

# Neue Anforderungen für die Verwendung von Spülmittelzusätzen bei Bohrarbeiten im Grundwassermessstellen- und Brunnenbau

Das überarbeitete und im Gelbdruckverfahren befindliche DVGW-Arbeitsblatt W 116 zeigt und erläutert neue Erkenntnisse und Anforderungen aus dem Bereich der Spülungstechnik. Spülungstechnische Grundlagen, Überwachungsmethoden und umweltrelevante Themen werden dargestellt, zudem praxisnahe Handlungsempfehlungen zum optimalen Umgang mit Bohrspülung aufgezeigt, um Spülbohrungen effizient und umweltschonend abzuteufen.



Nord Bohr und Brunnenbau GmbH

250 m tiefe Lufthebe-Brunnenbohrung  
im Hamburger Hafen mit einer RB-50

**Durch die Nutzung** von Wasser in Kombination mit Spülungsadditiven gelang es der Bohrtechnik, den ständig steigenden Anforderungen nach tieferen und größeren Brunnen gerecht zu werden. Besonders in Gebieten mit Lockergesteinen wie der Norddeutschen Tiefebene oder dem Alpenvorland können unverrohrte Bohrungen mithilfe von Spülbohrungen schnell und effizient in große Tiefen geteufet werden, um so u. a. tiefliegende Grundwasserleiter zur Trinkwasserversorgung zu erschließen. Um dies zu ermöglichen, muss die Bohrspülung eine Vielzahl von Aufgaben und Anforderungen erfüllen.

Bedingt durch neue Anforderungen und Erkenntnisse im Bereich der Spülbohrtechnik wurde das DVGW-Merkblatt W 116 in der Revision 1998-4 „Verwendung von Spülungszusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser“ [1] in folgenden Punkten überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht [2]:

- Inhaltliche Neustrukturierung und Aktualisierung
- Ersatz produktspezifischer Angaben durch stoffspezifische Angaben
- Aufnahme von Genehmigungsverfahren und umweltrelevanten Aspekten

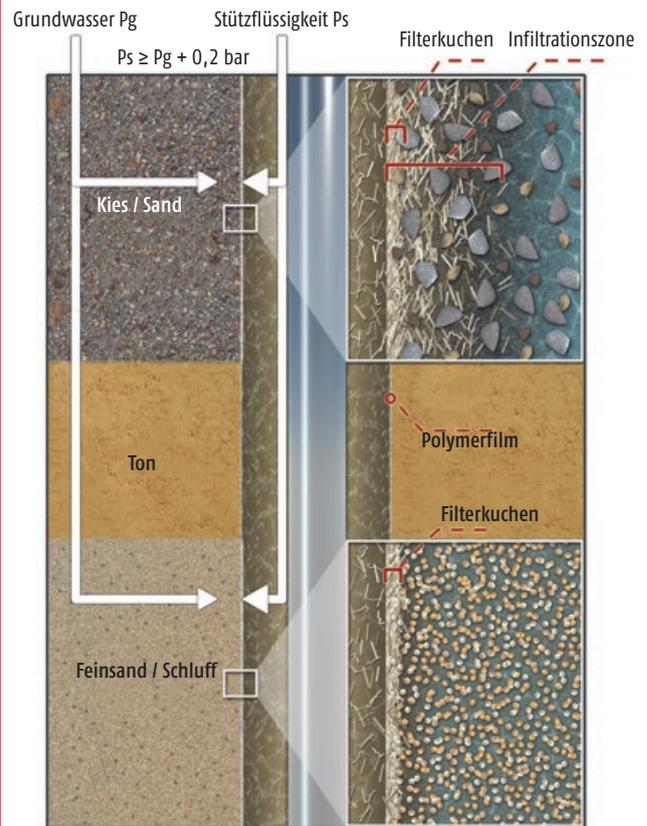
### Inhaltliche Neustrukturierung und Aktualisierung

Um die Aufgaben und Einsatzbereiche von Bohrspülungen zu verdeutlichen, wurde die Einleitung in die Thematik überarbeitet. Die wesentlichen Aufgaben einer Bohrspülung im Grundwassermessstellen- (GWM) und Brunnenbau werden im Folgenden erläutert.

