



Hochleistungsentsandung von Vertikal- und Horizontalfilterbrunnen bei Neubau, Regenerierung und Sanierung

Mit in der Teftorec® GmbH entwickelten Intensiventnahmekammern und Impulstechnologie zur Porenraumstimulation können Vertikal- und Horizontalbrunnen auf Basis fallspezifischer Einsatzplanung bei Neubau zielgerichtet entwickelt sowie in der Brunnenpflege und –instandhaltung optimal regeneriert und saniert werden.



Mit der Entwicklung der Doppelkolbenkammer in den sich in ihrer spezifischen Wirkungsweise ergänzenden Bauformen als symmetrische Doppelkolbenkammer (SDKK®) und Doppelkolbenspaltkammer (DKSK®) stehen seit einigen Jahren sog. Intensiventnahmekammern zur Verfügung, die es ermöglichen, den Porenraum im Kornfilter und angrenzenden Aquifer in der Umgebung eines Brunnenfilterrohres planmäßig wirkungsvoll zu reinigen. Grundlage hierfür ist die strömungsmechanisch optimale Umsetzung der Kammerförderrate in ortsabhängig unterschiedliche Zuflussanteile mit entsprechenden Strömungsgeschwindigkeiten des Grundwassers in den Filter- und Sedimentporen (s. Abb. 1). Die mithilfe numerischer Modellierung der Strömungsprozesse in der GCI GmbH entwickelten Resultate angewandter Forschung /1, 2, 4/ wurden in Feldtests /3, 5, 6, 7/ bestätigt. Voraussetzung für die Porenreinigung von Filterkornschüttung und Sediment sind ausreichend hohe Transportgeschwindigkeiten des Grundwassers in den zu

reinigenden Zonen. Dies wird durch geeignete Geometrie der Intensiventnahmekammer und in Abhängigkeit von den Konstruktionsmerkmalen des Brunnen und den Sedimenteigenschaften des Aquifers bemessene Kammerförderraten gewährleistet.

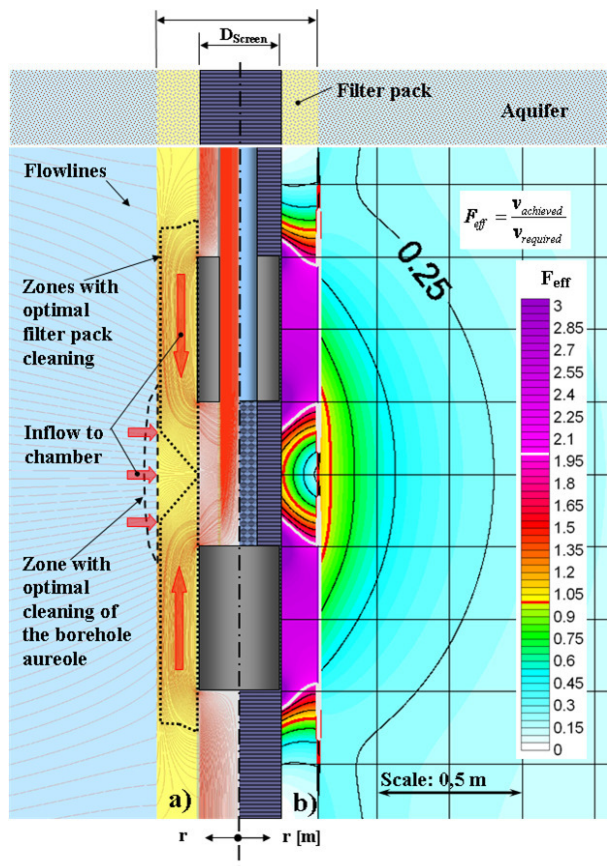


Abb. 1 Grundwasserzufluss in eine symmetrische Doppelkolbenkammer in filternaher Umgebung; links (a): Stromlinien kennzeichnen optimale Wirkungszonen für Entsandung, rechts (b): Verteilung des Wirkungsfaktors $F_{eff} > 1$ kennzeichnet Zonen ausreichend hoher Filtergeschwindigkeit für Porenreinigung.

Die in den Porenkanälen transportierten Partikel bilden Brücken und verstopfen die Transportwege, so dass Schmutz und Feinkornanteile im Porenraum verbleiben und den Feststoffaustrag behindern.

