



Abb. 1 – Vorbereitung des Inlinerstranges und der Sprenglanze

Bohrlochmessung - Storckow GmbH

Reparaturmethode für schadhafte Brunnenausbauten unter Zurhilfenahme von Sprengtechnik und Geophysik

Die Reparatur von tiefen Brunnen stellt technisch immer eine Herausforderung dar und ist für jeden Brunnen separat zu betrachten. Aus den Altunterlagen und der Betriebsdokumentation sind wichtige Informationen ablesbar, die für den Entscheidungsprozess heranzuziehen sind. Lösungsansätze sind auch in anderen Fachgebieten, wie in der Tiefbohrtechnik, zu finden. Dabei ist der Einsatz von geophysikalischen Untersuchungsmethoden und deren Auswertung ein wichtiger Aspekt, um das Risiko für die Bauausführung zu reduzieren. Diese sollte baubegleitend immer mit berücksichtigt werden. Gezielt angewandte Sprengtechnik kann ebenfalls zum Erfolg führen. Das nachfolgende Beispiel zur Reparatur von Leckagen im Ausbaustrang eines 312 m tiefen Vertikalfilterbrunnens zeigt, wie das angedachte und geplante Verfahren im Verlauf der Arbeiten, aufgrund einer unerwartet aufgetretenen Situation, überarbeitet, modifiziert und mit technischem Know-how verändert werden musste und so die Arbeiten letztendlich erfolgreich abgeschlossen werden konnten.

Schadensbild und Diagnose

Im Werk eines norddeutschen Wasserversorgers wurde über einen längeren Zeitraum eine Sandfracht in einer Rohwassersammelleitung festgestellt. Diese führte im Wasserwerk zu einem erhöhten Arbeitsaufwand bei der Aufbereitung des Wassers. Es lag die Vermutung nahe, dass es sich dabei um einen defekten Brunnen innerhalb dieser Wasserfassung handeln muss. Daraufhin wurde veranlasst, die

Brunnen in der Wasserfassung auf eventuelle Schäden zu untersuchen. Der Wasserversorger hatte dazu folgende Arbeiten durchführen lassen:

1. Optische Befahrungen der Brunnen
2. Einzelnes Abpumpen der Brunnen, um im Teilstrom den Sandgehalt ermitteln zu können
3. Spülen der Rohwasserleitung zur Beseitigung von Sandablagerungen

Die Sandfracht verringerte sich nachfolgend, nahm dann aber wieder zu, sodass weiterführende Maßnahmen notwendig wurden. Hinweise auf Leckagen gab es bei den optischen Untersuchungen der Brunnen im Ruhezustand nicht. Auch die Messungen des Sandgehalts mit geringem Förderstrom führten, bis auf einen Brunnen, zu keinem eindeutigen brunnenbezogenen Ergebnis. Daraufhin wurde der eventuell schadhafte Brunnen einer wei-

Kompetenz die in die Tiefe geht:

Bohrlochgeophysikalische Untersuchungen
und Kamerabefahrungen in Bohrungen,
Brunnen und Grundwassermessstellen.



Bei der Entscheidung, den Brunnen entweder zu überbohren und anschließend neu auszubauen oder mittels Inliner zu reparieren, fiel die Entscheidung auf Letzteres, da die Reparatur nur einen Bruchteil der Kosten verursachen und geringere technische Risiken mit sich bringen würde.

teren optischen Untersuchung (Abb. 2) unter maximalen Förderbedingungen unterzogen und dabei Sandfracht durch Leckagen verschiedener Größen im 368er-Mantelrohrstrang (RT) zwischen 100 m und 250 m Tiefe festgestellt. Diese durch Lochkorrosion verursachten Öffnungen waren teilweise mit größerem rolligem Material verschlossen, vereinzelt aber auch überhaupt nicht sichtbar, das heißt nur durch den Sandeintrag erkennbar. Der

Sandeintrag erfolgte nur zeitweise aus den Leckagen, welches die un stetig auftretende Sandfracht in der Wasseraufbereitung sowie die vorab ermittelten negativen Untersuchungsergebnisse wohl erklärten.

