

Brunnenentwicklung und -regenerierung mittels symmetrischer Doppelkolbenkammer in Festgesteinsgrundwasserleitern

Die Brunnenentwicklung und -regenerierung sind Maßnahmen, um die Leistungsfähigkeit eines Brunnens herzustellen bzw. nachhaltig aufrechtzuhalten. Beide zielen auf die Trennung und den Austrag von Partikeln oder Produkten im Brunnen und Brunnennahbereich ab, die den Zufluss zum Brunnen nachteilig beeinflussen. Eine Maßnahme zur Brunnenentwicklung und -regenerierung von Filterbrunnen ist die Anwendung der symmetrischen Doppelkolbenkammer „SDKK®“. Dabei wird eine hohe Strömungsgeschwindigkeit im Umfeld der Kammer erzeugt, die störende Partikel und Produkte löst und austrägt. Die Doppelkolbenkammer wird seit mehreren Jahren erfolgreich in Porengrundwasserleitern eingesetzt. Qualitative Aussagen zur Anwendbarkeit der Doppelkolbenkammer in Festgesteinsgrundwasserleitern fehlen und wurden in Feldversuchen herausgearbeitet. Die Doppelkolbenkammer wurde mit dem herkömmlichen Verfahren in dänischen Kalksteingrundwasserleitern, der Säurebehandlung, verglichen und kombiniert.

Entsandungsseih (Packerpumpe)

Doppelkolbenkammer (SDKK®/DKSK®)

Dreikolbenkammer (TriKK®)

