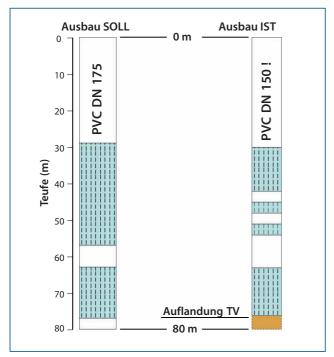
# Abenteuer Brunnen – Chronologie einer Korrektur

Brunnensanierung ■ Ein landwirtschaftlicher Betrieb nutzt einen erst 1998 neu errichteten eigenen Brunnen zur Versorgung seines Viehbestandes. Nach acht Jahren Betriebszeit wurde der Ausfall des Brunnens für den Betrieb existenzbedrohend, denn im Brunnen trat relativ unvermittelt und danach dauerhaft eine hohe, die Betriebspumpe zerstörende Sandführung auf. Zur Verifizierung der Schadensdiagnose wurden komplexe geophysikalische Messungen erforderlich, deren Ergebnisse eine sichere Grundlage für die zu treffende Sanierungsentscheidung waren.

ie Brunnenbohrung eines landwirtschaftlichen Betriebes erschließt unter einer quartären, aus Feinund Mittelsanden bestehenden Überdeckung (schwebender, oberflächennaher Grundwasserhorizont) wasserführende Kluftzonen des Unteren Buntsandsteins und hat eine End- und Ausbauteufe von ca. 80 Metern. Der Wasserbedarf des Betriebes liegt bei 150 m<sup>3</sup>/d, was das landwirtschaftliche Unternehmen bei Entnahme aus dem öffentlichen Netz durchschnittlich 450 Euro täglich kosten würde - die in diesem Falle jährlichen Wasserkosten würden sich auf rund 165.000 Euro belaufen. Unter Maßgabe dieser Kosten ist der Ausfall des Brunnens für den Betrieb ein existentielles Problem; aber genau das ist nach nur achtjähriger Betriebsdauer eingetreten. Im Brunnen trat relativ unvermittelt und danach dauerhaft eine hohe, die Betriebspumpe zerstörende Sandführung auf.



**Abb.1** Unsanierter Brunnen; Kontrolle des Ausbauzustandes anhand einer TV-Befahrung (Legende siehe Abbildung 2)

### Schadensdiagnose

Als erste Maßnahme wurde daraufhin eine TV-Untersuchung veranlasst. Hierbei wurde festgestellt, dass der PVC-Ausbau aus Rohren DN 150 und nicht, wie im Ausbauplan angegeben, aus einer DN 175 mm-Rohrtour besteht, mechanisch völlig intakt ist und freie Filterschlitze sowie weitgehend klares Wasser aufweist – Hinweise auf einen unmittelbaren Sandeintrag wurden nicht gefunden. Lediglich oberhalb des Wasserspiegels wurde im eigentlich abgedichteten Bereich (so genannter norddeutscher Ausbau ohne Sperrrohr) eine undichte Rohrverbindung mit sichtbarem Fremdwassereintrag lokalisiert.

Zweiter Schritt der Untersuchungen waren komplexe geophysikalische Messungen gemäß DVGW-Merkblatt W 110 zur Ermittlung der im Brunnen herrschenden hydrodynamischen Situation, zur Lokalisierung von Sand- bzw. Trübungseinträgen und insbesondere zur Untersuchung des Ringraumes und der Oberflächenabdichtung des Brunnens.

Im Ergebnis dieser Messungen wurde nochmals verifiziert, dass der vorliegende Ausbauplan lediglich eine "Aufmaßskizze" darstellte und deutlich von der Wirklichkeit entfernt war (Abb. 1). Neben einem kleineren Ausbaudurchmesser als angegeben und der vom Ausbauplan deutlich abweichenden Filtereinbauteufen konnten mit Hilfe der geophysikalischen Untersuchungen noch zusätzlich die folgenden Schäden am Brunnen ermittelt werden:

- Eine Oberflächenabdichtung ist nur noch in Resten vorhanden und damit hydraulisch unwirksam.
- In der Abdichtungsstrecke sowie im Filterkies treten Hinterfüllungslücken und Brückenbildungen auf.
- Erhebliche Materialumlagerungen im Ringraum haben zu einer Vermengung von eingespülten, oberflächennah anstehenden Lockersanden mit dem eingebauten Abdichtungston geführt (Abb. 2).
- Der Brunnen erschließt nicht über seine gesamte Filterstrecke Grundwasserzutritte, er ist offensichtlich zu tief ausgebaut worden (Abb. 4).