Voruntersuchung/Planung

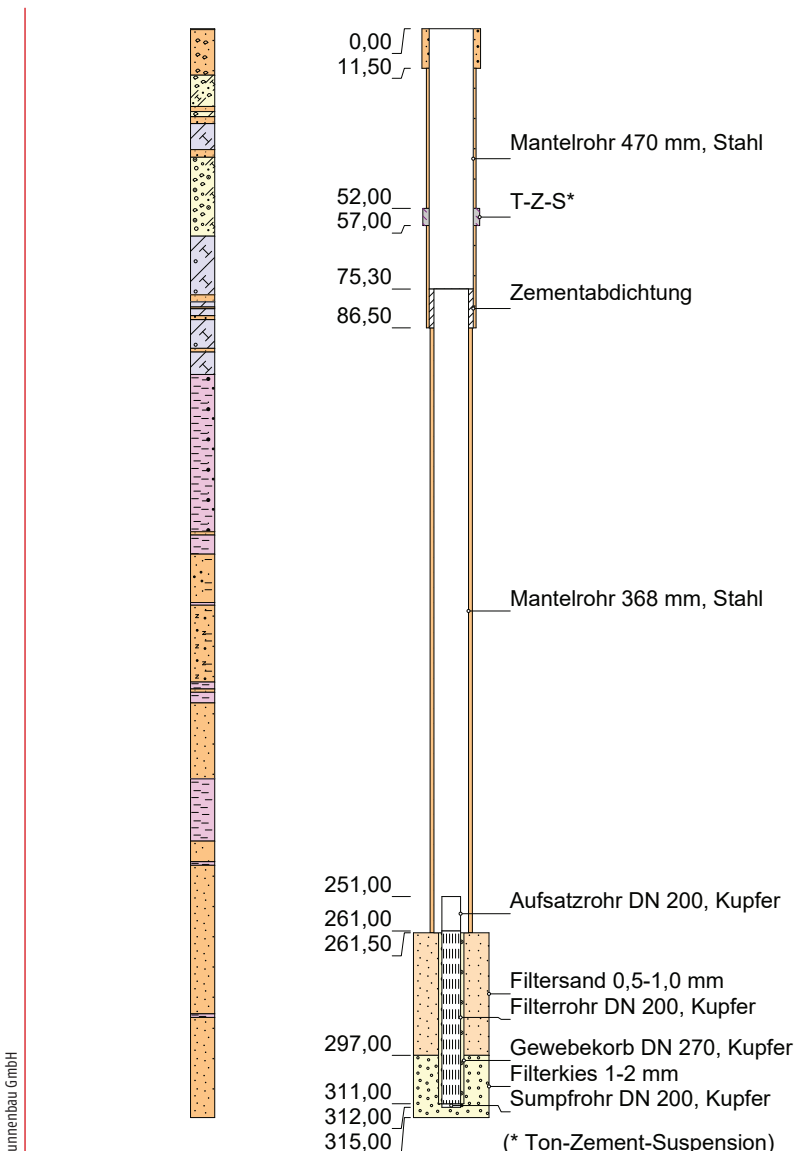
Bevor mit der Reparatur begonnen werden konnte, waren Aussagen zur generellen Reparaturfähigkeit des Tiefbrunnens

zu treffen. Zusätzlich zu den Bestandsunterlagen wurden geophysikalische Messungen durchgeführt, die Aufschluss über die Stabilität der Ausbaurohrungen und deren Vertikalität bringen sollten (Abb. 3). Diese Informationen wurden für die Planung der Brunnenreparatur als entscheidend angesehen. Zum Einsatz kamen dabei u. a. die bohrlochgeophysikalischen Messverfahren EMDS (elektromagnetische Wanddicken-Log) und BA (Bohrlochverlaufs-Log). In Auswertung dieser Messungen wurde sowohl für den 470er-Mantelrohrstrang als auch für den 368er-Mantelrohrstrang keine nennenswerte Neigung festgestellt. Bis zur Oberkante des Kupfer-Filterrohrstrangs konnte der Brunnen als weitgehend lotrecht bewertet werden, was auf jeden Fall für die geplanten Arbeiten vorteilhaft war.

Anhand der durchgeführten EMDS-Messung wurde die Wanddicke der einzelnen Rohre beider Mantelrohrstränge berechnet. Für die Angabe von absoluten EMDS-Wanddicken ist dabei die Referenzierung auf ein Rohrintervall mit bekannter Wanddicke notwendig. Für den 470er-Mantelrohrstrang wurde der Bereich zwischen 44,5 bis 45,5 m und für den 368er-Mantelrohrstrang der Bereich von 113,5 bis 114,5 m als Referenzintervall ausgewählt. Die Referenzwanddicke wurde in beiden Intervallen jeweils auf 10 mm festgelegt.

Zwar war bereits im Voraus der EMDS-Messung klar, dass einzelne kleine Löcher oder Schäden mit geringerer horizontaler Ausdehnung als ca. ein Viertel des Rohrumfanges bzw. geringerer vertikaler Ausdehnung als ca. ein Fünftel des Rohrumfanges durch dieses Messverfahren nicht erkannt werden, jedoch wurde anhand dieser Messung die generelle Stabilität der Rohre abschätzbar, da die berechneten EMDS-Wandstärken als Durchschnittswert über den gesamten Umfang zu verstehen sind.

