

Technische Brunnenbemessung

Errichtung von Brunnenbauwerken ■ Neben der hydraulischen Brunnenbemessung zur Ermittlung des Wasserdrangs und des Fassungsvermögens stellt die technische Brunnenbemessung die wichtigste Grundlage zur Errichtung eines Brunnenbauwerkes dar. Sie orientiert sich am technisch Notwendigen und ausführungsbedingt Machbaren. Vorgestellt werden alle Planungsschritte bis zur Wahl eines geeigneten Bohrverfahrens.



Großbrunnenbau in Greiferbohrung mit Edelstahlausbau

Erfahrungsgemäß ergeben die hydraulisch bedingten Brunnendimensionen kleinere Bohrdurchmesser und Filter- bzw. Kiesschüttungslängen, als diese aus technischen Gründen erforderlich sind. Daher sind die technisch bedingten Ausbaudurchmesser, Ringraummaße und Bohrdurchmesser in der Regel maßgebend für die Brunnendimensionierung.

Gewünschte Wassermenge

Es gibt ausreichend Literatur zur Ermittlung des Wasserbedarfs, daher hier nur einige grundsätzliche Überlegun-

gen zur gewünschten bzw. notwendigen Wassermenge Q : Ein neuer Brunnen soll eine bestimmte Wassermenge fördern. Doch wird diese Menge tatsächlich 24 Stunden am Tag benötigt oder ist es ein Spitzenwert, der über einen Ausgleichsbehälter gepuffert werden kann?

Neben der Größe des Wasserbehälters (Druckkessel) spielt auch die Schalthäufigkeit der Pumpe eine entscheidende Rolle. Diese sollte so gering wie möglich sein, denn mit jedem Schaltvorgang wird der Brunnen „ge-

schockt“. Daher werden an einen Brunnen mit hoher Schalthäufigkeit auch hohe Anforderungen an die Sandfreiheit gemäß DVGW-Merkblatt W 119 gestellt. Ein größerer Wasserbehälter ermöglicht eine konstantere Förderung und eine kleinere Pumpe. Wären bei längeren Förderintervallen $40 \text{ m}^3/\text{h}$ mit einer 6“-U-Pumpe ausreichend, so müsste für $60 \text{ m}^3/\text{h}$ bereits eine 8“-U-Pumpe eingebaut werden (**Tab. 1**), was statt eines Ausbaus DN175 bereits einen Ausbau DN250 mit entsprechend größerem Bohrdurchmesser notwendig macht.

In der Praxis ist der für die gewünschte Ergiebigkeit des Brunnens errechnete Bohrdurchmesser meist kleiner, als der ausbautechnisch erforderliche. So wird in der Regel der benötigte Filterrohrdurchmesser Basis aller Dimensionsüberlegungen sein. Zum gewählten Ausbaudurchmesser, gemessen über den Rohrverbindungen, ist ein ausreichendes Ringraummaß hinzuzurechnen, welches dann den Mindestbohrdurchmesser ergibt.

Notwendiger Pumpendurchmesser

Zunächst ist zu klären, ob der abgesenkte Wasserspiegel (AWS_p) noch im Bereich der möglichen Saughöhe von ca. acht Metern unter dem möglichen Pumpenstandort liegt. In diesem Fall könnte der Brunnen mit einer handelsüblichen Saugpumpe betrieben werden und nur der Saugschlauch mit Rückflussverhinderer müsste in die Ausbauperrohrung passen. Alternativ wäre auch ein Betrieb mit einer Bohrlochwellenpumpe möglich, was immer einen vertikalen Ausbau voraussetzt. In der Mehrzahl werden Brunnen aber mit Unterwasser-Motorpumpen (U-Pumpen) ausgestattet, welche das Wasser aus jeder beliebigen Tiefe fördern können. Je nach Bauart können U-Pumpen mehrere 100 m³/h bis zu mehrere 100 Meter hoch fördern. Natürlich sind für höhere Fördermengen auch größere Pumpendurchmesser erforderlich, sodass die Brunnengröße häufig von der Pumpengröße abhängt. In der Regel genügen aber 2“- bis 10“- U-Pumpen allen gebräuchlichen Anforderungen. Daher sind in **Tabelle 1** auch nur die gängigen Pumpengrößen

in Abhängigkeit von der Fördermenge und dem notwendigen Ausbau- und Bohrdurchmesser aufgeführt.

