



Abb. 1 – Bohrerät RB 50 im Einsatz

Der lange Weg zu einem der tiefsten Wassergewinnungsbrunnen Norddeutschlands (Teil 1)

Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung ist für jeden Wasserversorger eine tägliche Herausforderung. Dies gilt auch für den Großraum Hamburg und dessen Wasserversorger HAMBURG WASSER. Der lange Weg vom Beginn einer Aufschlussbohrung bis zur Fertigstellung eines Trinkwasserbrunnens soll am Beispiel des Neubaus eines 420 m tiefen Brunnens im Bereich des Wasserwerks Langenhorn aufgezeigt werden. Der nachfolgende erste Teil des Beitrags widmet sich insbesondere der Aufschlussbohrung ABLAN7. Der kommende zweite Teil wird dann die Arbeiten für die Brunnenbohrung BLAN18 beschreiben.

Eine stetig wachsende Stadt sowie verschärfte klimatische Bedingungen stellen Wasserversorger vor erhebliche Herausforderungen zur Sicherstellung der künftigen Trinkwasserversorgung. Dies führt dazu, dass auch bisher nicht erschlossene tiefe Grundwasservorkommen auf ihre Eignung für die Grundwassergewinnung untersucht werden. Im Bereich des Gewinnungs-

gebiets Langenhorn ist HAMBURG WASSER dabei in eine bisher unerreichte Tiefe von 560 m u. Geländeoberkante (GOK) vorgedrungen. Das Unternehmen betreibt in seinen 16 Wasserwerken rund 480 Brunnen. Diese erschließen quartäre bis tertiäre Grundwasserleiter in einem Tiefenniveau von etwa 20 bis 400 m u. GOK. Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung

werden permanent Bestandsbrunnen ersetzt, welche ihre technische Lebensaltersgrenze erreicht haben. Zur Deckung des steigenden Wasserbedarfs sind darüber hinaus zusätzliche Brunnen in neuen Gewinnungsgebieten erforderlich.

Geologische Vorrecherche

Die Erschließung eines potenziellen Gewinnungsgebietes startet im Vorfeld von Brunnenbauten mit einer umfassenden geologischen Vorrecherche. Diese wird, insbesondere bei komplexen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen wie im Bereich Langenhorn, häufig durch eine Grundwassermodellierung begleitet. Im Rahmen der Vorrecherche werden Bereiche identifiziert, die aus hydrogeologischer Sicht für weitere Erkundungsschritte und gegebenenfalls einen Brunnenbau in Betracht kommen. In einem nächsten Schritt werden die Nutzung von Bohrstandorten gesichert und Aufschlussbohrungen geplant. Letztere liefern entscheidende geologische, hydrogeologische und hydrochemische Informationen. Konkrete Ergebnisse sind u. a. die Tiefenlage und Ausbildung möglicher Entnahmehorizonte sowie die zu erwartende Grundwasserbeschaffenheit. Darüber hinaus werden in diesem durch Grundwasserversalzung beeinflussten Gewinnungsgebiet Erkenntnisse über die Versalzungssituation im tieferen Abschnitt des unteren Grundwasserleiters gewonnen, die für einen nachhaltigen Betrieb der Brunnenfassung von entscheidender Bedeutung sind. Nicht bohrungsbasierte geophysikalische Erkundungsmethoden liefern in den hier relevanten Tiefenbereichen keine brauchbaren hydrogeologischen Informationen. So bleiben aufwendige tiefe Aufschlussbohrungen das Mittel der Wahl, um die benötigten Informationen für einen Brunnenbau zu erhalten.

In dem hier beschriebenen Fall wurde nach erfolgreicher Grundstücksicherung im Bereich der Fassung Poppenbüttel des Wasserwerks Langenhorn eine tiefe Aufschlussbohrung mit der Bezeichnung ABLAN7 geplant. Die Erkundungstiefe war bis zur Basis des nutzbaren Grundwasserleiters in einer Tiefe von ca. 560m u. GOK vorgesehen. Diese Aufschlussbohrung dient als Entscheidungsgrundlage für den Bau von ein bis zwei Förderbrunnen an diesem Standort.