Die plötzliche Sandführung des Brunnens konnte auf Grund dieser Messergebnisse eindeutig auf eine mittlerweile völlig unwirksame Abdichtung zurückgeführt werden. Über den Ringraum erfolgt, insbesondere bei Absenkung im Brunnenbetrieb, eine permanente niederschlagsabhängige Zusickerung oberflächennaher Grundwässer bis in den Filterbereich des Brunnens. Dabei wurden die bis ca. 10 Meter Teufe anstehenden Lockersande ausgewaschen und nach unten verschleppt. Dies führte zu einem permanenten Sandeintrag und neben den Schäden an der Pumpe zu einer etwa 5 Meter hohe Auflandung im Brunnen (Abb. 3). Eine weitere Nutzung des Brunnens war unter diesen Bedingungen nicht mehr möglich.

### Sanierungsentscheidung und -planung

Die wasserrechtliche und versorgungstechnische Situation am Standort verbietet einen Brunnenneubau an anderer Stelle. Darüber hinaus ist es angesichts der geogenen Verhältnisse unsicher, ob ein neuer Brunnen wiederum an das derzeit recht ergiebige Kluftsystem des ansonsten nur wenig wasserwegsamen Unteren Buntsandsteins anschließt. Der Betreiber entschloss sich daher zur Sanierung des bestehenden Brunnens.

Die Grundlage für die Planung stellen neben den vorhandenen Altunterlagen, den mehrjährigen Betriebsmessungen und der geschilderten TV-Befahrung die angeführten geophysikalischen Untersuchungen dar, anhand derer festgestellt wurde, dass die wesentlichen Zuflüsse erst unterhalb eines in ca. 30 Meter Teufe mittels Gamma-Ray- und Widerstands-Log lokalisierten Tonsteines und nur bis etwa in eine Teufe von 60 Meter auftreten (Abb. 4). Dieser Tonstein bildet einen Horizont, in dem eine neue Abdichtung wirkungsvoll abgesetzt werden kann. Darüber hinaus besteht die

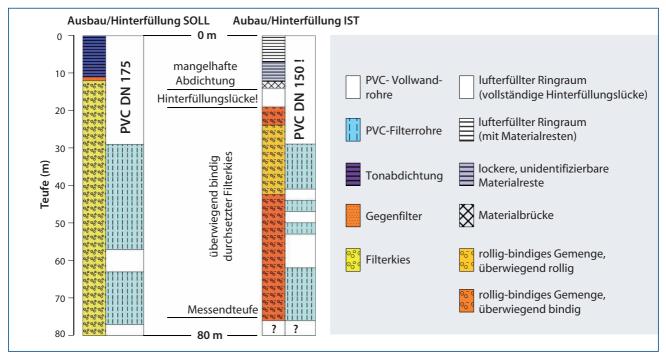
Möglichkeit, die unteren 20 Meter der derzeitigen Brunnenbohrung zu verschließen und nur noch eine Ausbauendteufe von maximal 60 Meter zu realisieren. Hiervon ausgehend wurde geplant,

- den aus Aufsatz- und Filterrohren bestehenden PVC-Altausbau DN 150 einschließlich des Filterkieses komplett auszuräumen,
- die Bohrung bis 30 Meter Teufe aufzuweiten, ein Stahlsperrrohr DN 508 bis in diese Teufe einzubauen und mit einer Dämmer-Zement-Suspension abzudichten (so genannter süddeutscher Ausbau mit Sperrrohr),
- anschließend die dann unterhalb von 30 Meter bis ca. 80 Meter Teufe offene, standfeste Bohrung mit einem vorgeblichen Bohrdurchmesser von 420 Millimeter nochmals geophysikalisch mit dem Schwerpunkt einer neuerlichen Zuflussbewertung zu untersuchen und im Zusammenhang damit einen Zwischenpumpversuch zu fahren,
- und danach den neuen Ausbau (Endausbauteufe und Teufe des Pumpenschutzrohres im ansonsten unterhalb von rund 31 Meter Teufe vollständig verfilterten Brunnen) festzulegen, der aus Edelstahl mit Wickeldrahtfiltern DN 200 bestehen soll. Den dieserart geplanten Neuausbau zeigt Abbildung 5.

