

Brunnensanierung mit Überraschungen

Ein Praxisbeispiel ■ Ein 1964 errichteter Tiefbrunnen einer Gemeinde in Oberfranken zeigte seit Ende der 80er-Jahre einen zunehmenden Rückgang seiner Ergiebigkeit. In immer kürzeren Abständen wurden aufwendige Regenerierungen nötig. TV-Befahrungen ließen mechanische Brunnenschäden und geophysikalische Untersuchungen die vollständige Unwirksamkeit der Oberflächenabdichtung des Brunnens erkennen, sodass sich die Gemeinde zur Komplettsanierung des Brunnens entschloss. Im Beitrag werden die Schritte dieser Maßnahmen einschließlich der während der Sanierung aufgetretenen Überraschungen dargestellt – Wahrheitsfindung 44 Jahre nach dem Bau des Brunnens.

Die Arbeiten an dem zu regenerierenden Brunnen begannen mit der Bestandsaufnahme vorhandener Daten. Hierzu gehörten Ausbauplan und Pumpversuchsergebnisse von 1964, die Originalunterlagen der damals bohrausführenden Firma, alle Dokumentationen bereits durchgeführter Untersuchungen (Pumpversuche, Eigenüberwachung, Rohwasseranalysen, Regenerierungen, TV-Befahrungsergebnisse vor und nach Einbau der Einschubverrohrung ...), die Ermittlung von Betriebswasserspiegeln und Entnahmemengen sowie die örtliche geologisch-hydrogeologische Situation.

Zur schnellen und direkten Vergleichbarkeit der mit jeweils unterschiedlichen Teufenbezugsniveaus vorliegenden Daten wurde im Zusammenhang mit dieser Recherche ein internes Bezugssystem erarbeitet und es wurden alle wichtigen Angaben auf einen während der Sanierungsarbeiten dauer-

haft vorhandenen Bezug (OK Bodenplatte Schacht) umgerechnet. Die Teufenangaben im nachstehenden Beitrag beziehen sich aus Gründen der Vereinfachung auf OK Gelände. Die Resultate dieser Bestandsaufnahme lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Geologisch-hydrogeologische Situation

Die Bohrung erschließt unter 8,5 m toniger Überdeckung (Lias β) Schichten des sog. Rhätolias. Der Rhätolias ist im Regionalraum häufig als einheitlicher Grundwasserleiter (meist Rhät mit Lias α 1+2) erschlossen. Es handelt sich um einen stark eisenhaltigen Kluftgrundwasserleiter, der hier wegen der Nähe des Brunnenstandorts zu einem größeren Grabenbruch erhöhte Durchlässigkeiten aufweist.

Die aufgeschlossene Abfolge besteht aus einer etwa 30 m mächtigen, vorwiegend dickbankigen Tonstein-Sandstein-

