

Eingerichteter Bohrplatz



GG&P

# Trinkwasserversorgung in Coburg: Errichtung und Anschluss eines neuen Tiefbrunnens in Rekordzeit

In enger Abstimmung mit den Wasserwirtschaftsbehörden haben die SÜC Energie und H2O GmbH innerhalb eines Planungs- und Bauzeitraumes von nur 20 Monaten eine Grundwassererkundung, den Neubau eines auf den Ergebnissen aufbauenden Brunnen in 108 m Tiefe sowie den Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung der Stadt Coburg sowie angeschlossener Landkreisgemeinden vollzogen. Die Umsetzung der mit Entnahmen von bis zu 27 l/s in Trinkwasserqualität äußerst erfolgreichen Maßnahme zur Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung wird im Folgenden ausführlich beschrieben.

## Projektrahmen und Versorgungslage

Nach einem Planungs- und Genehmigungszeitraum von knapp fünf Monaten wurden Anfang Juni 2019 die Bohrmaßnahmen mit der Erkundungsbohrung begonnen und Mitte April 2020 mit der TV-Abnahme des fertiggestellten Brunnen VII beendet. Bis Ende Juli 2020 erfolgte die Errichtung des Abschlussbauwerkes einschließlich elektrotechnischer Ausstattung sowie die Anbindung an die Versorgung. Nach Erteilung der im Mai 2020 beantragten beschränkten Erlaubnis, speist der Brunnen seit August mit Entnahmen von bis zu 27 l/s in die Versorgung ein. Die schnelle Umsetzung der Planungen, Genehmigungen und der Baumaßnahmen innerhalb von nur 20 Monaten sind das Ergebnis von kontinuierlichen und zielgerichteten Abstimmungen zwischen Bauherrn, Planungsbüro und den lokalen Fach- und Rechtsbehörden sowie einer zügigen Bauabwicklung durch Bohrfirma, Rohrleitungsbauer und den anderen beteiligten Unternehmen.

Die SÜC Energie und H2O GmbH (SÜC) ist ein kommunales Versorgungsunternehmen für Strom, Gas, Fernwärme und Wasser mit Sitz im bayrischen Coburg und versorgt rund 61.000 Menschen mit Trinkwasser (Jahresbedarf ca. 4,3 Mio. m<sup>3</sup>). Eine Teilmenge von etwa 1,1 Mio. m<sup>3</sup> wird von der Fernwasserversorgung Oberfranken (FWO) bezogen. Die restlichen 3,2 Mio. m<sup>3</sup> verteilen sich auf die Gewinnungsgebiete Mönchröden (7 Brunnen, 1 Mio. m<sup>3</sup>) sowie Mittelberg (inzwischen 7 Brunnen, 2,2 Mio. m<sup>3</sup>). Die Tiefbrunnen haben Ausbauteufen zwischen 80 und 150 m und erschließen den Kluftgrundwasserleiter des unteren und mittleren Buntsandsteins unter geringmächtiger, wassererfüllter Quartärbedeckung. Die Rohwässer sämtlicher Brunnen besitzen Trinkwasserqualität und müssen lediglich belüftet und entsäuert werden.

Ein Teil der Tiefbrunnen wurde in den letzten Jahren sukzessive saniert (vgl. Sanierung TB II; Bericht in bbr 10/2016). Weitere Sanierungen sind geplant bzw. im Gange. Während der Sanierungsmaßnahmen müssen jeweils benachbarte Brunnen für die Dauer der Baumaßnahmen vorsorglich aus der Versorgung genommen werden. Der neue Brunnen VII dient der langfristigen Absicherung der Versorgung bei zukünftig sinkenden

Grundwasserspiegeln und damit verbundener geringerer Schüttung der vorhandenen Brunnen sowie der Versorgungssicherheit während künftiger Sanierungsmaßnahmen.

## Zukunftsgerichtete Grundstückssicherungen

Der Erwerb von Grundstücken innerhalb und im Umfeld betriebener Wasserschutzgebiete zur Flächenextensivierung wird neben begleitenden Kooperationen und Ausgleichszahlungen von der SÜC schon seit Jahrzehnten umgesetzt. Bereits Ende der 1940er-Jahre kaufte die SÜC im Anstrombereich des Gewinnungsgebietes Mittelberg (Brunnen I bis VI) Grundstücke mit dem Ziel, dort später einmal einen siebten Brunnen zu errichten. Erste Pläne für eine Grundwassererschließung auf diesen Flächen erfolgten bereits in den 1990er-Jahren, wurden jedoch aus wirtschaftlichen Gründen und wegen eines noch ausrei-

» Anhand der Auswertungen wurde die Zieltiefe der Versuchsbohrung mit 160 m angesetzt. «

chenden Dargebots wieder zurückgestellt. Vor dem Hintergrund der aktuellen klimatischen Veränderungen mit rückläufigen Grundwasserneubildungsraten und einem Trend zu sinkenden Grundwasserspiegeln im Regionalraum, wurde die Idee einer Neuerschließung in den letzten Jahren wieder aufgegriffen. Da für die Jahre 2020 bis 2022 verschiedene Straßenbau- und Brunnen-sanierungsmaßnahmen im Umfeld des benachbarten Gewinnungsgebietes Mönchröden geplant waren und feststand, dass mehrere Brunnen zeitweise abgeschaltet werden müssen, bekam die geplante Neuerschließung wieder eine höhere Priorität. Mitte Januar 2019 wurde die Gartiser, Germann & Piewak - Ingenieurbüro für Geotechnik und Umwelt GmbH (GG&P) mit den Planungen und der Ausschreibung einer Grundwasserneuerschließung beauftragt.