Die Entwicklung des Brunnens, ein Pumpversuch zur Bestimmung der resultierenden Leistungsparameter und eine abschließende TV-Befahrung des neuen Ausbaues sollten die Sanierung abschließen. Für die Gesamtmaßnahme wurde von einer Bauzeit von sechs bis acht Wochen ausgegangen.

### Sanierungsarbeiten und technische Probleme

Nach relativ problemloser und in weit weniger als der geplanten Zeit bewerkstelligter Ausräumung des Altausbaues



**Abb. 2** Unsanierter Brunnen; Ergebnis der Ringraumkontrolle durch geophysikalische Untersuchungen; Messungen: Temperaturmonitoring (vgl. hierzu: LUX, SCHEFFEL 2002) sowie Gamma-Ray-, Gamma-Gamma-Dichte- und Neutron-Neutron-Log

### **Technik**

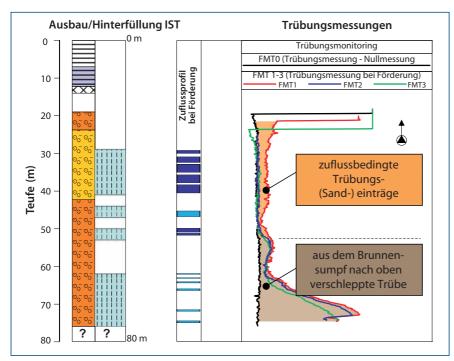


Abb. 3 Unsanierter Brunnen; Lokalisierung von Sand- bzw. Trübungseinträgen in Gegenüberstellung zu den Zuflusshorizonten; Messungen: fotometrisches Trübungsmonitoring (vgl. hierzu: Lux, Scheffel 2006), Zuflusshorizonte laut Flowmeter-Log (Legende siehe Abbildung 2)

und seiner Hinterfüllung, bei der sich die geophysikalischen Aussagen zum Zustand des Ringraumes bestätigten, musste festgestellt werden, dass in einer Teufe von 8 bis 20 Meter eine abgerissene ehemalige Hilfsverrohrung von DN 300 in der Brunnenbohrung steckte. Der Nachweis hierfür wurde durch eine zweite TV-Befahrung erbracht. Abbildung 6 zeigt den Blick durch ein zwischenzeitlich bis 10 Meter Teufe eingebautes Standrohr von 711 Millimeter Durchmesser auf die völlig exzentrische Lage dieser abgerissenen Rohre. Der Abriss dieser Rohre und deren Verbleib im Brunnen waren in keiner der vorhandenen Altunterlagen dokumentiert. Versuche, diese Rohre mit Hilfe eines Innenrohrhebers auszubauen, scheiterten trotz erheblicher Zugkräfte.

Der daraufhin gefasste Entschluss der Brunnenbaufirma, die abgerissenen Rohre mit verschraubten 419-mm-Rohren überbohren zu wollen, erwies sich als verhängnisvoll, da nicht nur die Exzentrizität der verlorenen Rohre, sondern ein zusätzlich vorhandener starker Neigungsaufbau der alten Brunnenbohrung zum Festklemmen der Überbohrrohre in 18 Meter Teufe und zu deren Abriss an einer Schraubverbindung in ca. 12 Meter Teufe führten. Diese nun unter der Oberkante der ursprünglich zu bergenden 300-mm-Altverrohrung liegende Abrissteufe vergrößerte die ohnehin schon vorhandenen Schwierigkeiten insofern, als dass nunmehr auch die Überbohrrohre nicht mehr zu fassen waren und für ihre Bergung ein zuvoriger Ausbau der 300er-Verrohrung

