

Doppelkolbenkammer vs. Manschettenkammer bei der Intensiventsandung (Teil 1)

Regenerierung ■ Anhand von fünf Brunnen aus dem aktuellen Instandhaltungsplan der Berliner Wasserbetriebe (BWB), alle mit unterschiedlichen Alterungseigenschaften, sollte festgestellt werden, ob und in welchem Maße durch Einsatz der Doppelkolbenkammertechnik bessere Regeneriererfolge erreichbar sind als mit dem Manschettenkammer-Verfahren. In Teil 1 werden Brunnen, Testbedingungen und Messergebnisse beschrieben.

Differenzierte Vorstellungen aus theoretischer und praktischer Sicht zu den Wirkvorgängen der brunnennahen Grundwasserströmung bei Einsatz von Intensiventsandungskammern gemäß DVGW Regel W 119 [1] waren 2006 Anlass für eine intensive Auseinandersetzung mit dieser Thematik. Mit Hilfe numerischer Modelle wurde der Zusammenhang zwischen Kammerkonstruktion, Brunnendesign, Kammerförderrate und erreichbarer Porenraumreinigung vertiefend analysiert (z. B. [2, 3, 4]). Essenzielle Ergebnisse dieser Arbeiten sind die Entwicklung einer sog. Doppelkolbenkammer als Alternative zur bekannten Manschettenkammer (MK) und ein Bemessungsverfahren [5] zur Bestimmung der erforderlichen Kammerförderrate, die in Abhängigkeit aller konstruktiven Eigenschaften von Brunnen und Entnahmekammern sowie Filterkies und anstehendem Gebirge eine optimale Porenraumreinigung gewährleisten kann. Erste erfolgreiche Tests der behaupteten höheren Leistungsfähigkeit einer Doppelkolbenkammer gegenüber einer Manschettenkammer [6] bestätigten die auf der Analyse der Strömungsvorgänge begründeten Hypothesen.

Die von der GCI GmbH initiierte und vorangetriebene Entwicklung wurde unterstützt durch die Teflore® GmbH, die die neu entworfenen Entnahmekammern baut und technisch weiterentwickelt, und die pigadi GmbH, die erste Praxisanwendungen der neuen Werkzeuge durchführte.

Die an einer Reihe sehr verschiedener Brunnen zur Grundwassergewinnung und Grundwasserabsenkung mit der neuen Technologie erzielten guten Ergebnisse von Regeneriermaßnahmen veranlassten die Berliner Wasserbetriebe (BWB), die rd. 700 Brunnen betreiben, die mit deren vorsorglicher Instandhaltung regelmäßig beauftragte Berlinwasser Services GmbH (BWS) zu beauftragen, fünf Brunnen aus dem aktuellen Instandhaltungsplan mit unterschiedlichen Alterungseigenschaften vergleichend regenerieren zu lassen. Ziel dieses Tests war es, festzustellen, ob und in welchem Maß durch Einsatz der Doppelkolbenkammertechnik bessere Regeneriererfolge erreichbar sind als mit den bei den Berliner Wasserbetrieben besten verfügbaren Manschettenkammer-Verfahren, die bis dato von den Firmen Berlinwasser Services GmbH im Auftrag der BWB und von der pigadi GmbH angewandt werden.

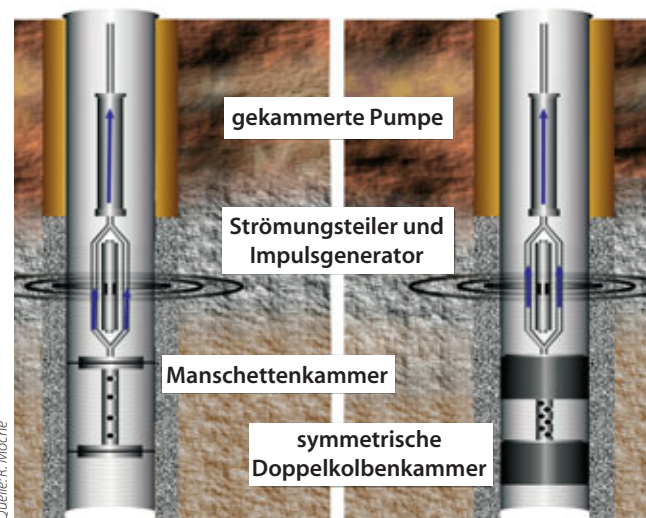


Abb. 1 Schema zu den sog. Funktionsstrecken zur Intensiventsandung mit simultanem Impulseintrag mittels hydropuls®-Verfahren; links: Manschettenkammer, rechts: Symmetrische Doppelkolbenkammer