### Stabilisierung des unverrohrten Bohrlochs

Die wichtigste Aufgabe der Bohrspülung ist es, den unverrohrten Bohrlochbereich bis zum Ausbau zur GWM oder zum Brunnen zu stabilisieren. Um diese Aufgabe zu erfüllen, muss jederzeit sichergestellt sein, dass der Spülungssäulenüberdruck mindestens 0,2 bar größer ist als der Grund- bzw. der Porenwasserdruck (Abb. 1). Deshalb ist es, besonders bei Bohrungen mit hoch liegendem Grundwasserleiter, wichtig, darauf zu achten, dass das Bohrloch bis Geländeoberkante (GOK) mit Spülung gefüllt ist.

Um diesen Überdruck aus der Spülungssäule gegenüber der Bohrlochwand sicher ohne bzw. mit nur geringen Infiltrationsverlusten aufrechtzuerhalten, muss die Bohrspülung eine temporäre dichte Zone an der Bohrlochwand aufbauen. Diese dichte Zone wird Filterkuchen genannt und besteht in der Regel aus



GWE pumpenboese GmbH

Abb. 1 – Stabilisierungsvorgänge im Bohrloch

Bentonit und Polymeren. Ziel ist es, einen Filterkuchen an der Bohrlochwand aufzubauen, der möglichst dünn und undurchlässig ist und sich bei der Entwicklung des Brunnens einfach wieder entfernen lässt.

### Austrag des Bohrkleins von der Bohrlochsohle nach Zutage

Eine weitere wichtige Aufgabe der Bohrspülung ist es, den Austrag von Bohrklein sicherzustellen. Diese Aufgabe wird von drei Faktoren maßgeblich beeinflusst:

- Dichtedifferenz zwischen Bohrklein und Bohrspülung
- Aufstiegs geschwindigkeit der Bohrspülung
- Viskosität der Bohrspülung



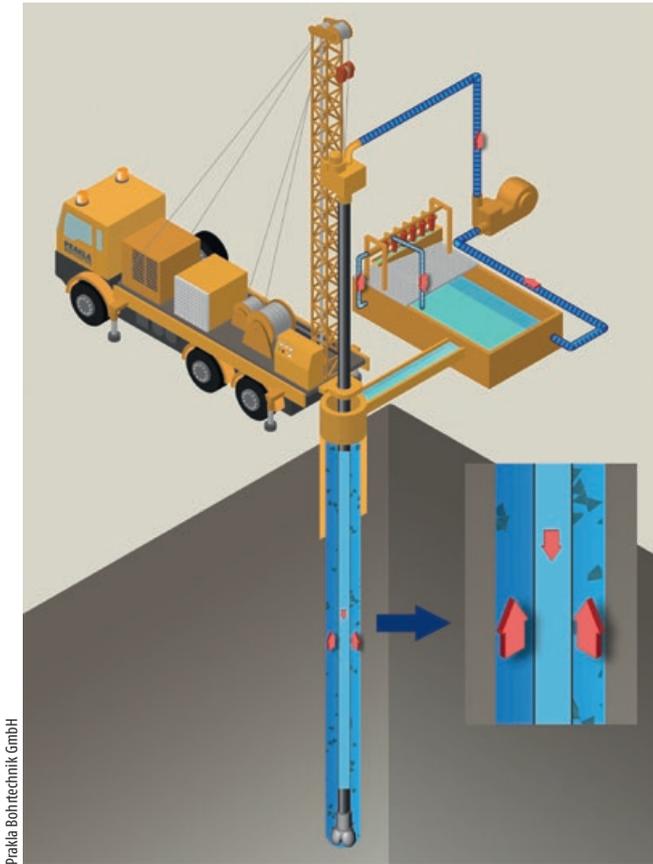
### Sonderwerbform Sonderdruck

## Setzen Sie Sonderdrucke als Werbemittel ein!

Nutzen Sie Ihre Originalbeiträge aus der bbr für Ihre Kundenkommunikation. Ergänzt mit Ihrem Firmenlogo, Ihrer Anzeige oder Ihren Kontaktdaten erhalten Sie ein aussagekräftiges Werbemittel für Messen, Kongresse, als Give-away bei Kundenanfragen und zur Auslage in Ihren Firmenräumen. Wir beraten Sie gerne!