Hydrogeologische Verhältnisse

Der für die Wassergewinnung genutzte Untergrund im Bereich der Fassung Poppenbüttel des Wasserwerks Langenhorn besteht aus tertiären und quartären Schichten (Abb. 2). Im Untersuchungsgebiet können generell drei Grundwasserleiter unterschieden werden:

- Quartäre Ablagerungen der Saale- und Weichselkaltzeit,
- Obere Braunkohlensande (OBKS),
- Untere Braunkohlensande (UBKS).

Die quartären Ablagerungen bestehen aus einer Abfolge von Schmelzwassersanden, Geschiebemergel und Beckenschluffen. Die Schmelzwassersande fungieren hierbei als Grundwasserleiter. Beim Durchbohren des Quartärs ist grundsätzlich mit dem Antreffen von Steinen und Blöcken zu rechnen. Im Untersuchungsgebiet erreichen die quartären Ablagerungen eine Mächtigkeit zwischen 25 und 100 m.

Die OBKS sind überwiegend feinsandig, mit stellenweise größeren Einschaltungen im mittleren Abschnitt der Abfolge. Schluffreichere Partien sowie schluffige Toneinlagerungen sind relativ häufig vorhanden, gelegentlich kommen bis zu 2 m mächtige Braunkohlelagen vor. Die Mächtigkeit der OBKS beträgt in der Wasserfassung Langenhorn zwischen 90 und 110 m.

Die UBKS bestehen aus feinen bis groben Quarzsanden mit einigen braunkohleführenden Einschaltungen aus küstennahen Holzablagerungen im Wechsel mit dünnen Tonlagen. Der obere Teil der UBKS ist häufig grobkörniger beschaffen und der wasserwirtschaftlich genutzte Abschnitt mit einer Mächtigkeit von 70 bis 100 m. Im unteren Teil werden die Sedimente feinkörniger und gehen zur Basis hin in die Vierlandestufe über. Die Gesamtmächtigkeit der UBKS beträgt im Untersuchungsgebiet etwa 250 bis 300 m.

Die hydraulischen Trennschichten zwischen den Grundwasserleitern bestehen zwischen Quartär und OBKS aus dem mächtigen oberen Glimmertone (90 bis 150 m) und zwischen OBKS und UBKS aus dem Hamburger Ton (Mächtigkeit 20 bis 50 m). Das Ziel der Aufschlussbohrung ist die Erkundung der OBKS und UBKS hinsichtlich der Eignung als potenzielle Brunnenstandorte.

Durchführung der Aufschlussbohrung (ABLAN7)

Die Aufschlussbohrung ABLAN7 befindet sich 3,6 km südöstlich des Wasserwerks Langenhorn auf einem verpachteten Grundstück der Freien und Hansestadt Hamburg, welches landwirtschaftlich genutzt wird. Die Oberfläche des Bohrplatzes sowie der unbefestigten Zufahrt auf das Brunnengrundstück wurde mit Fahrplatten geschützt. Außerdem waren Zuwegung und Bohrplatz durch einen Bauzaun zu sichern. Da sich der Bohrplatz in der Nähe einer Wohnbebauung befindet, waren an die eingesetzten Geräte entsprechende Anforderungen zu stellen. Für den gesamten Bohrprozess war die Verwendung von Spülcontainern vorgeschrieben.

STÜWA
BRUNNENFILTER
BOHRBEDARF
Qualität Made in Germany

Gemeinsam für mehr Wasser!

Seit 135 Jahren begleiten wir weltweit Projekte von der ersten Idee bis zur erfolgreichen Umsetzung.

STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH
Tel. +49 5244 407-0 | info@stuewa.de | www.stuewa.de

» Basierend auf den Ergebnissen der Aufschlussbohrung ABLAN7 wurde durch den betreuenden Geologen ein Brunnenbau empfohlen. Der Brunnen BLAN18 soll mit einer Tiefe von 413 m in den UBKS ausgebaut werden. «

Die Aufschlussbohrung ABLAN7, mit einer geplanten Endteufe von ca. 560 m u. GOK, wurde im Lufthebeverfahren mit einem End-Ø von 350 mm abgeteuft. Für die Aufschlussbohrung kam eine vollhydraulische, fahrbare Bohranlage Fabrikat Prakla Bohrtechnik RB 50 zum Einsatz (Abb.1). Die Bohrausrüstung für ABLAN7 bestand aus 120 m doppelwandigem Luftgestänge, 450 m Vorsatzgestänge, einem Vierflügelmeißel 480 mm Ø, einem Steinfänger mit Klappenrüstung 419 mm Ø, vier Flügelmeißeln mit 320 mm Ø, einem Rollenmeißel 9 5/8“, Schwerstangen und Stabilisatoren.

