



Abb. 1 – Bohrerät AGBO G 450 mit Gestängelager

Der lange Weg zu einem der tiefsten Wassergewinnungsbrunnen Norddeutschlands (Teil 2)

Eine stetig wachsende Stadt sowie verschärfte klimatische Herausforderungen stellen HAMBURG WASSER 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 Gewinnungsgebiets Langenhorn ist HAMBURG WASSER dabei bis in eine bisher unerreichte Tiefe von 560 m unter Geländeoberkante (GOK) vorgedrungen.

HAMBURG WASSER betreibt in seinen 16 Wasserwerken rund 480 Brunnen. Diese erschließen quartäre bis tertiäre Grundwasserleiter in einem Tieffenniveau 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.

Die Abfolge bei der Erschließung eines potenziellen Gewinnungsgebietes startet im Vorfeld von Brunnenbauten mit einer umfassenden geologischen Vorrecherche. Anschließend erfolgen die Planung von Aufschlussbohrungen, eine Grundwasser-



Kompakte Informationen:
www.bbr-online.de

Facebook: www.facebook.de/bbrfachmagazin
LinkedIn: <https://de.linkedin.com/showcase/bbr-leitungsbau-brunnenbau-geothermie>



Besuchen Sie uns auf der IFAT, München.
Vom 30. Mai bis 3. Juni 2022
Halle B2 / StandNr. 241/340



