssen die Erneuerung der gesamten Filtergarnitur zu. Da der Aufsatz- und Filterrohrstrang verloren eingebaut war, konnte dieser wirtschaftlich überbohrt bzw. freigespült und geborgen werden (Abb. 3).

Im Nachgang zum Überbohren und Bergen der alten Ausbaurohre erfolgte das Nachbohren der Füllmaterialien sowie der Führungen und die Erweiterung des Filterkiesraumes. Um den Bereich der Verockerungs- und Verdichtungs- bzw. Kolmationszone zu entfernen, reicht erfahrungsgemäß ein ca. 100 bis 200 mm größerer Bohrendurchmesser als bei der ursprünglichen Brunnenbohrung aus. Mit dem nachfolgenden Filtereinbau wird dann wie beim Bau eines gewöhnlichen Brunnens verfahren.

» Die Wahl der Bohrtechnik wird durch die Bohrteufe, das Verhältnis Ausbaudurchmesser zu Durchmesser der Überbohrrohre und Bohrenddurchmesser sowie die geologischen Verhältnisse bestimmt. «

Bohrtechnik

Für die Sanierung durch Überbohrtechnik steht der ausführenden Firma NORD Bohr und Brunnenbau GmbH eine große Auswahl an Bohrgeräten zur Verfügung. Für diese relativ umfangreiche und komplexe Aufgabe wurde eine selbstfahrende, vollhydraulische Universalbohranlage vom Typ Prakla RB 50 gewählt. Mit dieser Bohranlage konnten aufgrund der hohen Kronenlast von 500 kN (50 t) die großen Überbohrrohre problemlos gehandhabt werden. Die Wahl der Bohrtechnik wird durch die Bohrteufe, das Verhältnis Ausbaudurchmesser zu Durchmesser der Überbohrrohre und Bohrenddurchmesser sowie die geologischen Verhältnisse bestimmt.

Der eigentliche Überbohrprozess erfolgte im indirekten Spülbohrverfahren (Lufthebe-Bohrverfahren) mit Überbohrrohren 328 mm Ø (25 m Länge) bzw. 521 mm Ø (70 m Länge) an einem Bohrgestänge von 150 mm Ø. Aufgrund früherer Bohrungen auf der Parkinsel, bei denen es durch biologische Prozesse Probleme mit der Stabilität der Bohrspülung gab, wurde seitens der TWL die Anwendung eines zugelassenen Biozids empfohlen, worauf die erfahrenen Brunnenbauer aus Hamburg allerdings verzichteten. Da sich die geologischen Verhältnisse im Hamburger Raum ähnlich darstellen, wurde die Problematik durch eine genau eingestellte und überwachte Bohrspülung beherrscht. Der Einsatz von Bioziden konnte vermieden werden.

Vorbereitende und baubegleitende Arbeiten

Schallschutzmaßnahmen

Aufgrund der sehr nahen Wohnbebauung in nur rund 30 m Entfernung wurde seitens des Auftraggebers eine temporäre Lärmschutzwand errichtet. Diese etwa 30 m lange und 8 m hohe Wand wurde durch ein Gerüstsystem mit zwischenliegender Dämmwolle realisiert. Ein ortsansässiges Ingenieurbüro für Schallschutz erstellte während der Bohrarbeiten ein schalltechnisches Gutachten. Die dabei gemessenen Schalldruckpegel an der Bebauung lagen innerhalb der Grenzwerte der AVV Bau- lärm (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Bau- lärm – Geräuschimmissionen).