Für den 470er-Mantelrohrstrang zeigten sich nahezu über die gesamte Teufe Wanddicken entsprechend dem Referenzintervall ohne signifikante Schwächung der Rohre. Der 368er-Mantelrohrstrang war jedoch nach EMDS über weite Stre-



Ivers Brunnenbau GmbH

Abb. 2 – Original-Ausbauprofil des Tiefbrunnens

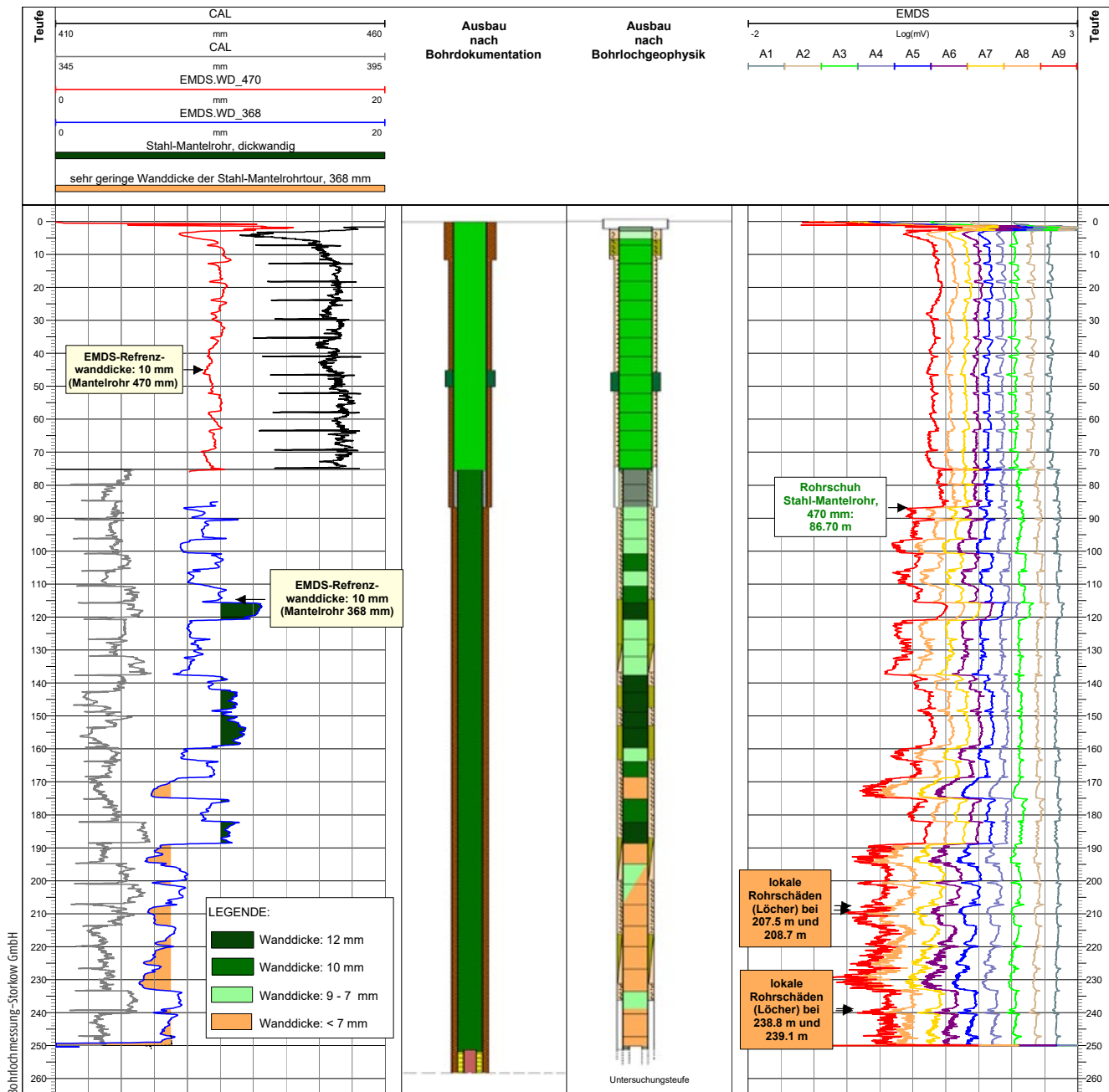


Abb. 3 – Ergebnisse der geophysikalischen Voruntersuchungen

cken in seiner Stabilität deutlich eingeschränkt. Die geringsten Wandstärken mit Reduzierungen gegenüber dem Referenzwert von 30 bis 50 % waren von 168,4 bis 175,1/188,5 bis 194,8/207,1 bis 233,4 und unterhalb von 238,7 m nachweisbar. Hier wurden auch in der optischen Untersuchung mindestens vier Rohrschäden bzw. Löcher erkannt. Während die zuvor genannten Bereiche mit deutlich verringerter Wandstärke jeweils gesamte Rohrlängen umfassten (von Rohrverbindung zu Rohrverbindung), wurden ebenfalls deutlich verringerte Wandstärken lokal auch im Bereich von 194,8 bis 207,1 m ermittelt. Leichte Wandstärkenreduzierungen von 10 bis 30 % ließen sich von

86,7 bis 100,8/106,0 bis 110,6/120,7 bis 137,6/159,6 bis 163,8 und 234,4 bis 238,7 m nachweisen. Alle übrigen, bisher nicht genannten Rohre wiesen Wandstärken entsprechend der Referenzwandstärke auf.