» Durch das tatkräftige Mitwirken aller Beteiligten – von der Planung und Genehmigung bis zur baulichen Umsetzung – sowie durch den Einsatz eigener Ressourcen des Auftraggebers SÜC konnte ein hochwertiges Brunnenbauwerk in Rekordzeit errichtet und angeschlossen werden. «

**Regionalgeologischer Überblick**

Das Erkundungsgebiet befindet sich zwischen Coburg und dem thüringischen Schalkau nahe der Landesgrenze und etwa 700 m östlich des Iltzals (Abb. 1). Es ist regionalgeologisch dem Obermain-Bruchschollenland zuzuordnen. Im Wesentlichen streichen hier Schichten der Trias vom Buntsandstein bis zum Keuper aus. Das Gebiet ist stark tektonisch überprägt. Bestimmendes Hauptelement ist die sogenannte Fränkische Linie – eine sich etwa 7 km nordöstlich des Untersuchungsgebietes erstreckende, von Nordwesten nach Südosten verlaufende Verwerfung mit Sprunghöhen von bis zu 900 m – an der die paläozoische Gesteine des Thüringer Waldes gegen die Buntsandsteinscholle aufgeschoben sind. Die dadurch verkippten Schichten zeigen ein generelles Einfallen nach Südwesten. Unmittelbar westlich des Untersuchungsgebietes liegt die weitgehend parallel verlaufende Kulmbach-Eisfelder-Störungszone mit Versatzhöhen von bis zu 600 m. Während diese herzynisch gerichteten Elemente eher einengenden Charakter haben, sind die dadurch verursachten Querbrüche in der Regel aufweitend und

bei entsprechender Bruchkompetenz gut wasserleitend. So ist es nicht verwunderlich, dass die im Gebiet vorhandenen Tiefbrunnen durchgängig sehr gute Ergiebigkeiten zeigen, die Momentanentnahmen von bis zu 30 l/s zulassen.

**Festlegung des Bohransatzes und Erkundungskonzept**

Der Bohrpunkt wurde nach internen Überlegungen der SÜC – z. B. gute Zuwegbarkeiten und künftiger Ausweisbarkeit der Schutzzonen I und II, möglichst ohne konkurrierende Nutzungen – punktgenau festgelegt. Aus geowissenschaftlicher Sicht sinnvolle oberflächengeophysikalische Messungen zur Bohrpunktoptimierung erfolgten nicht, da eine Verlegung des Ansatzpunktes auf dem Grundstück, bedingt durch steile Morphologie und der gesetzten Mindestabstände, nicht möglich gewesen wäre.

Da es vom Erschließungsgebiet zu diesem Zeitpunkt keine aktuelle geologische Karte gab, wurden die Profile benachbarter Bohrungen sowie einer Landesgrundwassermessstelle ausgewertet und stratigraphisch sowie hydraulisch zugeordnet.