Ausgewählte Brunnen und Reglement der Tests

Der Bereich Wasserversorgung der BWB wählte fünf Brunnen unterschiedlichen Alters und verschiedener Bauart aus, die sich außerdem durch sehr unterschiedlichen Alterungsgrad bzw. Reduzierung ihrer Neubauleistung, gekennzeichnet durch ihre spezifische Ergiebigkeit, auszeichneten (Tab. 1). Die ausgewählten Brunnen waren rund sechs bis 35 Jahre in Betrieb und teils schon mehrfach regeneriert. Sie sind im Bohrloch 850 bis 900 mm mit Filterdurchmesser DN 400 (300) als HAGULIT Schlitzbrückenfilter oder Edelstahl-Wickeldrahtfilter (WDF) ausgebaut und mit Durchmesser 600 mm jeweils zweifach geschüttet. Der älteste Brunnen war 1971 mit Steinzeugfiltern errichtet und 1998 wegen extrem reduzierter Ergiebigkeit mit einem WDF-Inliner saniert worden, wobei der Steinzeugfilter bei der anschließenden Regenerierung durch Sprengschocken® planmäßig zerstört wurde (Tab. 1). Die spezifische Ergiebigkeit der zu regenerierenden Brunnen war vor der Regenerierung in 2008 auf 2 bis 74 Prozent gesunken. Insofern wurden die in Tabelle 1 angegebenen Förderraten nach Erstinstallation (120 bis 150 m³/h) schon längst nicht mehr realisiert und in der Vergangenheit schrittweise Pumpen geringerer Leistung (40 bis 80 m³/h) eingewechselt. ►

Brunnen	Br. 5, Gal. D, Friedrichshagen	Br. 3, Gal. D, Friedrichshagen	Br. 2, Gal. Süd, WW Kaulsdorf	Br. 12, Gal. Lindwerder, Beelitzhof	Br. 13, Gal. Lindwerder, Beelitzhof
Merkmale					
Baujahr	1971	1992	1995	2002	2002
$k_f, GWL [10^{-4} \text{ m/s}]$	0,6	0,7...13	2,5...18	0,7...5	3...7
Bohr-Ø [mm]	850	850	850	900	900
Schütt-Ø [mm]	600	600	600	600	600
Filter-Ø [mm]	300	400	400	400	400
Filterkies außen [mm]	1,6-3,15	0,7-1,4 u. 1-2	0,7-1,4 u. 2-3,15	0,7-1,4	1-2 u. 2-3,15
Filterkies innen [mm]	8-12	3,15-5,6 u. 5,6-8	3,15-5,6 u. 5,6-8	3,15-5,6	5,6-8 u. 8-16
Filterlänge [m]	10	10	15	15	22
Filtermaterial, SW [mm]	V2A WDF	HAGULIT SBF	HAGULIT SBF 1,2	V4A WDF 2,5	V4A WDF 2,5
$Q_{\text{spez., Neubau}} [m^3/h/m]$	82	52,4	80	25,9	22
$Q_B \text{ bei Neubau } [m^3/h]$	120	120	120	150	150
Bemerkung	DN 350 Steinzeugfilter 1998 mit DN 300 WDF Inliner saniert	vorher 2 Mal regeneriert	Stufenfilter; vorher mindestens einmal in 2002 regeneriert	vorher nicht regeneriert	vorher nicht regeneriert
Datum/ $Q_{\text{spez., Istwert}} [m^3/h/m]$	02.2008 / 1,8	3.2008 / <1,7	3.2008 / 20,7	8.2008 / <12,8	11.2008 / 16,3
Istleistung bzgl. Neubau	2 %	< 3 %	26 %	< 49 %	74 %

Tabelle 1 Wesentliche Merkmale der fünf Test-Brunnen zur Regenerierung mittels bewegter Manschettenkammer und symmetrischer Doppelkolbenkammer



pigadi

Kompetenz im Brunnenservice

- Kompetenz durch Erfahrung
- Qualität durch Know how
- Effizienz durch Kombination
- Erfolg durch Kommunikation