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

www.stuewa.de

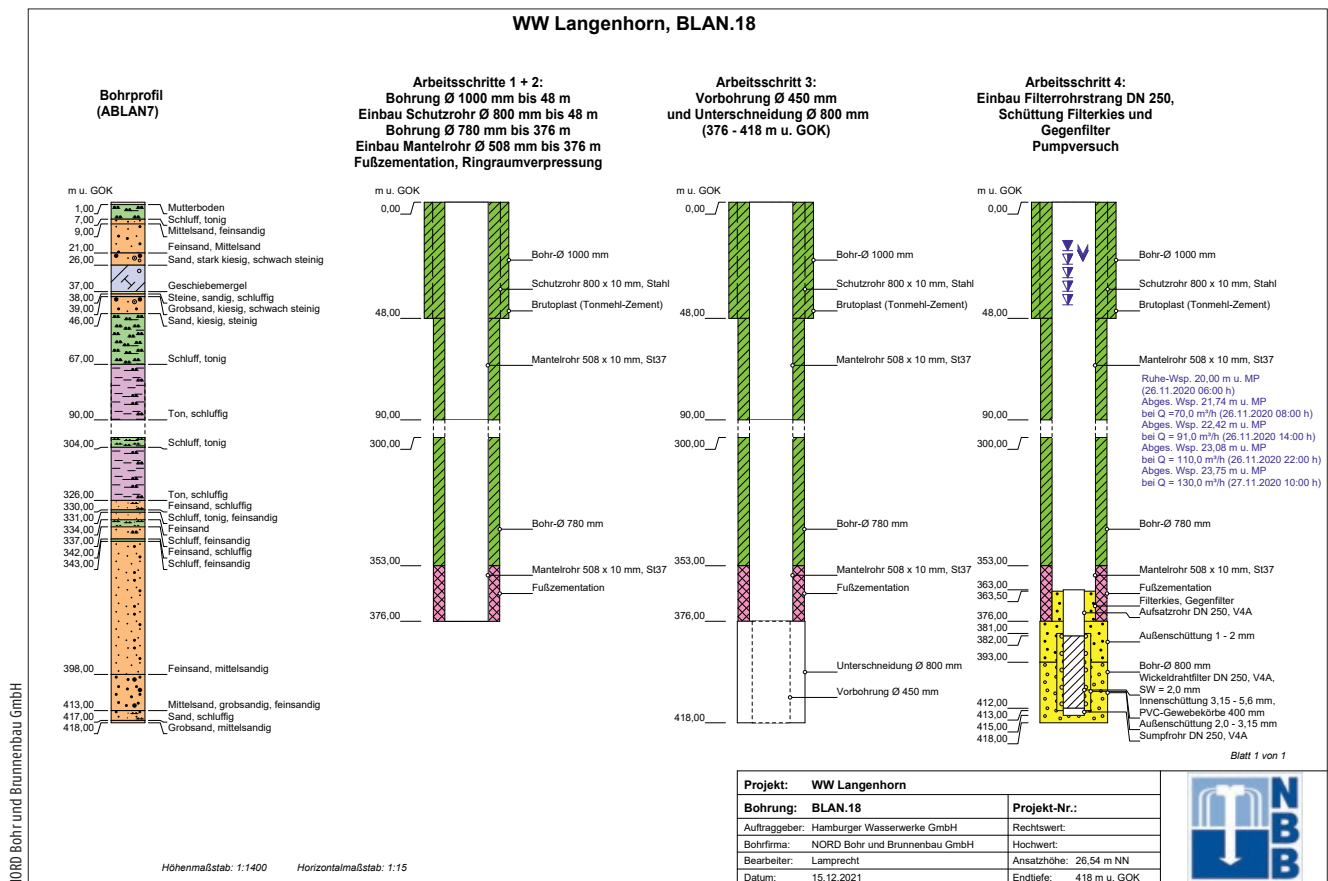


Abb. 2 – Arbeitsschritte Herstellung BLAN.18

modellierung und die erforderliche Grundstückssicherung. In dem hier beschriebenen Fall wurde nach erfolgreicher Grundstückssicherung im Bereich der Fassung Poppenbüttel des Wasserwerks Langenhorn eine tiefe Aufschlussbohrung mit der Bezeichnung ABLAN7 durchgeführt und diente als Entscheidungshilfe für die Herstellung eines darauf basierenden Tiefbrunnens. Die Herstellung des Tiefbrunnens BLAN.18 ist Inhalt dieses Beitrags.

Brunnenbohrung BLAN.18

Der Brunnen BLAN.18 wurde anhand der bei der Aufschlussbohrung ABLAN7 (Teil 1 des Artikels, siehe bbr 4-2022)

gewonnenen hydrogeologischen und hydrochemischen Ergebnisse geplant. Dabei wurde die verfüllte Aufschlussbohrung am selben Standort überbohrt (Abb.2). Für die Brunnenbohrung kam eine vollhydraulische, selbstfahrbare Bohranlage Fabrikat AGBO G 600 zum Einsatz (Abb. 1). Die Bohrausrüstung bestand aus 120 m doppelwandigem Luftgestänge, 320 m Vorsatzgestänge, einem Vierflügelmeißel 980 mm Ø, einem Steinfänger mit Klappenausrüstung 800 mm Ø, drei Flügelmeißeln mit 780 mm Ø, einem Rollenmeißel 20“, Schwerstangen, Stabilisatoren, einem Flügelmeißel 480 mm Ø und einem Aufbohrmeißel 800 mm Ø. Der Tiefbrun-

nen wurde als verloren ausgebaute Kies-schüttungsbrunnen geplant, eine häufig im norddeutschen Raum vorkommende Bauart.

Arbeitsschritte 1 und 2

Im ersten Arbeitsschritt nach erfolgter Baustelleneinrichtung und dem Aufbau des gesamten Bohrequipments wurde eine Lufthebebohrung mit einem Durchmesser von 1.000 mm bis zu einer Tiefe von 48 m durchgeführt. Aufgrund der Erfahrungen der Vorbohrung erfolgte während dieses Arbeitsschrittes die Vorhaltung eines passenden Steinfängers (Abb. 3). Nach Erreichen der geplanten Teufe von 48 m wurde im Bohrloch eine Stahlrohrtour 813 x 10 mm in 6 m Längen mit Schweißverbindungen eingebaut und auf der Bohrlochsohle abgesetzt. Im Anschluss erfolgten die Verpressung und Zementation des vorhandenen Ringraumes mit einer Tonmehl-Zement-Suspension.

Im zweiten Arbeitsschritt wurde die Bohrung bis zu einer Teufe von 376 m u. GOK mit einem Durchmesser von 780 mm vertieft. Nach Erreichen der Endteufe wurde die Bohrung nach mehrmaliger Spülrreinigung geophysikalisch vermessen. Hierbei wurden das Kaliber (CAL) und die Bohrlochabweichung (BA) ermittelt.



Abb. 3 – Hindernis im Steinfänger aus quartären Gerölllagen

Im Anschluss an die geophysikalische Vermessung erfolgte der Einbau der Mantelrohrtour mit einem Außendurchmesser von 508 mm und einer Wandstärke von 10 mm in 6 m Längen mit zugfesten Steckmuffen-Verbindungen (ZSM). Aufgrund der Tiefe von 376 m und dem damit verbundenen Gewicht von mehr als 50 Tonnen erfolgte der Einbau der Mantelrohrtour bis ca. 30 Tonnen mit dem Bohrgerät und die restlichen Baulängen mit einem 100 Tonnen Autokran. Die Unterkante der Mantelrohrtour bildete dabei ein STINGER-Verpressschuh (Ventilstück), mit dem die erforderliche Ringraumverpressung erfolgte (Abb. 4).