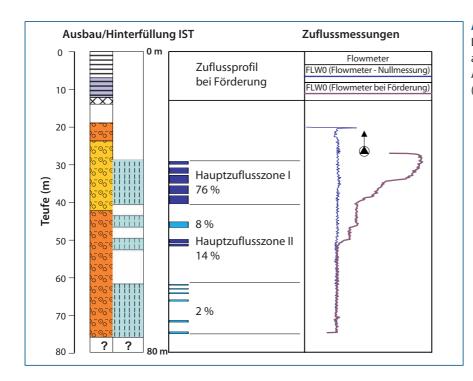


Abb. 4 Unsanierter Brunnen; Lokalisierung der bei Förderung auftretenden Zuflüsse und ihrer Anteile mittels Flowmeter-Logs (Legende siehe Abbildung 2)

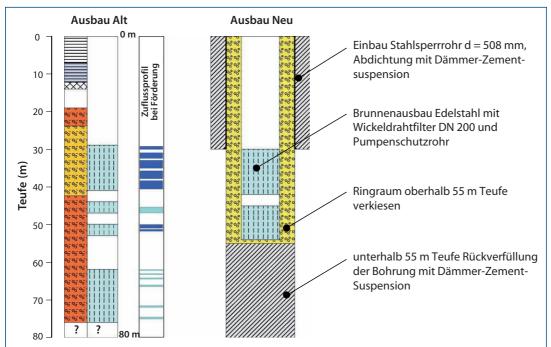


Abb. 5 Sanierungsplanung; Geplanter Neuausbau in Gegenüberstellung zur Situation im unsanierten Brunnen; Planungsgrundlage: Geophysikalische Untersuchungen (Legende siehe Abbildung 2)

zwingend notwendig geworden war (Abb. 7). Letzteres wurde dadurch realisiert, dass diese Rohre in 17 Meter Teufe durch ein Jet-Cutting abgeschossen (Abb. 8) und danach gezogen wurden, sodass nur noch ein zu überfräsender Rest von ca. 3 Meter der 300-mm-Verrohrung in der zwischenzeitlich bis in eine Teufe von 19 Meter aufgekiesten Bohrung verblieb.

Während der Arbeiten eintretender Starkregen führte zur Aufsättigung der das Festgestein überlagernden Sande und zu erheblichen Wasser- und Sandeinbrüchen in die Bohrung. Diese überdeckten immer wieder die neuralgischen Bohrloch- bzw. Verrohrungsabschnitte und erschwerten nicht nur erheblich das Ziehen der abgeschossenen Altverrohrungsreste, sondern auch die Bergung der Überbohrrohre. Hinzu kam, dass die Oberkante Letzterer infolge ihrer geneigten und exzentrischen Lage erst dann in den Rohrschuh des Standrohres eingeführt werden konnte, nachdem dieses durch zusätzliche technische Maßnahmen zur Seite gerückt worden war. Ein problemloses Ziehen der abgerissenen

Überbohrverrohrung war aber auch dann noch nicht möglich, da die wiederholten Sandeinbrüche diese Rohre im Bohrloch so verklemmten, dass sie nur durch ein neuerliches Überbohren zu lockern waren. Dies erfolgte durch tieferes Eindrehen der 711-mm-Standrohre bis auf 13,7 Meter und durch zusätzliches Überbohren der beiden abgerissenen Rohrstränge mit einem Bohrdurchmesser von 508 Millimeter bis in 20,5 Meter Teufe (Abb. 7). Im Anschluss daran gelang es nach neuerlichen Mehrfachversuchen, die verlorenen Rohre zu bergen.

Der durch die geschilderten Komplikationen entstandene Zeitverzug der Sanierungsarbeiten gegenüber der anfänglichen Planung summierte sich auf ca. drei Wochen. Gleichzeitig verwiesen diese Komplikationen auf einen unsachgemäßen Brunnenbau und zudem auf eine vermutlich ungenügende Bauüberwachung und -abnahme im Jahre 1998. Darüber hinaus wurde dadurch auch klar, warum der vorgegebene Ausbau DN 175 nicht in die Brunnenbohrung eingebaut wurde: Ganz offenbar hatten die letztlich einge-



### MIT GRUNDFOS GUCKEN SIE NICHT IN DIE RÖHRE! WWW.BRUNNEN-PROFI.DE

Nutzen Sie uns für Ihre eigene, kostenlose Werbung: Steigern Sie Ihre Bekanntheit, erhöhen Sie Ihre Kundenkontakte. Melden Sie sich jetzt an auf unserer Informationsplattform für professionelle Brunnenbauer: www.brunnen-profi.de

Ihre Kontaktdaten erscheinen dann auf der Website www.eigener-brunnen.de, die Grundfos für potentielle Endkunden eingerichtet hat. Dort erfahren Ihre Kunden alles Wissenswerte zum Thema Wasser aus dem eigenen Brunnen und vor allen Dingen Kontaktadressen von Brunnenbauern in der Region.