Erforderlicher Ausbaudurchmesser

Beim Einbau einer U-Pumpe müssen eine ausreichende Umströmung des Pumpenmotors zur Kühlung und eine möglichst verlustfreie Anströmung durch den verbleibenden Ringspalt zwischen Pumpe und Ausbauperrohrung gewährleistet sein. Daher muss der Ausbaudurchmesser mindestens eine Durchmesserstufe größer gewählt werden, als der U-Pumpen-Durchmesser (**Tab. 1**).

Neben dem beschriebenen Zusammenhang zwischen Pumpengröße und Ausbaudurchmesser muss der Ausbaudurchmesser eine ausreichend große Filtereintrittsfläche gewährleisten, um das einströmende Wasser möglichst laminar einströmen zu lassen. Bei kurzen Filterstrecken ist daher immer eine rechnerische Überprüfung des Ausbau- und Bohrdurchmessers nötig!

Der Ausbaudurchmesser muss also

- einen gleichmäßigen, möglichst laminaren Eintritt des gefassten GW-Leiters sicherstellen,
- den sicheren Einbau und Betrieb der Fördereinrichtung gewährleisten, Ausnahme sind Brunnen mit erweitertem Aufsatzrohr oder „verloren“ ausgebaute Brunnen,
- in das zur Verfügung stehende Bohrloch bei Gewährleistung eines ausreichend bemessenen und gleichmäßigen Ringraumes einzubauen sein. ▶

1/3 Seite
Stephan
Schmidt

Q* [m ³ /h]	U-Pumpen-Ø [Zoll]	Ausbau-Ø [mm]	Ringraum min. [mm]	ergibt Bohr-Ø [mm]
< 1	2"	65	60	180
< 9	3"	80	60	200
< 20	4"	115	80	275
< 75	6"	175	80	335
< 100	8"	250	100	450
< 250	10"	300	100	500

Tabelle 1 Pumpendurchmesser in Abhängigkeit von der Fördermenge

* Die erzielbare Fördermenge Q ist immer abhängig von der Förderhöhe H. Bei größerer Förderhöhe sind die Werte nicht zu erreichen. Man sollte auch verschiedene Hersteller vergleichen.



Abb. 1 Einbau der Ausbaurohrung in verrohrte Bohrung: Gut zu sehen sind die Flanschverbindungen und die Abstandshalter.

Notwendiger Ringraumquerschnitt

Es wird deutlich, dass ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Pumpen-, Ausbau- und Bohrdurchmesser und dem notwendigen Ringraummaß besteht. Das Ringraummaß muss

- einen teufengerechten und gleichmäßigen Einbau der vorgesehenen Schüttgüter gewährleisten, d. h. möglichst groß sein,
- eine sichere Funktion der eingebauten Ringraumverfüllung sicherstellen (bei Kiesen und geschütteten Tonen sind größere Ringräume nötig, bei verpressten Suspensionen sind kleinere Ringräume möglich),
- ausreichenden Platz für einzubauende Peilrohre bieten,
- die notwendigen Ausbaudurchmesser und möglichen Bohrdurchmesser berücksichtigen, ohne die vorgenannten Forderungen zu vernachlässigen.

Das Mindestringraummaß ist abhängig von

- dem durchteuften Gebirge: In Festgesteinen sind kleinere Ringräume möglich,

- den einzubauenden Ringraumverfüllungen: Abbindende Abdichtungen (Zementationen) benötigen geringere Ringräume als geschüttete Ringraumverfüllungen,
- dem Bohrverfahren: Die Bohrlochgeometrie von Trockenbohrungen wird in der Regel besser sein, als die von Spülbohrungen,
- dem Bohrdurchmesser: Kleinkalibrige Bohrungen neigen eher zu Abweichungen, als große,
- der erreichten Bohrlochgeometrie: Je besser, umso weniger Probleme gibt es mit dem Einbau der Ausbaurohrung (**Abb. 1**) und dem Einbringen der Schüttgüter,
- dem erforderlichen Platz für Peilrohre, Verpressgestänge oder Schüttrohren.