Die Einbautiefe von 376 m u. GOK und die damit einhergehende Verpressmenge von ca. 140 m³ sowie die Verarbeitungszeit von fünf Stunden stellte eine besondere Herausforderung dar. Aus diesen Gründen erfolgte die Verpressung in Zusammenarbeit mit einer Spezialfirma. Mithilfe dieser und deren angeschlossener Spedition wurde die bereits werkseitig mit Zirkonsand angereicherte Tonmehl-Zement-Trockenmasse direkt beim Hersteller mit Silofahrzeugen abgeholt und zur Baustelle transportiert. Die Anreicherung mit Zirkonsand erfolgte zur besseren Nachweisbarkeit der Ringraumverpressung. Auf der Baustelle kam ein Misch- und Pumpmobil zum Einsatz, welches zum einen direkt an das Silofahrzeug und zum anderen über ein Gestänge mit dem Verpress-Stinger verbunden wurde. Zeitgleich wurde die erforderliche Wasserversorgung installiert. Nach Einstellen der vorgegebenen Dichte von etwa 1,36 kg/m³ wurde das Verpressmaterial kontinuierlich über das Misch- und Pumpmobil angemischt und verpresst. Der An- und Abtransport der erforderlichen Silofahrzeuge erfolgte unmittelbar nacheinander auf die Baustelle. Somit konnte die Verpressung in einem kontinuierlichen Vorgang ausgeführt werden.



Abb. 4 – STINGER-Verpressschuh

Arbeitsschritt 3

Nachdem der Zementiervorgang abgeschlossen war und die Suspension abgebunden hatte, wurden das Stinger-Verpressstück und die Zementierrückstände unter dem Zementierschuh aufgebohrt. Vor dem weiteren Bohrprozess der Vorbohrung mit 450 mm Bohr-Ø und des Unterschneidevorganges auf 800 mm Bohr-End-Ø wurde die gesamte bisher verwendete Spülung gegen eine bentonitfreie Spülung ausgetauscht. Die nicht mehr verwendbare Spülung wurde hierbei ordnungsgemäß entsorgt. Zur Vermeidung von Kolmationen im bohrlochnahen Bereich, war der Einsatz einer Separationsanlage zur Reinigung der Spülung von Feinsand- und Schluffanteilen vorzusehen, bestehend aus:

- Schüttelsieb 2 mm
- Desander 0,06 mm
- Desilter 0,02 mm

Nach der Ausführung der Vorbohrung mit 450 mm Ø wurde das Bohrloch bis zur Endteufe mit einem unterschneidenden Aufbohrmeißel auf 800 mm End-Ø aufgeweitet. Während der Bohrarbeiten waren



Abb. 5 – Wickeldrahtfilter DN 250 V4A mit Gewebekörben DN 400 für Innenschüttung mit Federführung

sikalisch vermessen. Gleichzeitig wurde hierbei die Ringraumverpressung im Bereich der Mantelrohre kontrolliert (Messverfahren SGL, GG-D und NN).

Arbeitsschritt 4

Nach Abschluss der Ringraumkontrollmessungen wurden die Sumpf-, Filter- und Aufsatzrohre DN 250 aus Werkstoff 1.4571 von 363,0 bis 415,0 m u. GOK verloren eingebaut. Verbaut wurden Wickeldrahtfilter mit einer Schlitzweite von 2,0 mm. Als Innenschüttung wurde eine Kieskörnung von 3,15 bis 5,5 mm in Gewebekörben mit 400 mm Ø zusammen mit dem Filterrohr ausgebaut. Der Filterkies für die Außenschüttung wurde entsprechend der anstehenden Körnung des Gebirges und den bei der Aufschlussbohrung ABLAN7 durch Siebung der Proben gewonnenen Daten in den Körnungen 2,0 bis 3,15 mm und 1 bis 2 mm geschüttet (Abb. 5).