Also gleich www.brunnen-profi.de anklicken, anmelden und dauerhaft vom Grundfos-Wissen für Brunnenprofis profitieren: Pumpen Know-how, Veranstaltungen, Literatur.

### **Technik**



Abb. 6 Technische Probleme; Abgerissene, geneigt im Brunnen verklemmte alte Hilfsverrohrung (schematisch)

bauten 150-mm-Rohre das Maß, das gerade noch problemlos in die erheblich geneigte Bohrung eingeschoben werden konnte, wodurch gleichzeitig deren Neigung ausglichen wurde. Da die Betriebspumpe an einem PE-Schlauch eingebaut war, traten für den Brunnenbetreiber diesbezüglich keine Auffälligkeiten auf. Die von den Sollangaben abweichenden Filterrohrlängen waren offenbar der momentanen Verfügbarkeit dieser Rohre geschuldet. Es erklärt sich von selbst, dass in einer solchen Bohrung der Einbau einer dauerhaft wirksamen Tonabdichtung nahezu unmöglich war.

## Festlegung von Abdichtstrecke und Endausbau des sanierten Brunnens

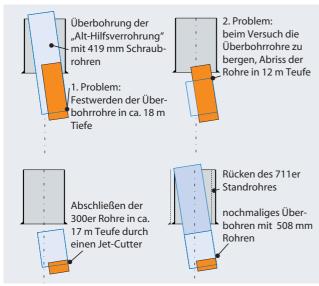
Nach Beseitigung aller Bohrhindernisse und Komplikationen wurden die Arbeiten fortgesetzt. Das alte Bohrloch wurde bis in 30 Meter Teufe mit einem Werkzeug von 670 Millimeter aufgeweitet. In dem nunmehr unterhalb des Standrohres offenen Bohrloch wurden nochmalige geophysikalische Messungen durchgeführt (Abb. 9). Abweichend von der ursprünglichen Planung erfolgten angesichts der negativen

Erfahrungen diese Messungen vor Einbau und Abdichtung des Sperrohres mit dem Ziel,

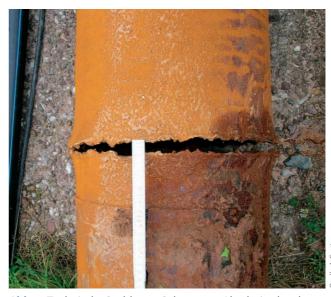
- die von der Brunnenbohrung aufgeschlossene Schichtenfolge zu gliedern,
- die Wasserführung des Gebirges insgesamt, einschließlich der Wasserzutritte aus dem Lockergestein zu ermitteln,
- anhand dessen die endgültige Sperrohrteufe festzulegen,
- und die Filtereinbauteufen und die Einbauteufe des Pumpenschutzrohres zu bestimmen.

Nebenbei wurde durch diese Messungen festgestellt, dass der ursprüngliche Durchmesser unterhalb der genannten Aufweitungsteufe nicht, wie angegeben, 420 Millimeter, sondern nur 290 Millimeter betrug; gleichzeitig konnte die bereits angesichts der Komplikationen gemutmaßte Neigung des Bohrlochs quantitativ bestimmt werden (Abb. 9).

Anhand der Messungen der natürlichen  $\gamma$ -Strahlung und des spezifischen elektrischen Gebirgswiderstandes wurden im



**Abb. 7** Technische Probleme; Versuch des Überbohrens der alten Hilfsverrohrung und Bergung der abgerissenen Verrohrungen (schematisch)



**Abb. 8** Technische Probleme; Geborgener Abschnitt der alten Hilfsverrohrung nach dem Jet-Cutting (schematisch); Sichtbarer Schnitt ist das Resultat eines anfänglichen Fehlversuchs.

