



Abb. 1: Geophysikalische Untersuchung nach Abteufen und Ausbau der Bohrung mit Teilverfüllung des Ringraums

Quelle: die Autoren

# Impulsgestützte Schüttgutkonsolidierung

## – hydraulische Veränderungen im Brunnenneubauprozess

Sowohl die Schüttgutkonsolidierung als auch die Brunnenentwicklung mit Impulsunterstützung bewirken **„mechanische“ Veränderungen im Filterkieskörper** eines Brunnens. Neben der Herstellung einer finalen Lagerungsdichte des Filterkieses erreicht man durch das nachgehende Entfernen von Feinstpartikeln aus der anstehenden Geologie sowie auch von Unterkorn aus der Ringraumschüttung, dass der eingebaute Filterkies **seine maximal mögliche Durchlässigkeit erreicht** und gleichzeitig ein homogener Übergang zum Grundwasserleiter geschaffen wird. Durch einen Vergleich mehrerer Neubrunnen nimmt dieser Beitrag auf Basis wiederholter geophysikalischer und hydraulischer Messungen im Prozess des Brunnenneubaus eine Abschätzung vor, **ob und wenn in welchem Maße das Zuflussverhalten am Brunnen durch die verschiedenen technischen Maßnahmen beeinflusst wird.**

von: Dr. Stephan Mosch, Oliver Pietzner (beide: Berliner Wasserbetriebe AöR),  
Karsten Baumann (Bohrlochmessung-Storkow GmbH) & Jeanette Goldbeck (pigadi GmbH)

**Vorangehende Untersuchungen** haben gezeigt, dass der Filterkieskörper eines Brunnens durch gezielte technische Maßnahmen in eine finale Lagerungsdichte gebracht werden kann [1]. Die Auswertung der Schüttgutkonsolidierung an über 150 Brunnen mit zweischaliger Filterkiesschüttung hat mittlere Setzungen im Filterkieskörper von rund 10 Prozent (Innenschüt-

.....  
 tung) bzw. 5 Prozent (Außenschüt-  
 .....  
 tung) ergeben. Negative Auswirkungen  
 sekundärer Setzungen, die ohne  
 entsprechende Maßnahmen im Laufe  
 des Brunnenbetriebs unumgänglich  
 auftreten, können somit vermieden  
 werden.

.....  
 Offen ist jedoch bisher die Frage nach  
 den tatsächlichen Veränderungen der

.....  
 hydraulischen Bedingungen bzw. in-  
 wie weit diese durch die Schüttgutkon-  
 solidierung und die Durchführung  
 einer impulsgestützten Brunnenent-  
 wicklung beeinflusst werden. Um die-  
 se Frage zu beantworten, wurden aus  
 einer Charge von acht neu zu errich-  
 tenden Brunnen drei ausgewählt, um  
 genauere Untersuchungen durchzu-  
 führen.

Die ausgewählten Brunnen befinden sich in einem Waldgebiet im Osten von Berlin, nördlich des Müggelsees, im Bereich des Warschau-Berliner Urstromtals. Der zu erschließende Grundwasserleiter ist hier durch fluviatile bis glazifluviatile Sande der Saale-Kaltzeit geprägt. Hier erfolgt die schrittweise Erneuerung von insgesamt 40 Vertikalfilterbrunnen, die in den Jahren 1988 bzw. 1989 gebohrt und mit Steinzeug ausgebaut wurden. Aufgrund stark zurückgegangener Ergiebigkeit und zum Teil auch baulicher Schäden ist eine Erneuerung unumgänglich. Zur detaillierten Erkundung wurden standortspezifische Aufschlussbohrungen mit Rammkerngewinn ausgeführt. Die neuen Brunnen entsprechen dem baulichen Standard der Berliner Wasserbetriebe (Trockenbohrverfahren, Bohrendurchmesser DN 900, Edelstahlvoll- und -filterverrohrung DN 400, Schlitzweite 2,5 mm). Die Filterbereiche erstrecken sich im Allgemeinen zwischen 20 und 37 m unter Geländeoberkante (u. GOK) bei einer mittleren Filterlänge von rund 14 m. Der Ringraum im Bereich der Filterstrecke zwischen Ausbauverrohrung und Bohrlochwand wird mit Filterkies in zweischaliger Ausführung verfüllt. Die Ringraumabdichtung bis zur Geländeoberkante erfolgt mit Quellton bzw. aufgrund relativ tiefer Grund-

wasserspiegel (zwischen 9 und 10 m u. GOK) im oberen Bereich mit Tonzementsuspension.

