

Abb. 1 Rückansicht des WHD-Steuerteils beim Funktions-test während der Montage

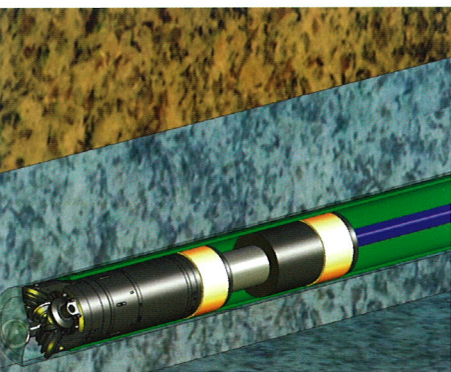
Neues horizontales Bohrverfahren im ersten Praxiseinsatz



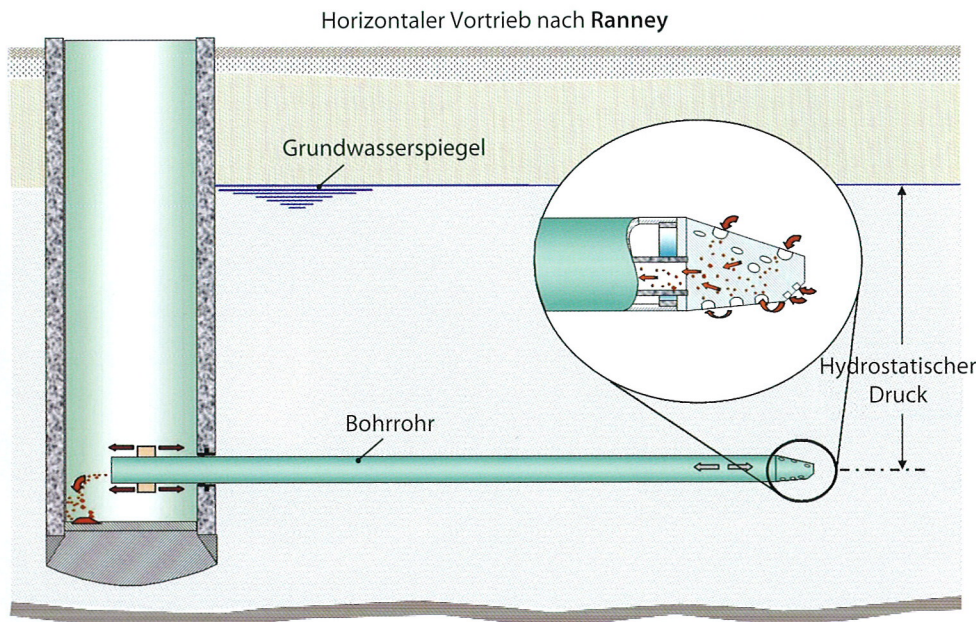
Innovation in der Horizontalbohrtechnik ■ Die klassischen horizontalen Pressbohrverfahren sind aufgrund bisweilen ungünstiger hydrogeologischer Rahmenbedingungen oft bohrtechnischen Einschränkungen unterworfen, die das angestrebte geplante Bohrziel eingrenzen. Unter Nutzung modernster Technik und Herstellungsverfahren konnte mit dem „Water Hydraulic Drilling“ (WHD) ein neues Bohrverfahren entwickelt werden, das den Einsatzbeschränkungen der Pressbohrverfahren ein Ende setzen soll.

Gerade im Bereich der Trinkwassererschließung werden hohe Maßstäbe an die Qualität und ökologische Verträglichkeit der Bohrtechnik gestellt. Andere Bohrverfahren als das horizontale Pressbohren konnten bisher diesen Anforderungen nicht genügen. Daher bestand der Bedarf einer bohrtechnischen Neuentwicklung. Motiviert durch diese Erkenntnisse wurde im Hause BHG Brechtel GmbH in mehrjähriger Entwicklungsarbeit unter Leitung von Herrn Horst Derwand und in Zusammenarbeit mit dem Konstruktionsbüro IB Philipp Dieterle GmbH und namhaften Unter-

nehmen aus Maschinenbau und IT-Technologie ein neues, zum Patent angemeldetes Bohrverfahren zur Herstellung von horizontalen Bohrungen im Grundwasser mit einem Durchmesser von 480 mm entwickelt (Abb. 2). Das angestrebte Haupteinsatzgebiet des neuen Verfahrens ist dabei die Herstellung von horizontalen Filtersträngen, wie sie zum Beispiel in Horizontalfilterbrunnen, horizontalen Drainagen und Grundwasserüberleitungsanlagen ihre Anwendung finden. Durch die konsequente Berücksichtigung neuester, verfügbarer Technologien schon während der Konzeptionsphase