Kontext zu den Ergebnissen hydrodynamischer Bohrlochmessungen die Sperrrohrteufe und Abdichtung des Brunnens sowie dessen Endausbau wie folgt festgelegt:

Sperrrohr: Stahl, 0 – 30 m, d = 508 mm
 Endausbau: Edelstahl, 0 – 54 m, DN 200

Wickeldrahtfilterrohre (SW 2 mm),

31– 43 m, 45 – 54 m Pumpenschutzrohr 43– 45 m Filterkies 5,6 – 8 mm

Durch diesen Ausbau, der nach dem Aufweiten der unteren Bohrlochabschnitte auf 445 Millimeter eingebracht wurde, wird die Hauptmenge des im unausgebauten Bohrloch förderbaren Wassers (92 %), das laut neuerlichem geophysikalischen Messergebnis dem Teufenbereich zwischen ca. 31 Meter und 52 Meter entstammt, erfasst. Die Rückverfüllung der unteren Bohrungsabschnitte und die Absperrung des Bereiches zwischen 0 Meter und 30 Meter waren damit in vollem Maße gerechtfertigt.

### Leistungsparameter und Endabnahme des Brunnens

Nach Einbringung des Endausbaues wurde der Brunnen klargepumpt. An das Klarpumpen schlossen sich ein aus Kostengründen auf 72 Stunden reduzierter Leistungspumpversuch, bei dem sich der Brunnen laut Pumpversuchsprotokoll vollkommen sandfrei erwies, sowie 44 Stun-

den Wiederanstiegsbeobachtung an, woraus eine Brunnenergiebigkeit von 0,15 l/s m resultierte. Gegenüber dem Leistungstest im Neubauzustand des Altbrunnens aus dem Jahre 1998, der einen diesbezüglichen Wert von 0,12 l/s m ergab, stellte das eine Verbesserung um 25 Prozent dar, wobei angesichts der überwiegend bindig überprägten Abfolge höhere Werte nicht zu erwarten waren. Garantiert wird dadurch, dass die durch das landwirtschaftliche Unternehmen benötigte Wassermenge förderbar ist, ohne dass der Wasserspiegel in den Filterbereich hinein abgesenkt wird.

Die technische Endabnahme erfolgte durch eine abschließende TV-Befahrung des sanierten Brunnens. Unmittelbar danach wurde er wieder in Betrieb genommen. Alle Arbeitsschritte und Untersuchungsergebnisse wurden in umfangreicher und vollständiger Weise sowie nachvollziehbarer Art in einem Abschlussbericht dokumentiert.

### Kosten und Dauer der Maßnahme

Der Brunnen kostete nach Betreiberangaben 1998 einschließlich Planungsleistungen, Bauüberwachung usw. komplett rund 100.000 Euro. Die auf Grund umfangreicher Voruntersuchungen vorab geschätzten Baukosten für die Sanierung 2006 lagen bei rund 97.000 Euro. Nach beschränkter Ausschreibung der Leistungen wurde der Auftrag für 101.000 Euro vergeben.

# Nutzen Sie über die bbr auch 2008 den direkten Kontakt zu Ihrer Zielgruppe! Auch im kommenden Jahr erreichen Sie über uns noch mehr Auftraggeber zu günstigen Anzeigenpreisen! Fordern Sie jetzt die Mediadaten für 2008 an und nutzen Sie den direkten Kontakt zu Ihrer Zielgruppe aus dem Gas- und Wasserfach für Ihre Anzeigenwerbung.

Tel.: 08152 9697-70 · Fax: 08152 9697-72 E-Mail: info@energy-medienservice.de

Internet: www.energy-medienservice.de



**bbr** 01/2008 **27** 

### **Technik**

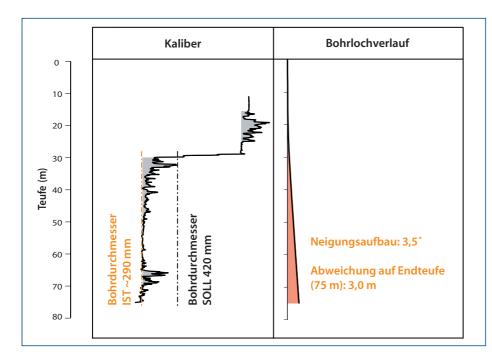


Abb. 9 Geophysikalische Messungen in der offenen Brunnenbohrung (Ausschnitt); Ergebnisse des Kaliber- und des Bohrlochverlaufs-Logs, Messungen nach dem für das spätere Sperrrohr nötigen Aufweiten bis 30 Meter Teufe und vor dem Aufweiten der unteren Bohrlochabschnitte auf den vorgegebenen Durchmesser