Reparaturkonzept

Aufgrund der Ergebnisse der Bohrlochgeophysik und dem vor allem noch gut erhaltenen Filterstrang DN 200 (Kupfer) sowie der vorhandenen hohen spezifischen Ergiebigkeit des Brunnens standen zwei Varianten für die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit zur Diskussion. Bei der Entscheidung, den Brunnen entweder zu überbohren und anschlie-

ßend neu auszubauen oder mittels Inliner zu reparieren, fiel die Entscheidung auf Letzteres, da die Reparatur nur einen Bruchteil der Kosten verursachen und geringere technische Risiken mit sich bringen würde.

Im Sanierungskonzept der ausgeschriebenen Leistungen des Auftraggebers (AG) wurde aufgrund der vorliegenden geophysikalischen und optischen Ergebnisse der Einbau eines Inliners 273 mm Stahl mit Schweißverbindungen in die 368er-Mantelrohrtour vorgeschlagen, ausgeschrieben und beauftragt. Der Querschnitt der nicht schadhaften RT 470 mm sollte für die Aufnahme der Betriebspumpe und peripherer Ausrüstungen erhalten blei-

ben. Aus diesem Grunde musste der Inliner verloren auf dem Übergang RT 470 mm x RT 368 mm in einer Teufe von ca. 74 m abgehängt werden.

Durchführung der Arbeiten

Die besondere Herausforderung der Reparatur des Brunnens bestand darin, den 273er Inliner durch den Übergang der RT 470 mm x RT 368 mm des teleskopierten Ausbaustranges im exakten Längenmaß, in einer Tiefe von 75 bis 250,70 m in der RT 368 mm mittels Absetzstück zu positionieren (Abb. 4). Der Inliner mit einem Gewicht von ca. 15 t musste hier-

bei mit dem Rohrschuh 273 mm über das Kupferaufsatzrohr DN 200, welches nicht zentrisch verbaut war, „übergefädelt“ und dann ca. 50 cm abgelassen werden – bei einem Ringspalt von nur 31 mm. Ein tieferes „Überfädeln“ galt es zu vermeiden, da weiter unterhalb Zentrierungen optisch nachgewiesen worden waren. Ein Absetzen auf den Zentrierungen hätte zur Zerstörung des Filteraufsatzrohres DN 200 Kupfer geführt. Der Absetzvorgang wurde unter optischer Begleitung durchgeführt. Die Kamera war kurz über der Unterkante des Inliners derart positioniert, dass das „Überfädeln“ beobachtet werden konnte.

So war es möglich, den Vorgang optisch zu begleiten und damit online zu steuern (Abb. 5).

Nach dem erfolgreichen „Überfädeln“ wurde die geplante Kiesschüttung in den Ringspalt RT 273 x RT 368 mm mittels Schüttröhren über die im Absetzstück des Inliners vorhandenen Verfüllöffnungen eingebracht. Da eine Lotung nicht möglich war, wurden die benötigten Kiesmengen vorher rechnerisch ermittelt. Die Brunnenreparatur war damit gemäß Planung abgeschlossen. Bei der Durchführung des Leistungspumpversuches unter maximaler Förderrate stellte sich jedoch heraus, dass aufgrund des dabei erzeugten Potenzialunterschiedes über die Leckagen der RT 368 mm der obere GW-Leiter über den Ringraum zwischen der RT 368 mm und dem Inliner nach unten eine Strömung erzeugte. Erst jetzt, nach dem Einbau des Inliners, konnte festgestellt werden, dass zwischen den Grundwasserleitern eine erhebliche Druckdifferenz bestand. Die hierdurch entstandene Hinterströmung des Inliners führte dazu, dass die Kiesaufschüttung im Ringraum RT 273 x RT 368 mm über die Unterkante des Inliners ausgespült wurde. Als Ursache wurden die unteren Leckagen im Bereich zwischen 239 und 240 m vermutet.

Weiterführende Arbeiten

Um die Brunnenreparatur dennoch erfolgreich abzuschließen zu können, wurde gemeinsam vom Auftraggeber und der Brunnenbaufirma ein Konzept erarbeitet. Ein Ziehen des eingebrachten Inliners wurde jedoch von vorn herein ausgeschlossen, da das Risiko für ein Verkleben des Rohrstranges sowie Abreißen und/oder einer weiteren Beschädigung der RT 368 mm, verbunden mit einer Vergrößerung der schon festgestellten Rohrdefekte, zu groß war und damit die Sanierung gescheitert wäre.

Zur Unterbindung der Umläufigkeit wurde das Einbringen einer Abdichtung aus Ton-Zement-Suspension im unteren Abschnitt des Ringraum zwischen der RT 368 mm und dem Inliner 273 mm favorisiert. Um eine Fußzementation ausbilden zu können, kam daher nur eine Schussperforation des Inliners in einer definierten Strecke unmittelbar über dem verlorenen Kupferaufsatzrohr als Möglichkeit infrage. Das Setzen einer reinen Tonsperre aus Pellets wurde gänzlich ausgeschlossen, da eine exakte Platzierung bei dieser großen Teufe und dem sehr geringen Ringspalt als technisch nicht durchführbar angesehen wurde.