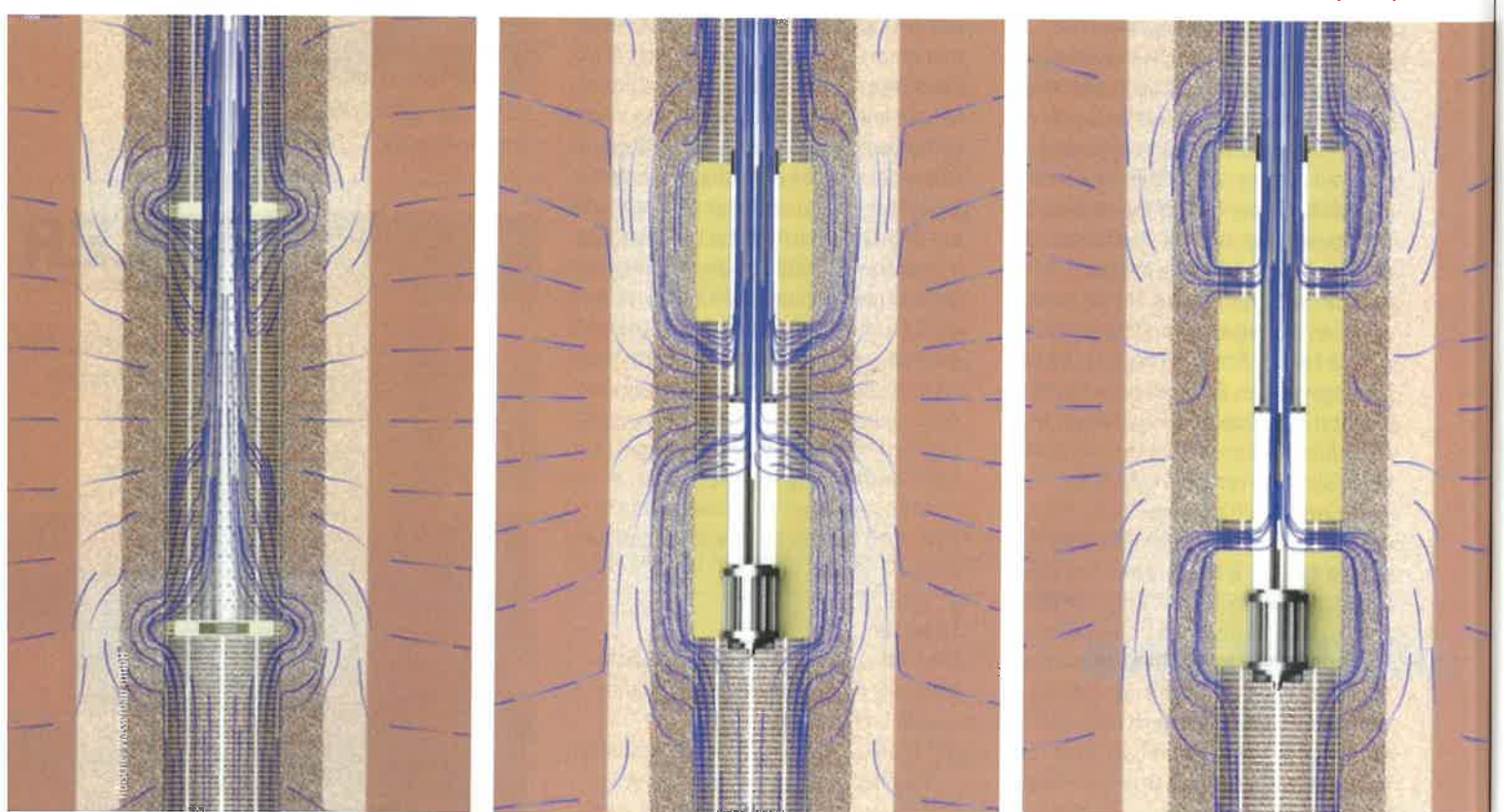


Abb. 1 – Vergleich von Entsandungsseih sowie Doppel- und Dreikolbenkammer

Für den Betrieb eines Brunnens ist es herausfordernd, die Leistungsfähigkeit über die Betriebsjahre aufrechtzuerhalten. Diese Aufgabe variiert hauptsächlich in Abhängigkeit vom Ausbau des Brunnens und seiner umgebenden Geologie. Besondere Herausforderungen sind inhomogene, anisotrope Grundwasserleiter wie beispielsweise Festgesteinsgrundwasserleiter. In Kluft- und Karstgesteinsgrundwasserleitern ist die dem Brunnen zufließende Wassermenge stark von der örtlichen Kluft- und Trennflächenausbildung abhängig und somit einer großen Streuung der Durchlässigkeit ausgesetzt. Durch lokal erhöhte Fließgeschwindigkeiten verstärken sich chemische, biologische und physikalische Prozesse, die im Brunnennahbereich und den Filtergrenzflächen verschiedene Partikel oder Produkte einlagern und somit die Ergiebigkeit nachteilig beeinflussen. Häufige Prozesse sind beispielsweise die Ablagerungen aus Eisen- und Manganverbindungen (Verockerung) und die strömungsbedingte Ansammlung von Feinpartikeln (Kolmation).

Diese Prozesse sind unerwünscht und lassen sich in ihrer Auswirkung beschränken. Die Brunnenregenerierung beschreibt Maßnahmen, die während der Betriebsjahre vorgenommen werden, um Zustand und Leistungsfähigkeit wiederherzustellen. Die Brunnenentwicklung hingegen beschreibt Maßnahmen direkt nach dem Ausbau eines Brunnens, um Partikel aus Unterkorn der Filterschüttung, Bohrspülreste und Feinpartikel aus der Geologie auszutragen.

Grundsätzlich können chemische oder mechanische Verfahren zur Brunnenentwicklung und -regenerierung angewendet werden, wobei die Verfahrensauswahl von vielen Faktoren abhängt. In Festgesteinsgrundwasserleitern werden oftmals chemische Verfahren eingesetzt. Deren Anwendung ist im Hinblick auf Umweltschutz und Arbeitssicherheit zu hinterfragen. Der Einsatz von Chemikalien ist immer ein Risiko für Mensch und Natur. Eine Alternative stellt die Doppelkolbenkammer dar, ein mechanisches Verfahren, das bereits seit mehreren Jahren erfolgreich in Porengrundwasserleitern eingesetzt wird. Deren Einsatzfähigkeit an Brunnen in Festgesteinsgrundwasserleitern wurde in Feldversuchen im dänischen Kalkstein untersucht. Dazu führte die Hölscher Wasserbau GmbH in Kooperation mit dem Kopenhagener Wasserversorger Hofor Versuche an Vertikalfilterbrunnen zur Trinkwassergewinnung durch.