Ein Unternehmen von Berlinwasser

Mehr Informationen unter www.pigadi.com

Kontakt: info@pigadi.com

	Br. 5, Gal. D, Friedrichshagen	Br. 3, Gal. D, Friedrichshagen	Br. 2, Gal. Süd, WW Kaulsdorf	Br. 12, Gal. Lindwerder, Beelitzhof	Br. 13, Gal. Lindwerder, Beelitzhof
Test Phase 1 mit MK					
MK-Länge [m], Länge Arbeitsabschnitte [m]	0,8 2,0...3,0	0,8 2,0...3,0	0,8 1,0	0,8 (1,0)...4,0	0,8 4,0
MK-Förderrate [m³/h]	35	35	35	40	25
MK-Arbeitszeit [h]	10	10	8	16	5,5
MK-Feststoffaustrag [L]	37,4	35,6	44,4	683	217
Abbruchkriterium [ml/10L] (Mittel über alle Abschnitte)	0...1,1 (0,180)	0...1,5 (0,220)	0 (0)	0...0,6 (0,114)	Sand 0...0,1 (0,003) Schl. 0,5...1,5 (1,0)
Q _{spez., Ergebnis} (MK) [m³/h/m]	11,6	8,3	45,8	15,1	19,4
MK-Erfolg bzgl. Istwert	644 %	488 %	221 %	118 %	119 %
Typ Doppelkolbenkammer ¹⁾	SDKK-300.500	SDKK-400.500	SDKK-400.500	SDKK-400.500	SDKK-400.500
Test Phase 2 mit SDKK					
Q _{SDKK} erforderlich [m³/h]	280...340	100...190	100...200	100...330	100...340
Q _{SDKK} realisiert [m³/h]	54 / 25	64	55	81	82
SDKK-Arbeitszeit [h]	56,3	26,3	89,2	23,4	25,75
SDKK-Feststoffaustrag [L]	4.833	903	6.680	123	109
Abbruchkriterium [ml/10L] (Mittel über alle Abschn.)	0,3...8 (1,775)	0,1...6,0 (1,230)	0...4,5 (0,471)	0,1...1,0 (0,392)	0...1,1 (0,240)
Q _{spez., Erg.} (SDKK) [m³/h/m]	23,8	11,4	52,2	22,8	22,5
SDKK-Erfolg bzgl. Istwert	1.322 %	670 %	252 %	178 %	138 %
Mehrleistung SDKK	678 %	190 %	31 %	60 %	19 %
SDKK-Erfolg bzgl. Neub.	29 %	22 %	65 %	88 %	102 %

Tabelle 2 Zusammenfassende Ergebnisse der vergleichenden Regenerierarbeiten mittels bewegter Manschettenkammer und symmetrischer Doppelkolbenkammer an den fünf Test-Brunnen der BWB ¹⁾ Typbezeichnung: SDKK-[Durchmesser in mm].[Kolbenlänge in mm]

Diese Brunnen wurden in der ersten Testphase durch die BWS geprüft, beurteilt und es wurden Regeneriertechnologien festgelegt, die nach dem Stand der Technik und vorliegenden Erfahrungen das jeweils beste mögliche Regeneriererergebnis erwarten ließen. Nach Erfordernis wurde mittels Bürsten das Filterrohr innen vorgereinigt, ggf. durch Sprengschocken® eine Gefügelockerung bzw. Trennung von Filterkorn und Anhaftungen (Verockerung) mit Abpumpen durchgeführt und abschließend das bislang bei den BWB als beste Technologie präferierte Verfahren der Intensiventsandung mittels bewegter Manschettenkammer in Form der sog. Funktionsstrecke (Abb. 1), die von der pigadi GmbH als technologische Lösung zur simultanen Anwendung von Intensiventnahmekammer und hydropuls®-Technik entwickelt worden ist, abschnittsweise eingesetzt.