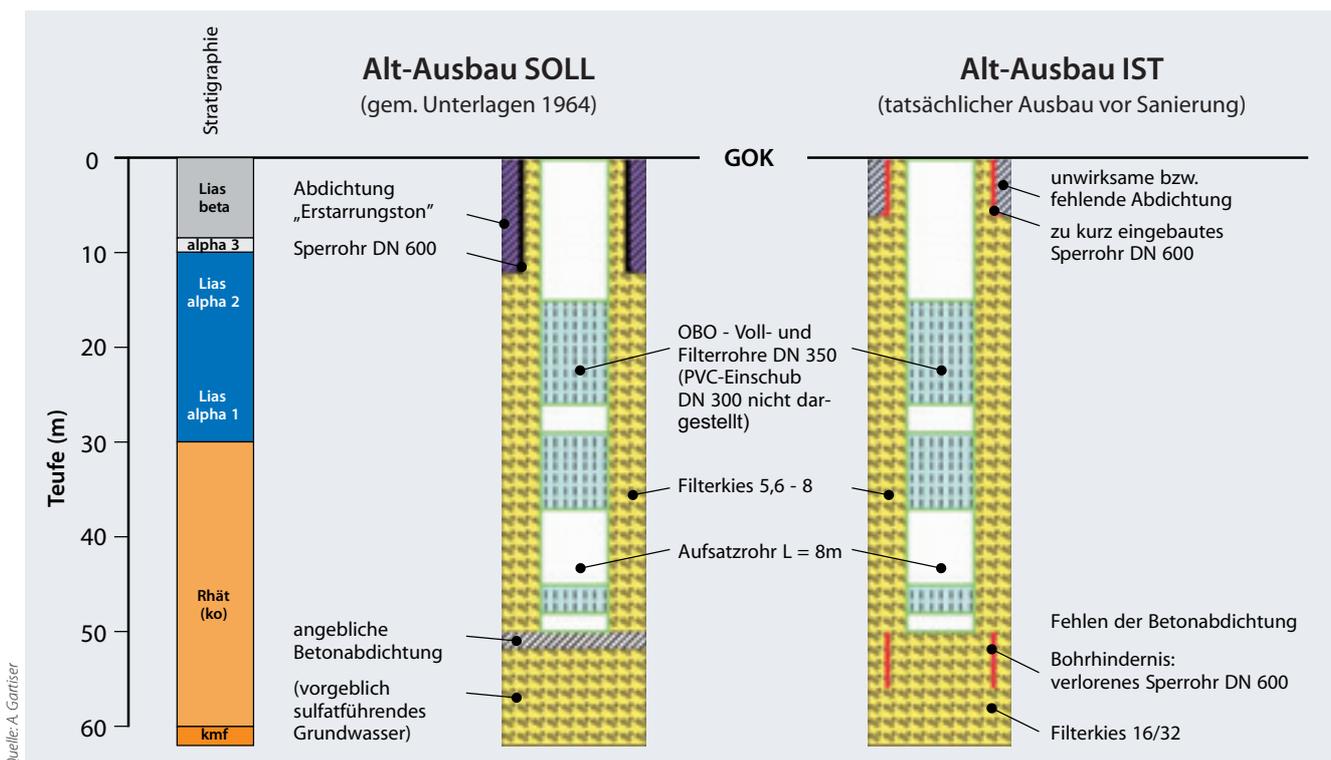


Abb. 1 Tatsächlicher Altausbau von 1964 in Gegenüberstellung zu den Soll-Angaben

Wechselfolge (Rhät, Oberer Keuper), die mit abnehmender Teufe und beginnendem marinen Einfluss in eine etwa 20 m mächtige Wechselfolge aus dünnbankigen, z.T. karbonatisch gebundenen Ton- und Sandsteinen (Lias α 1 bis α 3) übergeht. Die Grenze zum liegenden Feuerletten (Mittlerer Keuper) wurde 1964 in 60 m Teufe erbohrt.

Ausbau

Der Brunnen wurde 1964 wegen angeblich im untersten Bohrlochabschnitt erhöhter Sulfatgehalte nur bis 50 m Teufe mit einer OBO-Verrohrung DN 350 ausgebaut und zwischen 15 m und 48 m verfiltert. In den Teufen 26 bis 29 m und 37 bis 45 m waren Pumpenschutzrohre zwischengeschaltet, die die freie Filterfläche um immerhin 11 m verkürzten. Die Oberflächenabdichtung durch ein mit sog. Erstarrungston hinterfülltes Stahlperrohr von 600 mm Durchmesser sollte von 0 m bis ca. 12 m Teufe reichen. Das unerwünschte Wasser der tieferen Abschnitte wurde durch eine vorgebliche Betonabdichtung im Bereich der Brunnensohle abgesperrt.

Diese Angaben entsprachen dem technischen Anfangskenntnisstand zu Beginn der Sanierung. In **Abbildung 1** werden sie in Gegenüberstellung zum tatsächlichen Ausbau (s.u.) nochmals grafisch dargestellt.

Hydrochemie, Pumpversuchsergebnisse

Ein Vergleich der Pumpversuchsdaten von 1964 mit heutigen Messungen ergab, dass der Leistungsquotient des Brunnens von ehemals $\geq 1,0$ l/s m auf nun ca. 0,34 l/s m zurückgegangen war. Gleichzeitig konnte auch eine Übernutzung des Brunnens anhand eines um etwa 5 m niedrigeren Ruhwasserspiegels im laufenden Betrieb festgestellt werden. Die Absenkungen bei Entnahmen von etwa 8,5 l/s reichten bis in 36 m Teufe!