Explosiv-Rohrschnitte

Das Schneiden des PVC-Inliners und der Stahl-Ausbaurohre in kürzere Teilsegmente erfolgte mit eigens entwickelten und vorher auf dem Sprengplatz getesteten Schneidladungen (Abb. 4). Diese funktionieren nach dem Hohlladungsprinzip und setzen das entsprechende Know-how sowie die notwendigen Zulassungen und Genehmigungen nicht nur nach dem Sprengstoffgesetz, sondern auch den Besitz gesonderter Genehmigungen durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) voraus. Selbst hergestellte Hohl- und Schneidladungen fallen aufgrund ihrer überwiegend militärischen Verwendung nicht mehr unter das Sprengstoffgesetz. Die NORD Bohr und Brunnenbau GmbH ist derzeit deutschlandweit die einzige Brunnenbaufirma, die über diese entsprechenden Kombinationen an Genehmigungen verfügt und diese Arbeiten somit regulär verrichten darf.

Erschütterungsmessungen

Da der Einsatz von Explosivstoffen geplant war, wurden im Vorwege unter Berücksichtigung der einzusetzenden Nettoexplosivstoffmassen die zu erwartenden Erschütterungen im Rahmen einer Erschütterungsprognose ermittelt. Die bei den Sprengarbeiten begleitend durchgeführten Erschütterungsmessungen bestätigten die vorher ermittelten Schwingungswerte. Diese lagen alle unterhalb der nach DIN geforderten Grenzwerte.



Abb. 4 – Sprengtechnische Schneidladung

Durchführung der Sanierungsarbeiten

Phase 1

Die erste Phase der Sanierungsarbeiten umfasste das Bergen des Inliners DN 250 KV. Um den Ringraum des stählernen Brunnenausbaus DN 400 Rilsan für die Überbohrung zugänglich zu machen, wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Herstellen von drei Rohrschnitten bei 85,5, 105 und 125 m unter GOK im PVC-Inliner DN 250 KV mittels Sprengtechnik unter Kamerabegleitung. Der oberste dieser Rohrschnitte diente der Trennung der Verbindung zwischen VA-Einfahrtrichter und dem Inliner DN 250 KV.
- Bergen des VA-Trichters mittels umgearbeitetem Original-Abwurfwerkzeug (Bajonett);
- abschnittsweise Überbohrung des Inliners DN 250 KV mit einer Überbohrrohrgarnitur 324 mm Ø;
- Bergen des Inliners mittels Innenrohrfänger;
- Ausfräsen von Zementationsresten an der Ausbaverrohrung DN 400 Rilsan (notwendig für weitere Rohrschnitte).

Phase 2

Die Sanierungsphase 2 beinhaltete die Rohrschnitte im Ausbau DN 400 sowie abschnittsweises Überbohren und die Bergung des Brunnenausbaues DN 400. Da der zu überbohrende Ausbaustrang 235 m lang war, wurde dieser in Teilbereiche zerschnitten. Es wurde wie folgt vorgegangen:

- Herstellen von vier Rohrschnitten bei 87, 140, 200 und 260 m unter GOK in der Ausbaverrohrung DN 400 mittels Sprengtechnik unter Kamerabegleitung. Der oberste dieser Rohrschnitte diente der Trennung der Verbindung zwischen VA-Einfahrtrichter und dem Ausbau DN 400.
- Abtrennen des Peilrohres DN 80 kurz oberhalb des Trichters DN 400/800 mittels mechanischem Innenrohrschneider und anschließendes Bergen des Peilrohres;
- Bergen des Trichters DN 400/800 mittels speziell gefertigtem Innenrohrfänger;
- abschnittsweise Überbohrung des Brunnenausbaues DN 400 mit einer Überbohrrohrgarnitur 521 mm Ø;
- Bergen der Rohrschnitte DN 400.

Überbohrt wurde mit einer Überbohrrohrtour 521mm Ø mit einer Länge von 70 m. Das unterste Überbohrrohr hatte eine Bohrkronen und einen Innenfänger, sodass der überbohrte Strang parallel in den Rohren gefangen wurde.