### Vorgehen und Untersuchungsumfang

Ziel der Untersuchungen war es, die möglichen Auswirkungen durch die Schüttgutkonsolidierung und die nachgehende impulsgestützte Brunnenentwicklung qualitativ (und möglichst auch quantitativ) zu erfassen. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf der spezifischen Ergiebigkeit, der Lagerungsdichte im Filterkies sowie auf der Zuflusscharakteristik.

Die für die Untersuchung ausgewählten drei Brunnen zeichnen sich dadurch aus, dass für die jeweilige Filterkiesschüttung keine vertikale Differenzierung notwendig ist. Somit ist, abweichend vom eigentlichen Vorgehen, die Möglichkeit gegeben, den gesamten Ringraum im Bereich der Filterstrecke zu verfüllen und erst anschließend eine Schüttgutkonsolidierung über den gesamten Filterbereich auszuführen. Vorhergehende Untersuchungen haben gezeigt, dass die konsolidierte Strecke anscheinend keinen Einfluss auf das Setzungsverhalten im Filterkies hat. Somit ist es wichtiger, die zu konsolidierende Strecke an eine vertikale Differenzierung der Filterkiesschüttung anzu-

passen, um die Ausbauvorgaben einzuhalten. Der nichtverfüllte Ringraum im Bereich des Brunnenvollrohres ist dabei zum Zeitpunkt der Schüttgutkonsolidierung durch die noch stehende Bohrverrohrung gesichert.

Bei der Ringraumverfüllung im Filterbereich der Brunnen wurden die Filterkiese, aufbauend auf den genannten Erkenntnissen zu möglichen Setzungsbeiträgen, entsprechend höher eingebaut. Die mit dem Bau der Brunnen beauftragte Firma führt standardmäßig ein Einspülen des Filterkieses über ein Gestänge aus. Dabei wird zur Umsetzung der zweischaligen Filterkiesschüttung eine durchgehende Schüttverrohrung der Dimension DN 600 zur Anwendung gebracht. Die Schüttgutkonsolidierung erfolgte durch gasdruckinduzierte Impulseinträge im hydropuls-Verfahren. Die Brunnenentwicklung bzw. -entsandung wurde mittels bewegter Funktionsstrecke, bestehend aus einer dichtungswirksamen Entnahmekammer, einem Strömungsteiler mit einem gasdruckgesteuerten Impulsgenerator und einer gekammerten Unterwassermotorpumpe, ausgeführt. Im Nachgang erfolgte eine Reinigung des Ringraumes mittels stehender Doppelkolbenkammer ohne Impulseintrag. Ziel dieser Brunnenentwicklung ist es, einen Idealzustand zur Inbetriebnahme eines neu errichteten Brunnens herzustellen. Da ▶

## Keulahütte 1/3

bei ist zum einen der anteilige Austrag anstehen- der Geologie zu erreichen, um einen homogenen Übergang zwischen dem Grundwasserleiter und der Filterkiesschüttung zu schaffen. Zum anderen soll der nach der Schüttgutkonsolidierung setzungsstabile Filterkieskörper von Unterkorn befreit werden.

Um die drei wesentlichen Parameter (spezifische Ergiebigkeit, Lagerungsdichte, Zuflusscharakteristik) zu erfassen, wurde in verschiedenen Bauphasen eine Kombination aus hydraulischen

und geophysikalischen Untersuchungen zur Anwendung gebracht und miteinander verglichen. Diese Verfahrenskombination setzt sich wie folgt zusammen:

Bauphase: Bohrung ausgebaut, Filterkieskörper bis Unterkante Gegenfilter eingebaut

- TV-Befahrung
- geophysikalische Untersuchung (eingesetzte Verfahren: CAL, GG.D, NN, SGL, FLOW – statisch und dynamisch, PFLOW)

**Tabelle 1: Die zur Anwendung gebrachten geophysikalischen Messverfahren, deren Wirkprinzip sowie Aussagemöglichkeiten. Bestimmte Fragestellungen erfordern definierte Verfahrenskombinationen.**