Die wasserrechtliche Genehmigung zur Entnahme basiert allein auf den Pumpversuchsdaten von 1964 und ist mit 10 l/s für diesen Brunnen aus hydrogeologischen und brunnenbautechnischen Gründen zu hoch angesetzt. Einerseits werden bei solchen Absenkungen größere Zutrittsbereiche freigelegt und andererseits muss die Filterstrecke zur Erfassung dieser Zutritte sehr weit oben beginnen. Eine Absenkung in den Filterbereich und ein „Hineinplätschern“ der Grundwässer in den Brunnen mit der Folge einer beschleunigten Oxidation von gelöstem Eisen(II) ist damit vorprogrammiert und führt zu einer vorzeitigen Brunnenalterung.

Der Wasserchemismus vor der Sanierung zeigte ein normal mineralisiertes, reduziertes und eisenreiches Ca-Mg-SO₄-HCO₃-Wasser, welches im Verlauf eines Pumpversuches geringe Variabilitäten aufweist. Die Nitratgehalte lagen 2002 bei 4 mg/l, Pflanzenbehandlungsmittel waren in Spuren nachweisbar.

Weiterhin erbrachte die Bestandsaufnahme, dass die vor Einbau der PVC-Einschubverrohrung DN 300 durchgeführte TV-Befahrung Schäden an der OBO-Rohrtour im untersten Brunnenabschnitt und einen erkennbaren Fremdwasser-

zutritt in 9 m Teufe innerhalb der eigentlich abgesperrten Aufsatzrohre gezeigt hat. Die im Anschluss an den Einbau des Einschubs erneut durchgeführte TV-Sondierung ergab einen zum Altausbau weitgehend teufengleichen Einbau der Vollwand- und Filterrohre (**vgl. auch Abbildung 1**).

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass das aktuelle Absenkverhalten des Brunnens für sich sprach und keiner weiteren Überprüfung durch einen zusätzlichen mehrtägigen Pumpversuch bedurfte, aber andererseits keine Kenntnis zur aktuellen Zuflusssituation im Brunnen vorhanden war.

Aus diesem Grunde erfolgte 2006 eine geophysikalische Vermessung im Altausbau (Geophysik I), um Aussagen zur Wirksamkeit der Absperrung sowie zu den hydrodynamisch effektiven Bereichen im Brunnen zu bekommen. Hierbei wurden die natürliche γ -Strahlung (Gamma-Ray-Log) gemessen und Zuflussmessungen mit Hilfe von Flowmeter- sowie Leitfähigkeits- und Temperatur-Logs durchgeführt.

Das Gamma-Ray-Log bestätigte die stratigrafische Einstufung mit einer Keuper-/Lias-Grenze bei ca. 30 m Teufe und ermöglichte den Rückschluss auf die Geländeoberkante des Jahres 1964. Die übrigen Messungen ließen folgende Schlüsse zu:

- Eine hydraulisch funktionierende Abdichtung durch ein wirksam abgedichtetes Sperrrohr existiert nicht; oberflächennahe Wässer können in den Brunnen infiltrieren.
- Im Ruhezustand herrscht eine vertikale, nach unten gerichtete Strömung im Brunnen mit erhöhter Mineralisation vor.
- Die Grenze zwischen der hangenden Zufluss- und der liegenden Verlustzone liegt etwa bei 30 m und entspricht damit der Keuper-/Lias-Grenze.
- Die Hauptzuflüsse bei Entnahme liegen in den Teufen 23,2 bis 25,3 m, 35,1 bis 37,2 m sowie 45,2 bis 48,2 m (insgesamt 68 % des abgeführten Volumenstroms).

Aufgrund dieser Sachverhalte, der Schäden am Altausbau und wegen der verminderten Ergiebigkeiten wurde eine Komplettsanierung beschlossen. Mit Hilfe geeigneter Rückbauverfahren war der Brunnen vollständig auszuräumen, wobei im Zusammenhang damit der 1964 rückverfüllte Bereich in 50 bis ≥ 60 m Teufe oberhalb des Feuerletten getestet und ggf. miterschlossen werden sollte. Die Einbauteufen der Filterstrecken, des Pumpenschutzrohres und die Unterkante des Sperrrohres sollten nach Ergebnissen einer weiteren Bohrlochgeophysik im dann offenen Bohrloch festgelegt werden. Zusätzliche Kriterien zum Ausbau wurden von den Ergebnissen eines Zwischenpumpversuchs mit begleitender Analytik erwartet. Im Anschluss daran war ein Brunnenausbau nach dem Stand der Technik einschließlich einer einwandfreien Abdichtung gegenüber Oberflächeneinflüssen vorgesehen.