Phase 3

Die dritte Phase der Sanierung umfasste die Zementation des unteren Bohrlochabschnittes von 305 bis 329 m unter GOK und das Aufbohren der alten Bohrung 750 mm Ø auf 950 mm Ø von 105 bis 300 m unter GOK. Zunächst wurde der unterste Bohrlochabschnitt von 305 bis 329 m unter GOK mit einer Ton-Zement-

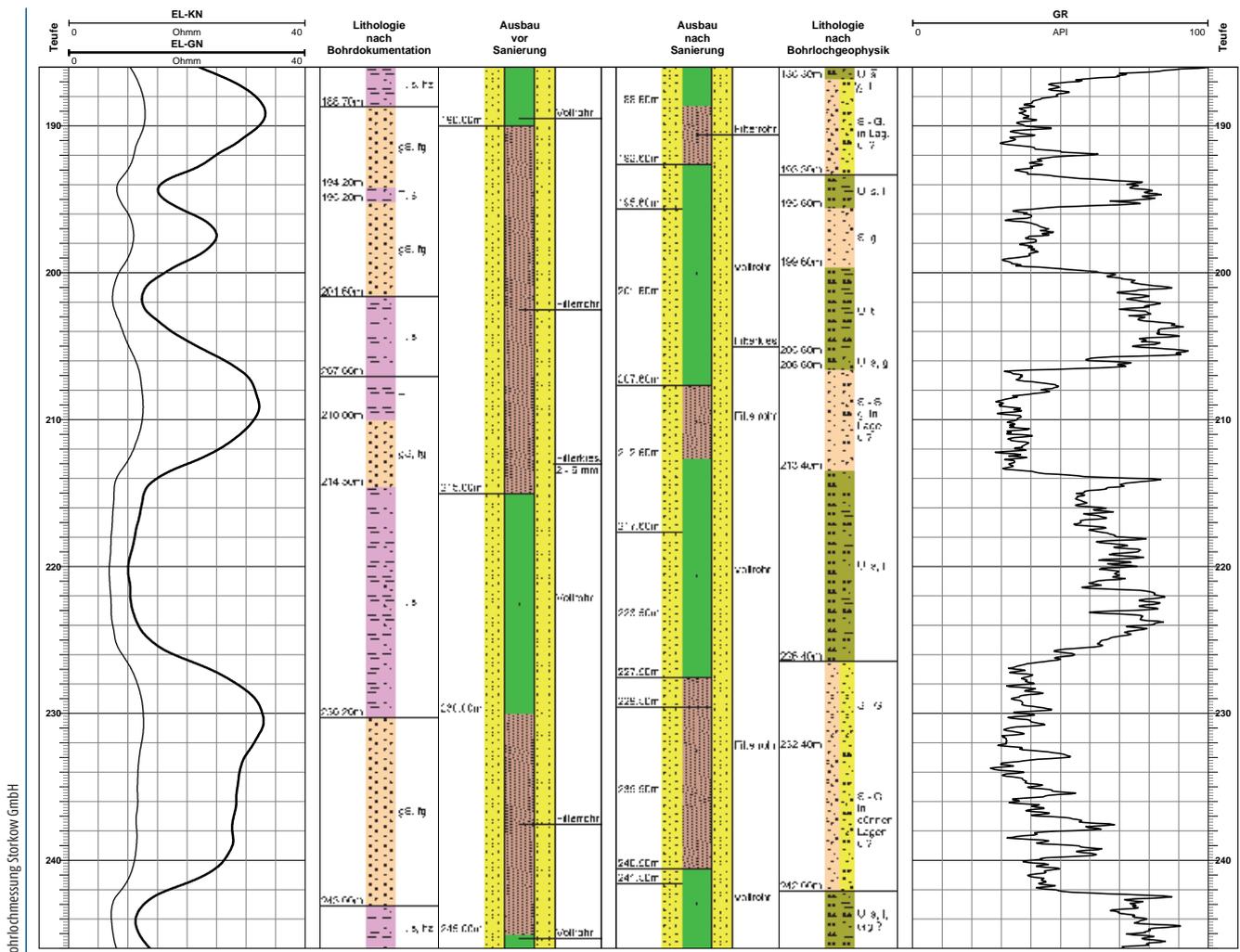


Abb. 5 – Geophysikalische Gegenüberstellung



Eine gut geplante und professionell ausgeführte Brunnensanierung kann durchaus ein Ergebnis erbringen, das besser ist als der ursprüngliche Brunnen.