Die angewandte Technologie der bewegten Manschettenkammer basiert auf einer abschnittweisen Filterbehandlung. Der Filter wird in Arbeitsabschnitte geteilt, die jeweils etwa zwei- bis vierfach länger sind als die Manschettenkammer. Über einen Zeitraum, der durch einen unteren Grenzwert oder einen nicht zu unterschreitenden Plateauwert der zu

kontrollierenden Feststoffaustragsrate begrenzt ist, wird die Kammer im Arbeitsabschnitt bei gleichzeitigem Impulseintrag mittels hydropuls®-Technik langsam aufwärts und abwärts bewegt. Anschließend wird die Kammer in zentraler Position des Arbeitsabschnitts fixiert und an dieser Stelle die für den Arbeitsabschnitt repräsentative Feststoff-Restaustragsrate ermittelt. Ziel dieser Anwendung einer Manschettenkammer ist es, die wesentliche Reinigungswirkung, die auf die unmittelbare Umgebung der Begrenzungsmanchetten beschränkt ist, über die gesamte Filterlänge zur Wirkung zu bringen. Der Erfolg bzw. die Kontrolle gemäß W 130 wird näherungsweise durch jeweils abschließende Kontrolle des restlichen Feststoffaustrages in zentraler Kammerposition stellvertretend für den gesamten Arbeitsabschnitt gemessen. Der Feststoffaustrag wurde im Teilstrom gemessen und protokolliert. Die Kammerförderrate wurde unter Beachtung der DVGW Regel W 119 und der Betriebsförderrate des Brunnen gewählt.

Die Wirkung der einzelnen Schritte der Regenerierung auf die Veränderung der Brunnenleistung wurde durch zwischen-geschaltete Kurzpumpversuche geprüft und durch einen ab-

schließenden Pumpversuch wurde das erreichte Ergebnis der geplanten Regenerierung als spezifische Brunnenenergiebigkeit $Q_{\text{spez. Ergebnis}}$ (MK) ermittelt (Tab. 2). Anschließend wurde jeder Brunnen nachträglich mit einer abschnittsweise fixierten Doppelkolbenkammer als Teil der Funktionsstrecke (Abb. 1) behandelt. Es kam jeweils eine dem Filterdurchmesser angepasste symmetrische Doppelkolbenkammer zum Einsatz, bei der jeder der beiden Begrenzungskolben ebenso lang ist wie die zentrale Kammeröffnung. Die ohne Überlappung aneinandergrenzenden Arbeitsabschnitte hatten die Länge der Kammeröffnung bzw. eines Begrenzungskolbens – hier von jeweils 0,5 Metern. Die Wirkungsweise der symmetrischen Doppelkolbenkammer (SDKK®) beruht auf der optimalen Ausnutzung der sich in der Umgebung einer Entnahmekammer einstellenden Brunnenanströmung. Dabei wird die größte Strömungsgeschwindigkeit bzw. Porenreinigung im Filterkies gegenüber den Begrenzungskolben erzeugt. Die intensivste Reinigung der Bohraureole bis in den angrenzenden Grundwasserleiter wird allerdings gegenüber der zentralen Kammeröffnung erzielt. Für die technisch angemessene Anwendung der SDKK® in der Funktionsstrecke analysierte die GCI GmbH auf Grundlage von Brunnenakten jeden Brunnen und gab Empfehlungen für die technische Durchführung und die erforderliche Kammerfördertrate.

Gleichermaßen wie bei Anwendung der Manschettenkammer war zwischen der Entnahmekammer und der

darüber eingebauten gekapselten UWM-Pumpe ein sog. Strömungsteiler mit Impulsgenerator angeordnet. Dessen Aufgabe war es, in beiden Kammeranwendungen simultan zur Grundwasserförderung durch die jeweilige Intensiventnahmekammer mittels hydropuls®-Verfahren Anhaftungen vom Korngefüge in Filterkies und angrenzender Bohraureole zu trennen sowie die wiederholt eintretenden Verstopfungen der Porenkanäle mit Ablagerungen und auszutragendem Unterkorn des Filterkieses und entsprechend kleinen Kornfraktionen aus dem anstehenden Lockergestein während der intensiven Durchströmung fortgesetzt wieder aufzulösen. Durch den Impulseintrag wird auch der potenziell vorhandene Porenraum dahingehend stimuliert, dass sich die hydraulisch wirksamen Porenkanalweiten während der Einwirkzeit vergrößern (vgl. [5]). Sofern der Setzungsprozess des eingebauten Schüttmaterials noch unzureichend stattgefunden hat, wird eine Konsolidierung des Schüttmaterials befördert.