△ **Abb. 2** Schema des WHD-Bohrverfahrens



▷ **Abb. 3** Prinzipskizze der Pressbohrverfahren

ist ein Bohrsystem entwickelt worden, welches in kompakter Bauweise technische Möglichkeiten und Funktionen miteinander vereint, die ein Novum auf diesem Gebiet darstellen und das Potenzial haben, neue Maßstäbe zu setzen.

Entwicklungsziele

Hauptziel der Entwicklungsarbeit war die Überwindung der vorhandenen Einsatzbeschränkungen der bisher entwickelten horizontalen Pressbohrverfahren nach Ranney, Fehlmann oder dem Preussag-Kiesmantelverfahren. Diese können ausschließlich in Lockergesteinsaquiferen eingesetzt werden. Künstliche bzw. natürliche Bohrhindernisse, wie diagenetisch verfestigte Sedimente oder größere Steine und Blöcke, bedeuten dabei meist den Abbruch der Bohrung und oft sogar den Verlust des gesamten Fassungsstranges. Die in **Abbildung 3** dargestellte Skizze veranschaulicht das Prinzip der bisherigen Pressbohrverfahren.

Beim Pressbohren wird der Druckunterschied der Wasserspiegel im Aquifer und im Schacht zur Förderung von Sediment genutzt. Sobald der Strömungsweg für das Grundwasser geöffnet wird, dringt dieses über die für das Korngefüge spezifisch dimensionierten Öffnungen im Bohrkopf ein und fließt weiter in Richtung Schacht. Die den Bohrkopf umgebenden Klastika werden dabei mobilisiert und abtransportiert. Auf diese Weise entsteht vor dem Bohrkopf eine aufgelockerte Zone, in die hinein der gesamte Bohrstrang vom Schacht aus gepresst werden kann. Durch den kontinuierlichen Wechsel von Bodenentnahme, Vorpressen und Zurückziehen des Bohrstranges, welches sehr erfahrene Bohrmeister erfordert, wird so die gewünschte Stranglänge erreicht, sofern kein Hindernis angetroffen wird.

Die Abmessungen der Öffnungen im Bohrkopf und der sich anschließenden Leitungen limitieren aber die Korngröße der Sedimentfracht, welche entnommen und gefördert werden kann. Werden diese Abmessungen überschritten, können

solche Gesteinskomponenten, wie z. B. größere Steine, nicht mehr gefördert werden, sondern müssen aus ihrer Lage gebracht und verdrängt werden. Bei Hindernissen, wie Findlingen oder verfestigten Sedimenten und kompetenten Gesteinsverbänden, ist ein Verdrängen und damit die Fortsetzung der Pressbohrung nicht mehr möglich. Die Folgen solcher für das Pressbohrverfahren ungünstigen geologischen Verhältnisse waren bisher, den Filterstrang kürzer als geplant herstellen zu müssen oder die Bohrung ganz aufzugeben; Optionen, die sich bisweilen schon im Vorfeld potenzieller Projekte nachteilig auswirken konnten, da sich solch ungünstige Bedingungen nie gänzlich ausschließen ließen.

Das WHD-Bohrverfahren

Schon in einer sehr frühen Phase der Entwicklung wurde deutlich, dass sich mit der neuen Technik nicht nur das erklärte Hauptziel, lokale Hindernisse überwinden zu können, erreichen lässt. Es werden darüber hinaus ganz neue Anwendungsgebiete eröffnet. So ist nun die Herstellung horizontaler Wassergewinnungsanlagen in unterschiedlichsten Gesteinseinheiten, bis hin zum Festgestein möglich. Dies eröffnet zum Beispiel für die Planung von Quellsfassungen, gerade auch im alpinen Bereich, ganz neue Perspektiven. Außerdem ist sogar die Durchführung spezieller Bohraufgaben außerhalb des Brunnenbaus möglich.