Suspension verfüllt, um den Zustrom von mineralisiertem Grundwasser zu unterbinden. Die Bohrung wurde dann mittels Aufbohrmeißel von 750 mm Altbohrdurchmesser auf 950 mm unterschritten. Problematisch waren hier die Wechsellagerungen aus sehr mächtigen Tonschichten mit klastischen Gesteinen, bedingt durch die Unterschiede in Festigkeit und Quellvermögen.

Phase 4

In der vierten Phase folgte der Neubau. Nachdem die Ausbauten des Brunnens unterhalb von 105 m entfernt wurden und das Bohrloch frei geräumt war, erfolgte eine zweite Etappe der Bohrlochgeophysikalischen Vermessung. Es kamen die Messverfahren Kaliber-, Bohrlochverlauf-, Induktions-, Gamma-Ray-, Elektro-Log sowie elektrisches Leitfähigkeits- und Temperatur-Log zum Einsatz (Abb. 5). Ziel war es dabei, dass vorhandene geologische Schichtenverzeichnis zu verifizieren.

Weitestgehend bestätigte sich die Gamma-Log-Aufzeichnung aus der Ersteinrichtung des Brunnens. Dies bekräftigte, dass der frühere Brunnenausbau nicht an den Untergrundaufbau angepasst war – vermutlich, weil der Ausbau vorab festgelegt und die Rohre entsprechend bestellt worden waren. Es ist zu vermuten, dass dies auch eine Ursache für die nachlassende Leistung und den stetigen Feststoffanteil des Rohwassers des Brunnens war. Das Bohrlochverlaufs-Log zeigte, dass die Bohrung auffallend lotrecht vorgenommen wurde, was den nachfolgenden Ausbau und die Verfüllung erleichterte.

Der Brunnenausbau erfolgte mit Aufsatz- und Filterrohren DN 400 V4A und zwei Peilrohrsträngen DN 50 aus PVC (Abb. 6). Die Wickeldrahtfilter wurden mit einer Schlitzweite von 0,6 mm verbaut und mit Filterkies der Körnung 1,0 bis 1,6 mm beschützt. Das Aufsatzrohr DN 400 wurde bis GOK verbaut und gegen das „alte“ Mantelrohr mit einer Ton-Zement-Suspension abgedichtet. 



Die Sommerausgabe der DVGW energie | wasser-praxis (6-7/2017) erscheint mit Beiträgen u. a. zu folgenden Themen:

Gasversorgung

Technische Sicherheit der Versorgungsinfrastruktur

Nitratbelastung

Potenziale und Grenzen der Gewässerschutzberatung in der Landwirtschaft

IT-Sicherheit bei Netzbetreibern

Erste Erfahrungen mit einem Informationssicherheits-Managementsystem

Kostenloses Probeheft unter info@wvbw.de



Gemeinsam für mehr Wasser



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

Entsundungs- und Pumpversuchsarbeiten

Nach Neuverfilterung und Fertigstellung des Brunnenausbaus erfolgte eine über 130-stündige Entsandung, um die Kiesschüttung von Spülrückständen und sonstigen Feinanteilen zu reinigen und frei zu spülen. Der Leistungspumpversuch erfolgte über sieben Tage mit Förderraten von 85, 120, 150 und 180 m³/h. Es wurde eine Ergiebigkeit von 18 m³/(h*m) erreicht, die der Ursprungsleistung des Altbrunnens entspricht.