Zur Gewährleistung einer zentrischen Anordnung des Ausbaustrangs, wurden im Filter- und Aufsatzrohbereich vierarmige VA- Federführungen eingebaut. Nach dem Einbau des Brunnenausbaus und dem Schüttprozess der Außenschüttung

» Der Brunnen BLAN.18 wurde anhand der bei der Aufschlussbohrung ABLAN7 gewonnenen hydrogeologischen und hydrochemischen Ergebnisse geplant. «

Zum Abschluss des Verpressvorganges wurden über ein weiteres Silofahrzeug 6 Tonnen Spezialzement antransportiert und als Fußzementation verpresst. Vor dem Ausbau des Zementiergestänges wurde die notwendige Abbindedauer eingehalten, das Verpress-Equipment ausgebaut und abtransportiert.

meterweise Bohrproben zur Kontrolle des in der Aufschlussbohrung gewonnenen Bohrprofils zu entnehmen und das Bohrloch nach Ausbau des Bohrgestänges freizuspülen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde das Bohrloch nochmals zur Überprüfung der Vertikalität und des Kalibers geophy-

sowie dem Absetzen des gesamten Stranges wurde ein Setzungspumpen bei gleichzeitigem Auffangen und Entsorgen der Bohrspülung durchgeführt. Im Vorfeld der Anlieferung der Sumpf-, Filter- und Aufsatzrohre wurde das gesamte Ausbaumaterial vom AG im Werk des Lieferanten abgenommen.