Die auf Grundlage der vorausgegangenen Brunnenanalysen gemäß der in [5] dargelegten Bemessungsempfehlung ermittelten theoretisch erforderlichen Kammerförderraten (Tab. 2) konnten aus verschiedenen Gründen nicht realisiert werden. Mehrheitlich waren zur Realisierung der hohen Förderraten keine geeigneten Pumpen vorhanden oder der verfügbare E-Anschluss war zu klein. Da die gesamte Maßnahme budgetiert war, wurde die vergleichende Brunnenfilter-

Wir machen Ihnen die Suche nach dem passenden Mitarbeiter leicht!

Jeden Monat branchenspezifische Stellenanzeigen in der bbr



wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft
Gas und Wasser mbH

Barbara Bärwolf
E-Mail: baerwolf@wvgw.de
www.wvgw.de



ENERGY MEDIENSERVICE
Anzeigenverwaltung

E-Mail: info@energy-medianservice.de
www.energy-medianservice.de

Ihr Partner für den Brunnenbau

<p>STÜWA BRUNNENFILTER BOHRBEDARF</p>		<p>MODERNSTE AUSBAUTECHNIK SEIT ÜBER 125 JAHREN</p>
<p>STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH Hemmersweg 80 • D-33397 Rietberg (Varensell) Tel.: 05244 / 407-0 • Fax: 05244 / 1670 Internet: www.stuewa.de E-Mail: info@stuewa.de</p>		

Brunnen	Kammer Art	Gesamt [L]	Sand [L]	Schlamm [L]	Abbruchkriterium			Arbeitszeit Kammer [h]	Regenerierte Leistung anteilig vom Neubau [%]	
					von..bis [ml/m ³]	mittel [ml/m ³]	mittel [ml/10 L]			
WW Beelitzhof Galerie	Br. 12	MK	684	0	684	0...60	11,4	0,1	16	- 2,3
			100	0	100					
	SDKK®	124	68	56	10...100	39,2	0,4	23,4	29,7	
		100	55	45						
	Br. 13	MK	217	0	217	50...150	103,3	1	5,5	- 6,4
			100	0	100					
SDKK®		109	79	30	10...110	24	0,2	25,8	14,1	
		100	72	28						

Tabelle 3 Ausgewählte Testergebnisse der Br. 12 und 13.

behandlung entsprechend den gegebenen Möglichkeiten durchgeführt (Tab. 2: „Q_{SDKK} erforderlich“ und „Q_{SDKK} realisiert“).

Der Feststoffaustrag wurde detailliert im Teilstrom überwacht und dokumentiert. Abschließend wurde mittels Pumpversuch die erzielte Brunnenleistung geprüft. TV-Befahrungen jedes Brunnens zu Beginn und nach Abschluss der Regenerierarbeiten gehören zum Standardprogramm bei den Berliner Wasserbetrieben.

Anwendungsbedingungen und Ergebnisse der Tests

Der zusammenfassende Überblick zu den Testergebnissen in Tabelle 2 dokumentiert Mehrleistungen der nachträglich mit der SDKK® behandelten Brunnen gegenüber den mit der Manschettenkammer erzielten Ergebnissen von 19 bis 678 Prozent. Bemerkenswert ist z. B. die Rehabilitation der spezifischen Ergiebigkeit des 1971 mit Steinzeugfilter errichteten, 1998 mit WDF-Inliner sanierten Brunnens 5 der Galerie D des Wasserwerkes (WW) Friedrichshagen mittels Manschettenkammer und simultanem Impulseintrag von 1,8 auf 11,6 m³/h/m und die anschließende Verdoppelung der Brunnenleistung nach Anwendung der SDKK® auf 23,8 m³/h/m.

Weiterhin ist hervorzuheben, dass die spezifische Ergiebigkeit des Brunnens 13 der Galerie Lindwerder des WW Beelitzhof nach sechs Jahren Brunnenbetrieb auf 74 Prozent des Neubauwertes gefallen war und durch Anwendung der SDKK® mit simultanem Impulseintrag auf 102 Prozent des Neubauwertes gesteigert werden konnte (Tab. 2).