Im Verlauf dieser Arbeiten traten eine Reihe von teilweise überraschenden Besonderheiten auf, die nachstehend zusammengefasst werden sollen:



Abb. 2 Ausgebaute OBO-Rohre DN 350



Abb. 3 Inkrustationen des OBO-Altbaus

Quelle: A. Gortiser

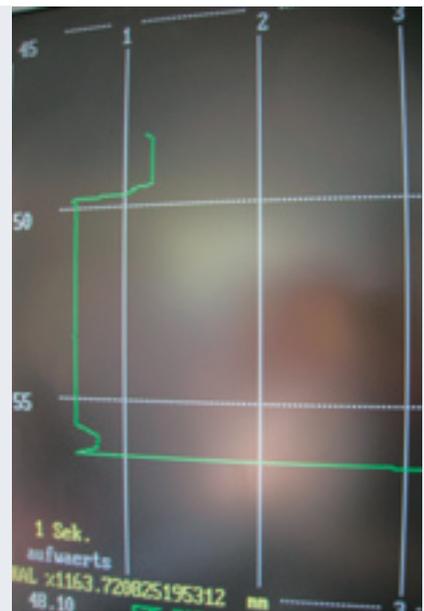


Abb. 4 Ortung einer verlorenen Rohrtour (Bildschirmausschnitt des Kaliber-Logs; der reduzierte Durchmesser und konstante Messwerte in 49,8 ... 55,8 m Teufe zeigen das verlorene Rohr an)

Quelle: A. Gortiser

Quelle: A. Gortiser, Messung Fontus Logging Service

- Infolge teilweise stark inkrustierten Altausbaus (vgl. **Abbildungen 2+3**) konnten die PVC-Rohre DN 300 nicht problemlos gezogen, sondern mussten gemeinsam mit dem Altausbau ausgebaut werden. Die Trennung beider Rohrstränge für die spätere Entsorgung erfolgte über Tage.
- Das lt. altem Ausbauplan vorgeblich bis etwa 11,5 bis 12 m Teufe eingebaute Sperrrohr reichte statt dessen lediglich bis ca. 5,5 m Teufe. Die eigentliche Absperrung unter dem Brunnenschacht betrug damit nur noch etwa 3,5 m!
- Durch diese unwirksame Absperrung ergab sich im Altausbau eine hydraulische Ankopplung unerwünschter oberflächennaher Grundwässer aus dem Lias α 3 (Teufenbereich 8,5 bis 10 m) und hangender Bereiche. Die in Spuren wiederholt nachgewiesenen Pflanzenschutzmittel im Wasser des Brunnens werden auf diesen Sachverhalt zurückgeführt.
- Im weiteren Verlauf der Ausräumarbeiten wurde bei Vertiefung der Bohrung von 50 m auf 60 m ein Bohrhindernis festgestellt, welches nach ergebnisloser TV-Befahrung (zu hohe Wassertrübe) über geophysikalische Messungen (s.u.) nicht als die angegebene Betonplombe, sondern als 6 m langes Sperrrohr DN 600 (!) ermittelt werden konnte.

Der Nachweis dieses verloren gegangenen Sperrrohres erfolgte anlässlich eines gesonderten Messeinsatzes (Geophysik II) mit Hilfe der Verfahren Kaliber- und Magnet-Log.

Die Entscheidung zur Art des Hindernisses bzw. dessen Identifikation konnten unmittelbar vor Ort getroffen werden, wie in **Abbildung 4** der Blick auf den Bildschirm der Bohrlochmessapparatur zeigt (Messkurvenausschnitt des Kaliber-Logs, zweifelsfreie Anzeige des verlorenen Rohres).

Die Messung der magnetischen Suszeptibilität (Magnet-Log) wurde lediglich noch zur Beweissicherung durchgeführt.

Ganz offensichtlich war das ursprünglich für die Absperrung vorgesehene Sperrrohr seinerzeit bei seinem Einbau in den Teufenbereich von ca. 50 bis 56 m abgerutscht und dort steckengeblieben (**Abb. 5**).