Infolge der geschilderten Komplikationen erhöhten sich die Dauer der Baumaßnahme auf rund 2,5 Monate und die Kosten inklusive Fremdkosten für Abschuss und Bergung des Hindernisses auf 135.000 Euro. Ohne eine unabhängige Fachbetreuung wären die Mehrkosten deutlich höher ausgefallen.

Durch eine detaillierte Ausschreibung, aussagekräftige geophysikalische Vermessungen bzw. TV-Befahrungen, eine intensive begleitende Überwachung und nicht zuletzt durch eine sachlich orientierte Auseinandersetzung mit der Bohrfirma konnten die Nachträge deutlich reduziert werden. Der Aufwand für die Ingenieurleistungen einschließlich der geophysikalischen Messungen kann mit insgesamt rund 25.000 Euro angegeben werden (alle Angaben netto).

### **Fazit**

Die Kosten für Voruntersuchungen, Planung und Sanierung insgesamt betrugen ca. 160.000 Euro . D. h., der dem Betreiber erwachsene Gesamtaufwand ohne Wasserkosten aus dem öffentlichen Netz während der Ausfallzeit des Brunnens hat sich nach bereits weniger als einem Jahr amortisiert. Gleichzeitig zeigt das Beispiel, dass eine sichere Planungsgrundlage, wie sie im vorliegenden Fall insbesondere durch die geophysikalischen Untersuchungen vorgelegen hat, eine qualifizierte Ausschreibung der technischen Leistungen und deren kompetente Überwachung es ermöglichen, selbst unvorherzusehende Komplikationen mit einem vertretbaren Mehraufwand abzudecken.

### Literatur

DVGW-Arbeitsblatt W 110: Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen – Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen, Bonn 2005.

GARTISER, A.: Brunnenservice – Ingenieurtechnische Beratung bei der Regenerierung und Sanierung. Vortrag, 1. Bamberger Brunnenbautage, 2005.

GARTISER, A.: Praxisbeispiel – Sanierung Brunnen IV und V Marktheidenfeld, Landkreis Bamberg. Vortrag, 2. Bamberger Brunnenbautage, 2007. LUX, K.-N. & I. SCHEFFEL: Temperaturmonitoring – Ein Verfahren zur Kontrolle der hydraulischen Wirksamkeit von Abdichtstrecken in Brunnen und Grundwassermessstellen. In: bbr Wasser und Rohrbau, Heft 6, 2002. Verlagsges. Rudolf Müller, Köln.

LUX, K.-N. & I. SCHEFFEL: Geophysikalische Traceruntersuchungen im Grundwasser. In: bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, Heft 6 (Teil 1), Heft 7 (Teil 2), 2005. wvgw Wirtschafts- u. Verlagsgesellschaft Gas u. Wasser mbH. Bonn.

LUX, K.-N. & I. SCHEFFEL: Geophysik in Altbrunnen – spezielle Anwendungsfälle bei Regenerierung und Sanierung. In: bbr Fachmagazin für Brunnen. und Leitungsbau, Heft 1, 2006. wvgw Wirtschafts- u. Verlagsgesellschaft Gas u. Wasser mbH, Bonn.

Alle Abbildungen sofern nicht anders gekennzeichnet: GFL-Dr. Lux GbR

### Autoren:

Dr. rer. nat. Karl-Norbert Lux Geol.-Techn. Ina Scheffel

GFL-Dr. Lux Geophysikalische Fachberatung GbR

Kleine Tabarzer Str. 6 99894 Friedrichroda Tel.: 03623 200-927 Fax: 03623 200-925

E-Mail: dr-lux@t-online.de Internet: www.gfl-geophysik.de

Dipl.-Geol. Andreas Gartiser Gartiser & Piewak GmbH Schützenstr. 5 96047 Bamberg

Tel.: 0951 2017-96 Fax: 0951 2017-95

E-Mail: info@geologie-franken.de Internet: www.geologie-franken.de

b