Brunnenentwicklung und -regenerierung im Festgestein Säurebehandlung

In Dänemark werden Brunnen in Kalkstein hauptsächlich durch Säurebehandlung entwickelt und regeneriert. Dabei wird verdünnte Salzsäure mit oder ohne Druck in den Brunnen eingebracht und anschließend für ein bis mehrere Tage einwirken gelassen. Die Salzsäure löst eingetragene Partikel und Produkte im Brunnen, Filterkies und angrenzenden Grundwasserleiter, die anschließend mit einfachem Abpumpen aus dem Brunnen entfernt werden. Nach der Säurebehandlung ist das Wasser im Brunnen zu neutralisieren. Salzsäure eignet sich besonders zum Lösen von Verockerungen und reagiert mit dem Kalkstein selbst, was zur Erschließung neuer Fließwege führen kann.

Doppelkolbenkammer in Festgesteinsgrundwasserleitern

Im Gegensatz zur chemischen Säurebehandlung ist die Doppelkolbenkammer ein mechanisches Werkzeug zur Brunnenentwicklung und -regenerierung. Die Doppelkolbenkammer stellt dabei eine Weiterentwicklung der klassischen Intensiventnahme mittels Entsandungsseier dar. Dieser verfügt über Kammerbegrenzungen mit zwei Packern von geringer Bauteilhöhe. Im

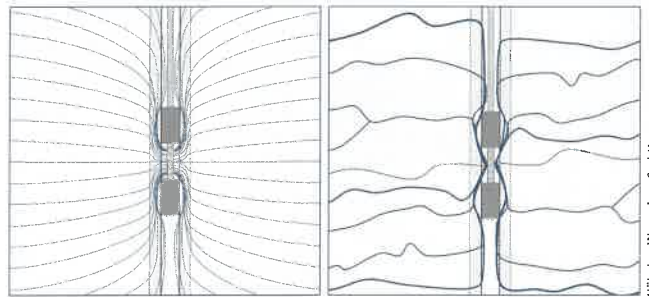


Abb. 2 – Anströmungsvergleich von Poren- und Festgesteinsgrundwasserleiter

Gegensatz dazu besteht die Doppelkolbenkammer aus einer Entnahmekammer, die von zwei Kolben größerer Bauteilhöhe umgeben ist. Eingesetzt werden zwei Ausführungen, die symmetrische Doppelkolbenkammer SDKK®, bei der die Kolbenlängen und Kammeröffnung gleich groß sind, sowie die Doppelkolbenspaltkammer DKSK®, bei der die Kammeröffnung im Vergleich zur Kolbenlänge kleiner ist. Symmetrische Doppelkolbenkammern können dabei abschnittsweise, jeweils um eine Kammerlänge versetzt, oder bewegt mit langsamem Auf- und Abfahren entlang der Filterstecke eingesetzt werden. Der bewegte Einsatz vermehrt die Fließrichtungswechsel des zuströmenden Wassers während des Kammerbetriebes in der Filterschüttung und dem Brunnennahbereich. →



Gemeinsam für mehr Wasser









STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH
Tel.: 05244 / 407-0
www.stuewa.de