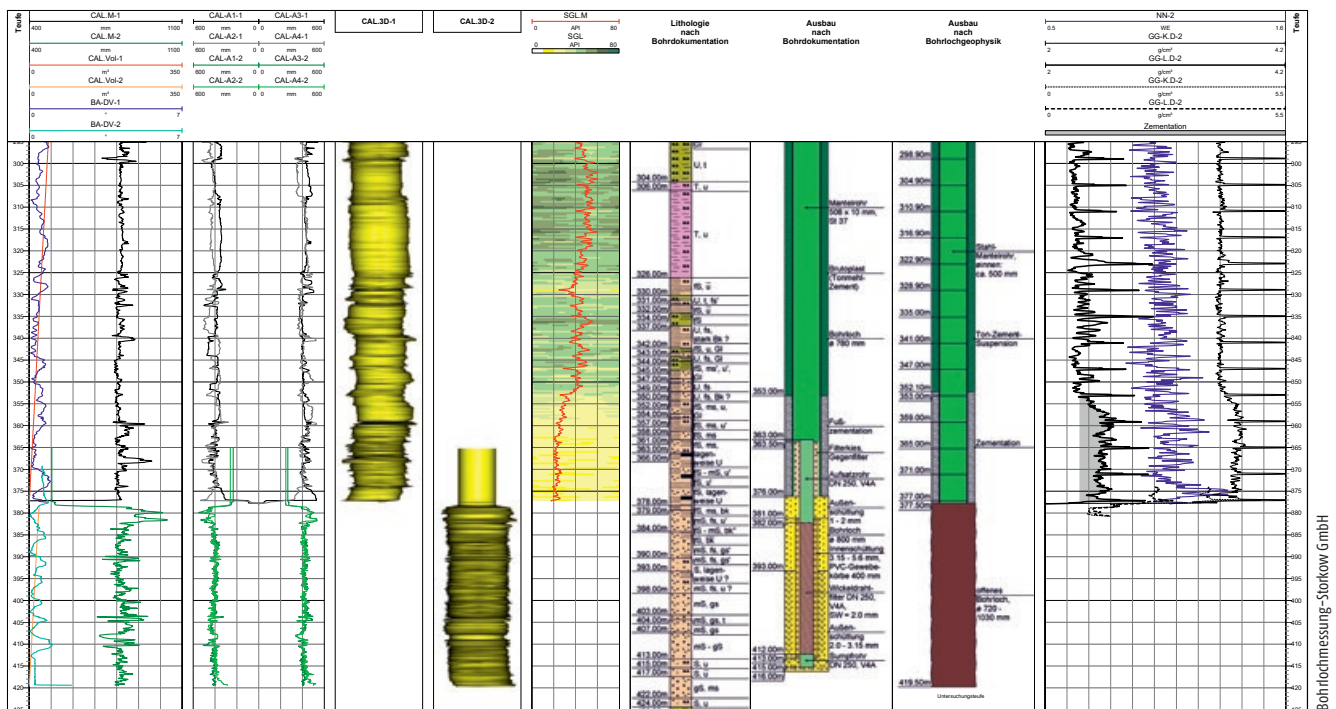


Abb. 6 – Ausschnitte der Bohrlochgeophysik vor und nach Ausbau des Brunnens

Klarpumpen und Brunnenentwicklung sowie Reinigung des Brunnenausbaus

Unmittelbar nach dem erfolgten Ausbau des verlorenen Filter- und Aufsatzrohrstranges wurde der neugebaute Brunnen klargepumpt. Das entsprechende Gemisch von Wasser und Spülung wurde wiederum ordnungsgemäß entsorgt. Anschließend wurde der Brunnen BLAN.18 mittels Seiergarnitur entsandet. Die Anordnung der Garnitur erfolgte gemäß den Vorgaben des AG. Die Entsandung wurde abschnittsweise über einen Zeitraum von 93 Stunden durchgeführt. Stellenweise wurde in Abstimmung mit dem AG der Brunnen gekolbt. Vor dem Leistungspumpversuch wurde die Auflandung im Bereich des Sumpfrohrs abgesaugt und entfernt.

Leistungspumpversuch

Zur Bestimmung der Brunnenleistung wurde ein Leistungspumpversuch durchgeführt. Dieser erfolgte über einen Zeitraum von 28 Stunden in vier Stufen von 71 m³/h bis 130 m³/h und einem Wiederanstieg von ca. sechs Stunden. Dabei wurden Datenlogger zur Aufzeichnung der Abstich- und Anstiegsmessungen verwen-

det und ausgewertet. Die Ableitung des geförderten Grundwassers erfolgte in einen nahe gelegenen Vorfluter. Zum Ende jeder Leistungsstufe wurde der Restsandgehalt gemessen und somit die Sandfreiheit nachgewiesen.

Durch den AG HAMBURG WASSER wurden während des Pumpversuches Flowmetermessungen vorgenommen und abschließende Wasserproben entnommen. Im Anschluss an den Leistungspumpversuch wurde durch HAMBURG WASSER eine Kamerabefahrung zur Abnahme des Brunnens durchgeführt. Die Auswertung des Leistungspumpversuches zur Bestimmung der späteren Betriebsmenge erfolgte durch den AG im Anschluss an die Baumaßnahme.

Geophysikalische Ausbaukontrolle

Im Zuge der Brunnenbaumaßnahme fanden begleitend drei bohrlochgeophysikalische Messeinsätze statt. Bei dem ersten Messeinsatz war die Brunnenbohrung bis 380 m abgeteuft. Bei diesem Messeinsatz fanden eine Kaliber- und eine Bohrlochabweichungsmessung statt. Der zweite Messeinsatz fand nach dem Einbau des

Mantelrohres, dem Verfüllen des Ringraumes sowie nach Vertiefen der Brunnenbohrung auf 420 m statt. Der dritte Messeinsatz wurde im fertig gestellten Brunnen ausgeführt.

Messeinsatz 1

- CAL4: 4-Arm-Kaliber-Log
- BA: Bohrlochverlaufs-Log

In der Brunnenbohrung befand sich bis zu einer Teufe von 47,2 m eine Stahlverrohrung mit einem Innendurchmesser von 800 mm. Das Kaliber in der sich anschließenden offenen Bohrung betrug durchschnittlich 820 mm. Vereinzelt waren Kalibererweiterungen bis zu 1.080 mm zu verzeichnen. Aus der Kalibermessung konnte das Volumen des Bohrloches einschließlich des Innenraumes der Stahlrohrtour für den Teufenbereich 377,7 m bis Geländeoberkante mit 885 m³ berechnet werden. Diese Angabe war wichtig für die Bemessung der Ringraumverfüllung/-abdichtung.

Die Bohrlochverlaufsmessung des ersten Messeinsatzes (0,0 - 377,45 m) erbrachte für den gesamten Teufenbereich

» Die Einbautiefe von 376 m u. GOK und die damit einhergehende Verpressmenge von ca. 140 m³ sowie die Verarbeitungszeit von fünf Stunden stellte eine besondere Herausforderung dar. «

Neigungswerte $< 1^\circ$, was als vernachlässigbar gering angesehen werden kann.