Dadurch war einerseits die vollständige Erschließung des Rhät bis 60 m Teufe im Jahre 1964 nicht mehr möglich und es erklärt sich der auf 50 m verkürzte Ausbau. Andererseits waren vermutlich schon alle Rohre auf die Baustelle geliefert worden, die dann einfach mit eingebaut wurden und u. a. das zweite Pumpenschutzrohr bilden, was zu der o. g. übertriebenen Zusatzlänge von 8 m Voll- im Filterrohr führte.

Die sich im Verlauf der Arbeiten ergebende tatsächliche Brunneninstallation in Gegenüberstellung zum vorgeblichen OBO-Altbaus zeigt **Abbildung 1**. Man erkennt, dass 1964 eine großzügige Anpassung des Endausbaus an die Gegebenheiten vor Ort erfolgte. Dabei ist die mit den angeblich hohen Sulfatgehalten im Bohrloch tiefsten gerechtfertigte Betonabdichtung die reine Erfindung.

Die o.g. verlorene Rohrtour wurde im Rahmen der Sanierung aus dem Bohrloch tiefsten entfernt. Danach wurde das Bohrloch klargepumpt und im unmittelbaren Anschluss daran erfolgten in der dann unterhalb von ca. 16 m Teufe offenen Bohrung nochmals geophysikalische Messungen (Geophysik III), die zur Ermittlung der Lithostratigrafie, der Bohrlochkontur und der Zuflussbereiche dienten und die Grundlage für den letztendlichen, optimierten Brunnenausbau bilden.



Abb. 5 Stark korrodiertes verlorenes Sperrrohr nach der Bergung

Quelle: A. Gorniser/GFL

Die Ergebnisse dieser neuerlichen Messungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Kalibermessungen zeigen einen ursprünglichen Bohrdurchmesser von 780 bis 790 mm mit starken Ausbrüchen in 28 bis 31 m und unterhalb von 36 m Teufe.
- Die nun besser aufgelöste stratigrafische Grenze zwischen Keuper und Lias bestätigt sich in etwa 30 m Teufe
- Im Ruhezustand herrscht im Brunnen eine nach unten gerichtete Vertikalströmung, deren Zuflüsse im Bereich von 16,3 m bis 27,5 m (Lias-Stockwerk) auftreten, währenddessen Verlustzonen in Teufen von 29,4 m bis 58,3 m (Rhät-Stockwerk) feststellbar sind; die stockwerkstrennende Schicht liegt in Teufe 28,2 bis 29,4 m.
- Bei Produktion ($Q = 3,2 \text{ l/s}$) reagieren alle hydrodynamisch effektiven Bereiche als Zuflusszonen; die Hauptzutritte liegen zwischen 16,3 m und 17,9 m Teufe (40 %); zwischen 29,4 m und 58,3 m Teufe werden 57 % der Zutritte festgestellt. Im Bereich 37 bis 40 m Teufe wurden dagegen keine Zuflüsse ermittelt, sodass dieser Abschnitt für den Einbau des Pumpenschutzrohres vorgesehen werden kann.
- In ca. 17,1 m und 43,5 m Teufe treten Gütegrenzen mit geringfügigem Anstieg der elektrischen Leitfähigkeiten des Wassers zur Teufe hin auf.

Im Anschluss an diese Geophysik III wurde im nach wie vor offenen Bohrloch ein etwa 42-stündiger, einstufiger Pumpversuch zur Bestimmung von Sandgehalt, Trübung, Ergiebigkeit und Grundwasserchemismus durchgeführt. Ergebnisse dieses Versuchs waren eine Sand- und Trübungsfreiheit nach wenigen Minuten Betrieb sowie ein gegenüber dem Wert im alten Ausbau um 55 % höherer Leistungsquotient.

Der Grundwasserchemismus entsprach den Erwartungen nach mehrstündigem Betrieb. Überhöhte Sulfatgehalte, wie 1964 behauptet, wurden nicht festgestellt.

Aufgrund der Ergebnisse der Geophysik III sowie dieses Zwischenpumpversuchs wurde die ursprüngliche Planung, den Brunnen bis 19 m Teufe abzusperrern, verworfen, da dadurch die Ergiebigkeit um 40 % reduziert worden wäre. Stattdessen wurden die Absperrteufe mit 12 m und der Beginn der Filterstrecke mit 14 m festgelegt. In den gem. geophysikalischer Messergebnisse hydraulisch ineffektiven Teufenabschnitt 37 bis 40 m sollte das Pumpenschutzrohr eingebaut werden. Darüber hinaus wurde entschieden, den früher nicht erschlossenen Teil zwischen 50 m und 60 m Teufe im unteren Rhät wegen der dort zusätzlichen Wasserzutritte von etwa 10 % des Gesamtzuflusses mit in den Neuausbau einzubeziehen. Ein Sumpfrohr sollte nicht eingebaut werden.