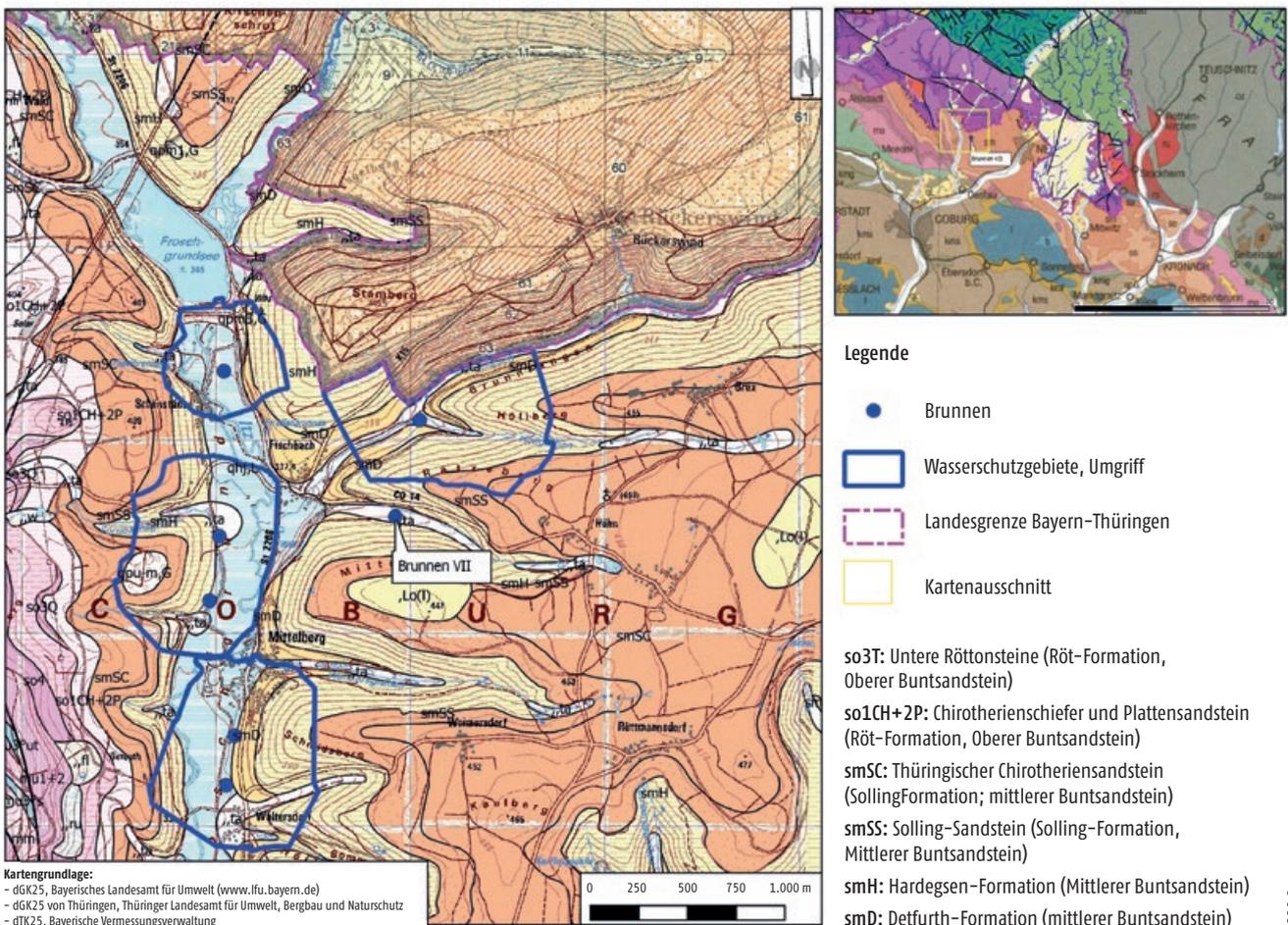


Abb. 1 – Erkundungsgebiet

Weitere Regionaldaten wurden dem Umweltatlas Bayern entnommen. Geodaten und weitere Informationen der digitalen Plattform des Bayerischen Landesamtes für Umwelt sind online für Jedermann frei zugänglich.

Anhand der Auswertungen wurde die Zieltiefe der Versuchsbohrung mit 160 m angesetzt. Es wurde erwartet, dass die Bohrung unter den geringmächtigen pleistozänen Lockergesteinen im Mittleren Buntsandstein (Detfurth-Formation) ansetzt. Erschließungsziel sollten die ab ca. 30 bis 40 m zu erwartenden mittel- bis grobkörnigen Sand- und Tonsteine des Mittleren Buntsandsteins (Volpriehausen-Formation) mit dem basalen Kulmbacher Konglomerat als Hauptgrundwasserleiter sein. Des Weiteren sollte die Grundwasserführung in den vermutlich ab 108 m unter Geländeoberkante (u. GOK) folgenden, vorwiegend feinkörnigen Sand- und Tonsteinen des Unteren Buntsandsteins (Bernburg-Formation) erkundet werden. Der Ablauf der Versuchsbohrung wurde aufgrund guter Erfahrungswerte bei Erschließungen im Buntsandstein so konzipiert, dass nach dem Setzen eines Standrohres in den Lockergesteinen in etwa 30-Meter-Abschnitten gebohrt und hydraulisch getestet werden sollte. Als jeweilige Zieltiefen für abschnittsweise hydraulische Tests wurde das Erreichen auffälliger Tonhorizonte oder stark bindiger Sandsteine vorgegeben. Der Bohrenddurchmesser wurde mit DN 300 mm geplant, um den Einbau einer 8-Zoll-Pumpe mit Entnahmen von bis zu 30 l/s zu ermöglichen.

### Anzeige und Genehmigungen

Die Maßnahmen wurden Ende Januar 2019 beim Landratsamt Coburg wasserrechtlich angezeigt, ergänzend erfolgte eine UVP-Vorprüfung. Nachdem die Stellungnahmen der verschiedenen Fachbehörden (Wasserwirtschaftsamt Kronach, Bergamt Nordbayern, Landesamt für Umwelt LfU, Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit BfE) vorlagen, wurde im Juni die Erlaubnis zur Durchführung der Versuchsbohrung erteilt.

Die Beteiligung der Bundes- und Landesbehörden wurde erforderlich, da seit August 2017 Vorhaben mit Teufen von mehr als 100 m nur dann zulässig sind, wenn die Voraussetzungen nach § 21 Abs. 2 Standortauswahlgesetz (StandAG) vorliegen. Das betrifft die Gebiete, in denen in Teufen von 300 bis 1.500 m stratiforme Steinsalz- oder Tonsteinformationen mit einer Mächtigkeit von mindestens 100 m, Salzformationen in steiler Lagerung oder Kristallingesteine mit einer vertikalen Ausdehnung von mindestens 100 m vorhanden sind oder erwartet werden können. Hintergrund ist die bundesweite Suche nach einem Endlager für radioaktive Stoffe und die Tatsache, dass hierfür potenziell nur Salz- und Tonvorkommen oder Kristallingesteine infrage kommen. Im vorliegenden Fall handelt es sich eher um eine flache Bohrung „ohne Schädigung“, sodass BfE und LfU dem Vorhaben zustimmen konnten.