Folgende Vorgaben des Auftraggebers zum Bohrvorgang waren zu berücksichtigen:

- Einbau einer Standrohrtour mit 473 mm Ø mit den notwendigen Funktionsanschlüssen für die Durchführung der Aufschlussbohrung bis 21 m u. GOK,
- Einhaltung einer Abweichung von maximal 1 % von der Lotrechten bezogen auf die Endteufe der Bohrung,
- Geophysikalische Vermessung im offenen Bohrloch nach Erreichen der Endteufe,
- Einbau von Probefiltern in definierten Tiefen sowie Durchführung von Kurzpumpversuchen über je ca. 24 Stunden,
- Einhaltung der Vorgaben entsprechend dem DVGW Arbeitsblatt W 116 ,
- teufenorientiertes Auslegen repräsentativer Bodenproben je Meter gemäß der einschlägigen Regelwerke,

- Durchführung von Siebanalysen gemäß dem DVGW Arbeitsblatt W 113 als Planungsgrundlage für den Ausbau eines Brunnens,
- Führung eines DIN-Schichtenverzeichnisses,
- fachgerechte Entsorgung des Bohrgutes und der Spülung.

Zur Sicherung des oberflächennahen Bohrlochs und um ein Verschleppen von Verunreinigungen sowie Spülungsverluste in den quartären Gerölllagen zu vermeiden, wurde ein Standrohr mit 473 mm Ø bis 21 m u. GOK eingebaut und nach Fertigstellung der Bohrarbeiten wieder gezogen. Die Gerölllagen im oberflächennahen Bereich verzögerten den Bohrvorgang durch Verstopfungen im Meißelmund und im Bereich des Übergangs zum Austragsschlauch. Der Bohrgestängestrag musste mehrfach aus- und wieder eingebaut werden. Erst mithilfe eines Steinfängers konnten die Gerölllagen durchbohrt und das Standrohr eingebaut werden.

Im unteren Teil des UBKS wurden zwischen 478 und 487 m u. GOK mehrere Sandsteinlagen angetroffen, die erst durch Ausbau des Flügelmeißels und Tausch gegen einen Rollenmeißel durchörtert werden konnten. Das lithologische Profil wurde auf Basis der Bohrproben der Aufschlussbohrung ABLAN7 und der geophysikalischen Vermessung ermittelt. Mit der Bohrung wurde die erwartete Abfolge Quartär, oberer Glimmerton (GT), OBKS, Hamburger Ton (HT) und UBKS durchteuft. Die Endteufe wurde bei 561 m u. GOK erreicht.

Bohrlochvermessung

Nach dem Erreichen der Endteufe von 561 m erfolgte die Vermessung der offenen, unverrohrten Bohrung. Ziele dieser Vermessung waren:

- Erstellung einer detaillierten lithologischen Gliederung,
- Berechnung der Porenwassermineralisation,
- Berechnung der rolligen, bindigen und organischen Bestandteile sowie der entwässerbaren Porosität (Compositplot).

Hierzu wurde das nachfolgende Messprogramm ausgeführt:

- CAL: Kaliber-Log
- FEL: Fokussiertes-Elektro-Log
- EL-KN/GN: Elektro-Log, kleine und große Normale
- IL-K/M/L.RA: Induktions-Log, spezifischer elektrischer Widerstand, kurzes, mittleres und langes Spacing
- GR: Gamma-Ray-Log
- SAL: Elektrisches Leitfähigkeits-Log
- TEMP: Temperatur-Log
- NN: Neutron-Neutron-Log
- GG.D: Gamma-Gamma-Dichte-Log
- BA: Bohrlochverlaufs-Log

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

Bohrlochzustand

Der nominale Bohrdurchmesser von 350 mm wurde vereinzelt um etwa 100 mm überschritten, was für Lufthebebohrungen ein völlig akzeptabler Wert ist. Die Neigungswerte tendieren um etwa 1 Grad. Aus den gemessenen Neigungen konnte am tiefs-