Geringe Ringraummaße sind besonders wünschenswert, weil die Bohrlochwand sehr nahe am Filter liegt und bei allen Reinigungs-, Entsandungs- und Regeneriermaßnahmen wirksamer erreicht werden kann. Auch die Wirksamkeit abbindender Abdichtungsmittel wird verbessert, da die Gefahr von Schwundrissen und die Entwicklung zu hoher Abbindewärme geringer sind. Außerdem verursachen

kleinere Ringräume geringere Bohrmeterkosten. Trotzdem sollten die Ringraummaße nicht zu klein gewählt werden, da kleine Abmessungen

- den sicheren Einbau der Ausbaurohrung erschweren,
- das gleichmäßige und teufengerechte Einbringen der Schüttgüter behindern,
- die Gefahr des Anliegens an die Bohrlochwand vergrößern,
- kleine Bohrdurchmesser negative Auswirkungen auf die Bohrlochgeometrie haben, denn je kleiner der Bohrdurchmesser, desto ungünstiger die Bohrlochgeometrie.

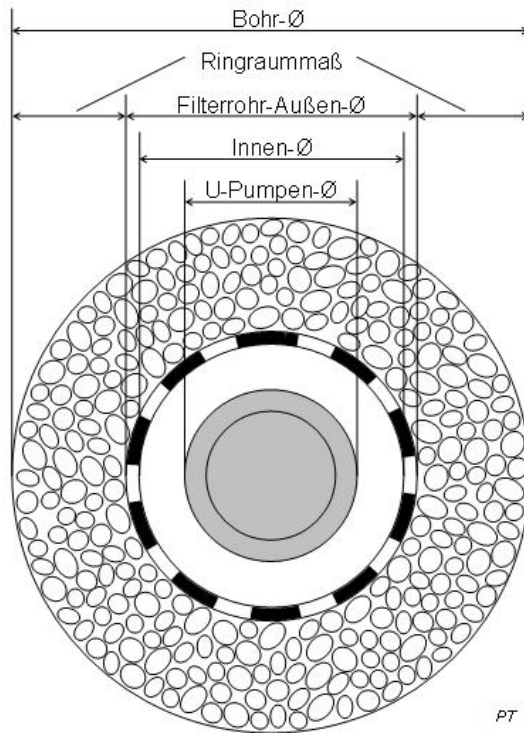
Auch hier gilt die Brunnenbauer-Maxime: So groß wie nötig, so gering wie möglich!

Ermittelter Bohrenddurchmesser

In der Praxis haben sich folgende Abhängigkeiten bewährt:

- Bei sehr kleinem Ausbaudurchmesser \leq DN80
Bohr- \varnothing = Ausbau- \varnothing + 2 x 60 mm
- Bei kleinem Ausbaudurchmesser \leq DN200
Bohr- \varnothing = Ausbau- \varnothing + 2 x 80 mm

Abb. 2 Die verschiedenen Durchmesser am Brunnen



- Bei großem Ausbaudurchmesser \geq DN200

$$\text{Bohr-}\varnothing = \text{Ausbau-}\varnothing + 2 \times 100 \text{ mm}$$

Das DVGW-Merkblatt W 123 empfiehlt zur Ermittlung des Bohrdurchmessers (**Abb. 2**) in Abhängigkeit vom Ausbaudurchmesser:

$$\text{Bohr-}\varnothing = 1,5\text{-fache bis } 2\text{-fache des Ausbau-}\varnothing$$

Die ermittelten Bohrdurchmesser gelten für einfache Kiesschüttungen. Bei 2-facher Schüttung muss das Maß der inneren Kiesschüttung addiert werden. Bei Felsbohrungen kann der Durchmesser um ca. 20 Prozent verringert werden, da der Filterkies ohnehin nur eine Stützkornfunktion hat. Letzten Endes wird sich der Bohrdurchmesser aber auch an den bohrtechnischen Möglichkeiten des Bohrunternehmens und den finanziellen Grenzen des Auftraggebers orientieren müssen. ▶

1/4 Seite
E+M Bohr

1/4 Seite
Stüwa



Abb. 3 PVC-Ausbaumaterial vor dem Einbau in ein im Lufthebe-Bohrverfahren abgeteufes Bohrloch



Notwendige Bohrendteufe

In erster Linie wird sich die Teufe einer Brunnenbohrung aus der Lage des zu fassenden Grundwasserleiters ergeben, aber auch die bohrtechnischen Möglichkeiten und nicht zuletzt die finanziellen Möglichkeiten des Auftraggebers werden die Bohrtiefe beeinflussen. Die Lage und Zusammensetzung eines geeigneten Grundwasserleiters sollte bei größeren Wassergewinnungsbrunnen immer mit einer vorausgehenden Aufschlussbohrung erkundet werden, da sie die Grundlage bildet für eine

- optimale Brunnenbemessung,
- sichere Filterkiesbestimmung,
- fachgerechte Auswahl geeigneter Ausbaumaterialien (**Abb. 3**),
- rechtzeitige Bestellung und Anlieferung aller benötigten Ausbauteile,
- schnelle Durchführung der Ausbauarbeiten ohne Wartezeiten zur Festlegung des Ausbaus, der Auswertung der Sieblinien und der Bestellung und Lieferung der benötigten Ausbauteile.