### Durchführung der Erkundungsmaßnahmen

Die zwischenzeitlich beauftragte Bohrfirma Aqua Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH (ABB) begann nach auftraggeberseitiger Herstellung der befestigten Zuwegung und der ca. 400 m<sup>2</sup> Bohrgerätestellflächen Anfang Juni 2019 mit der Baustelleneinrichtung und dem Aufbau der Bohrgerätschaften. Zum Einsatz kam eine 21 t schwere U3 (E+M) mit einem Drehmoment von bis zu 21 kNm und einer Hakenlast von rund 20 t (Abb. 2).

Nach Setzen eines Standrohres (700 mm Durchmesser) bis 3 m und eines weiteren Standrohres (508 mm) bis 7,6 m wurde zunächst bis 31 m und GOK mit 445 mm Durchmesser im Luftheberverfahren gebohrt. Die Wasserspiegelbeobachtungen zeig-



Abb. 2 – 21 t schweres Bohrgerät U3 (E+M) mit einem Drehmoment von bis zu 21 kNm und einer Hakenlast von rund 20 t

ten bei einer Endteufe von 17 m einen Wert von 9,6 m und bei einer Endteufe von 31 m einen Wert von 15,9 m, das heißt, es wurden schwebende, freie Grundwasserhorizonte angetroffen. Das Bohrloch wurde kurzzeitig für eine qualitative Untersuchung klargepumpt und das abgeleitete Wasser beprobt. Hierbei wurde keine nennenswerte Wasserführung, jedoch erhöhte Nitratkonzentrationen von rund 20 mg/l mittels Fotometer festgestellt. Daraufhin wurde das Bohrloch bis zur Endteufe mit einer Hilfsverrohrung (406 mm) einschließlich basaler Ringraumabdichtung abgesperrt (Abb. 3).

Im weiteren Verlauf wurde die Bohrung im indirekten (links) Luftheberverfahren mit 381 mm Durchmesser weitervertieft. Für die Bestimmung von qualitativen Parametern wie z. B. Nitrat als Anzeiger anthropogener Überprägungen und zur orientierenden Bestimmung der Ergiebigkeiten wurden abschnittsweise sogenannte Airliftversuche mit dem eingebauten, etwas angehobenen Bohrstrang nach dem Mammutpumpenprinzip durchgeführt. Die Versuche sollten der Entscheidung dienen, einen aufwendigeren Pumpversuch mittels eingebauter Unterwassermotorpumpe und Ableitungsequipment zur Ergebnisverifizierung durchzuführen, oder weiter zu bohren. Ein erster Airliftversuch



Abb. 3 – Hilfsverrohrung (406 mm)



Abb. 4 – Pumpversuch 1 wurde mit einer eingebauten Unterwassermotorpumpe durchgeführt

im Abschnitt von 31 bis 47 m ergab keine nennenswerte Wasserführung sowie gegenüber dem ersten Abschnitt etwas geringere Nitratkonzentrationen von ungefähr 15 mg/l. Nach Weitervertiefung bis 62,4 m wurde ein zweiter Airliftversuch im Abschnitt von 31 bis 61 m durchgeführt, der eine Abschätzung der möglichen Entnahmemengen auf bis zu 7,5 l/s zuließ. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde der Pumpversuch 1 angesetzt und mit einer eingebauten Unterwassermotorpumpe durchgeführt (Abb. 4). Hierbei konnten Entnahmen von bis zu 12 l/s mit Beharrung bei einem Leistungsquotienten von rund 1,1 l/s\*m festgestellt werden. Als Maßgabe zur Bewertung, ob ein Beharrungszustand erreicht ist, wurde ein Veränderungswert von maximal 3 % der festgestellten bisherigen Absenkung innerhalb von 24 Stunden angesetzt. Die zu Beginn, in der Mitte und am Ende durchgeführten Beprobungen ergaben, abgesehen von einer geogen bedingt erhöhten Calcitlösekapazität, Trinkwasserqualitäten ohne feststellbare anthropogene Beeinflussungen mit im Verlauf des Versuches abnehmenden Nitratkonzentrationen bis 9,5 mg/l.

Nach Ausbau der Versuchspumpe wurde die Bohrung ab 62,4 m kleinkalibrig mit 311 mm Durchmesser bis 95 m vertieft. Im Zuge der Vertiefung konnten fallende Wasserspiegel von 28,72 m u. GOK bei Endteufe 66 bzw. 31,6 m u. GOK bei Endteufe 91,5 m festgestellt werden. Entsprechend der unterschiedlichen Druckpotenziale wurde eine abwärts gerichtete Vertikalströmung in der Bohrung angenommen. Nach dem Airliften wurde ein weiterer Pumpversuch durchgeführt. Pumpversuch 2 ergab für den Testbereich von 31 bis 95 m Entnahmen von bis zu 18 l/s (Leistungsgrenze der Pumpe) bei Leistungsquotienten um ungefähr 2,0 l/s\*m. Auch hier wurden Trinkwasserqualitäten mit einem weitgehend ähnlichen Chemismus wie beim Pumpversuch 1 festgestellt.