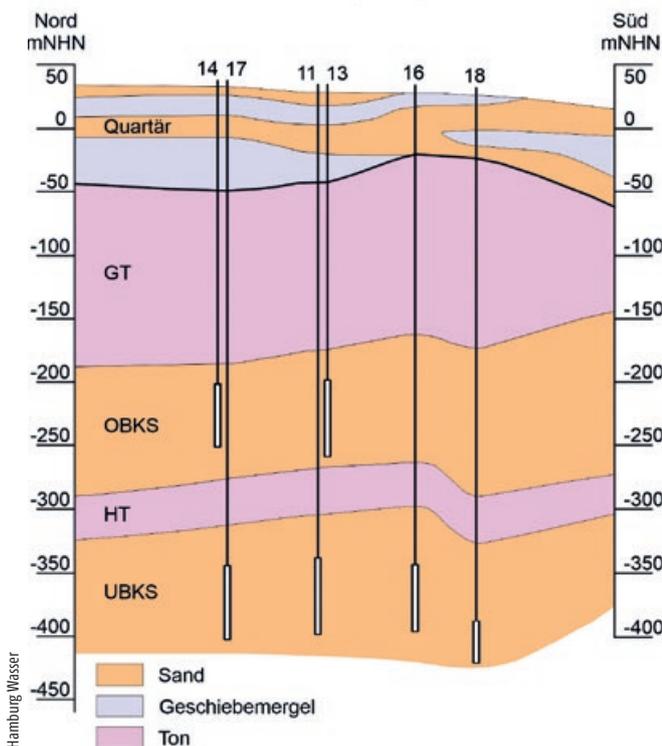
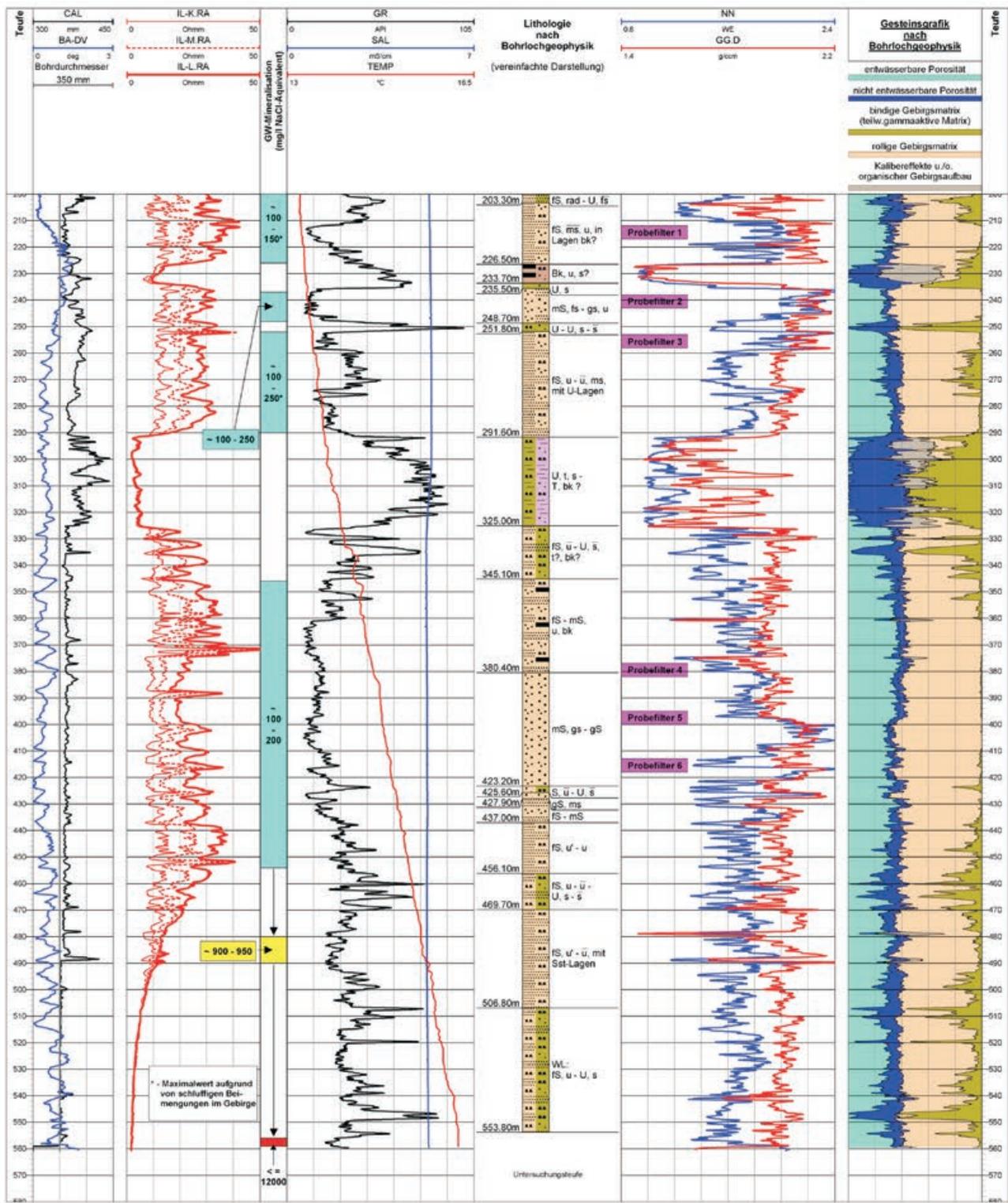