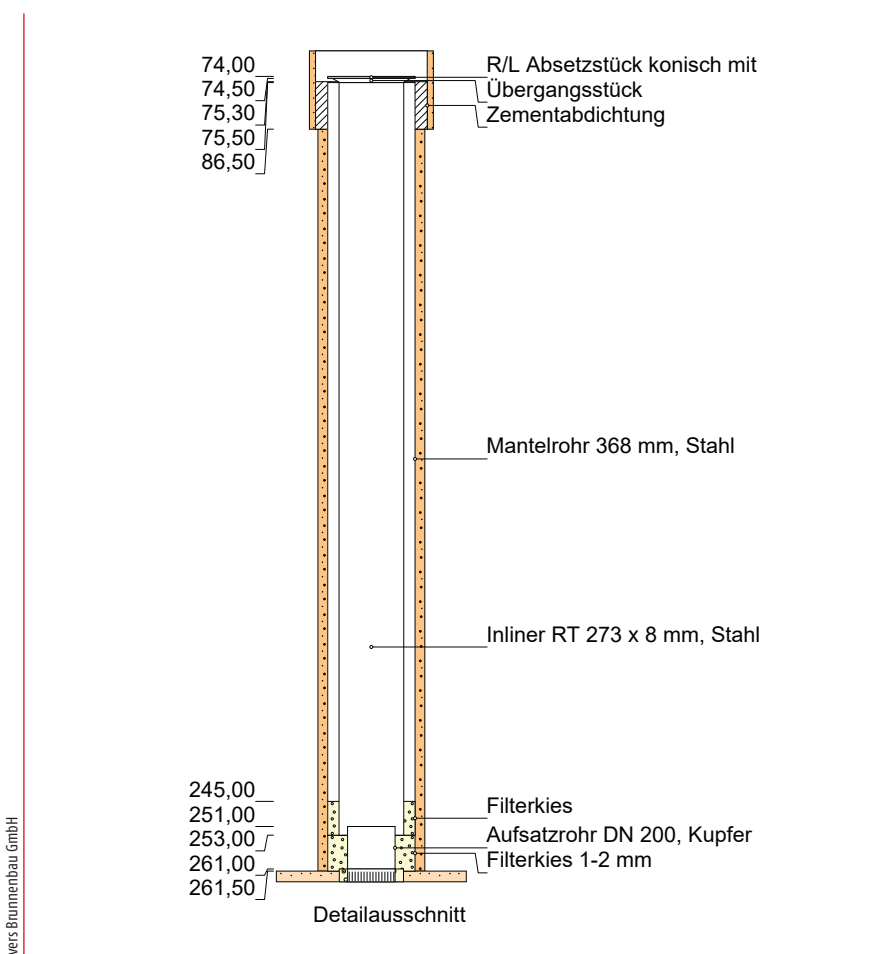


Abb. 4 – Planungszeichnung für die Sanierung des Brunnens



Abb. 5 – Kontrolle des Inliners mittels Kamerabefahrung



Hamburger Wasserwerke GmbH

Abb. 6 – Nachweis der Perforationslöcher und des unbeschädigten Kupferrohres


Es galt deshalb, eine Sprengladung für die Perforation so zu planen und zu platzieren, dass die Suspension ab 249,80 m in den Ringraum RT 368mm x Inliner 273 mm eingepresst werden konnte. Die Sprengladung musste dabei so konzipiert werden, dass das Kupferrohr, welches sich in einem Abstand von nur 0,5 m zum Ladungsträger befand, nicht beschädigt wurde. Es war vorgesehen oberhalb von 249,8 m auf einer Länge von 1,9 m insgesamt 32 Perforationen zu erzielen. Die Schussperforation, einschließlich Planung, Durchführung und Koordinierung, führte die auftragnehmende Brunnenbaufirma selbst durch.

Nach erfolgter Schussperforation wurde die Lage der Perforationslöcher überprüft (Abb. 6). Die Perforation konnte als erfolgreich eingeschätzt werden. Das Filteraufsatzrohr aus Kupfer war unbeschädigt. Nun konnte ein Doppelpacker in einer Teufe von 247,5 bis 250,2 m eingebaut werden, der an die entsprechenden Druckverhältnissen und den Durchmesser angepasst war. Die Druckbeaufschlagung zum Verpressen der Suspension wurde dabei allein durch die unterschiedlichen Dichten von Suspension und Wasser erreicht (Druckkomprimierung). Die Suspension wurde über die Perforationen im Bereich von 250 bis 248 m, die unmittelbar über

dem alten Kupfer-Aufsatzrohr DN 200 (OK 250,5 m) lagen, eingebracht, um so eine Abdichtung bis in den Bereich des Stauers bei 242 m zu erreichen. Hiermit sollte verhindert werden, dass das Material der nachfolgenden Ringraumverfüllung wieder ausgespült wird. Auch war nicht auszuschließen, dass die RT 368 mm noch weitere, bisher nicht erkannte kleinere Leckagen aufweist, die zu einem Einspülen von Material aus dem Gebirge führen könnten.