Messverfahren	Abkürzung	Wirkprinzip	Aussage in ausgebauten Bohrungen
Kaliber-Log	CAL	mechanisches Abtasten der Aufschlusswandungen (Bohrloch- bzw. Rohrwandungen) (mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung des Rohrinnendurchmessers</li> <li>• Erkennen von Hindernissen, Deformationen o. Ä.</li> <li>• Lokalisierung von Rohrverbindungen und Filterstrecken</li> <li>• Erkennen von Rohrdefekten, erweiterungen, verengungen, -ovalitäten und -deformationen</li> <li>• Feststellen von Ablagerungen, Belägen und Krusten auf Rohrwandungen</li> <li>• Korrekturmessverfahren für alle vom Bohrlochlochkaliber abhängigen Bohrmessverfahren</li> </ul>
segmentiertes Gamma-Ray-Log	SGL	Messung der räumlichen Verteilung der natürlichen g-Strahlung in drei, jeweils um 120° horizontal versetzten Segmenten (GR-API)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle des geologischen Profils</li> <li>• räumliche Überprüfung der Lagerungsverhältnisse im Ringraum</li> <li>• Anzeige der räumlichen Verteilung von Feinkornanteilen im Filterkies</li> <li>• Feststellen der räumlichen Verteilung von Kolmationen im Filterbereich</li> <li>• Erkennen und Bewertung von exzentrischem Rohreinbau im Bohrloch</li> <li>• Überprüfung des Erfolges von Regeneriernahmen im Filterbereich</li> </ul>
Neutron-Neutron-Log	NN	Messung der gestreuten Neutronenstrahlung, die ein Maß für den Gesamtwasserstoffgehalt darstellt (Prozent bzw. WE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschätzung des Gehalts bindiger Bestandteile in der Kiesschüttung</li> <li>• Überprüfung des Erfolges von Regenerierungsmaßnahmen im Filterbereich</li> </ul>
Gamma-Gamma-Dichte-Log	GG.D	Messung der gestreuten Gamma-Strahlung, die umgekehrt proportional ein Maß für die Dichteverteilung ist (g/cm <sup>3</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Ringraumverfüllung, z. B. auf Brückenbildung, und der Lagerungsdichte von Ringraumverfüllungen</li> <li>• Überprüfung des Erfolges von Regenerierungsmaßnahmen im Filterbereich</li> <li>• Bestimmung der erreichten Schütthöhe bei Ringraumverfüllungen („Gravel Pack“)</li> </ul>
Flowmeter-Log	FLOW-0 FLOW-1 ... FLOW-n	Messung der Umdrehungszahl eines Messflügels als Funktion der Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Anregungszuständen (cps, m/min bzw. m <sup>3</sup> /h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuflussprofilierung</li> <li>• Klärung der hydrodynamischen und hydrostatischen Verhältnisse</li> <li>• Lokalisation von Zufluss- und Verlusthorizonten und deren Quantifizierung</li> <li>• Überprüfung der Auswirkungen von baulichen Änderungen auf das Fließ- und Zuflussverhalten</li> <li>• Erkennen von Fremdzulüssen</li> </ul>
Packer-Flowmeter-Log	PFLOW	Messung der Umdrehungszahl des Messflügels eines abgepackerten Flowmeters (cps, Prozent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschätzung der relativen Durchlässigkeit der Filterschlitz und des brunnennahen Ringraums</li> </ul>

Quelle: die Autoren

- Pumpversuch (zwei Stunden bei 50 m<sup>3</sup>/h Förderleistung)

Bauphase: Filterkiesschüttung konsolidiert, Ringraum bis GOK verfüllt

- geophysikalische Untersuchung (eingesetzte Verfahren entsprechend Punkt 2)
- Pumpversuch (acht Stunden in Förderstufen I bis IV für jeweils zwei Stunden)
- TV-Befahrung

Bauphase: impulsgestützte Intensiventnahme zur Brunnenentwicklung abgeschlossen

- Pumpversuch (48 Stunden in Förderstufen I bis III für jeweils zwei Stunden und Förderstufe IV für 42 Stunden)

- geophysikalische Untersuchung (eingesetzte Verfahren entsprechend Punkt 2, zusätzlich Standardverfahren zur Brunnenabnahme)