Entsprechend den praktischen Erfahrungen bei Anwendung der „bewegten Manschettenkammer“ mit einer Gesamtlänge

von einem Meter wurden zwei bis vier Meter lange Arbeitsabschnitte gewählt, in denen die Kammer langsam aufwärts und abwärts bewegt worden ist. Aufgrund der ähnlichen geometrischen Abmessungen aller fünf Brunnen wurde vergleichsweise durchgängig eine 1,5 Meter lange SDKK® mit 0,5 Meter langen Arbeitsabschnitten eingesetzt. Während die Kammerförderrate der MK mit 25 bis 40 m³/h gemäß Empfehlung in W 119 an der Brunnenbetriebsleistung orientiert wurde, kamen bei Anwendung der SDKK® mit 54 bis 82 m³/h zwar deutlich höhere Förderraten zum Einsatz, jedoch wurden die für eine optimale Porenreinigung entsprechend [5] abgeschätzten erforderlichen Förderraten von 100 bis 340 m³/h bei Weitem nicht erreicht. Trotzdem konnten mit Hilfe der SDKK® in allen Brunnen bessere Ergebnisse erzielt werden.

Bei Beurteilung der nachträglichen Erhöhung der spezifischen Ergiebigkeit durch Einsatz der SDKK® nach Anwendung der MK darf unterstellt werden, dass die zuvor durch Anwendung der MK erbrachte anteilige Rehabilitation durch alleinigen Einsatz der SDKK® selbstverständlich auch geleistet worden wäre. In Abb. 2 sind nur für MK und SDKK® die den einzelnen Verfahrensschritten zuordenbaren Leistungssteigerungen der Brunnen jeweils bezüglich der Neubauleistung auf 100 Prozent normiert grafisch dargestellt. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass sich die spezifische Ergiebigkeit der Br. 12 und 13 der Galerie Lindwerder des WW Beelitzhof nach Anwendung der MK geringfügig verringerte, obwohl – wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist – 683 L bzw. 217 L Feststoffe ausgetragen worden sind. Demgegenüber wurden anschließend mittels SDKK® nur noch 123 L bzw. 109 L Feststoffe ausgetragen und trotzdem zusätzliche Leistungsrehabilitationen von rund 30 und 14 Prozent bezogen auf den Neubauwert erzielt, bei Br. 13

Brunnenentsandung bei Neubau & Regenerierung

Beratung | Planung | Technik | Realisierung

Teftorec® GmbH | Liebrechtstraße 87d | 47445 Moers
 E-Mail: info@teftorec-gmbh.de
 Tel.: +49 28 41-1 69 56 89
 Fax: +49 28 41-1 69 56 88

Teftorec® GmbH



sogar 2 Prozent über dem Neubauwert. Ursache hierfür ist offenbar die mit der MK im äußeren Bereich der äußeren Kiesschüttung erzeugte wesentlich zu geringe Strömungsgeschwindigkeit. Während im Bereich der Bohraureole bzw. im anstehenden natürlichen Lockergestein mit der MK noch ausreichend große Geschwindigkeiten erzeugt wurden, sodass Porenverunreinigungen und sehr feines Korn aus der Bohraureole radial bis in den äußeren Filterkies befördert worden sind, war ebenda die Transportgeschwindigkeit wegen des erheblich größeren k_f -Wertes des äußeren Filterkieses viel zu klein, um dieses zunächst in Bewegung gebrachte Material auch weiter bis in das Filterrohr zu transportieren. Insofern erzeugte der MK-Einsatz in gewissem Umfang eine Reinigung der Bohraureole, verursachte aber gleichzeitig eine Kolmationsschicht in der äußersten zylindrischen Schicht des Filterkieses mit entsprechender Reduzierung der spezifischen Brunnenenergiebigkeit (Abb. 2). Dieses erneut abgelagerte Material wurde bei nachfolgender Anwendung der SDKK® ausgetragen und die Leistungsfähigkeit der Brunnen 12 und 13 wurde deutlich verbessert. Diese Erklärung wird auch durch die gemessenen Ausstragsmengen an Schlamm und Sand (Tab. 3) bekräftigt. Mit der MK wurden sehr große Mengen Schlamm und praktisch kein Sand ausgetragen und es wurde am Ende sogar eine Reduzierung der spezifischen Ergiebigkeit bewirkt. Mittels SDKK® wurden anschließend lediglich noch geringe Mengen Schlamm und zusätzlich moderate Mengen Sand ausgetragen, dadurch aber beachtliche Leistungsverbesserungen in der Ergiebigkeit erzielt. Der Vergleich der mit beiden Verfahren an allen fünf Brunnen ausgetragenen Feststoffmengen und der jeweils realisierten restlichen Feststoffaustragsraten bei Abbruch der Abschnittbehandlung in Abbildung 2 zeigt, dass mittels SDKK® erheblich mehr Feststoffe ausgetragen worden sind als mit der MK. Dabei wurde das qualitative Abbruchkriterium „restliche Feststoffaustragsrate“ mit der MK in allen Fällen scheinbar besser eingehalten als mit der SDKK®. Offenbar war die Austragsfähigkeit der MK-Funktionsstrecke ausgeschöpft, während die fortgesetzte Anwendung der SDKK®-Funktionsstrecke noch weiteren Feststoffaustrag bewirkt hätte. Beim Vergleich der erzielten Leistungsverbesserungen (Tab. 2) mit den erforderlichen und den tatsächlich realisierten Kammerförderraten der SDKK® wird offenbar, dass bei Anwendung größerer Kammerförderraten wahrscheinlich noch erhebliche Leistungsreserven aktiviert werden können, was im Rahmen der hier vereinbarten Tests aber nicht durchführbar war.