Nach Abnahme der Ausbaumaterialien vor Ort und dem Ausbau des Brunnens mit Edelstahlvollwand- und Filterrohren (Wickeldrahtfilter, Schlitzweite 2 mm) wurde diese Ausbaurohrung mit Glaskugeln ($d = 12 \text{ mm}$) anstelle von herkömmlichen Filterkies hinterfüllt und das neue Sperrrohr wurde nach dieser „Verkiesung“ im Rückschritt auf einem im Ringraum geschütteten Sand-Gegenfilter abschnittsweise zementiert. Die ebenfalls in Abschnitten erfolgende Entwicklung des Brunnens wurde mittels Einfachpackerscheibe mit Bürste und Mammutpumpe durchgeführt, was angesichts des in der Glaskugelschüttung fehlenden Unterkorns und ihres optimalen Setzungsverhaltens ausreichend erschien.

Abbildung 6 zeigt die im offenen Bohrloch mit Hilfe der Geophysik festgestellten Zuflüsse, den diesen Zuflüssen angepassten neuen Brunnenausbau in Gegenüberstellung zum Zustand vor der Sanierung und der in diesem Altausbau geophysikalisch ermittelten und stark vom Alterungsgrad des Brunnens beeinflussten Zuflussverteilung.

Ein dreistufiger, 145-stündiger und analytisch begleiteter Schlusspumpversuch ergab mit $0,41 \text{ l/s}$ einen Leistungsquotienten, der etwa 20 % über dem Wert vor Sanierung lag. Gegenüber dem Wert des Zwischenpumpversuches im offenen Bohrloch ergibt sich eine geringe Leistungseinbuße, die auf die nun zementierte Absperrung bis 12 m Teufe und auf die Verluste durch den Brunnenausbau selbst zurückgeführt wird.

Die während des Pumpversuchs entnommenen Wasserproben zeigen einen gegenüber dem Zustand vor Sanierung veränderten Chemismus. Die Nitratkonzentration liegt nun unter der Nachweisgrenze, Pflanzenschutzmittel lassen sich auch in Spuren nicht mehr nachweisen. Der angestiegene Natriumgehalt deutet auf einen größeren Einfluss von tiefliegenden Austauschwässern hin. Die aus dem nun z. T. abgesperrten Lias stammende ursprünglich höhere Mineralisation hat bezogen auf die einzelnen Parameter Ca, Mg, SO_4 , Cl jetzt um bis zu 30 % abgenommen und der Sauerstoffgehalt liegt

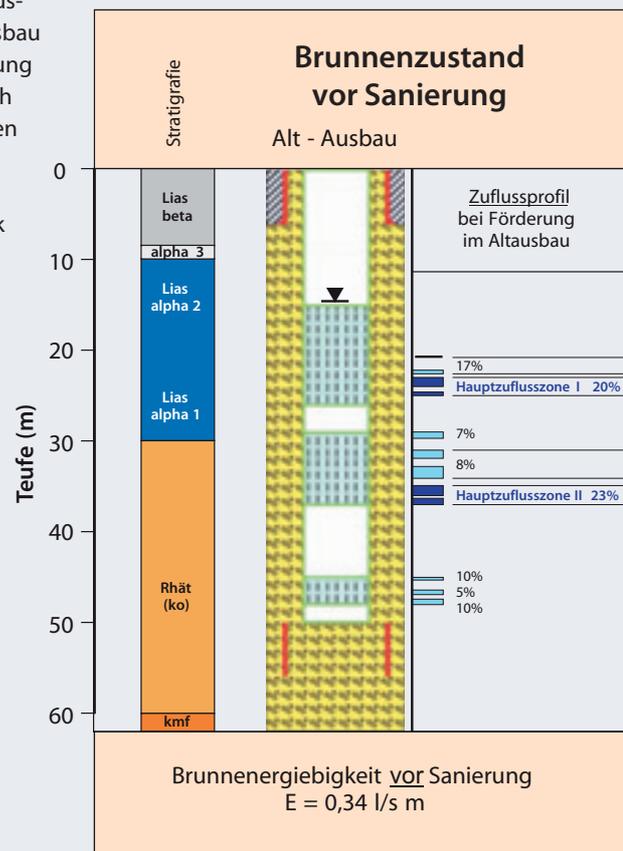
um ca. 40 % niedriger. Der Eisengehalt ist weitgehend gleich geblieben, während der Mangengehalt zugenommen hat.