Aus der Vielzahl möglicher geophysikalischer Messverfahren sind in **Tabelle 1** die zur Anwendung gebrachten Verfahren sowie deren Wirkprinzipien aufgeführt. Die zu den einzelnen Verfahren genannten möglichen Aussagen sind häufig nur in Kombination mit weiteren Messverfahren möglich. Mit der Anwen-

dung der geophysikalischen Verfahren sollen zum einen räumliche Veränderungen der Lagerungsverhältnisse im kiesverfüllten Ringraum erfasst werden, hierbei stehen vor allem die Lagerungsdichte sowie die Homogenität der Filterkiesschüttung im Vordergrund. Zum anderen sollen hydrodynamische Veränderungen hinsichtlich des Zuflussprofils, der spezifischen Ergiebigkeit der Brunnen, der Durchlässigkeit des Filters sowie des brunnennahen Ringraumes erfasst werden. Bei den Flowmetermessungen unter Betriebsbedingungen wurde jeweils eine Fördermenge von 50 m<sup>3</sup>/h angesetzt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. ▶

## Gutermann 2/3

**Tabelle 2: Übersicht über die vier vorgenommenen Pumpversuche**

Pumpversuch	Anmerkung
PV I	Kurzpumpversuch vor Schüttgutkonsolidierung (Dauer: 2 h, Fördermenge: 50 m <sup>3</sup> /m)
PV II	Kurzpumpversuch nach Schüttgutkonsolidierung (Dauer: 2 h, Fördermenge: 50 m <sup>3</sup> /m)
PV III	Klarpumpversuch nach Abschluss der Ausbauarbeiten (Dauer: 4 x 2 h, vierstufig, Fördermengen: zwischen 30 m <sup>3</sup> /m und 100 m <sup>3</sup> /h in Abhängigkeit der geplanten Betriebsfördermenge)
PV IV	Leistungspumpversuch als Abschluss der Brunnenentwicklung (Dauer: 3 x 2 h+ 1 x 42 h, vierstufig, Fördermengen: entsprechend Klarpumpversuch)

Quelle: die Autoren

Die Fördermengen der Pumpversuche sind an das jeweilige Fassungsvermögen, ermittelt nach [2], angelehnt. Dabei entspricht Förderstufe I: 50 Prozent, Förderstufe II: 75 Prozent, Förderstufe III: 100 Prozent und Förderstufe IV: 125 Prozent des errechneten Fassungsvermögens. Der Vergleich der Pumpversuche erfolgt auf Basis der jeweils sich ergebenden spezifischen Ergiebigkeit. Um eine Vergleichbarkeit zu sichern, wurde für den Zeitraum der Pumpversuche auf gleiche Förderbedingungen im Umfeld des jeweils betrachteten Brunnens geachtet.

filterrohrnahen Bereich beschrieben ist (Abb. 2). Die Erhöhung der Lagerungsdichte wird auch direkt durch den entsprechenden Abgleich der GG-Logs gezeigt (Abb. 3). Dass die Dichtezunahme tatsächlich auf eine Erhöhung der Lagerungsdichte zurückzuführen ist, wird dabei durch eine (weitgehend geringe) Porenraumabnahme (NN-Log) bestätigt.

Die nachgewiesene Setzung im Filterkieskörper steht damit im Gegensatz zum quasi-duktilen bzw. thixotropen Verhalten von Glaskugeln. Versuche, eine Ringraumschüttung aus Glasku-