Deshalb ist es erforderlich, durch geeignete Porenraumstimulation diese Verstopfungen während des Reinigungsprozesses fortwährend aufzulösen. In Kombination mit geeigneter Impulseintragstechnik zur Porenraumstimulation gelingt es, nicht nur die Hinterfüllung eines Filterrohres mit Filterkies, -sand oder Glaskugeln optimal zu reinigen, sondern auch die abhängig vom hydraulisch wirksamen Porendurchmesser des Filtermaterials durch dessen Porenkanäle transportierbaren Sedimentanteile der Bohraureole sowie im Bohrprozess eingetragene Schmutzpartikel, Spülrückstände etc. zu entfernen. In der Bohraureole bzw. dem Übergangsbereich zum Aquifer wird dadurch ein sog. Stützkörngerüst erzeugt, das einen strömungsmechanisch moderaten Übergang von der Filterschüttung zum natürlichen Sediment des Aquifers gewährleistet. In Abhängigkeit von den Sedimenteigenschaften, der Kammerförderrate, der Impulstechnik und der Einsatzzeit dieser Hochleistungsentsandung (HLE) können auch Feinkornanteile (Schluff, Feinsand) aus dem Sediment in der radialen Bohrlochumgebung entfernt und dadurch die Zuflussbedingungen zum Brunnenfilter im Aquifer verbessert werden. Im Ergebnis der HLE können Brunnenfilter vergleichsweise zur Anwendung herkömmlicher Entsandungstechniken bessere Ergiebigkeiten und längere Lebensdauer infolge geringerer Alterungsrate erlangen.

Der Einsatz einer Doppelkolbenkammer wird in Abhängigkeit von den Aquifereigenschaften, der Brunnengeometrie und den gewünschten Ergebnissen geplant. Dabei werden die Kammergeometrie, die für verschiedene Filterabschnitte und Anwendungsphasen erforderlichen Förderraten und die für jeden Filterabschnitt zu erreichenden Qualitätsziele der Entsandung sowie die erforderlichen Abschnittbehandlungszeiten bestimmt. Auf dieser Grundlage ist bereits vor Durchführung der HLE einschätzbar, mit welchem Aufwand welche Ergebnisse wahrscheinlich erzielt werden.

Wesentlich für die Umsetzung der Vorgaben der technischen Einsatzplanung ist die Leistungsfähigkeit der Doppelkolbenkammer. Aufgrund der typischen Brunnengeometrie sind die Zuflussverhältnisse in der brunnen-nahen Umgebung einer Entnahmekammer immer von deren Position innerhalb des Filterrohres abhängig.

Besonders ungünstige Bedingungen für die Reinigung von Filter- und Sedimentporen herrschen in der Nähe von Filteroberkante und -unterkante. Um diese Nachteile auszuschalten, sind Doppelkolbenkammern der Firma Teftorec® GmbH grundsätzlich mit einer patentierten Vorrichtung zur selbststeuernden Saugstromverteilung /8/ ausgerüstet.

Doppelkolbenkammern werden seit mehr als drei Jahren in Vertikalfilterbrunnen der Nennweiten DN 175 bis DN 1000 mit Filtern aus Stahl, PVC-K, GFK und Steinzeug in Kombination mit Impulstechnologien bis in Teufen von über 200 m erfolgreich zur Entwicklung, Regenerierung und Sanierung von Filtern eingesetzt. Im Ergebnis der Regenerierung / Sanierung mittels HLE wurden die Neubaugiebigkeiten von Brunnen wieder erreicht und manchmal sogar überschritten. Bereits abgeschriebene Brunnen mit Restergiebigkeiten von 3 bis 10 % erreichten mit moderatem Behandlungsaufwand wieder 20 bis 50 % Ihrer Neubauleistung.



Abb. 2 Symmetrische Doppelkolbenkammer SDKK®-800.500 in Kombination mit am Förderrohr arretiertem hypop®-Prototyp und Standard-Version SDKK®-800.800 mit in der Kammer voll integriertem hypop®.

Bei der Anwendung von Intensiventnahmekammern in Wickeldrahtfiltern können Zuflüsse aus dem Filterrohr hinter den Kammerbegrenzungen in die Entnahmekam-

mer auftreten. Dabei strömt Brunnenwasser zwischen den Begrenzungskolben der Entnahmekammer und den aus Wickel- und Stegdrähten des Filterrohres resultierenden Hohlräumen. Durch spezielle offenporige Schaumgummidichtungen wird dies bei den Teftorec®-Kammern ausgeschlossen. Dadurch wird praktisch die gesamte Kammerförderrate in Reinigungsleistung umgewandelt.