Geophysikalische Kontrollmessungen zur Abnahme

Nach Fertigstellung des Brunnens erfolgte die routinemäßige Abnahme des Bauwerks bezüglich Ausbarohrstrang, Verfüllung/Ringraumabdichtung, Zuflussprofilierung und Wasserchemismus. Zum Einsatz kamen die folgenden Messverfahren:

- segmentiertes Gamma-Ray-Log (SGL)
- Neutron-Neutron-Log (NN)
- Gamma-Gamma-Dichte-Log mit zwei Spacings (GG.D)
- Flowmeter-Log (FLOW)
- elektrisches-Leitfähigkeits-/Temperatur-Log (SAL/TEMP)

Dabei konnte festgestellt werden, dass der Verrohrungseinbau sowie die Hinterfüllung/Abdichtung des Ringraums planungsgemäß erfolgten. Die Anströmung an den Brunnen ist erwartungsgemäß aufgrund der ausgeprägten geologischen Wechsellagerungen sehr inhomogen. Nach erfolgter Entsandung waren weder eine Trübung noch relevante Partikelfrachten feststellbar. Die Grundwasserbeschaffenheit war einwandfrei und zeigte keinen Einfluss durch hochmineralisierte Tiefenwässer.

Schlussbetrachtung

Brunnen sind unterirdische Bauwerke, zu deren Herstellung, Erhaltung, Sanierung und Rückbau ein großes Maß an Fachkompetenz erforderlich ist. Vor der eigentlichen Sanierung mittels Überbohrtechnik sollten diese Tiefbrunnen auf Korrosionslochfraß, sonstige Beschädigungen, Undichtigkeiten, Sandeintritte, Fremdzufüsse, Restwandstärken und Qualität der Ringraumverfüllung geophysikalisch untersucht werden. Um Beschädigungen des zu überbohrenden Brunnenausbaus an derartig tiefen Brunnen zu vermeiden, sind Vertikalitätsmessungen unerlässlich.

Die Klärung sämtlicher Fragen im Vorfeld der in diesem Bericht beschriebenen Maßnahmen und Arbeitsgänge, beantwortet häufig die Frage, inwieweit Erhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen wirtschaftlich zu vertreten sind und mit welchen technischen Risiken zu rechnen ist. Eine gut geplante und professionell ausgeführte Brunnensanierung kann durchaus ein Ergebnis erbringen, das besser ist als der ursprüngliche Brunnen, denn Fehler, die beim ehemaligen Brunnen gemacht wurden, können hier vermieden werden. Die vorstehend beschriebenen, nicht alltäglichen Sanierungs- und Neuverfilterungsmaßnahmen wurden zur vollen Zufriedenheit aller Beteiligten abgeschlossen.

Autoren

Daniel Lang
Lutz-Peter Nolte
NORD Bohr und Brunnenbau GmbH
Randersweide 1
21035 Hamburg
Tel.: 040 735956-36, -31
lang@nord-bb.de, nolte@nord-bb.de
www.nord-bb.de

Volker Weiß-Nilson
Technische Werke Ludwigshafen AG
Industriestr. 3
67063 Ludwigshafen
Tel.: 0621 5052257
volker.weiss-nilson@twl.de
www.twl.de

Rainer Pfeifer
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3
56070 Koblenz
Tel.: 0261 8851251
r.pfeifer@bjoernsen.de
www.bjoernsen.de



Sonderwerbeform **Sonderdruck**

Setzen Sie bbr-Sonderdrucke als Werbemittel ein!

Nutzen Sie Ihre Originalbeiträge aus der bbr für Ihre Kundenkommunikation.

Ergänzt mit Ihrem Firmenlogo, Ihrer Anzeige oder Ihren Kontaktdaten erhalten Sie ein aussagekräftiges Werbemittel für Messen, Kongresse, als Give-away bei Kundenanfragen und zur Auslage in Ihren Firmenräumen.

Wir beraten Sie gerne!



wvgw mbH · Anja Menke
Tel. 0228 9191-435 · Fax 0228 9191-492
E-Mail: menke@wvgw.de · www.wvgw.de