Aus Gründen der Ergiebigkeit wurde der Brunnen erneut stockwerksübergreifend ausgebaut. Für den künftigen Betrieb wird unter Berücksichtigung des mittleren Tagesbedarfs ein regelmäßiges Absenkziel von etwas mehr als 7 m unter Ruhewasserspiegel vorgeschlagen, was einer möglichen Entnahme von $Q = 3,2 \text{ l/s}$ entspricht. Das leitet sich aus der Zuflussverteilung und dem Leistungsquotienten des Schlusspumpversuchs ab. Die Absenkung reicht dann bis in den Filterbereich, wodurch zwar Nachteile hinsichtlich der Brunnenalterung in Kauf genommen werden, aber die Wirtschaftlichkeit der Eigenwasserversorgung der Gemeinde gewahrt bleibt.

Dieser künftig schonende Betrieb des Brunnens sowie die Kombination von Wickeldraht-Filterrohren und Glaskugeln anstelle von Filterkies lassen jedoch eine gute Regenerierfähigkeit und eine verlangsamte Alterung der Wasserfassung erwarten, sodass dieser Kompromiss hinnehmbar erscheint.

Die Dauer der 2008 durchgeführten Baumaßnahme belief sich einschließlich aller, insbesondere extern verursachter Verzögerungen (z. B. Bestellzeiten für Rohre und Pumpe) auf 28 Wochen. Der Netto-Zeitaufwand für die eigentlichen

Abb. 6 Altausbau und Ausbau nach Sanierung einschließlich der jeweiligen Zuflussverteilungen lt. Geophysik



HÄLT.

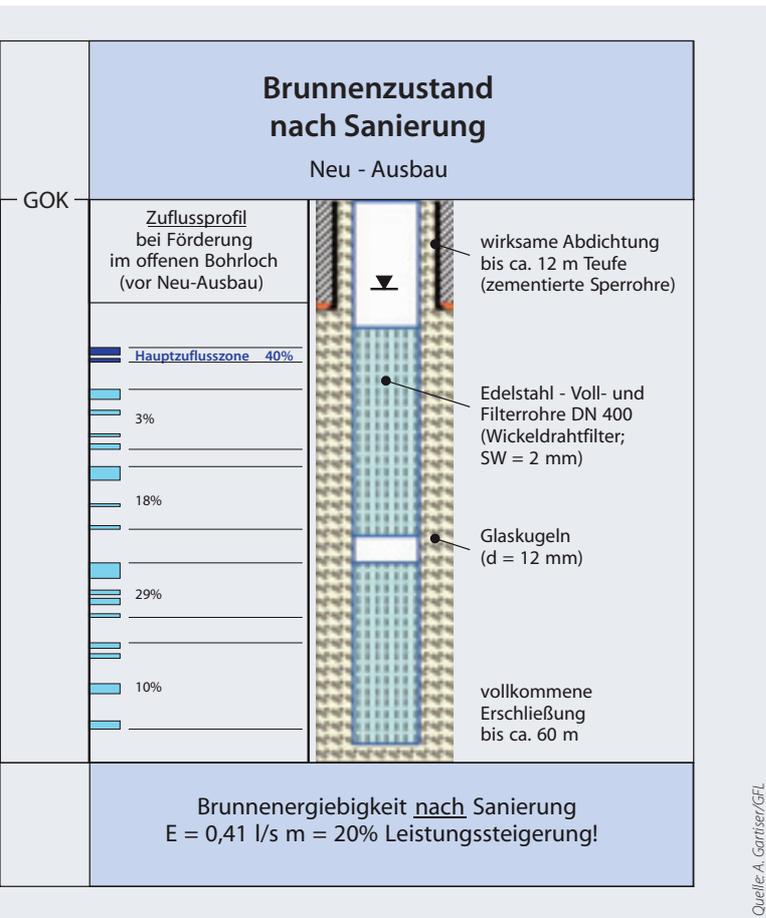


Sanierungsarbeiten betrug nur ca. 10 Wochen. Die Gesamtkosten der Maßnahme beliefen sich auf rd. 225.000 €. Davon entfielen nur etwas mehr als 10 % (!) auf die geotechnische Fachbetreuung und begleitende Messungen wie Geophysik und chemische Analytik.