Im weiteren Verlauf wurde nach Wiederausbau der Versuchspumpe bis 123,5 m u. GOK gebohrt. Im Abschnitt von 102 bis 107 m konnte dabei das sogenannte Kulmbacher Konglomerat an der Basis des Mittleren Buntsandsteins durchörtert werden (Abb. 5). Der daraufhin durchgeführte Pumpversuch 3 (Testbereich 31 bis 123 m) ergab bei Entnahmen von bis zu 20,3 l/s eine weitere Steigerung der Ergiebigkeit auf 2,24 l/s\*m. Der Chemismus entsprach weitgehend dem der vorangegangenen Pumpversuche. Die Vertiefung bis 134 m sowie ein weiterer Air-

liftversuch ergaben keine weiteren Zugewinne, sodass aufgrund der bisher erschlossenen Mengen entschieden wurde, die Bohrung zu beenden.

Zur Bestätigung der stratigraphischen Zuordnung der Erkundungsbohrung sowie zur Ermittlung des Zuflussprofils im offenen Bohrloch wurde anschließend durch die Geophysikalische Fachberatung GFL Dr. Lux eine bohrlochgeophysikalische Vermessung des offenen Bohrloches durchgeführt. Das Messprogramm umfasste neben den Standardparametern Kaliber (CAL), Gamma-Ray (GR), Widerstand (FEL) sowie Bohrlochverlauf (BA) auch Salinitäts- und Temperatur-Logs (SAL/TMP) in Ruhe und bei Produktion. Des Weiteren wurden Flowmeter (FLOW) und Tracer-Fluid-Logging (TFL) ebenfalls in Ruhe und bei Produktion durchgeführt. Die Ergebnisse der Geophysik zeigten ein nahezu saigeres Bohrloch, eine mittlerweile unwirksame Abdichtung bei 30,8 m sowie einen Kaliberwechsel bei 62 m Teufe. Zudem wurden unterhalb 116 m erhöhte bindige Schichten festgestellt, die zusammen mit typischen Gamma-Ray-Spitzen im hangenden Sandstein eine Grenzziehung zwischen Mittleren (Volpriehausen-Formation) und Unteren Buntsandstein (Bernburg-Formation) in 116,1 m u. GOK ermöglichen. Die Grenze Volpriehausen-Formation zur hangenden Detfuth-Formation wurde in 42,8 m gesetzt, da hier die für den Basissandstein typischen niedrige Gamma-Werte festgestellt wurden. Anhand der SAL/TMP-Messungen konnten insgesamt vier Gütegrenzen in der Wassersäule bei 42,8 m, bei 85,3 m, bei 106,1 m sowie bei 116,1 m festgestellt werden. Im Ruhezustand bestimmen nach dem TFL zwei druckstarke Abschnitte von 30,8 bis 66,3 m, von 99,8 bis 123,6 m sowie eine Verlustzone bei 69,1 bis 96,2 m das vertikale Strömungsverhalten in der Bohrung. Stockwerkstrennungen wurden von 67,0 bis 68,7 m und von 96,6 bis 97,7 m festgestellt. Bei Produktion mit 14 l/s reagieren alle bisher hydraulisch aktiven Bereiche und es wurden Hauptzutritte von 42,3 bis 42,8 m (21 %), von 73,4 bis 86,3 m (37 %) und von 87,9 bis 106,1 m (15 %) festgestellt. Der größte Einzelzufluss wurde innerhalb des Kulmbacher Konglomerates bei 105,1 bis 106,1 m (8 %) ermittelt. Unterhalb 106,1 m existieren keine nennenswerten Zuflüsse. Daher wurde das Rückverpressen bis 108 m mit CO<sub>2</sub>-beständigem Zement festgelegt.

#### Umbau zu einem provisorischen Brunnen

Nachdem die Ergebnisse der Geophysik vorlagen, wurde auf Basis der zwischenzeitlich ausgewerteten hydraulischen Ver-



Abb. 5 – In 102 bis 107 m wurde das sog. Kulmbacher Konglomerat an der Basis des Mittleren Buntsandsteins durchörtert.



Abb. 6 – Provisorisches System zur hydraulischen Trennung von Bohrlochabschnitten

suche und chemischen Analysen nach Aushärten der Verpressung (Zementkopf bei ungefähr 115 m) der übertieften Versuchsbohrung ein Abdichtungssystem bei 42 m platziert. Ein alternativer Gummipacker hätte seitens der Bohrfirma erst aufwendig beschafft werden müssen.