wvgw mbH · Anja Menke · Tel. 0228 9191-435  
Fax 0228 9191-492 · E-Mail: menke@wvgw.de · www.wvgw.de



Praktia Bohrentechnik GmbH

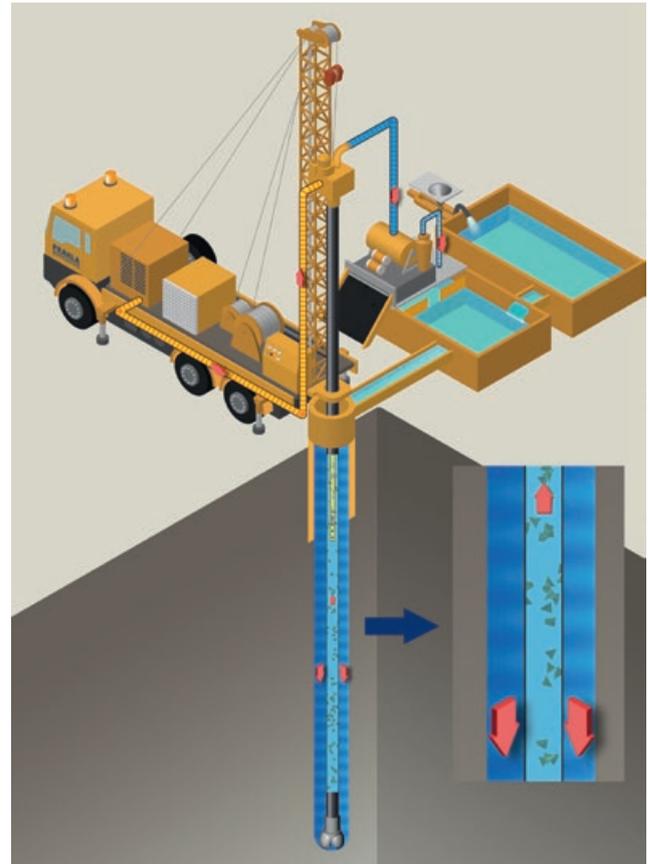


Abb. 2 – Direktes (links) und indirektes (rechts) Spülbohrverfahren

Dabei ist eine Anpassung der Dichte, mit dem Ziel, die Austragsfähigkeit der Bohrspülung zu verbessern, nicht sinnvoll, da schwere, feststoffreiche Bohrspülungen den Bohrfortschritt reduzieren. Zudem nimmt die Gefahr der permanenten Verstopfung zur Bewirtschaftung vorgesehener Bohrlochbereiche zu [3].

Faktoren, die in Bezug auf einen verbesserten Bohrkleinaustrag verändert werden sollten, sind die Aufstiegs geschwindigkeit durch eine geeignete Auswahl der Bohrrüstung und Bohrverfahren sowie die Einstellung der Viskosität der Bohrspülung über ausgewählte Spülungsadditive. Bei dem Bohrverfahren mit direkter Spülstromrichtung (Spülung steigt im Ringraum auf) sollte eine Aufstiegs geschwindigkeit von 0,7 m/s erreicht werden. Bei dem indirekten Bohrverfahren (Spülung steigt im Bohrgestänge auf) werden in der Regel deutlich höhere Geschwindigkeiten von 2 bis 4 m/s erzielt (Abb. 2).



a



b

GWE pumpeboese GmbH

Abb. 3 – Einfluss von Polymeren auf die Filterkucheneigenschaften; Filterkuchen ohne (a) und mit Zugabe von Polymeren in die Bohrspülung (b)