Die Mengenberechnung der Suspension, der Einbau der Verpressleitung und das für die Abbindezeit der Suspension zur Verfügung stehende Zeitfenster stell-


Brunnen fachgerecht sanieren



Umfassende Informationen und Praxisbeispiele zu Brunnenanströmung, Brunnenanströmung und zu den chemisch-mikrobiologischen Prozessen der Brunnenalterung.

Grundlagen und Handlungsempfehlungen für die Wartung, Regenerierung, Sanierung und den Rückbau von Brunnen.

Jetzt bestellen unter shop.wvgw.de

Kompetenz: Energie & Wasser. 

Ivers Brunnenbau GmbH

Großlochbohrungen
Tiefenbohrungen
Kernbohrungen
Grundwasserabsenkung
Baugrunduntersuchungen
Brunnenregeneration
Wasserwerksbau
Atlastensanierungen
Hydrogeologische Tests
Brunnenrückbauten
Erdwärmebohrungen
Sanierungstechniken
Brunnenperforationen

Walter-Zeidler-Straße 10
24783 Osterrönfeld
Tel. 04331 8421-0
Fax. 04331 8421-88
info@ivers-brunnenbau.de
www.ivers-brunnenbau.de



Kompetente Lösungen, die begeistern.

Hamburger Wasserwerke GmbH



Abb. 7 – TV-Aufnahmen vor und nach der Sanierung

ten hierbei weitere Herausforderungen dar. Zu beachten war außerdem, dass der Packer rechtzeitig, noch vor der vollständigen Aushärtung der Suspension, gezogen werden musste. Andererseits bestand aber auch die Gefahr, dass ein zu frühzeitiges Ziehen des Packers zum Eintrag von noch flüssiger Suspension in den Ausbaustrang führen könnte. Nachfolgend sollte der verbliebene Ringraum zwischen der RT 368 mm und dem Inliner 273 mm als zusätzliche Sicherheit mit einer beschwerten Ton-Zement-Suspension über das Schüttrohr durch die Öffnungen am Inlinerkopf, bis ca. 85 m verfüllt werden. Die dafür erforderliche Menge wurde vorher rechnerisch ermittelt.

Im späteren Pumpversuch mit abschließender Kamerabefahrung waren keine Umläufigkeiten oder Trübungen mehr sichtbar bzw. nachweisbar (Abb. 7). Der Leckagebereich im Ausbaustrang war abgedichtet, was mittels geophysikalischer Vermessung noch zusätzlich bestätigt werden konnte. Anhand der bohrlochgeophysikalischen Messungen konnte zudem belegt werden, dass alle Berechnungen der Einbringmengen richtig waren (Abb. 8). Es konnten weder Verfüll- noch Verpresslücken nachgewiesen werden, noch kam es zu unkontrollierten Suspensionsaustritten. Die Filterschlitze des Kupferfilters waren frei von Suspension – in den Filterbrücken sind nur Kieskörner sichtbar.

In den Abbildungen 9 und 10 ist das Ausbauschema des Brunnens nach der Sanierung dargestellt. Mit den dann folgenden routinemäßigen Arbeiten wie Pumpeneinbau, Gerüstabbau, Anschluss der Versorgungsleitungen und Baustellenräumung wurden die Maßnahmen abgeschlossen und der Brunnen an den Auftraggeber übergeben. Der Tiefbrunnen befindet sich jetzt seit längerer Zeit im Dauerbetrieb. Eine Sandfracht war im Förderstrom sowie in der Aufbereitung nicht mehr nachweisbar. Damit war das Projekt „Reparaturmethode für schadhafte Brunnenausbauten, unter zur Hilfenahme von Sprengtechnik und Geophysik“ erfolgreich abgeschlossen.