Der gewählte Name WHD - Water Hydraulic Drilling entspricht dem Konzept der eingesetzten Technologie. Es handelt sich dabei um ein drehendes, ungesteuertes Bohrverfahren. Das eigentliche Bohrsystem, bestehend aus dem Drehantrieb mit Bohrkopf, dem Molch, einem Verankerungs- und Transportsystem und dem Steuerungssystem, ist im vordersten Bereich der Schutz- bzw. Bohrverrohrung positioniert. Der Energiebedarf für das gesamte Bohrsystem und dessen Verbraucher wird durch eine Wasserhochdruckversorgung zur Verfügung gestellt, welche derzeit ein Fördervolumen von ca. 160 l/min bei ca. 160 bar umfasst. Die Technik ist so kon-



Abb. 4 Rollenmeißelbohrkopf mit aufgeklappten Schwenkarmen



Abb. 5 Meißelspitzenbohrkopf mit aufgeklappten Schwenkarmen

zipiert, dass eine Leistungssteigerung durch die Erhöhung der Förderleistung auf bis zu 200 l/min bei 200 bar Arbeitsdruck ohne Weiteres möglich ist. Das Konzept, Wasser statt Öl als Kraftübertragungsmedium zu nutzen, ist nicht neu. Die Realisierung größter Drehmomente in dieser innovativen, kompakten Bauweise und der zusätzlichen Funktion als Transportmedium für das gelöste Bohrgut, setzt jedoch neue Maßstäbe.

Die Komponenten

Im Drehantrieb wird durch die installierten Wasserhydraulikmotoren ein Drehmoment von ca. 10.500 Nm (das 4 bis 5-fache Drehmoment eines LKW-Motors) erzeugt. Die Übersetzung des Getriebes sorgt dabei für eine Drehgeschwindigkeit von 36 U/min. Das Rückflusswasser des offenen Kreislaufes wird mit einem Restdruck >8 bar und in einem bestimmten Winkel in das durchgängige, zentrisch gelegene Rücklaufrohr geleitet. Die so erzeugte Jetwirkung unterstützt das hindurchströmende Grundwasser beim Bohrguttransport zum Schacht. Ein weiterer Vorteil des WHD-Bohrsystems: Dank dieser Jetwirkung kann in Kombination mit zusätzlich eingebrachtem, externem Spülwasser sogar in Bereichen gearbeitet werden, in denen kein oder nur sehr wenig Grundwasser für den Bohrguttransport zur Verfügung steht.

Der angetriebene Bohrkopf (Abb. 4 + 5) ist für das Lösen und Brechen des Bohrgutes zuständig. Je nach Gebirgsart können unterschiedliche Bohrköpfe zum Einsatz kommen. Die intelligente Anordnung der beweglichen Arme der Bohrköpfe und der jeweiligen Schneidwerkzeuge sorgen dafür, dass diese schon bei geringster Anpresskraft auffahren und einen Freischnitt für das Schutz- bzw. Bohrrohr erzeugen. Zudem kann der gesamte Bohrkopf ohne Anpressdruck in die Schutzverrohrung zurückgezogen werden. Die konkave Form der Bohrköpfe sorgt außerdem für eine sehr gute Richtungsstabilität während des Bohrens.

Der Molch (Abb. 6) ist für die Arretierung des ganzen Bohrsystems im Bohrrohr zuständig. Dazu werden zwei elastomere Spannelemente genutzt, die ebenfalls mit Hilfe der Hochdruckwasserversorgung betrieben werden. Über die Spannelemente, die beide während des Bohrens mit dem gleichen Systemdruck beaufschlagt sind, der auch für den Drehantrieb zur Verfügung steht, wird das erzeugte Drehmoment auf die Schutz- bzw. Bohrverrohrung übertragen. Die wegen der elastischen Eigenschaften der Spannelemente entstehende Federwirkung, führt dazu, dass die Energie bei Drehmomentspitzen, wie sie vor allem im Fels durch das Brechen des Gesteins auftreten, an den Bohrkopf zurückgegeben wird. Durch diese Wirkung, ähnlich der eines Hammerschlages bei Schlagbohrungen, wird der Bohrvorgang zusätzlich unterstützt. Die bereits patentierte Molchtechnologie ermöglicht außerdem das selbstständige Vor- und Zurückschreiten des ganzen Bohrsystems innerhalb der Schutz- bzw. Bohrverrohrung, wobei das Bohrrohr dabei stets druckwasserdicht verschlossen bleibt.