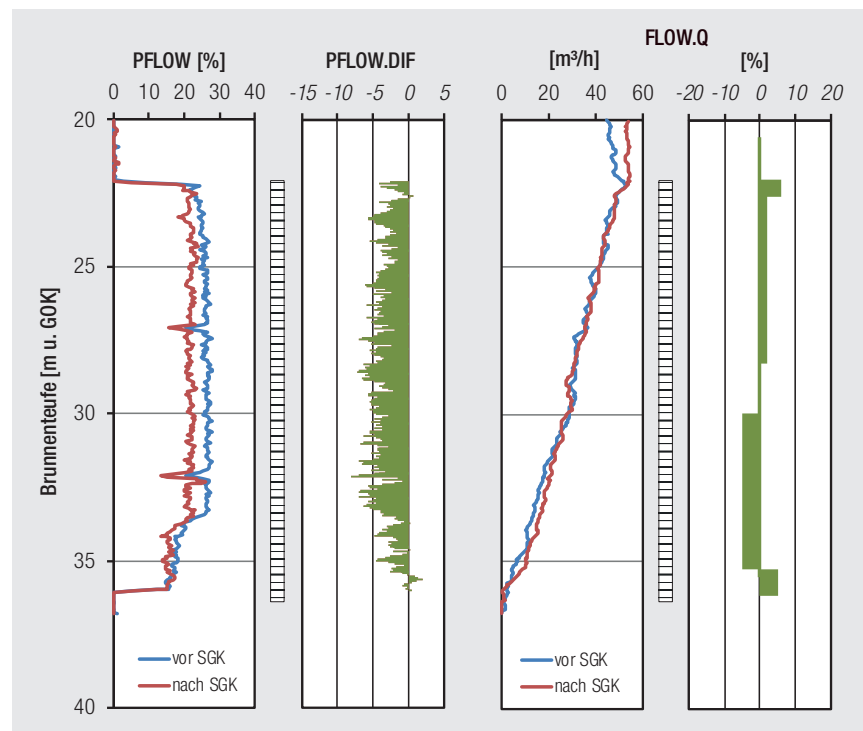
geln zu konsolidieren, haben gezeigt, dass zwar bedeutende Setzungen registriert werden, eine Erhöhung der Lagerungsdichte der Glaskugeln jedoch nicht eintritt. Vielmehr erfolgt ein Abwandern der Glaskugeln in die anstehende Geologie, wodurch sich in der Folge vermutlich ein inhomogener und birnenförmiger Ringraumkörper ergibt.

Zur Charakterisierung der hydrodynamischen Verhältnisse an den Brunnen wurden Flowmeter-Befahrungen, hier dargestellt als vertikale Fließrate (FLOW.Q), bei einer Förderleistung von jeweils 50 m<sup>3</sup>/h, ausgeführt. Bei allen untersuchten Brunnen zeigte sich, dass durch die Schüttgutkonsolidierung keine wesentlichen Veränderungen der Zuflussverhältnisse verursacht wurden. Dies belegt, dass der Zustrom aus dem Grundwasserleiter durch die anstehenden Sedimentschichten gesteuert und durch eine Schüttgutkonsolidierung, bei entsprechender Planung eines Brunnens, nicht beeinflusst wird. Dies ist sicherlich auch der Tatsache geschuldet, dass die Ringraumschüttung eines Brunnens eine weit größere Durchlässigkeit als das umgebende Gebirge auf-

## Ergebnisse

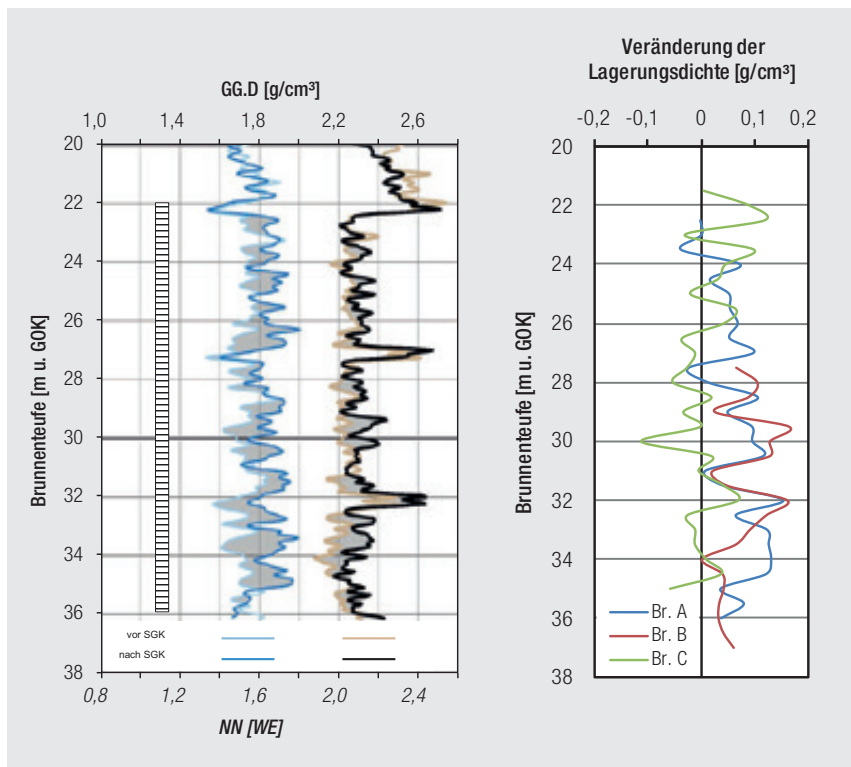
Grundsätzlich ist festzustellen, dass keinerlei negative Beeinflussungen der Ausbauperforierung durch die Ausführung einer Schüttgutkonsolidierung im hydropuls-Verfahren festgestellt werden konnten. Wesentlich ist jedoch hierbei auch, dass das eingesetzte Ausbaumaterial eine entsprechende Qualität aufweist. Bei der Verwendung von Edelstahl-Wickeldrahtfiltern ist eine Schüttgutkonsolidierung problemlos durchführbar.