Abb. 2 – Schematischer geologischer Schnitt durch die Fassung Poppenbüttel, Wasserwerk Langenhorn

Geophysik



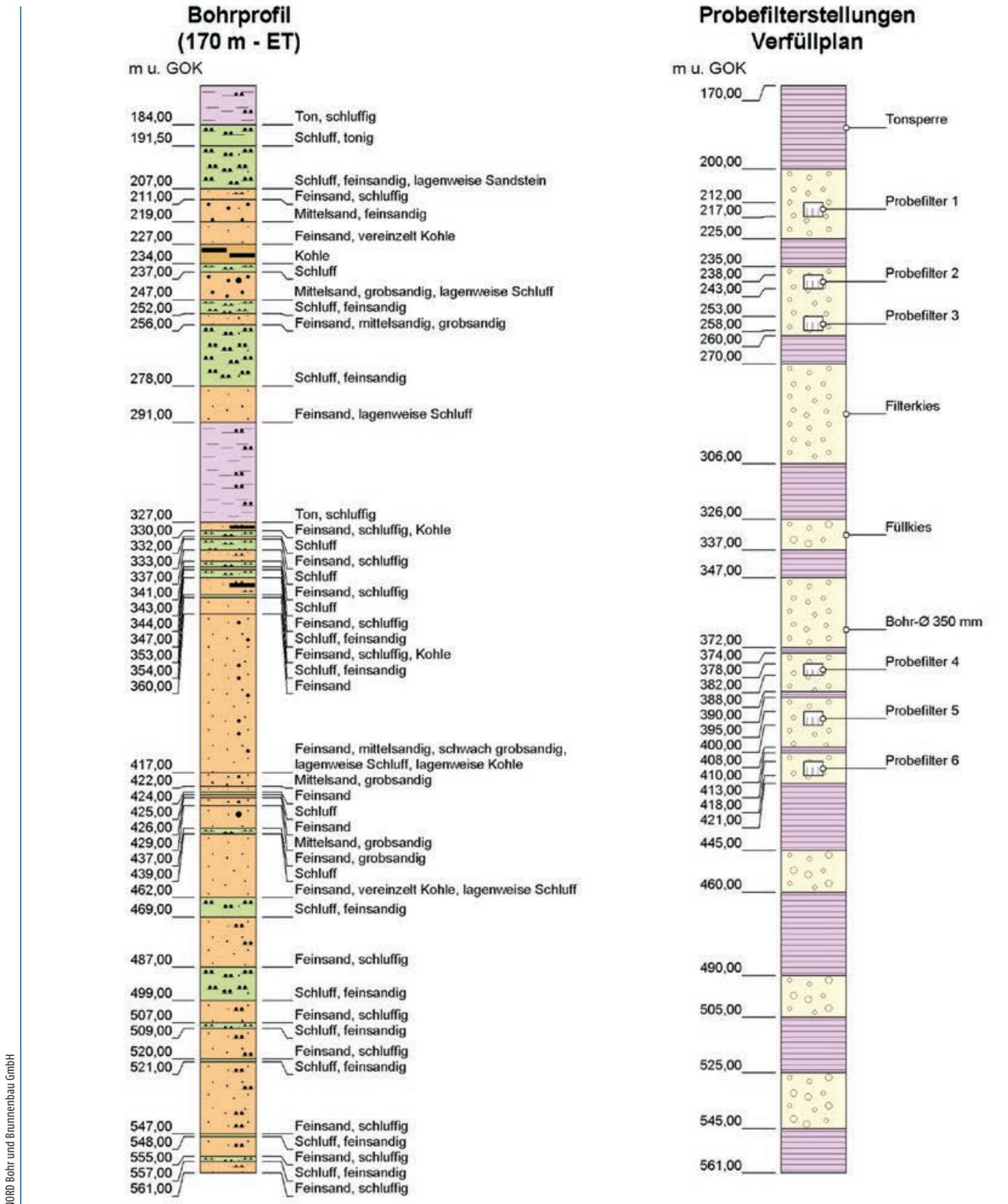
Bohrlochmessung Storkow GmbH

Abb. 3 – Darstellung Geophysik

ten Messpunkt (560,45 m) eine maximale Abweichung der Bohrung aus der Lotrechten von 2,6 m ermittelt werden. Hieraus ergibt sich rechnerisch eine Teufenreduktion von 0,03 m. Die wahre Messteufe beträgt danach 560,15 m. Die Neigung und damit die daraus resultierende Teufenreduktion konnten als vernachlässigbar angesehen werden.

Lithologie

Die Bohrung durchteuft mehrere Grundwasserleiter, die durch GW-Geringleiter voneinander getrennt sind. Die GW-Geringleiter bestehen entweder aus schluffigen Tonen oder oberflächennah aus Geschiebemergeln mit unterschiedlichen Anteilen an Sand und/oder Kies.



NORD Bohr und Brunnenbau GmbH

Abb. 4 – Darstellung Zwischenpumpversuche, Verfüllung

Compositplot

Weiterhin wurde eine Berechnung der prozentualen Anteile der bindigen, rolligen und organischen Gebirgsbestandteile sowie der nutzbaren Porosität (Compositplot) durchgeführt.

Porenwassermineralisation

Die Berechnung der Porenwassermineralisation erfolgte auf Grundlage der Elektro-Log-(EL-KN/GN) sowie der Induktions-