Dieses provisorische System zur hydraulischen Trennung von Bohrlochabschnitten besteht aus einem an das Bohrrohr angeschraubten Passtück mit aufgeschweißtem Flansch und mittels Losflansch daran befestigter Gummischeibe, deren Durchmesser an das Bohrloch angepasst ist (Abb. 6). Das Bohrloch muss im geplanten Bereich maßhaltig sein und darf keine Ausbrüche haben. Nach dem Platzieren in der jeweiligen Zieltiefe wird der Ringraum mittels 3 m hochquellfähigen Tonpeltlets aufgefüllt. Anschließend kann ein Pumpversuch mit einer in den Bohrstrang eingehängten Unterwassermotorpumpe erfolgen. Da bei 150-mm-Gestängen in der Regel nur eine 4-Zoll-Pumpe eingebaut werden kann, sind die Entnahmen auf maximal 5 l/s begrenzt. Das System ist jedoch geeignet, einen Leistungsquotienten für den bepumpten Abschnitt (unten) zu ermitteln, sowie eine qualitative Untersuchung des abgeleiteten Wassers durchzuführen. Des Weiteren können die Wasserspiegel im oberen Abschnitt über Messungen im Ringraum kontrolliert werden. Im Vergleich mit den bereits durchgeführten hydraulischen Versuchen bei der bisherigen Erkundung lassen sich damit ausreichend genaue Aussagen für die weitere Ausbauplanung treffen.

#### Qualitativer Pumpversuch

Im vorliegenden Fall wurde der Pumpversuch 4 repräsentativ für den Abschnitt von 42 bis 115 m mit Entnahmen von 5 l/s durchgeführt. Da der Wasserspiegel im hangenden Ringraum sich nicht veränderte, konnte die Dichtheit des gesetzten Abdichtungssystems nachgewiesen werden. Der Leistungsquotient blieb im Vergleich zum Pumpversuch 3 nahezu unverändert bei 2,12 l/s\*m, sodass von etwa gleichhohen möglichen Fördermengen ausgegangen werden konnte. Der Chemismus entsprach im Wesentlichen den bisher bekannten Ergebnissen. Die Nitratkonzentration wurde mit 9,0 mg/l ermittelt. Überdies wurde eine Altersbestimmung mittels Tritium vorgenommen. Das abgelei-

tete Grundwasser zeigte Konzentrationen von  $1,0 \text{ TU} \pm 0,4 \text{ TU}$  und ist als Mischwasser aus einer Altkomponente ( $> 50 \%$ ) sowie einer Jungkomponente ( $< 50 \%$ ) zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der Versuchsbohrung wurden zusammen mit den Dokumentationsunterlagen der Bohrfirma in einem werten Abschlussbericht der GG&P zusammengefasst. Da dauerhafte Entnahmemengen von etwa 25 bis 29 l/s sowie anthropogen unbelastete Trinkwasserqualitäten zu erwarten waren, beschloss die SÜC nach Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Kronach den Ausbau zu einem Trinkwasserbrunnen.

#### Ausbau zu Trinkwasserbrunnen und Sicherung mit Stützkies

Unmittelbar nach den behördlichen Abstimmungen begannen ab November 2019 die Arbeiten zum Aufweiten der Versuchsbohrung auf einen Enddurchmesser von 600 mm. Die Ausbauplanung erfolgte auf Basis der Empfehlungen des Abschlussberichtes der Versuchsbohrung.

Für die Sicherung wurde die Bohrung zunächst mit desinfiziertem Stützkies und einem gestuften Sandgegenfilter stabilisiert, der an der künftigen Unterkante des später einzubauenden Sperrrohres platziert wurde. Der Stützkies wird aus bohrtechnischen Gründen erforderlich und verhindert den Eintrag von feinkörnigem Bohrgut beim Aufweiten hangender Schichten. Außerdem erkennt der Bohrmeister anhand des später beim Aufweiten wieder herausgeholt Stützkieses, dass er sich noch im Bereich der Versuchsbohrung befindet. Durch den Gegenfilter sollte der tiefere Bohrabschnitt vor dem Eindringen 

Hölscher  
1/4 Seite hoch  
90 x130



ABB

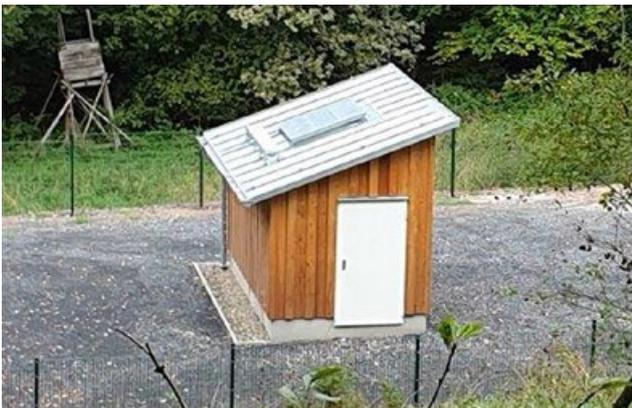
Abb. 7 – V2A-Ausbau DN 300 (Vollrohr bis 42 m und Wickeldrahtfilter bis 108 m, SW = 3 mm)

von hangenden Grundwässern sowie einer mit Tontrübe belasteten Spülung beim Aufweiten des Sperrrohrbereiches geschützt werden. Außerdem wird beim Setzen der Sperrrohrabdichtung die Migration von Zementschlämmen in den tieferen Bohrlochteil verhindert.