Neue Wege wurden auch bei der Planung und Verwirklichung der wasserhydraulischen und elektronischen Steuerung beschritten. Beide Steuerungsarten greifen ineinander und sichern so die Funktionen des gesamten Systems ab. Für die Realisierung der hydraulischen Steuerung konnte mit einem auf besondere Anwendungen spezialisierten, international arbeitenden Hersteller von Wasserhydraulikkomponenten zusammengearbeitet werden. Die konstruktive Notwendigkeit, die einzelnen Bauteile unter Berücksichtigung geringster räumlicher Abmessungen dennoch mit den höchsten Anforderungen an Zuverlässigkeit und Leistungsvolumen zu entwickeln, stellt wiederum ein Novum im Bohrrätebau dar.

Die elektronische Steuerung ist zum einen in einer externen Basisstation und zum anderen im Bohrsystem direkt untergebracht. Hierbei bestand die technische Herausforderung

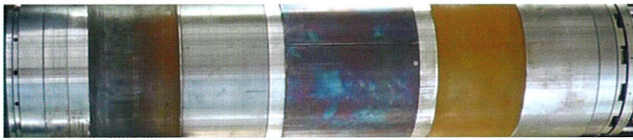


Abb. 6 Ansicht des Molches mit beiden polymeren Spannungselementen

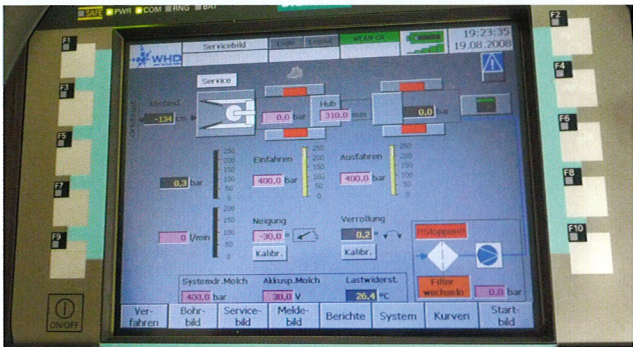


Abb. 7 Touchpanel (Bedienkonsole des Bohrmeisters)

unter anderem darin, für die Elektronik einen absolut wasserdichten Bereich zu schaffen. Insbesondere die Durchdringungen für Kabel innerhalb des Bohrsystems und die Steckverbindungen der einzelnen Module mussten mit besonderer Sorgfalt ausgewählt und montiert werden. Das Besondere der im Bohrsystem eingebauten Steuerung (**Abb. 1**) ist jedoch, dass sie völlig autark arbeitet und sich selbst mit Energie versorgt. Das bedeutet, dass auf eine Kabelzuführung sowohl für die Stromversorgung als auch für die Signalübertragung gänzlich verzichtet werden konnte.

Zur Realisierung einer störungsfreien, kabellosen Datenübertragung mussten erst umfangreiche Tests durchgeführt werden. Auf gesicherte Erkenntnisse der in Frage kommenden Übertragungsmedien, wie Licht-, Schall- oder Funkwellen, konnte hinsichtlich ihrer Eignung nicht zurückgegriffen werden. Die Einsatzbedingungen eines im Aquifer verlegten, metallischen Schutz- bzw. Bohrrohrs, möglicherweise ohne direkten Sichtkontakt zum Empfänger und unter dem Einfluss von Vibrationen und Spritzwasser, stellten dabei weitere Erschwernisse dar. In Zusammenarbeit mit einem dafür spezialisierten Konstruktionsbüro und nach Versuchen mit unterschiedlichen Trägermedien, wurde eine technische Lösung erreicht, welche in der Praxiswelt bisher noch ohne Beispiel war.