Insbesondere der letzte Punkt führt immer wieder zu einem unerwünschten Offenhalten des Bohrloches nach Abschluss der Bohrarbeiten. Beson-

ders beim Einsatz von Wickeldrahtfiltern (**Abb. 4**) sollte mit der Hauptbohrung erst begonnen werden, wenn alle Ausbauteile auf der Baustelle angeliefert und kontrolliert worden sind.

Unnötig lange Wartezeiten auf einem Bohrgeschäft auf der Baustelle, sie erhöhen auch das Risiko des Einfalls bzw. Nachfalls. Vor allem führen sie aber zu einer unerwünschten Infiltration von Spülung in die Bohrlochwand, insbesondere im Bereich der gut durchlässigen GW-Leiter!

Bei der Wahl eines geeigneten GW-Leiters müssen die Wasserqualität, der Schutz durch einen hangenden GW-Stauer und natürlich die bohrtechnische Erreichbarkeit beachtet werden. Keinesfalls dürfen zwei GW-Leiter in einem Brunnen gefasst werden. Die Länge der Filterstrecke sollte sich an der Mächtigkeit des GW-Leiters orientieren. Man sollte die zur Verfügung stehende Mächtigkeit vollständig ausnutzen, auch wenn der Brunnen dann überdimensioniert ist. Einige Bohrmeter und Ausbaukosten mehr machen im Verhältnis zu den Gesamtkos-

ten eines Brunnens nur einige Prozente aus, können aber schnell Leistungsreserven von 50 Prozent und mehr schaffen!

Brunnen, welche die gesamte Mächtigkeit eines GW-Leiters erfassen, nennt man vollkommene Brunnen (**Abb. 5**). Ist die Mächtigkeit des gefassten GW-Leiters weit größer als die benötigte Fassungsstrecke (=Filterkiesstrecke), so entsteht ein unvollkommener Brunnen (**Abb. 6**) mit verändertem Anströmverhalten.

Einsetzbare Bohrverfahren

Nachdem die Dimensionen des Brunnens geklärt sind, muss ein geeignetes Bohrverfahren gewählt werden. Es stehen sehr unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, die jeweils ihre Vorteile, aber auch ihre Grenzen haben. Im Folgenden wird nur ein kurzer Überblick gegeben. Bei allen Brunnenbohrverfahren ist die Schonung der Bohrlochwand und die Gewinnung aussagefähiger Bohrproben entscheidend.

Trockenbohrverfahren

Die Trockenbohrverfahren sind insbesondere bei flachen Brunnen mit grö-



Abb. 4 Einbau von Wickeldrahtfiltern mit Flanschverbindung mittels Hebekappe in Trockenbohrung

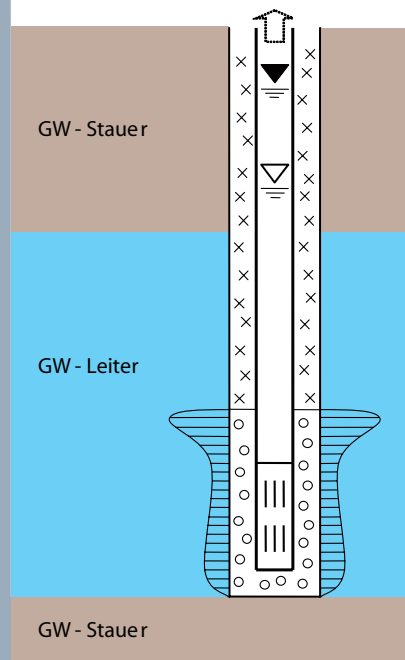


Abb. 5 Ein vollkommener Brunnen erfasst die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters.