#### Sperrrohr, Aufweitung und Zwischenpumpversuch

Nach Setzen einer Hilfsverrohrung mit 1016 mm Durchmesser bis etwa 8 m wurde mit 870 mm bis 43 m aufgeweitet und anschließend das Sperrrohr  $\varnothing$  711/10 mm mit Fußflansch und Dichtungsgummi bis 42 m eingebaut und damit auf dem Gegenfilter aufgesetzt. Nach Setzen einer Fußzementation aus CO<sub>2</sub>-beständigem Zement im Ringraum wurde das Sperrrohr minimal angehoben und wieder abgesetzt, um eine vollständige Zementation im Bohrloch zu gewährleisten. Zur Kontrolle des Abbindevorgangs wurden Rückstellproben in einem mit Wasser gefüllten Eimer gelagert. Nach der weitgehenden Aushärtung erfolgte anschließend das abschnittsweise Verpressen des Ringraumes im Kontraktorverfahren bis zunächst 1,0 m u. GOK.

Nach Durchbohren der Fußzementation von 40,6 bis 43,0 m innerhalb des Sperrrohres wurde die mit Stützkies aufgefüllte Bohrung abschnittsweise im Lufthebeverfahren mit 670 mm Durchmesser bis 109,5 m u. GOK aufgeweitet. Pro Tag konnten hierbei 10 bis 15 m gebohrt werden. Nach Erreichen der Endteufe wurde das Bohrloch mittels Mammutpumpe mehrere Stunden klargespült.



ABB

Abb. 9 – Abschlussbau aus einem formgegossenen Betonfundament und einem Aufbau in Holzständerbauweise



GG&P

Abb. 8 – Kamerabefahrung Wickeldrahtfilter

Nach Einbau einer Unterwassermotorpumpe wurde im bis 42 m abgesperrten und noch offenen Bohrloch ein kurzer Pumpversuch durchgeführt, um die prognostizierten Qualitäten und Quantitäten zu verifizieren. Der Versuch wurde mit Schockpumpen (An-/Aus-Zyklen der Pumpe) begonnen, um eine mögliche Sandführung zu erkennen und aus den Klüften zu beseitigen. Der Versuch ging anschließend in einen einstufigen Pumpversuch mit Beharrungszustand über. Die festgestellten Ergiebigkeiten lagen bei 3,39 l/s\*m und damit erfreulicherweise höher als bei den bisherigen hydraulischen Tests in der Versuchsbohrung.

#### Ausbau mit V2A-Wickeldraht und Ringraumverfüllung

Nachdem die Ergebnisse des Zwischenpumpversuches im dauerhaft abgesperrten, aufgeweiteten Bohrloch die bisherigen Erkenntnisse der Versuchsbohrung mit lediglich provisorischer Absperrung bestätigt hatten, wurde der V2A-Ausbau DN 300 (Vollrohr bis 42 m und Wickeldrahtfilter bis 108 m, SW = 3 mm) gemäß Planungen unter Verwendung von zwei V2A-Peilorhren DN 50 (180 Grad versetzt) und Zentrierungen eingebaut (Abb. 7 + 8). Der Ringraum wurde mit Filterkies von 8 bis 16 mm und in den bei der Versuchsbohrung festgestellten Hauptzutrittszonen einschließlich wenige Meter Überschüttung mit Glaskugeln von 12 mm verfüllt (Verglasung). Vorm Schütten der Glaskugeln erfolgte das Setzen des Kieses mittels Kolben. Ebenso wurde später die oberhalb der Glaskugeln platzierte Verkiesung gekolbt. Die Glaskugeln selbst rollen aufgrund der einheitlichen Durchmesser und der glatten Oberflächenfließen bis in die Klüfte und Kalibererweiterungen hinein und müssen nicht aufwändig gekolbt werden, da sie auch ohne Bearbeitung in der Regel eine dichteste Kugelpackung einnehmen, sofern sie nicht mit Fremdmaterialien vermischt werden. Im Anschluss an die Restauffüllung des Ringraumes wurde mittels abgepackter Unterwassermotorpumpe abschnittsweise intensiventsandet bis zur technischen Sandfreiheit gemäß DVGW W 111. Die nach Ausbau der Pumpe festgestellte Auflandung wurde anschließend mittels Mammutpumpe abgesaugt.

#### Schlusspumpversuch

Nach Fertigstellung des Ausbaus wurde ein dreistufiger und insgesamt 167 Stunden dauernder Pumpversuch mit begleitenden Beprobungen und Laboranalysen durchgeführt. Das Absenckverhalten zeigt einen gespannten Aquifer, der Leistungsquotient liegt bei 2,24 l/s\*m. Nach Ausschalten der Pumpe erfolgten 190

Stunden Wiederanstiegsmessungen. Die Transmissivität wurde nach dem Wiederanstiegsverfahren von THEIS mit  $T = 1,18E-03$  m<sup>2</sup>/s bestimmt. Bezogen auf eine aus den Ergebnissen der Geophysik herausgerechnete Nettoaquifermächtigkeit von  $M = 55$  m entspricht das einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 2,15E-05$  m/s. Die künftig möglichen Entnahmen wurden auf Basis einer maximalen Absenkung bis zum obersten Hauptzufluss mit  $Q = 27$  l/s angesetzt und wasserrechtlich beantragt. Die beantragten Jahresentnahmen liegen bei 425.000 m<sup>3</sup>.