Mit dem Einsatz der geophysikalischen Verfahren konnte nachgewiesen werden, dass die bei der Schüttgutkonsolidierung registrierten Setzungsbeträge direkt auf Setzungen im Filterkieskörper zurückzuführen sind. Diese Setzungen sind im Vergleich der Logs zum Packer-Flowmeter erkennbar, bei dem auf der gesamten Filterstrecke eine leicht herabgesetzte Durchlässigkeit im



Quelle: die Autoren

**Abb. 2:** Exemplarische Auswertung des Packer-Flowmeter (PFLOW) als Einzel-Logs und als Differenzbetrachtung sowie Zuflussprofilierung (FLOW.Q) jeweils vor und nach Schüttgutkonsolidierung (SGK)



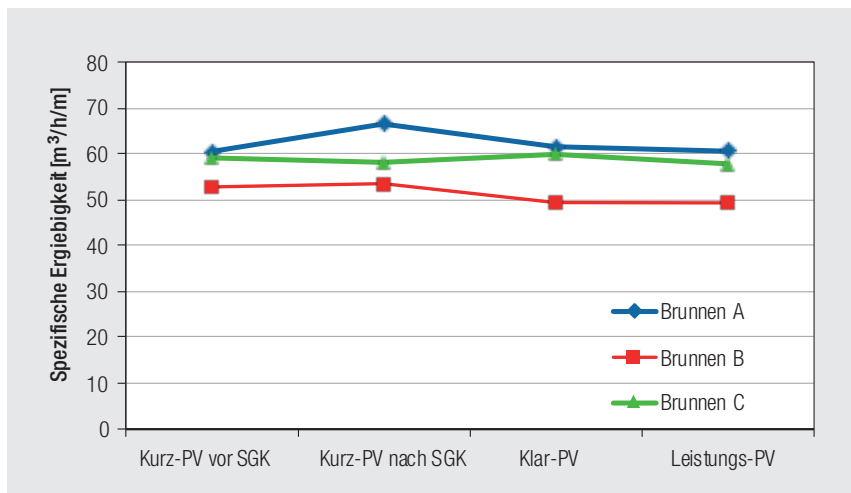
**Abb. 3:** Exemplarische Auswertung (Brunnen A) der Einzel-Logs NN (blau) und GG.D (braun bzw. schwarz) vor und nach Schüttgutkonsolidierung (SGK) (links); grau hinterlegte Bereiche beschreiben eine leichte Porositätsabnahme (NN) bei gleichzeitiger Zunahme der Lagerungsdichte (GG.D). Veränderung der Lagerungsdichte durch die SGK an den drei untersuchten Brunnen (rechts)

Quelle: die Autoren

weist. Änderungen der Durchlässigkeit der Filterkiesschüttung, z. B. durch eine Schüttgutkonsolidierung, können sich somit im Zuflussverhalten nicht bemerkbar machen.

Die dritte geophysikalische Befahrung der Brunnen erfolgte nach abgeschlossener Brunnenentwicklung in dem bereits beschriebenen Umfang. Auch im Nachgang der impulsgestützten Inten-

siventnahme wurden keine Veränderungen der grundsätzlichen Zuflussverhältnisse registriert. Auffallend ist jedoch, dass sowohl in den NN- als auch den GG.D-Logs im Vorfeld deutliche Extremwerte reduziert erscheinen und auch gleichzeitig ein gleichmäßigerer Verlauf der Spuren erkennbar ist. Insgesamt ist damit eine Homogenisierung bezüglich der Porosität sowie der Lagerungsdichte zu verzeich-