### Weitere Aufgaben der Bohrspülung

Weitere wichtige Aufgaben der Bohrspülung sind die Kompensation erhöhter Gebirgs- und Lagerstättendrücke, die Schonung des zur Bewirtschaftung vorgesehenen Aquifers sowie das Kühlen und Schmieren des Bohrwerkzeuges. Um erhöhte Drücke, z. B. aus gespannten Grundwasserleitern, zu kompensieren, können der Bohrspülung Beschwerungsmittel zugegeben werden, um die Dichte und somit den Druck auf die Bohrloch wand zu erhöhen. Im Brunnenbau wird zur Beschwerung bevorzugt Kreide eingesetzt, da diese gegebenenfalls durch Ansäuern aus den Poren des Grundwasserleiters gelöst werden kann und somit nicht permanent die Ergiebigkeit des späteren Brunnenbauwerks beeinträchtigt. Für eine zielgerichtete Kompensation dieser Drücke gibt die neue W 116 Hilfestellungen bei der Auswahl einer geeigneten Spülungsrezeptur und zeigt Rechenwege sowie Tabellen zur Ermittlung der benötigten Spülungsdichte bzw. Beschwerungsmenge auf.

### Spülungsmitteladditive

Eine weitere Neuerung der W 116 ist die Änderung von Produktnamen in stoffbezogene Eigenschaften der einzelnen Spülungsmitteladditive. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die unterschiedlichen Polymere sowie deren Eigenschaften und Verwendungen gelegt.

Polymere sind Makromoleküle. Sie bauen sich aus aneinandergereihten Monomeren auf. Grundsätzlich können die Spülungspolymere in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Native Polymere: Xanthan Gum & Guar Gum. Diese Polymere, auch Biopolymere genannt, werden durch ihre gelstärkebildenden Eigenschaften vorwiegend bei Horizontalbohrungen eingesetzt.

» Im neu gestalteten Kapitel ‚Praktische Anwendungen von Bohrspülungen‘ wird Bezug auf die äußeren Umstände und deren Einfluss auf die zum Einsatz kommende Bohrspülung genommen. «

- Halbsynthetische Polymere: Carboxymethylcellulose (CMC) & Polyanionische Cellulose (Rein-CMC). Halbsynthetische Polymere eignen sich aufgrund ihrer Eigenschaften gut für vertikale Bohrungen. Zum einen lassen sich mit ihnen Viskositätsprofile einstellen, die einen optimalen Austrag sowie das Absedimentieren von erbohrten Stoffen in Spülungstanks ermöglichen. Zum anderen bewirken sie eine gute Inhibierung von quellfähigen Gesteinen und Sedimenten und tragen so zur Bohrlochstabilisierung bei.
- Vollsynthetische Polymere: Polyacrylamide (PAA). Polymere auf Polyacrylamid-Basis zeichnen sich vor allem durch ihre hohe Ergiebigkeit und Toninhibierung aus. Da PAAs u. a. auch als Flockungsmittel eingesetzt werden, ist die Kombination mit Bentonit teilweise schwierig.

Verallgemeinernd kann gesagt werden, dass Polymere in der Regel die Tragfähigkeit der Bohrspülung verbessern, ohne thixotrope Vergelungsstrukturen zu bilden (Ausnahme Biopolymere). Das heißt, die Separation von erbohrten Feststoffen kann häufig durch einfache Sedimentation erfolgen. Einen weiteren wichtigen Beitrag liefern die Polymere bei der Stabilisie-

rung des Bohrlochs. So bilden Polymere zusammen mit Bentonit oder feinen erbohrten Feststoffen dünne, sehr undurchlässige Filterkuchen an der Bohrlochwand und minimieren so Spülungsverluste. Abbildung 3 zeigt zwei Filterkuchen, die im Labor mithilfe einer API-Filterpresse gemäß DIN EN ISO 10414-1 (Filterierung, Prüfung bei niedrigem Druck/niedriger Temperatur) gewonnen wurden [4]. In Abbildung 3a ist ein Filterkuchen zu sehen, der aus einer mit Feststoff angereicherten Spülung (Dichte 1,2 kg/dm<sup>3</sup>) ohne Polymer entstanden ist. Dieser Filterkuchen ist mit 3,3 mm relativ stark und somit schwierig bei der Entwicklung des Brunnens zu entfernen. Des Weiteren hat der Filterkuchen eine hohe Durchlässigkeit mit einem gemessenen Filtratwasserverlust von 23,5 ml. Dieser hohe Verlust deutet auf potenziell hohe Spülungsverluste in permeablen Sedimenten hin. Abbildung 3b zeigt den Filterkuchen, der nach Zugabe von 0,2 % des halbsynthetischen Polymers Viscopol entstanden ist. Deutlich zu sehen ist die Verringerung der Filterkuchendicke auf 1,6 mm. Darüber hinaus konnte der Filtratwasserverlust auf 9,5 ml verringert werden. Ein Filterkuchen mit diesen Kennwerten ist leicht zu entfernen und verhindert effektiv Spülungsverluste. →