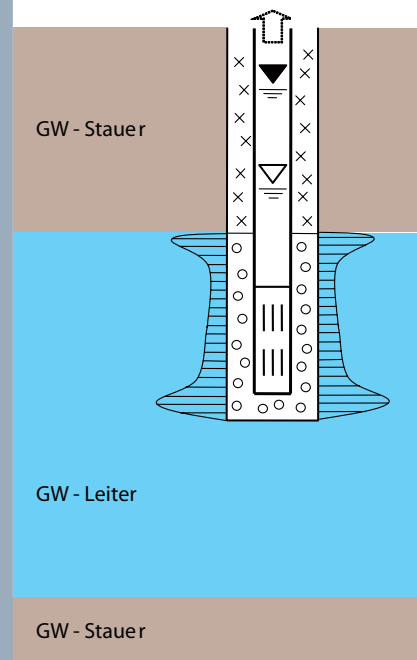


Abb. 6 Ein unvollkommener Brunnen besteht dann, wenn die Mächtigkeit des gefassten GW-Leiters weit größer ist als die benötigte Fassungslänge.

ßerem Bohrdurchmesser von Vorteil, da sie

- ohne großen Aufwand einzusetzen sind,
- aussagefähige Bohrproben liefern,

- keine Spülgruben/-wannen erfordern,
- durch die mitgeführte Verrohrung das Bohrloch sichern und die Bohrlochwand schützen,
- einen sicheren Aufschluss der GW-Verhältnisse gewährleisten.

Trockenbohrverfahren haben bei kleinen Bohrungen und vor allem bei Aufschlussbohrungen Vorteile (**Abb. 7**). In der Regel wird das Bohrloch durch eine Verrohrung gestützt. Werden die Bohrungen aber tief oder großka- ►

1/8 Seite
Klaas

1/8 Seite
Colshorn

1/8 Seite
Unbekannt

Abb. 7 Brunnenbohrung im Trockenbohrverfahren auf einer Ostfriesischen Insel



librig, sind sie auf Grund des Zeit- und Arbeitsaufwandes gegenüber den Spülbohrverfahren nicht mehr konkurrenzfähig. Für vorausgehende Aufschlussbohrungen werden sie aber gern insbesondere in Verbindung mit der Entnahme von Rammkernen angewendet (**Abb. 8**).

Direkte Spülbohrverfahren

Bei den direkten Spülbohrverfahren wird das Bohrgut mit dem Spülstrom im Ringraum zwischen Bohrgestänge und Bohrlochwand zu Tage gefördert. Sie stellen daher besonders bei kleinkalibrigen Bohrungen bis ca. 300 Millimeter Durchmesser ein einfaches und schnelles Verfahren dar, haben aber einige Nachteile die Planer, Bauleiter und Geräteführer beachten müssen:

- Häufig reicht die Spülpumpenleistung mit zunehmender Tiefe nicht aus, um ausreichende Aufstiegsgeschwindigkeiten zu erzielen.
- Das Bohrgut kommt stark vermischt und wenig teufengerecht zu Tage.
- Die Bohrprobenentnahme ist auf

Grund der großen Spülungsumlaufmenge schwierig.

- Die Sedimentation des Bohrgutes ist besonders bei kleinen Spülgruben/-wannen unzureichend.
- Aus gleichem Grund kann sich die Spülung schnell mit Feinteilen aufladen.
- Aus all diesen Gründen ist ein gezielter Einsatz von Spülungszusätzen meist unvermeidlich.
- Die Dosierung der Spülungszusätze muss höher sein als bei indirekten Spülbohrungen.
- Auf Grund des kleinen Bohrdurchmessers und des meist großen Bohrfortschrittes ist die Bohrlochgeometrie häufig schlechter als bei anderen Bohrverfahren.

Direkte Spülbohrverfahren kommen bevorzugt bei kleinkalibrigen Bohrungen aller Tiefen zum Einsatz, lassen aber viele Fehler zu. Große Vorteile bietet das direkte Spülbohren in Verbindung mit einem Imlochhammer bei kleinkalibrigen Bohrungen im Festgestein! Da direkte Spülbohrver-

fahren bei kleinen Brunnen und vor allem tiefen GW-Messstellen bevorzugt zum Einsatz kommen, sollten die genannten Punkte unbedingt beachtet werden.

Indirekte Spülbohrverfahren

Für tiefere großkalibrige Brunnenbohrungen kommen folgende indirekte Spülbohrverfahren zum Einsatz:

- Das Lufthebebohrverfahren (LH) für alle gängigen Tiefen, nur die ersten Bohrmeter müssen in einem anderen Bohrverfahren abgeteuft werden.
- Das Saugbohrverfahren, was von Geländeoberkante (GOK) anwendbar ist, aber je nach Gestängedurchmesser bei 75 Meter bis 200 Meter Tiefe begrenzt ist.
- Das Strahlsaugbohren, das eigentlich nur für die ersten Bohrmeter vor dem LH sinnvoll einzusetzen ist.