Log-Messungen (IL.RA) im Zusammenhang mit der Messung der elektrischen Leitfähigkeit (SAL) und der Temperatur (TEMP) der im Bohrloch befindlichen Spülung. Die Methodik beruht auf der Tatsache, dass der elektrische Widerstand eines vollgesättigten, tonfreien Sandes nur von dessen Porosität und dem Gesamtgehalt an gelösten Salzen im Porenwasser abhängt. Für die Berechnung der Porosität ist eine Gamma-Gamma-Dichte-Messung (GG.D) notwendig. In der Bohrlochgeophysik sind NaCl-

Äquivalentgehalte ein gängiges Maß zur Charakterisierung der Mineralisation von Porenwässern, da NaCl meist den Hauptteil des Lösungsinhalts darstellt. Wenn andere Ionen in erheblichen Mengen vorhanden sind, kann durch ihre abweichende Ionenbeweglichkeit der ermittelte NaCl-Äquivalentgehalt niedriger oder höher als der tatsächliche Lösungsinhalt sein. Die berechneten NaCl-Äquivalentgehalte betragen oberhalb von 454,0 m in allen aufgeschlossenen Grundwasserleitern maximal 250 mg/l. Unterhalb von 454,0 m zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der Porenwassermineralisation mit der Tiefe, sodass im Bohrungstiefsten ein NaCl-Äquivalentgehalt von maximal 12 g/l bestimmt wurde. Dies entspricht einer Leitfähigkeit des Porenwassers von rund 20 mS/cm bezogen auf eine Temperatur von 25 °C (Abb. 3).