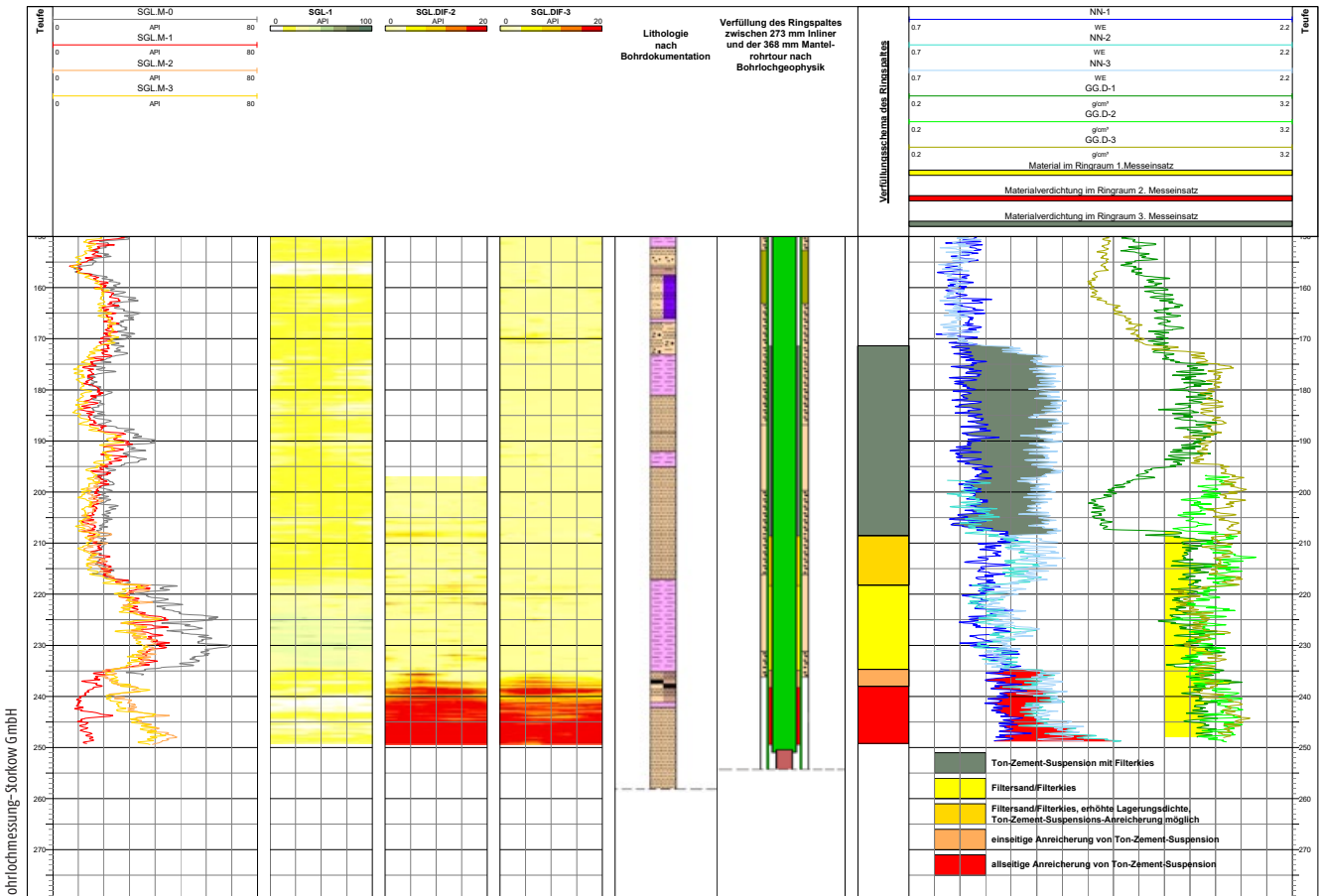


Abb. 8 – Ausschnitt der geophysikalischen Endkontrolle

Zusammenfassung

Mit diesem Beispiel der Reparatur eines Brunnens (Baujahr 1961, Tiefe 312 m) wird eine Möglichkeit aufgezeigt, selbst unter schwierigen technischen und hydraulischen Voraussetzungen eine Sanierung durchzuführen, sodass die vollständige Betriebsfähigkeit des Brunnens wieder erreicht wird. Die im neuen DVGW Arbeitsblatt W 135 (A) aus dem Jahre 2018

aufgeführten Methoden zur Reparatur von Brunnen sieht ein Überbohren des Ausbaus als hauptsächliche Arbeitsweise vor. Aufgrund der damit verbundenen hohen Kosten und technischen Schwierigkeiten, insbesondere bei tiefen Brunnen, sollten jedoch alle bekannten Reparaturmöglichkeiten ingenieurtechnisch mit in die Entscheidungsfindung einbezogen werden. Bei der Planung einer Repa-

raturmethode sind die bestehende Brunnenkonstruktion und die Entwicklung der spezifischen Ergiebigkeit des Brunnens als wirtschaftliche Faktoren mit heranzuziehen. Aber auch Standortverhältnisse und Genehmigungen sind als „weiche“ Faktoren mit zu berücksichtigen.

Für die Abwägungen im Rahmen des Risikomanagements sollten geophysikalische Untersuchungen zur Ermittlung des Ist-Zustands im Vorfeld der Baumaßnahme durch den Auftraggeber veranlasst werden. An dem Beispiel wurde gezeigt, dass dies auch baubegleitend erforderlich ist. Für die Abnahme der Baumaßnahme und Erfolgskontrolle sind geophysikalische Untersuchungen für den Auftraggeber ein notwendiges Mittel, um die Leistung der bauausführenden Firma bewerten und finanziell vergüten zu können.