Fazit

Als Fazit der beschriebenen Baumaßnahme lassen sich folgende Sachverhalte festhalten:

- Eine ordentliche Bauüberwachung bereits 1964 hätte sehr wahrscheinlich dazu geführt, dass der Brunnen nicht mit diesen erst 2008 aufgedeckten und im Zuge der Sanierung beseitigten Mängeln ausgebaut worden wäre.
- Der Leistungsrückgang des Brunnens ist ganz wesentlich auf diese Baumängel in Verbindung mit dem eisenreichen und nahezu sauerstofffreien Chemismus des Grundwassers zurückzuführen. Er wurde im vorliegenden Fall erstmals 1996(!) bemerkt, nachdem in Bayern die sog. Eigenüberwachungsverordnung eingeführt wurde. Zwingende Voraussetzung für die Erkennung alterungsbedingter Leistungsrückgänge sind jedoch stets aktuelle Messungen der Betriebswasserspiegel sowie der Entnahmemengen und deren Vergleich mit vorangegangenen Überwachungen.
- Die zahlreich durchgeführten Regenerierungen und TV-Befahrungen erfolgten ohne hydrogeologische Betreuung. Die Regeneriererfolge sind infolge dessen nicht nachvollziehbar belegt. Darüber hinaus sind Ursache und Entstehung der Schäden an der Altverrohrung unklar.



modernen Hilfsmittel, wie z.B. der Geophysik, sind der Garant für den Erfolg und die Wirtschaftlichkeit einer derartigen Sanierungsmaßnahme. Brunnenbetreibern, -planern und -sanierern einschließlich der bauausführenden Firmen seien diese Erkenntnisse ans Herz gelegt!

Autoren:

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

Dr. rer. nat. Karl-Norbert Lux
 G F L – Dr. Lux Geophysikalische Fachberatung GbR
 Kleine Tabarzer Str. 6
 99894 Friedrichroda
 Tel.: 03623 2009-27
 Fax: 03623 2009-25

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



- Der Einbau einer PVC-Rohrtour zur Sicherung des vorgeschädigten Altausbaus behinderte die erste Bestandsaufnahme durch geophysikalische Messungen. Vor dem Einbau derartiger, nicht immer problemlos wieder ausbaubaren Einschubrohre sollte daher immer und vor allem im Hinblick auf eine künftige Sanierung eine Untersuchung durch TV-Befahrung und Geophysik erfolgen, da insbesondere geophysikalische Messungen ein wichtiges Hilfsmittel zur Erfassung und Unterscheidung von erwünschten oder nicht erwünschten Wasserzutrittsbereichen sind und zudem für eine optimierte Ausbauplanung zwingend benötigt werden.
- Die wasserrechtlich genehmigten Entnahmen basierten im vorliegenden Fall auf einem nicht überwachten und nicht hydrogeologisch ausgewerteten Pumpversuch und sind deutlich zu hoch angesetzt. Infolgedessen war die Erwartungshaltung des Kunden an die Sanierung entsprechend groß. Aufgrund dieser Erwartung mussten bezüglich der Ergiebigkeit brunnenbautechnische Kompromisse gefunden werden, die durch eine angepasste Betriebsweise des Brunnens und durch die Wahl leicht zu regenerierender Ausbau- und Hinterfüllungsmaterialien auszugleichen waren. Grundsätzlich ist eine Brunnen-sanierung jedoch nicht geeignet, bereits bestehende grundsätzliche Erschließungsfehler (z. B. einen stockwerksübergreifenden Ausbau des Brunnens) zu korrigieren.

Das geschilderte Praxisbeispiel zeigt: Konsequente Bauüberwachung und fachtechnisch kompetente Betreuung aller Schritte unter Einbeziehung der zur Verfügung stehenden

VERSprochen.

BEULCO®

www.beulco.de