Die erschlossenen Grundwässer sind als niedrig mineralisierte Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Wässer ohne erkennbare anthropogene Beeinflussungen zu klassifizieren. Sie sind leicht calzitlösend und entsprechen nach Austreiben der freien CO<sub>2</sub> der aktuellen Trinkwasserverordnung. Der Nitratgehalt wurde mit 8,5 mg/l bestimmt.

### Abnahme und Setzen des Abschlussbaus

Die eigentlichen Brunnenbaumaßnahmen endeten Mitte April 2020 mit der Abnahme des fertiggestellten Brunnens mittels Unterwasserkamera. Die Befahrung zeigt, dass der Ausbau plankonform umgesetzt wurde und keine Schäden oder Ablagerungen bzw. Auflandungen zu erkennen sind.

Das von der SÜC entwickelte, zum wiederholten Male eingesetzte und ständig verbesserte Abschlussbauwerk besteht aus einem formgegossenen Betonfundament und einem Aufbau in Holzständerbauweise (Abb. 9). Das Fundament wird frostfrei etwa einen Meter u. künftiger GOK gegründet und das hineinragende Sperrrohr wird anschließend ab der Ringraumabdichtung wasserdicht angebunden. Das Häuschen verfügt über einen separaten Raum für die elektrotechnischen Anlagen.

### Anschluss des Brunnens und Kosten

Im Rahmen der Pumpversuche waren bei größeren Entnahmemengen Einflüsse auf die beiden Nachbarbrunnen der SÜC zu beobachten. Bei der maximalen Fördermenge von 29,6 l/s fiel der Ruhewasserspiegel am nächstliegenden Tiefbrunnen um knapp 4 m. Um die Nachbarbrunnen möglichst wenig zu beeinflussen, wurde ein Aggregat eingesetzt, dass im Normalbetrieb 12 l/s fördert und in diesem Bereich auch den optimalen Betriebspunkt hat, welches aber auch in der Lage ist, im Notfall die möglichen 27 l/s zu fördern. Dabei handelt es sich um eine UWM-Pumpe mit einem Permanentmagnetmotor, bei welcher zudem die Pumpenhydraulik mit einer speziellen Keramikbeschichtung zur Steigerung des hydraulischen Wirkungsgrades versehen wurde. Zwischen August und Anfang Dezember 2020 wurden inzwischen über 80.000 m<sup>3</sup> Grundwasser gefördert. Der spezifische Strombedarf lag bisher bei rund 0,14 kWh/m<sup>3</sup>. Dieser Wert liegt rund 30 % unter dem Strombedarf von vergleichbaren Tiefbrunnenpumpen mit herkömmlichen Asynchronmotoren.

Parallel zur Fertigstellung des Tiefbrunnens erfolgte die Verlegung der Anschlussleitung (ca. 450 m WL PE d 180 (SLM) mit Strom und TK) zwischen Mai und Juli 2020. In diesem Zusammenhang wurden etwa 500 m Graugussleitungen DN 225 aus der Kaiserzeit, die ursprünglich Quellwasser, später das Grundwasser aus zwei Tiefbrunnen transportierten, ersetzt. Als neue Sammelleitung für die beiden bisherigen und den neuen Tiefbrunnen wurde eine PE-Leitung d 315 mit SLM-Umhüllung im Spülbohrverfahren verlegt.

Was die Kosten betrifft, so investierte die SÜC in die gesamte Maßnahme einschließlich Erkundungsbohrung und Leitungsbau insgesamt 1,1 Mio. Euro. Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass durch das tatkräftige Mitwirken aller Betei-

ligten – von der Planung und Genehmigung bis zur baulichen Umsetzung – sowie durch den Einsatz eigener Ressourcen der SÜC ein hochwertiges Brunnenbauwerk in Rekordzeit errichtet und angeschlossen werden konnte. Vor dem Hintergrund der allgemeinen Einschränkungen durch die Corona-Pandemie, ist dies eine besondere Leistung.

### Autoren

Andreas Gartiser  
Gartiser, Germann & Piewak  
Ingenieurbüro für Geotechnik und Umwelt GmbH  
Schützenstr. 5  
96047 Bamberg  
Tel.: 0951 302069-16  
Fax: 0951 302069-20  
andreas.gartiser@geologie-franken.de  
www.geologie-franken.de

Jürgen Zimmerlein  
SÜC Energie und H2O GmbH  
Bamberger Str. 2-6  
96450 Coburg  
Tel.: 09561 749-1220  
Fax: 09561 749-1910  
juergen.zimmerlein@suec.de  
www.suec.de



Stüwa  
1/4 Seite hoch  
90 x130