Bei allen indirekten Spülbohrverfahren wird das Bohrgut in einem Spülstrom durch das Gestänge zu Tage gefördert. Dies hat folgende Vorteile:

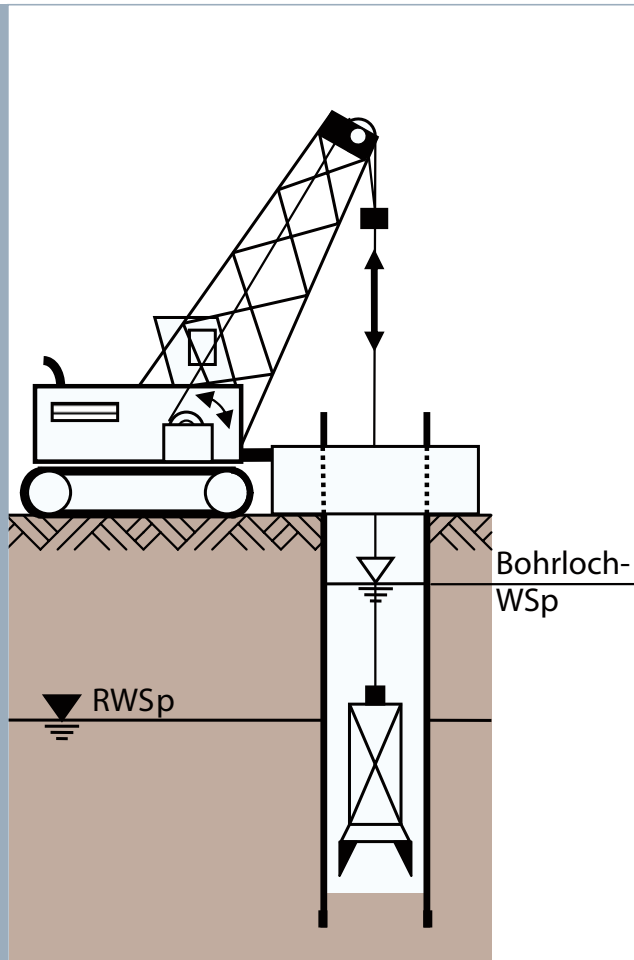


Abb. 8 Verrohrte
Trockenbohrung
mit Seilbagger
und Verrohrungs-
drehtisch; Bohr-
lochwerkzeug;
Bohrlochgreifer

1/3 Seite Perforator

- Im kleinen Bohrgestängequerschnitt sind mit geringen Antriebsleistungen große Aufstiegeschwindigkeiten (ca. 2-4 m/s) zu erzielen.
- Auf Grund der hohen Aufstiegeschwindigkeiten wird das gelöste Bohrgut wenig vermischt und teufengerechter zu Tage gefördert.
- Die Spülungsumlaufmengen sind geringer als beim direkten Spülbohren, daher sind die Verweilzeiten im Spülteich länger und somit auch das Sedimentationsvermögen besser.
- Die Spülprobenentnahme am Ende des Austragschlauches ist leichter, da der Spülstrom in Behälter geleitet werden kann.
- Es müssen weniger Spülungszusätze eingesetzt werden, als beim direkten Spülbohren

Die einfachere und genauere Bohrprobenentnahme ist auch der Grund, warum häufiger kleinkalibrige Brunnenbohrungen und vor allem Aufschlussbohrungen mit indirekten Spb-Verfahren abgeteuft werden. Es muss aber beachtet werden, dass die Bohrdurch-

messer im Verhältnis zum Gestängedurchmesser nicht zu klein werden, da sonst die im Ringraum hinab fließende Spülung den kritischen Wert von 0,3 m/s überschreitet und es zu Auskesselungen kommen kann.

Indirekte Spülbohrungen werden bei größeren Brunnenbohrungen eingesetzt und ermöglichen die Entnahme guter Spülbohrproben. Sie erfordern allerdings einen etwas höheren bohrtechnischen Aufwand und müssen vom Bohrpersoneil beherrscht werden. Das Nachsetzen der Lufteinblasdüsen beim LH und Undichtigkeiten im Saugkopf stellen die häufigsten Probleme dar.

Alle Abbildungen: M. Tholen

Autor:

Dipl.-Ing. Michael Tholen
Drögen-Hasen-Weg 5a
26129 Oldenburg
Tel.: 0441 74557

E-Mail: brunnen_tholen@web.de