**Die Februar-Ausgabe der DVGW energie | wasser-praxis (2/2019) erscheint mit Spezial zum 33. Oldenburger Rohrleitungsforum und Beiträgen, u. a. zu folgenden Themen:**

**Gasbeschaffenheit**

- Das Forschungsprojekt „GasQualitaetGlas“: Analyse lokaler Erdgasbeschaffenheiten

**Wasserversorgung**

- Identifikation von Handlungsoptionen zur Modernisierung von Wasserversorgungsunternehmen

**Rohrleitungsbau**

- Dükerbau im Kölner Süden: Historische Verbindung optimiert Trinkwasserversorgung

**Kostenloses Probeheft unter [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de)**

... alles im grünen Bereich  
**beermann**  
bohrtechnik



**Jeder Aufgabe gewachsen!**  
Bohrlängen bis 1800 m und  
Rohrdimensionen bis 1200 mm Ø

- Horizontalbohrungen in allen Bodenklassen, einschließlich Felsbohrungen
- Verlegung von Schutzrohren und Rohrleitungen aller Art
- Onshore-/Offshore-Verbindungen im Küstenbereich
- Dükerungen
- Arbeiten im Grundwasserbereich, Drainagen, Bewässerungen
- Versorgung unterirdischer Bauwerke
- Bodeninjektionen zur Stabilisierung von Hohlräumen im Erdreich

**Heinrich-Niemeyer-Straße 50 - 48477 Hörstel-Riesenbeck  
Tel.: (0 54 54) 93 05 - 0 - [www.beermann.de](http://www.beermann.de)**