Zwischenpumpversuche mittels temporär eingebauter Probefilter

Zur hydrochemischen und hydrogeologischen Untersuchung der Grundwasserleiterabschnitte wurden Zwischenpumpversuche mittels temporär eingebauter Probefilter durchgeführt. Die Lage der Probefilter wurde anhand der Schichtenaufnahme und der geophysikalischen Vermessung festgelegt. Es wurden je drei Pumpversuche in den UBKS und in den OBKS ausgeführt:

UBKS

- Probefilter 6 von 418 bis 413 m u. GOK
- Probefilter 5 von 400 bis 395 m u. GOK
- Probefilter 4 von 382 bis 377 m u. GOK

OBKS

- Probefilter 3 von 258 bis 253 m u. GOK
- Probefilter 2 von 243 bis 238 m u. GOK
- Probefilter 1 von 217 bis 212 m u. GOK

Jeweils gegen Ende der Zwischenpumpversuche wurden durch das Labor von HAMBURG WASSER Wasserproben entnommen und analysiert. Der Einbau der Probefilter erfolgte rückschreitend nach Erreichen der Endteufe von unten nach oben bei gleichzeitiger Rückverfüllung des Bohrlochs. Mit den Ergebnissen aus den Zwischenpumpversuchen können u. a. folgende Aussagen getroffen werden:

- Hydrochemische Zusammensetzung des Grundwassers
- Hinweise auf anthropogene Inhaltsstoffe bzw. Schadstoffe
- Hinweise auf problematische Inhaltsstoffe hinsichtlich der Aufbereitung (z.B. Huminstoffe, TOC, Eisen etc.)
- Feststellung des Ruhe- und Betriebswasserspiegels
- Erste Hinweise auf die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters

Ein- und Ausbau der Probefilter

Nachdem das Bohrloch bis zur Unterkante des Probefilters 6 dem Bohrprofil entsprechend mit Füllkies und Tonpellets verfüllt worden war, wurde der Probefilterstrang DN 150 VA am Bohrgestänge eingebaut, mit Filterkies beschüttet und überschüttet, einschließlich Gegenfilter. Anschließend wurde der Probefilter 6 klargepumpt und der Zwischenpumpversuch durchgeführt.

Der Gestängestrang mit dem Probefilter wurde dann jeweils ausgebaut, das Bohrloch entsprechend dem Schichtenaufbau rückverfüllt und anschließend entsprechend in die Filterstellungen 5, 4, 3, 2 und 1 eingebaut und genauso verfahren, wie bei Filterstellung 6. Abschließend erfolgte die schichtengerechte Rückverfüllung bis GOK (Abb. 4).

Eine abschließende Tonabdichtung je Filterstellung war nicht zwingend erforderlich, da sich nach dem Anpumpvorgang sofort ein starker, abdichtender Filterkuchen auf dem Gegenfilter aufbaute.

Ergebnisse der Aufschlussbohrung

Basierend auf den hydrogeologischen und hydrochemischen Ergebnissen der Aufschlussbohrung ABLAN7 wurde durch den betreuenden Geologen von HAMBURG WASSER ein Brunnenbau empfohlen. Der Brunnen BLAN18 soll mit einer Tiefe von 413 m in den UBKS ausgebaut werden.

In den OBKS wird insbesondere aufgrund ungünstiger Grundwasserbeschaffenheit von einem Brunnenbau abgesehen. Der Grund ist eine hohe Konzentrationen an organischen Bestandteilen, die u. A. zu einer erheblichen Färbung des geförderten Wassers führen und problematisch für die Wasseraufbereitung sind. Hinzu kommt der heterogene Aufbau des Grundwasserleiters mit zahlreichen bindigen Schichten mit einer absehbar geringen Ergiebigkeit.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Entscheidung über den Bau eines Tiefbrunnens, gerade unter diesen komplexen geologischen und hydrochemischen Verhältnissen, essenziell von einer gut geplanten und durchgeführten Aufschlussbohrung abhängt. Für belastbare Aussagen ist es unerlässlich, dass die hier aufgezeigten Schritte vollständig und sorgfältig durchgeführt werden. Die beschriebene Vorgehensweise hat sich bisher in zahlreichen Erkundungsprojekten bewährt und nun auch gezeigt, dass Tiefen von mehr als 500 m gemeistert werden können.

Autoren

Jan Lamprecht
Sven Tewes
NORD Bohr und Brunnenbau GmbH
Randersweide 1
21035 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 73594630
lamprecht@nord-bb.de
tewes@nord-bb.de
www.nord-bb.de

Karsten Baumann
Borlochmessung Storkow GmbH
Schützenstr. 33
15859 Storkow
Tel.: +49 (0) 33678 43630
baumann@blm-storkow.de
www.blm-storkow.de

Guido Bengel
Hamburg Wasser
Billhorner Deich 2
20539 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 78888 - 82321
guido.bengel@hamburgwasser.de
www.hamburgwasser.de