Die Bedienung des gesamten Bohrsystems durch den Bohrmeister erfolgt über ein mobiles Touchpanel (**Abb. 7**), welches ebenfalls kabellos in das Signalübertragungssystem eingebunden ist. Dieses stellt verschiedene, an die jeweilige Arbeitssituation angepasste Bedienoberflächen zur Verfügung, mit Hilfe derer die gewünschten Funktionen ausgelöst und überwacht werden können. Dabei werden alle relevanten Daten, wie die Drücke aller hydraulisch arbeitenden Systeme, die axialen Bewegungsgrößen vom Hauptzylinder des Molches, das Drehmoment und die Drehgeschwindigkeit des Bohrkopfes, die axiale Bewegung und radiale Verrollung

Abb. 8 Bohrbild in Beton C 20/25 nach dem Test des Rollenmeißelbohrkopfes



des gesamten Bohrsystems oder aber die Werte für Ladenspannung und Signalstärke in Echtzeit angezeigt. Durch die Visualisierung werden Abweichungen von vorher festgelegten Sollwerten oder Störungen einzelner Bohrsystemkomponenten und der Wasserhauptversorgung übersichtlich dargestellt und können unmittelbar vom Bohrmeister bewertet werden.

Alle Bohrdaten werden kontinuierlich gespeichert, archiviert und mittels mobiler Datenverbindung an einen Empfänger versandt. Mithilfe dieser Daten kann die gesamte hergestellte Bohrung sehr detailliert dokumentiert werden. Dabei bieten insbesondere die Daten der elektronischen Neigungsmesser die Möglichkeit, den Achsverlauf der Bohrung zu belegen. Ein nachträgliches Vermessen des Filterstranges wird damit unnötig. Durch Kombination der in regelmäßigen Abständen entnommenen und auf der Baustelle ausgewerteten Siebproben mit den aufgezeichneten Parametern der Bohrgeschwindigkeit, des jeweils aufgewandten Drehmoments und des Anpressdruckes, lässt sich nachträglich ein sehr genaues Bild der geologischen Verhältnisse gewinnen.

Der Praxiseinsatz

Nach der Entwicklung, Fertigung und dem Zusammenbau aller einzelnen Systemkomponenten mussten verschiedenste Tests unter praxisnahen Bedingungen, welche zum Großteil in einem eigens dafür hergestellten Versuchsstand (**Abb. 8 + 9**) durchgeführt wurden, vorbereitet und durchlaufen werden. Dabei konnten neben dem grundsätzlichen Zusammenspiel der Einzelsysteme und deren Feinabstimmung insbesondere die beabsichtigte Eignung, Bohrhindernisse zu lösen, zu brechen und zu durchbohren, nachgewiesen werden. Jedoch lässt sich das Potenzial eines neu entwickelten Systems und dessen Eignung erst dann abschätzen, wenn ein Einsatz unter tatsächlichen Arbeitsbedingungen absolviert wurde.



Abb. 9 Versuchsstand zur praxisnahen Prüfung der Systemkomponenten

Im Rahmen eines Projektes zur Herstellung eines Horizontalfilterbrunnens in Augsburg bot sich die Gelegenheit, die neue Technik erstmalig zum Einsatz zu bringen. Bauherr und Auftraggeber für diesen Horizontalfilterbrunnen, die Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH, haben mit ihrer klaren Entscheidung für diese neue Technik den Praxiseinsatz überhaupt erst ermöglicht. In intensiven Beratungen zwischen den Stadtwerken Augsburg, dem projektführenden Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen, IGWU GmbH – Markt Schwaben, und der BHG Brechtel GmbH wurden die technischen Möglichkeiten des WHD-Bohrverfahrens und seine wegweisende Technik und Umweltverträglichkeit vorgestellt. Dabei zeigte sich einmal mehr die bei den Stadtwerken praktizierte Überzeugung, dem Grundwasser als Ressource des Lebens, bestmöglichen Schutz angedeihen zu lassen und verantwortlich damit umzugehen. Mit ihrer bewussten Entscheidung pro WHD erweisen sie sich als Wegbereiter bei der Einführung neuer, umweltschonender Technologien und haben damit großen Anteil am erreichten Erfolg.