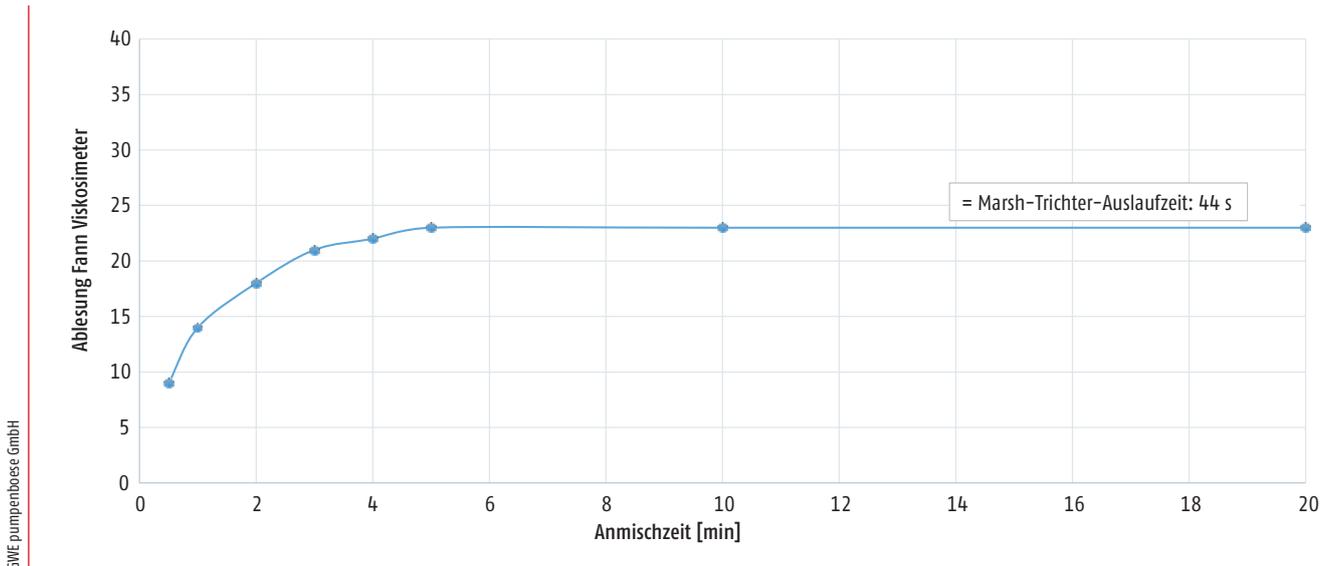


Abb. 4 – Viskositätsentwicklung einer zweiprozentigen GWE-PolyMix-Bohrspülung

Weitere Spülmitteladditive, die in der neuen W 116 genauer betrachtet werden, sind Bentonit, Schaummittel/Entschäumer, Beschwerungsmittel, Stopfmittel und Alkalien. Neu aufgenommen wurden u. a. Additive zur Neutralisierung und Verflüssiger.

Eine weitere interessante Gruppe von Spülmitteln sind sogenannte Fertigmischungen wie z. B. GWE PolyMix. Ein Vorteil dieser Fertigmischungen ist es, funktionstüchtige Bentonit-Polymer-Grundspülungen mit sehr kurzen Vorquellzeiten herzustellen. Abbildung 4 zeigt den Viskositätsanstieg einer zweiprozentigen (20 kg/m<sup>3</sup>) GWE PolyMix-Grundspülung gemessen mit einem Rotationsviskosimeter bei 600 min<sup>-1</sup>. Gut zu erkennen ist das schnelle Erreichen der Endviskosität nach ca. 5 Minuten, was sich in einer Marsh-Trichter-Auslaufzeit von ca. 44 Sekunden zeigt. Im Gegensatz dazu muss bei der Herstellung einer klassischen Bentonitspülung eine Vorquellzeit von mindestens zwei Stunden eingehalten werden.

### Überwachung der Bohrspülung und Handlungsempfehlungen

In dem neu gestalteten Kapitel „Praktische Anwendungen von Bohrspülungen“ wird Bezug auf die äußeren Umstände und deren Einfluss auf die zum Einsatz kommende Bohrspülung genommen. So werden u. a. Spülmittelrezepturempfehlungen für unterschiedliche Untergrundverhältnisse gegeben. Für Bohrungen in Wechsellagerungen aus Sanden und Tonen wird z. B. eine Kombination aus Bentonit und Polymer vorgeschlagen:

- + 1 m<sup>3</sup> Wasser (Trinkwasser-Qualität)
- + 1 kg Soda (bei Wasserhärten > 15 °dH)
- + 20 kg Bentonit
- + 1 bis 2 kg Polymer HV (z. B. Viscopoll R)

Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Kapitel ist die Überwachung der Bohrspülung. Nach dem Arbeitsblatt W 116 sollte die Bohrspülung alle zwei bis vier Stunden sowie bei besonderen Ereignissen geprüft werden. Des Weiteren sollten die Messwerte in einem geeigneten Messprotokoll dokumentiert werden. Hier hält die neue W 116 entsprechende Vorlagen im Anhang bereit. Spülungsparameter, die geprüft werden sollten, sind:

- Viskosität als Marsh-Trichter Auslaufzeit/Restauslaufzeit [s] -> Informationen über die Viskosität und somit die Tragfähigkeit
- Wasserabgabezeit [s] -> Informationen über die inhibierenden Eigenschaften der Spülung
- Dichte [kg/dm<sup>3</sup>] -> Informationen über den Feststoffgehalt der Spülung

Zur Interpretation der Parameter werden entsprechende Richtwerte hinterlegt sowie Handlungsempfehlungen gegeben, um Abweichungen entgegenzuwirken.