Literatur

Die komplette Literaturliste finden Sie auf:
<http://www.fachzeitschriften-vwgw.de/index.php?id=175>

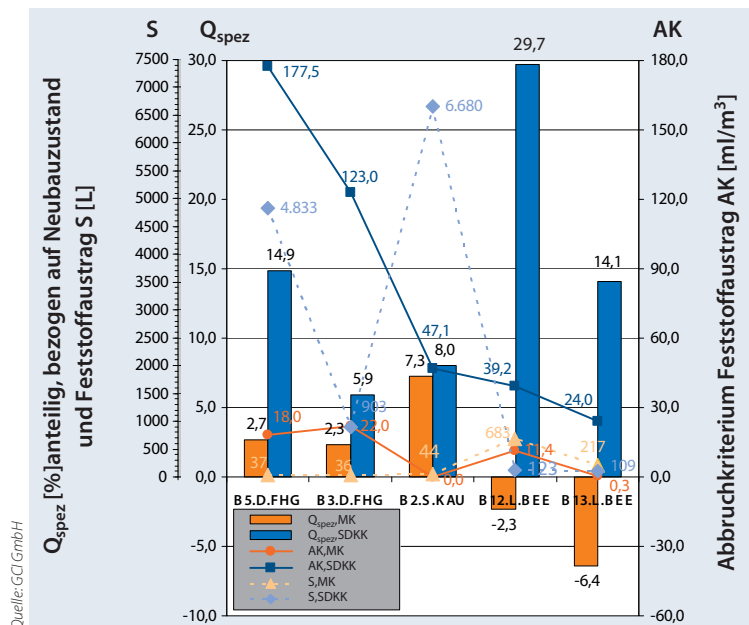


Abb. 2 Feststoffaustrag S mit der MK bis zum durchschnittlichen Abbruchkriterium AK und erzielte Änderung der spezifischen Ergiebigkeit Q_{spez} sowie entsprechende Messwerte bei anschließender Anwendung der SDKK® an den fünf Testbrunnen.

Teil 2 des Beitrags erscheint in der Januarausgabe 2010 und beschäftigt sich mit Feststoffaustragsmessung, Abbruchkriterium, Kammerförderrate, Impulseintragsfrequenz, Überschüttungshöhe, Aufwandsvergleich und Brunnenplanungsfehlern.

Autoren:

Dr.-Ing. Peter Nillert
 GCI GmbH Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft
 Bahnhofstr. 19
 15711 Königs Wusterhausen
 Tel.: 03375 294785
 Fax: 03375 294718
 E-Mail: peter.nillert@gci-kw.de
 Internet: www.gci-kw.de

Dipl.-Ing. Elke Wittstock
 Berliner Wasserbetriebe
 Wasserversorgung Wasserwirtschaft
 10864 Berlin
 Tel.: 030 8644 1412
 Fax: 030 8644 6608

E-Mail: elke.wittstock@bwb.de
 Internet: www.bwb.de



<p>Beratung Gutachten Planung Bauüberwachung Projektmanagement</p> <p>Grundwasser Hydrogeologie Wasserwirtschaft Grundwassermanagement Monitoring Altlasten Sanierung Grundwassermodellierung Softwareentwicklung</p>	<p>GCI GmbH Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft</p> <p>15711 Königs Wusterhausen, Bahnhofstraße 19 Tel. 0 33 75 / 29 47 85; Fax 0 33 75 / 29 47 18 E-Mail mail@gci-kw.de; Internet: www.gci-kw.de</p>	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--