Alles in allem soll dieses Beispiel zur Reparatur eines tiefen Brunnens verdeutlichen, dass alle technischen Verfahren eine Berechtigung besitzen. Eine ingenieurtechnische Untersuchung des Sachverhalts wird als unabdingbar angesehen, zumal für den Auftraggeber damit auch erhebliche finanzielle Vorteile verbunden sein können. Die Sanierung zeigt, wie wichtig eine fachübergreifende Zusammenarbeit, hier zwischen dem Auftraggeber = Planer, dem Brunnenbauer, der Geophysik und der Sprengtechnik ist, um derart komplexe Vorhaben zu einem positiven Abschluss zu bringen.

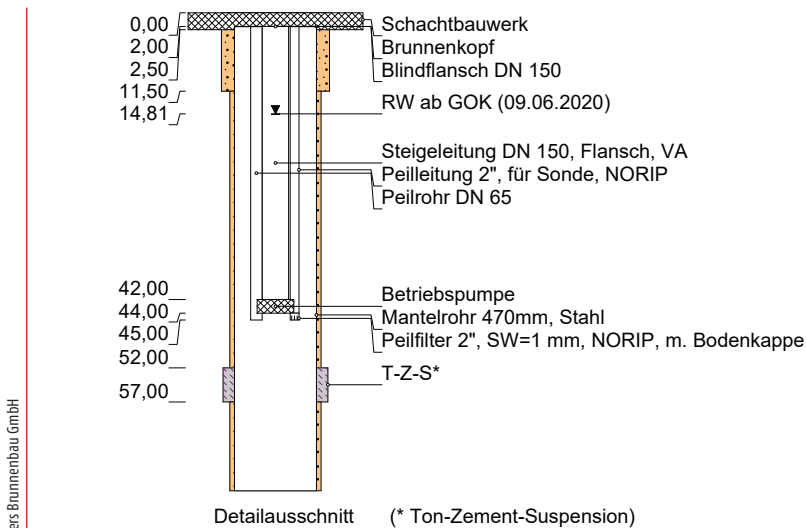


Abb. 9 – Brunnenausbau von 0 bis 70 m nach Sanierung

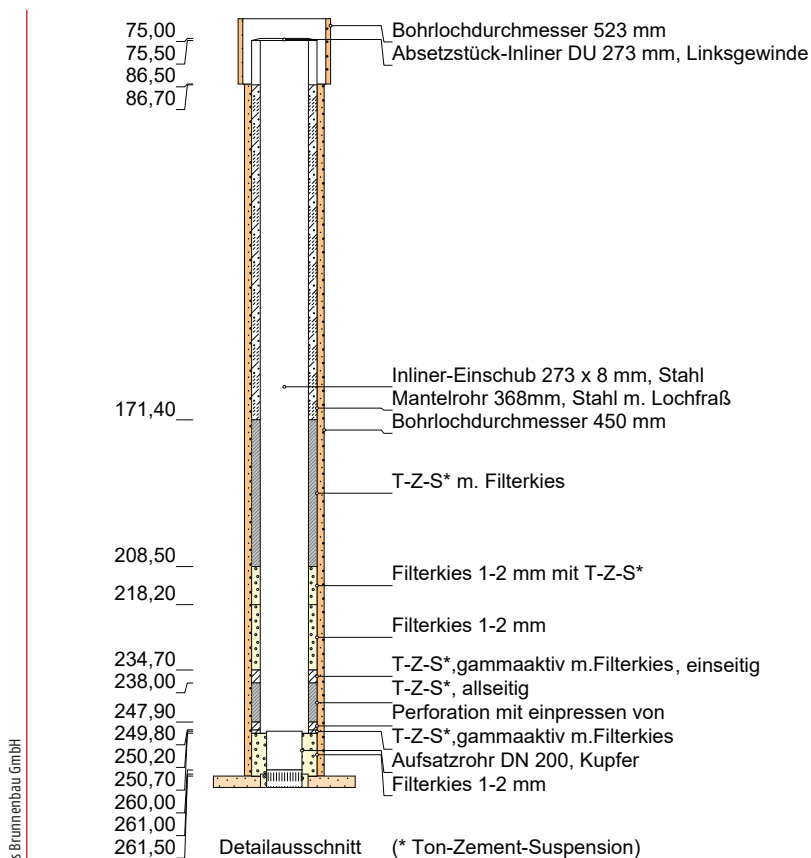


Abb. 10 – Brunnenausbau von 70 bis 261,5 m nach Sanierung

Autoren

Karsten Baumann
Bohrlochmessung Storkow GmbH
Schützenstr. 33
15859 Storkow
Tel.: +49 (0) 3367843630
baumann@blm-storkow.de
www.blm-storkow.de

Axel Gehrke
Ivers Brunnenbau GmbH
Walter-Zeidler-Straße 10
24783 Osterrönfeld
Tel.: +49 (0) 4331 84210
ag@ivers-brunnenbau.de
www.ivers-brunnenbau.de

Ronald Rogge
Ronaldrogge55@gmail.com