### Praxisbeispiel

Nachfolgend ein Praxisbeispiel, bei dem es zu spülungstechnischen Problemen durch freie Ca-Ionen beim Aufbohren eines Zementschuhs kam: Bei der Bohrung handelte es sich um eine indirekte Spülbohrung im Lufthebebohrverfahren mit einer Endtiefe von 300 m und einem Bohrdurchmesser von 1.200 mm bzw. 800 mm. Geteuft wurde die Bohrung durch Wechsellagerungen aus Feinkies, Sand und Ton. Als Spülung

Formation: <i>Lithologie</i>	Meißel Bit: <i>800 mm</i>	Über Tage: <i>30 m<sup>2</sup></i>	Pumprate: _____ l/min.	Verrohrungsdaten: Casing Points
<i>Wechsellagerungen</i>	Bohrstänge: _____	Bohrloch: _____	Bottoms Up: _____	
<i>Feinkies/Sand</i>	Drill Pipe: _____	Hole: <i>96 m<sup>3</sup></i>	_____ min.	<i>0-190 m 800 mm</i>
<i>Ton</i>		Total: <i>146 m<sup>3</sup></i>	Umlauf/Circ. Time _____ min	
	<i>Lufthebebohrverfahren</i>			

Datum-Date	<i>30.10</i>	<i>31.10</i>		
Uhrzeit-Time	<i>14:30</i>	<i>7:30</i>		
Tiefe-Depth	<i>190</i>	<i>190</i>		
Spülung- Mud Type	<i>EW</i>	<i>EW</i>		
Specific weight Weight	kg/l	<i>1.10</i>	→	<i>1.05</i>
Marsh viscosity	s	<i>36/177</i>	→	<i>49/145</i>
Temperatur	°C	<i>18</i>		<i>20</i>
Presswasser API Waterloss	ml	<i>89</i>		<i>8,7</i>
Filterkuchen Filtercake	mm	<i>5</i>	→	<i>&lt; 0.5</i>
Wasserabgabezeit Water Retention Time	s	<i>75</i>	→	<i>72000</i>
pH Wert- Value	pH	<i>12.5</i>		<i>12.5</i>
Sandgehalt- content	vol%	<i>2.0</i>		<i>1.0</i>
Salz- Salt	NaCl g/l	<i>/</i>		<i>/</i>
Alkalität- Alkalinity	ml	<i>/</i>		<i>/</i>

*① = 50% Ausspülung / 50% Nachspülung*

Abb. 5 – Spülungsprotokoll mit Spülungskennwerten vor und nach der Aufbereitung

kam eine feststoffarme Bentonit, Rein-CMC-Spülung zum Einsatz. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt des aufgenommenen Spülungsprotokolls. Die Messungen zeigen unter Punkt 1 die Kennwerte der Spülung direkt nach dem Aufbohren des Zementschuhes. Die schlechten Spülungskennwerte deuten auf eine starke Schädigung der Spülung durch freie Ca-Ionen hin, die beim Aufbohren des Zementschuhes in Lösung gingen. Besonders ersichtlich ist dies bei den Kennwerten Wasserabgabezeit von nur 75 Sekunden sowie den hohen Filtratwasserverlusten von 89 ml.

Diese schlechten Spülungskennwerte zeigen, dass die Spülung nicht mehr in der Lage ist, die durchteuften Tonschichten sicher am Quellen zu hindern, was zu Nachfall und Auskolkungen führen kann. Des Weiteren kommt es, bedingt durch die hohe Durchlässigkeit des Filterkuchens, in porigen Sedimenten zu relativ starken Spülungsverlusten.

Um die Spülung zu erneuern und die Bohrung sicher auf Endteufe zu bringen, wurden 50 % der alten, geschädigten Spülung ausgeschert und verworfen. Zur Ergänzung wurde die neue Spülung mit 3 kg Soda pro m<sup>3</sup> versetzt, um restliche freie Ca-Ionen als unlösliche Kreide auszufällen, sodass es zu keiner weiteren Schädigung der Bohrspülung kommen konnte. Des Weiteren wurde die Neuspülung mit 10 kg Bentonit, 2 kg niedrigviskoser Rein-CMC und 3 kg hochviskoser Rein-CMC versetzt, um die benötigten Spülungseigenschaften wiederherzustellen. Wie in Abbildung 5 unter Punkt 2 zu sehen, lagen die Spülungskennwerte nach der Maßnahme wieder im optimalen Bereich, sodass die Bohrung sicher auf Endteufe gebracht werden konnte.