Ein besonderer Vorteil hierbei war, dass ein direkter Vergleich zwischen herkömmlichen Pressbohrverfahren und dem WHD-Bohrverfahren möglich wurde. Die ersten fünf Fassungsstränge wurden im klassischen Verfahren vorgepresst und die letzte der sechs Strangbohrungen mit dem neu entwickelten Verfahren hergestellt. Alle sechs Horizontalfilterstränge wurden im Preussag-Kiesmantel-Verfahren ausgebaut. Der Fassungschacht aus Stahlbetonfertigteiltröhen mit einem lichten Durchmesser von 2,8 m wurde im Senkschachtverfahren bis in eine Tiefe von ca. 16,5 Meter unter GOK abgeteuft. Die Achse der Schachtwanddurchführungsrings zur Herstellung der sechs Fassungsstränge mit einem Außendurchmesser der Bohrrohre von ca. 470 mm liegt in einer Tiefe von ca. 12,5 Meter unter GOK und erschließt den oberflächennahen Grundwasserleiter, der überwiegend schwach kiesige Fein- bis Mittelsande umfasst.



Abb. 10 Blick in das Bohrrohr nach der ersten im WHD-Bohrverfahren hergestellten Strangbohrung.

Im Teufenbereich der Fassungsstränge musste mit Bohrhindernissen in Form von nagelfluhartigen Verfestigungen und größeren klastischen Komponenten gerechnet werden. Im Zuge der Strangherstellung der ersten fünf Fassungsstränge im klassischen Pressbohrverfahren konnten die erwähnten bereichsweise aufgetretenen Bohrhindernisse nur unter erschwerten Bohrbedingungen mit erhöhtem Anpressdruck gebrochen und ausgetragen bzw. durch intensives Ausspülen der feinkörnigen Sedimentmatrix verdrängt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen geologischen Verhältnisse konnten die im klassischen Pressbohrverfahren hergestellten Stränge nur unter großem Aufwand die angestrebte Stranglänge erreichen und beanspruchten das eingesetzte Pressbohrverfahren bis an dessen Leistungs- und Einsatzgrenzen. So konnten im Rahmen dieses Projekts die vielschichtigen Vorteile des neuen WHD-Bohrverfahrens hinsichtlich der gleichmäßigen, hohen Bohrgeschwindigkeit, dem über die gesamte Dauer der Bohrung erforderlichen, geringen Anpressdruck und vor allem dem deutlich reduzierten Bohrgutanfall eindrucksvoll aufgezeigt werden.

Die Ergebnisse

Wenn Neuentwicklungen erstmals zum Einsatz gebracht werden, wird sichtbar, inwieweit die technologischen Abläufe, die Funktionsprinzipien des Zusammenspiels der vielfältigen Einzelkomponenten und die Arbeitsroutinen der programmierten Steuer- und Regeltechnik so funktionieren, wie es ihnen während der Konstruktionsphase zugeordnet war, so auch bei diesem Praxiseinsatz. Neben zahlreichen Erkenntnissen zur Belastbarkeit und Widerstandsfähigkeit der eingesetzten Materialien und den daraus resultierenden notwendigen Verbesserungen von einzelnen Bauteilen und Arbeitsabläufen, konnte das WHD-Bohrverfahren mit großem Erfolg eingesetzt werden. Die mit der neuen Bohrtechnik hergestellte Bohrung (Abb. 10) zeigte,



Abb. 11 Brunnenschacht während des ersten Praxiseinsatzes der WHD-Bohrtechnik in Augsburg.

obwohl es sich noch nicht um ein steuerbares Verfahren handelt, dank intelligenter Bohrkopfgeometrie eine sehr gute Richtungsstabilität.