**Abb. 4:** Verlauf der spezifischen Ergiebigkeit der Testbrunnen im Zuge der verschiedenen Bauphasen

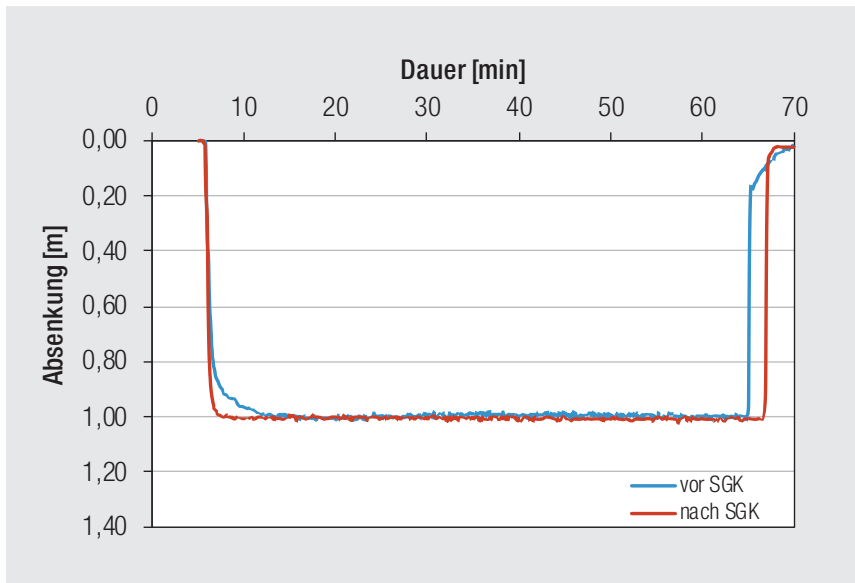
Quelle: die Autoren

nen. Grundsätzlich kann damit ein homogeneres Anströmen am Brunnenfilter und damit eine Vermeidung zusätzlicher Turbulenzen im direkten Einstrombereich des Wickeldrahtfilters angenommen werden.

Der Verlauf der spezifischen Ergiebigkeit der Brunnen im Zuge der verschiedenen Bauphasen wurde in jeweils vier Pumpversuchen dokumentiert (Tab. 2). Hierbei wurden keine wesentlichen Veränderungen an den untersuchten Brunnen registriert (Abb. 4). Ausgehend von Pumpversuch I (entspricht 100 Prozent) tritt eine maximale Veränderung von rund -4 Prozent bis zum Leistungspumpversuch auf. Auffallend dabei ist auch, dass der direkte Vergleich der Kurvenverläufe der Kurzpumpversuche vor und nach der Schüttgutkonsolidierung augenscheinlich eine günstigere Anbindung der Filterkiesschüttung an die Geologie annehmen lässt. Sowohl die Absenkungs- als auch die Wiederanstiegs-kurve zeigen eine deutlich schnellere Reaktion des Wasserspiegels auf die Pumpenschaltung. Hierbei ist vermutlich vor allem die Impulswirkung auf die Bohrlochwand ursächlich. Bei der Schüttgutkonsolidierung mittels hydropuls-Verfahren wird durch die explosionsartige Freigabe hochgespannten Gases ein elastischer Impuls erzeugt. Aus der Kontraktion der Gasblase resultiert eine erhebliche Sogwirkung, die bereits einen Austrag von Feinmaterial aus der Filterkiesschüttung verursacht. Anzunehmen ist daher, dass die verbesserte Anbindung auf einer Öffnung der Bohrlochwand beruht, die im Zuge des Bohrprozesses durch das Niederbringen der Bohrrohrtour und dabei verschlepptes Feinmaterial zugesetzt wurde. Dieses Phänomen tritt üblicherweise verstärkt nach dem Durchteufen toniger oder stark schluffiger Schichten im Hangenden auf.

## Zusammenfassung

Die geophysikalischen und hydraulischen Untersuchungen an den drei Brunnen haben gezeigt, dass die



Quelle: die Autoren

**Abb. 5:** Exemplarischer Vergleich der Absenkungskurven vor und nach Schüttgutkonsolidierung. Die rote Kurve lässt eine bessere Anbindung der Filterkiesschüttung an die anstehende Geologie annehmen.