### Umweltrechtliche Aspekte

Eine weitere wichtige Neuerung im Arbeitsblatt W 116 ist die Aufnahme von Genehmigungsverfahren und umweltrelevanten Aspekten. Gesetze, die zur Anwendung kommen, wie z. B. das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), werden vorgestellt und erläutert. Darüber hinaus wird darauf eingegangen, welche Unterlagen den zuständigen Behörden zur Genehmigung vorgelegt werden müssen. Allen voran sind dies aktuelle Sicherheitsdaten-

blätter zu den Spülungsadditiven gemäß REACH-Verordnung. Schließlich wird bei der Entsorgung der benutzten Bohrspülung auf das Kreislaufwirtschaftsgesetz eingegangen.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass der Einsatz von Bohrspülung immer optimal auf die gegebenen Bohrbedingungen (Geologie, Equipment, Art der Bohrung etc.) abgestimmt sein sollte, um nicht zuletzt den Bedarf an benötigten Bohrspülungsadditiven zu minimieren und dadurch die Auswirkungen auf die Umwelt gering zu halten.

### Zusammenfassung

Das neue DVGW-Arbeitsblatt W 116 gibt kompakt Informationen und Hilfestellungen zu den technischen Spezifikationen, Anforderungen und Anwendungen von Bohrspülungen im Brunnen- und Grundwassermessstellenbau, die auch übertragbar auf andere Spülbohrungen sind, wie z. B. Geothermiebohrungen.

### Literatur

- [1] Technische Mitteilung, DVGW-Merkblatt W 116 (04.1998): Verwendung von Spülungszusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser.
- [2] Technische Regel, DVGW-Arbeitsblatt W 116 (08.2018, Gelbdruck): Verwendung von Spülungszusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwassermessstellen- und Brunnenbau.
- [3] Mielenz, P. (2004): Bentonite/Polymere – Bohrspülungen in der Vertikal- und HDD-Technik, in: bbr, Heft 03/2004.
- [4] DIN EN ISO 10414-1: Erdöl- und Erdgasindustrie, Feldprüfungen von Bohrspülungen, Teil 1, 2008.

### Autor

Oliver Mielenz  
GWE pumpenboese GmbH  
Moorbeerenweg 1  
31228 Peine  
Tel.: 05171 294-135  
oliver.mielenz@gwe-gruppe.de  
www.gwe-gruppe.de



Kompakte Informationen:  
[www.bbr-online.de](http://www.bbr-online.de)  
[www.facebook.de/bbrfachmagazin](https://www.facebook.de/bbrfachmagazin)



- Bohrgestänge und Zubehör für Bergbau, Steine, Erden, Bauindustrie (Standard- oder Sonderanfertigungen)
- PCD Bohrkronen und Flügelmeißel
- Schneckenbohrgestänge und Bohrköpfe
- Verrohrungen für Brunnenbohrungen
- Reibschweißungen bis ca. 12 000 mm<sup>2</sup>



**B.u.G.**  
Bohr- und Gesteinswerkzeuge GmbH

Zum Düker 20  
44579 Castrop-Rauxel  
Telefon: (0 23 05) 89 04 21  
Telefax: (0 23 05) 89 04 23  
<http://www.bohr-bug.de>  
E-Mail: [info@bohr-bug.de](mailto:info@bohr-bug.de)



[www.gullyver.de](http://www.gullyver.de)

**GeoTHERM**  
expo & congress



DER Lieferant für alles zur Brunnen- und Bohrlochuntersuchung

- TV von 1" bis über 40",
- Schwenkkopfkamera ab 36 mm
- Verlaufsvermessung ab 1"
- Bis 500 m Teufe
- und auch kundenspezifisch