Entscheidend für die wirtschaftliche Effizienz der HLE sind die von der Impulsfrequenz abhängige Feststoffaustragsrate und die Funktionssicherheit der Impulstechnik. Mit der *Well Screen Hydro Power Pulse* –Technologie, eine gemeinsame Entwicklung der Teftorec® GmbH und der Uraca Pumpenfabrik GmbH Co. KG, realisieren die unter Verwendung wassergetriebener Impulsgeneratoren (*hypop*®) komplettierten Doppelkolbenkammern Wasserhochdruckimpulse mit bis zu 450 bar regelbarem Impulsdruck mit einer Frequenz von 2 Hz. Nach erfolgreichen Feldtests erster Prototypen (s. Abb. 2) wurde zunächst eine Kompaktversion entwickelt, bei der die *hypop*®-Technologie in der Doppelkolbenkammer integriert ist (s. Abb. 2, oben). Im nächsten Schritt wurde die anfangs auf den Einsatz in Filternennweiten von minimal DN 300 beschränkte Impulstechnik durch konstruktive Umgestaltung in Kombination mit Doppelkolbenkammern bis zur minimalen Filternennweite von 175 mm einsetzbar gemacht. Robuste und aufgabengerechte Werkzeuge für den Einsatz im Brunnen und ausgereifte hochleistungsfähige Uraca - Hochdruckpumpen gewährleisten sicheren Maschineneinsatz und planungsgerechte Durchführung erforderlicher Arbeiten an Brunnenfiltern. Die Verwendung von reinem Wasser als Medium zur Impulsdruckerzeugung hat dabei gegenüber Gasen den Vorteil der Beschränkung auf den mechanischen Impuls, der über das Brunnenrohrwasser auf das Filterrohr und dessen Hinterfüllung sowie angrenzende Sedimente übertragen wird.

Wie bei anderen Impuls-Technologien wird bei Einsatz von *hypop*® die Lagerungsdichte der Hinterfüllung des Filterrohres erhöht. Deshalb wird das Verfahren auch separat ohne Intensiventnahmekammer bei der Brunnenerrichtung zur Konsolidierung und Verdichtung von Ringraumfüllungen angewandt.

Die Behandlung der Filterstränge von Horizontalbrunnen stellt bei der Entsandung besondere Anforderungen, da die Arbeiten regelmäßig in dem mit Wasser gefüllten Brunnenschacht mit Einsatz von Tauchern unter schwie-

rigen Arbeitsbedingungen durchzuführen sind. Die einfache Übertragung der HLE-Technologie aus Vertikalbrunnen in die Stränge von Horizontalbrunnen ist problematisch, da die komplette mehrere Meter lange Werkzeugstrecke, bestehend aus Doppelkolbenkammer mit Impulsgenerator und eingekapselter Unterwassermotorpumpe im horizontalen Strang wegen ihres Gewichts nur schwierig zu bewegen und kaum gezielt zu verorten ist. Erschwerend kann sich auswirken, dass ein Filterstrang nicht immer geradlinig verläuft und seine Achse geneigt sein kann.

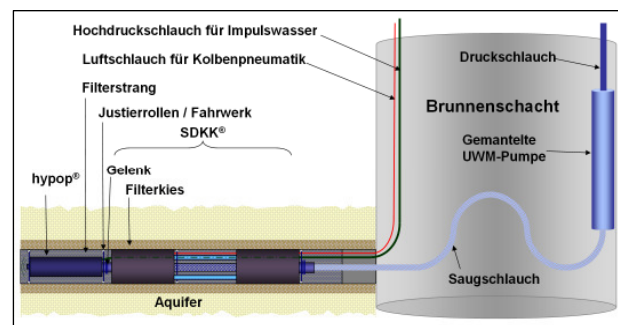


Abb. 3 Einbausituation der HLE-Technik mit flexibler Geräteachse und entkoppelter Unterwassermotorpumpe im Strang eines Horizontalfilterbrunnens.

Basierend auf langjährigen Erfahrungen bei der Pflege und Instandhaltung von Horizontalbrunnen wurde nun in der Teftorec® GmbH eine technische Lösung (s. Abb. 3) entwickelt und erfolgreich zum Einsatz gebracht, die eine wirtschaftlich effiziente und technisch praktikable HLE auch in Strängen von Horizontalbrunnen ermöglicht. Durch Anordnung einer speziellen Pumpe mit passender Ansaug- und Druckleistung im Brunnenschacht wird die Funktionsstrecke bestehend aus Doppelkolbenkammer und *hypop*®-Impulsgenerator kürzer und leichter. Der flexible Förderschlauch zwischen Kammer und Pumpe kann unter Wasser aus kurzen Schlauchstücken mit leichtgängigen Kupplungen einfach konfektioniert werden. Die im Vertikalbrunnen starr ausgeführte Doppelkolbenkammer einschließlich *hypop*® ist für den Einsatz im horizontalen Filterstrang in ihre einzelnen Glieder zerlegt und mit Gelenken versehen, die dafür sorgen, dass das gesamte Werkzeug (s. Abb. 4) auch schwierige Filterstrecken flexibel überwindet und sich die Kolben stets komplett an die Filterwand anschmiegen lassen. Da ein Strang immer von seinem Ende zum Brunnenschacht hin gereinigt wird, kann der eigentliche Filterbehandlungsprozess mittels geeigneter Zugvorrichtung kostenreduzierend weitgehend ohne Mitwirkung eines Tauchers durchgeführt werden.