Schüttgutkonsolidierung zu einer Erhöhung der Lagerungsdichte im Filterkieskörper auf der gesamten Filterstrecke führt, womit ein setzungsstabiler Kieskörper erzeugt wird. Sekundäre Setzungen, wie sie durch betriebsinduzierte Schwingungen durch den Pumpenbetrieb oder Impulseinträge bei späteren Regenerierungen unvermeidlich auftreten, können somit vermieden werden. In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, dass aus planerischer Sicht bei allen Brunnenneubaumaßnahmen im Vorfeld abzuschätzen ist, ob und in welcher Intensität eine Schüttgutkonsolidierung erfolgen kann oder sollte. Hintergrund dafür ist, dass gegebenenfalls eine primär geringere Lagerungsdichte akzeptiert werden kann, um z.B. ausreichend Porenraum für standortspezifisch bekannte Alterungsprozesse zur Verfügung zu stellen. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass Partikel, die bei lockerer Lagerung noch transportfähig sind, im sich verengenden Porensystem des Schüttgutes eingeschlossen werden können. Zudem können sekundäre Setzungen, infolge von Brunnenbetrieb oder auch späteren Regenerierungen mit Energieeinträgen, zu unkontrollierten Lagerungsveränderungen und den damit verbundenen negativen Auswirkungen führen.

Des Weiteren hat die Untersuchung gezeigt, dass bereits durch den Einsatz des Impulsgenerators eine bessere Anbindung an die Geologie erzielt werden kann. Gleichzeitig haben die Flowmeter-Untersuchungen den Beweis erbracht, dass der Zustrom aus dem Grundwasserleiter bei einer guten Planung des Brunnens nur durch die anstehende Geologie beeinflusst wird und die Schüttgutkonsolidierung keine Änderung der Zuflussverhältnisse bewirkt. Mit der impulsgestützten Brunnenentwicklung mittels bewegter, dichtungswirksamer Entnahmekammer wird im Nachgang eine Homogenisierung der Porosität und somit ein homogeneres Anströmen am Filter erzeugt. In der Gesamtheit konnte bestätigt werden, dass die registrierten Setzungsbeträge bei der Schüttgutkonsolidierung aus Setzungen im Filterkieskörper resultieren und somit kein quasi-duktiler Verhalten wie bei Glaskugeln auftritt. Neben der Setzungsstabilität ist folglich auch eine formstabile und homogene Kiesummantelung der Filterrohre gegeben. Vor diesem Hintergrund ist dabei die Qualität des eingesetzten Filterkiesmaterials ein wesentlicher Aspekt. Neben der in der DIN 4924 geforderten gleichmäßigen Korngrößenverteilung innerhalb der definierten Korngruppen einschließlich der technisch

bedingten Über- und Unterkornanteilen muss hierbei auch der mineralogischen Zusammensetzung ein besonderes Augenmerk gewidmet werden. So können erhöhte mineralogische Nebenanteile (wie z. B. Feldspat, Glimmer oder auch Kaolinit) infolge einer geringeren mechanischen Stabilität gegenüber Quarz zur sekundären Bildung von zusätzlichen Unterkornanteilen führen – dies gilt es unbedingt zu vermeiden.

Ein Brunnenneubau für die Trinkwasserversorgung stellt immer eine hohe investigative Maßnahme dar. Ziel muss es daher u. a. sein, hinsichtlich Qualität, Einbau und Bearbeitung von Filterkiesen im Bau- und Entwicklungsprozess höchsten Ansprüchen zu genügen und dabei auch langjährigen Betriebs- und Regenerieranforderungen Rechnung zu tragen. ■

#### Literatur

- [1] Mosch, S., Pietzner, O., Moche, R.: Impulsgestützte Schüttgutkonsolidierung beim Brunnenneubau, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 12/2017, S. 96–99.  
[2] Truelsen (in Bieske 1991)

### Die Autoren

**Dr. Stephan Mosch und Oliver Pietzner** sind verantwortlich für Planung und Neubau von Trinkwasserbrunnen bei den Berliner Wasserbetrieben AöR.

**Karsten Baumann** ist Geschäftsführer der Bohrlochmessung-Storkow GmbH.

**Jeanette Goldbeck** ist Projektleiterin bei der pigadi GmbH.

#### Kontakt:

Dr. Stephan Mosch  
Berliner Wasserbetriebe AöR  
Leykestr. 11–13  
12053 Berlin  
Tel.: 030 864442-156  
E-Mail: stephan.mosch@bwb.de  
Internet: www.bwb.de