Messeinsatz 2

- CAL4: 4-Arm-Kaliber-Log
- SGL: Segmentiertes Gamma-Ray-Log
- NN: Neutron-Neutron-Log
- GG-D: Gamma-Gamma-Dichte-Log
- BA: Bohrlochverlaufs-Log

Der Rohrschuh des eingebauten Mantelrohres befand sich bei ca. 377,5 m unter GOK. Der Innendurchmesser des Mantelrohres beträgt ≈ 500 mm. Nach SGL wurde das Mantelrohr leicht exzentrisch im Bohrloch positioniert. Die Ringraumverfüllung des Mantelrohres lässt sich wie folgt zusammenfassen: Unterhalb von 1,4 bis 352,1 m ist der Ringraum des Mantelrohres mit einer Tonmehl-Zement-Suspension verfüllt. Zwischen 352,1 m und dem Rohrschuh bei ca. 377,5 m ist der Ringraum zementiert. Der unterhalb des Rohrschuhes des Mantelrohres offene Bohrlochabschnitt weist im Durchschnitt ein Kaliber von 720 mm auf. Vereinzelte Kalibererweiterungen bis 1.030 mm konnten festgestellt werden.

Die Neigung des zweiten Bohrabschnittes (377,5 - 419,5 m) ist ebenfalls geringer als 1° . Das Volumen des zweiten Bohrlochabschnittes zwischen 378,2 m und 419,5 m konnte mit ca. 22,5 m³ berechnet werden (Abb. 6).

Messeinsatz 3 (erfolgte durch den AG)

- FLOW: Flowmeter-Log
- TV: Fernsehsondierung

Bei der TV-Befahrung durch den AG wurden am Brunnen keinerlei Auffälligkeiten festgestellt. Die Flowmetermessungen bei Pumpstufen von 90,5 m³/h, 111,0 m³/h und 130,0 m³/h zeigten, dass der Brunnen vergleichsweise gleichmäßige Zuflussprofile bei allen Pumpstufen über die gesamte Filterstrecke von 382,0 bis 412,0 m aufweist. Die Ausbaukontrollmessungen mit ihren drei Messeinsätzen belegen damit, dass der Brunnen technisch einwandfrei errichtet wurde.

Resümee

Der aufgezeigte Weg von der Aufschlussbohrung zum Brunnen ist lang. Vorerkundungen von neuen Standorten insbesondere bei komplexen geologischen Verhältnissen und tiefen Grundwasserleitern sind unverzichtbar für eine fundierte Brunnenbauentscheidung.

Die in diesen Artikeln beschriebene Vorgehensweise verdeutlicht, dass bei sorg-

fältiger Durchführung der aufgezeigten Schritte die wesentlichen Planungsgrundlagen für einen erfolgreichen Brunnenbau unabhängig von den projektierten Endteufen geschaffen werden können. Zudem ist bei einer stringenten Umsetzung sowohl für den Bauherrn als auch für den Brunnenbauer eine wirtschaftliche Planungssicherheit gegeben. Darüber hinaus bringt diese Vorgehensweise eine Risikominimierung bei der Materialbeschaffung mit sich, gerade bei der derzeitigen Marktlage mit den angespannten Lieferketten und der erheblichen Vorlaufzeit für das Herstellen von Wickeldrahtfiltern. Überraschungen oder Wartezeiten mit lange offenstehenden Bohrlöchern können damit vermieden werden.

Kostenaufwändige Aufschlussbohrungen mit geophysikalischer, chemischer und geologischer Auswertung minimieren die Risiken eines Brunnenbauvorhabens substanziell und rentieren sich letzten Endes nach den bei HAMBURG WASER gemachten Erfahrungen der letzten Jahrzehnte. Auch das geradlinige Zusammenspiel zwischen Auftraggeber und einem renommierten und erfahrenen Brunnenbauunternehmen spiegeln sich in einem positiven Endergebnis wieder, einem bemerkenswert tiefen Brunnen.

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 7888 82321
guido.bengel@hamburgwasser.de
www.hamburgwasser.de



AQUAPLUS®

Die Zukunft der
Brunnenregenerierung

Brunnen benötigen eine
individuelle Reinigung
entsprechend den
Ablagerungen und
dem Ausbaumaterial.

WellJet® und
WellPuls®

Patenterte
Perfektion in der
mechanischen
Brunnenregenerierung.

WellReg®
Optimierte und
patenterte
Verfahrenstechnik
zur chemischen
Regenerierung
Ihrer Brunnen.

WellSpec®
**Kamerabefahrung
mit modernster
Zoomtechnik.**
**Regelmäßige Kontrollen
bewahren Sie vor
kostspieligen
Überraschungen**

AQUAPLUS®
Brunnensanierung
H. Munding GmbH & Co. KG
96317 Kronach, Fischbach 29
Telefon 09261 / 6251- 0
Telefax 09261 / 6251- 62
info@brunnenservice.de
www.brunnenservice.de