Die während der Bohrarbeiten benötigte Presskraft blieb während der gesamten Bohrarbeiten bei ca. einem Viertel der beim Pressbohrverfahren benötigten Presskraft gleichbleibend niedrig. Die erreichte hohe Bohrgeschwindigkeit fand stellenweise sogar durch die maximal verfügbare Ausfahrgeschwindigkeit der Hauptzylinder der Schachtpresse, welche den gesamten Bohrstrang bewegen, ihre Begrenzung. Ein großer Vorteil des WHD-Bohrverfahrens (Abb. 11) liegt zudem darin, dass nicht wie herkömmlich im „Pilgerschrittverfahren“ gearbeitet werden musste, sondern mit kontinuierlicher Vorwärtsbewegung gebohrt werden kann. Die dicht gelagerten klastischen Sedimente konnten dabei durch den sich drehenden Bohrkopf mit Meißelspitzen gelöst und gefördert werden. Dabei wurden die größeren Gesteinskomponenten gebrochen und zerkleinert, was an den frischen Bruchkanten des gefördertem Bohrgutes gut zu erkennen war.

Sehr deutlich spürbar war die Verringerung der Bohrgutmenge, welche etwa das $1\frac{1}{2}$ -fache der theoretisch berechneten Kubatur der eingebrachten Verrohrung betrug. Anhand dieses Wertes wird deutlich, dass einerseits tatsächlich nur das Sediment durch die Schleppkraft des Grundwassers beim Einströmen in den Bohrkopf ausgetragen wird, das sich im Bereich der Ortsbrust befindet. Damit werden auch weitgehend die ungestörten Lagerungsverhältnisse des Lockergesteinsaquifers erhalten. Andererseits brauchten darüber hinaus keine zusätzlichen Sedimente gefördert werden, um Platz für vor dem Bohrkopf lagernde, größere Bohrhindernisse zu schaffen, da diese zerkleinert und gefördert wurden und somit nicht mehr verdrängt werden mussten.

Zu den Ergebnissen des ersten Praxiseinsatzes sind auch die Erfahrungen zu zählen, die zu Anpassungen an Bauteilen oder zu veränderten Handlungsabläufen führten. So besteht

noch weiterer Entwicklungsbedarf bei der Herstellung einer zuverlässig wirkenden, automatisierten Strangabdichtung zum Abschluss der Bohrarbeiten.

Erste Bestandsüberprüfungen der Gerätetechnik nach dem Ersteinsatz haben indes gezeigt, dass die hohen Erwartungen an die Widerstandsfähigkeit und Belastbarkeit der verwendeten Materialien durchaus erfüllt wurden. Die Erfahrungen des ersten Einsatzes unter Praxisbedingungen bilden so die konstruktive Basis für weitere Entwicklungen.

Fazit

Das WHD-Bohrverfahren hat sich im Rahmen seines ersten Praxiseinsatzes bewährt und die angestrebten Ziele einer ökonomischen, qualitativ hochwertigen horizontalen Bohrung unter Einsatz von reinem Wasser als Energieträger und Transportmedium erreicht. Es wurde ein Horizontalfilterstrang hergestellt mit einem Bohrverfahren, welches das Potenzial hat, neue Maßstäbe zu setzen.

Die größten Vorteile auf einen Blick

Einsatzenerweiterung: Überwindung der Einsatzbeschränkungen der herkömmlichen Pressbohrverfahren bei weiterer Nutzung ihrer Vorteile

Umweltschutz: Nutzung von reinem Wasser als Antriebs- und Transportmedium (Wasserhydraulik), dadurch wird der Aquifer geschont.

Innovation: Durch Verwendung höchster Fertigungsstandards und modernster Technologien bei kompakter Bauweise werden neue Standards bei Leistungsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit und erreichbarer Bohrqualität und -quantität gesetzt.

Zukunft: Vorausschauende Planung und Konstruktion bietet die Möglichkeit, weiterführender Geräteentwicklung mit den Schwerpunkten Handling und Steuerbarkeit des Systems.

Abbildungen: BHG Brechtel GmbH, außer Abb. 2: Gerhard Hüper

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Mirko Huber

BHG Brechtel GmbH

Industriestr. 11 A

67063 Ludwigshafen

Tel.: 0621-69004-0

Fax: 0621-69004-24

E-Mail: info@bhg-brechtel.de

Internet: www.bhg-brechtel.de

Dr. Michael Schätz

IGWU GmbH Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen

Bahnhofstr. 22

85570 Markt Schwaben

Tel.: 08121-45937

Fax: 08121-45923

E-Mail: igwu.gmbh@t-online.de

Internet: www.igwu-gmbh.de