Abb. 4 HLE-Geräte hypop®, SDKK®-300.600 und gemantelte UWM-Pumpe für Filterstrangentwicklung des Horizontalbrunnens der Stadtwerke Weinfeld AG in Schachen/Schweiz.

Wie bei der HLE in Vertikalbrunnen folgt die Anwendung einem detaillierten Einsatzplan, der als Ingenieurleistung zuvor anhand der Brunnenbohr- und -ausbaudaten erstellt wird und dessen Vorgaben anhand der Messergebnisse von Förderstrom, Sedimentaustragsrate, Impulsfrequenz und -druck in jedem Arbeitsabschnitt während der Behandlung fortlaufend geprüft und dokumentiert werden. Die sorgfältige Überwachung der Filterbehandlung und fachgerechte Beurteilung vor Ort durch kompetentes Personal garantieren ein technisch optimales Ergebnis bei geringstem wirtschaftlichem Aufwand durch Beschränkung der Behandlungszeit auf das technisch erforderliche Maß.

Mittels HLE-Technik wurden inzwischen mehr als 10 Horizontalbrunnen erfolgreich behandelt; darunter über fünf Jahrzehnte betriebene Brunnenbauwerke der Berliner Wasserbetriebe A. ö. R., der Linksniederrheinischen Entwässerungs-Genossenschaft und der Stadtwerke Mainz AG.

Für die Technische Betriebe Weinfeld AG (Schweiz) wurde ein von der BHG Brechtel GmbH neu errichteter, über 30 m tiefer und mit 15 Strängen in vier Etagen ausgerüsteter Horizontalbrunnen mittels HLE entwickelt. Außerordentlich gute Brunnenergiebigkeit und Qualität hinsichtlich Sedimentrestaustragsraten konnten an den Filtersträngen dadurch erzielt werden, dass bereits die Planung der Korngrößen der Hinterfüllung und der Filterschlitzweiten der im PREUSSAG-Verfahren errichteten Stränge durch Mitwirkung der GCI GmbH auf die abschließende Filterentwicklung mittels HLE abgestimmt worden sind.



SDKK®, DKSK®, hypop®, und Teftorec® sind geschützte Markenzeichen der Teftorec® GmbH

Literatur

- [1] Nillert, P. (2007): Determination of Effectiveness and Efficient Design of Desanding Tools for Well Development. National Ground Water Association, 2007 Ground Water Summit, 29.4.-3.5. 2007, Albuquerque, New Mexico, USA.
- [2] Nillert, P., Bäsler, H. & S. Fuchs (2008): Intensiventnahme bei der Brunnenentwicklung und -regenerierung. DVGW energie | wasser-praxis 04/2008, S. 22-28.
- [3] Nillert, P., Bäsler, H., Schmitz-Habben, U. & A. Wicklein (2008): Intensiventsandung von Brunnenfiltern mit der Doppelkolbenkammer. DVGW energie | wasser-praxis 05/2008, S. 29-35.
- [4] Nillert, P. (2008): Bemessung der Kammerfördertrate bei der Intensiventsandung von Brunnenfiltern. bbr 10/2008, S. 52-61.
- [5] Nillert, P. & U. Schmitz-Habben (2009): A New Approach To Development Of Water Supply Wells, American Ground Water Trust, Workshop Water Well Performance, Long Island, New York, 2009/10/16.
- [6] Nillert, P. & E. Wittstock (2009): Doppelkolbenkammer vs. Manschettenkammer bei der Intensiventsandung (Teil 1). bbr 11/2009, S. 50-55. (Teil 2). bbr 01/2010, S. 56-63.
- [7] Nillert, P. & E. Wittstock (2011): Innovationen bei Konstruktion und Entwicklung von Filterbrunnen. bbr 05/2011, S. 42-49.
- [8] PCT/DE2010/000470, E03B 3/15 (2006.01), Peter Nillert, Vorrichtung zum Aktivieren oder Reinigen von Filterrohrbrunnen.

Quellenangaben:

Abbildungen 0, 2, 4: U. Schmitz-Habben
Abbildungen 1, 3: Dr. P. Nillert

Autoren:

Uwe Schmitz-Habben

Teftorec® GmbH

Liebrechtstraße 87d

47445 Moers, Germany

Tel.: +49 28 41-1 69 56 89

Fax: +49 28 41-1 69 56 88

E-Mail: u.schmitz-habben@teftorec-gmbh.de

Internet: www.teftorec-gmbh.de

Dr. Peter Nillert

GCI GmbH

Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft

Bahnhofstr. 19

15711 Königs Wusterhausen

E-Mail: peter.nillert@gci-kw.de

Internet: www.gci-kw.de