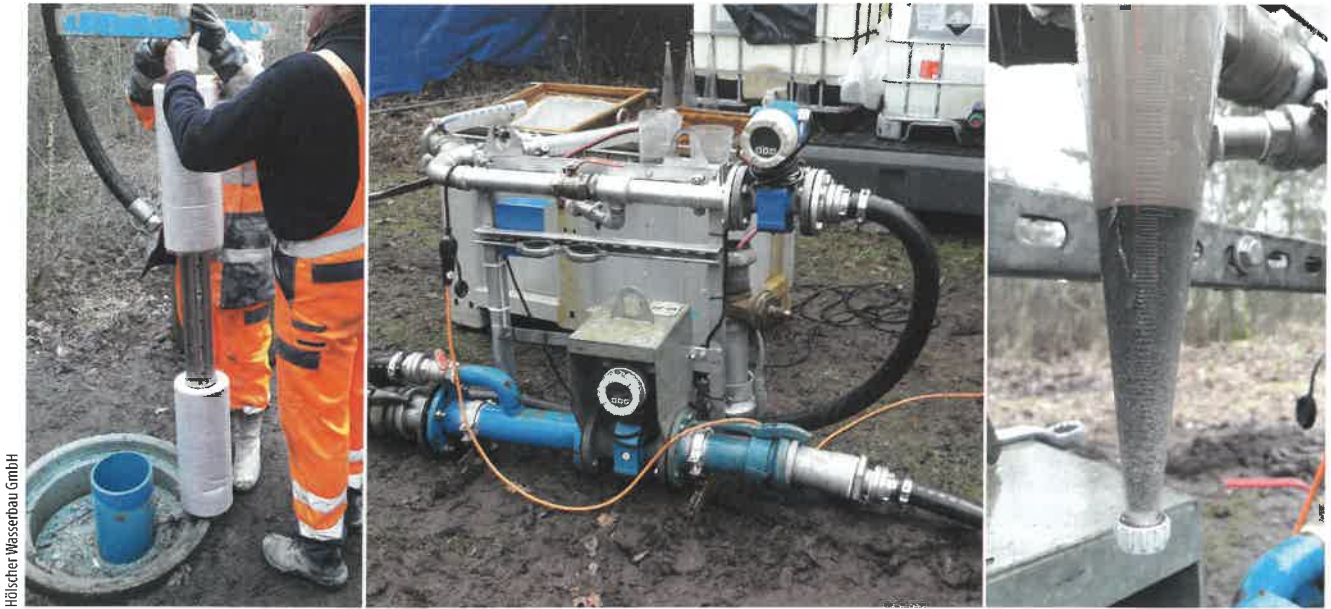


Abb. 3 – Doppelkolbenkammer (links), Messvorrichtung (mitte) und Imhofftrichter (rechts)

Aufbauend auf den Erkenntnissen und Erfahrungen mit der Doppelkolbenkammer wurde für Anwendungsfälle, in denen ein bewegter Kammereinsatz vielversprechend ist, die Dreikolbenkammer TriKK® entwickelt. Diese zeichnet sich durch ihr Dreipackersystem mit zwei relativ kleinen Kammeröffnungen aus. Die verschiedenen Kammer Systeme sind in Abbildung 1 illustriert.

In den Feldversuchen ist die symmetrische Doppelkolbenkammer SDKK® verwendet worden, die im Folgenden näher vorgestellt wird. Eine Pumpe, die mit der Doppelkolbenkammer verbunden ist, erzeugt im Bereich der Kammeröffnung eine hohe Förderrate, die dazu führt, dass Wasser aus dem Brunnenraum und dem Grundwasserleiter durch den Filterkies zur Kammer strömt. Die dabei erzeugte Strömungsgeschwindigkeit muss ausreichend groß sein, um in den Filterkies eingetragene Partikel zu mobilisieren und zur Kammer zu transportieren. Hauptsächlich strömt Wasser vertikal entlang der Kolben zur Kammer, da der Filterkies wesentlich durchlässiger ist als der Grundwasserleiter. In Abbildung 1 ist dies anhand der Stromlinien des Kammerzuflusses der dargestellten Intensiventnahmekammern verdeutlicht. Abbildung 2 zeigt einen qualitativen Vergleich zwischen der Kammeranströmung im Porengrundwasserleiter (links) und klüftigen Festgesteinsgrundwasserleiter (rechts).

Zum Equipment der Doppelkolbenkammer zählt eine Messvorrichtung zur quantitativen Erfassung der Partikelausträge. Mit dieser ist eine Teilstromentnahme während der Verfahrensanwendung möglich. Dabei wird eine bestimmte Wassermenge über ein Sieb zum Auffangen von Feinpartikeln geleitet. Nach einem definierten Messintervall werden die Feststoffe in einen Imhofftrichter gefüllt. Hier können nach Absetzen der Partikel Kies-, Sand- und Schlammteilchen quantitativ bestimmt werden. Abbildung 3 zeigt die verwendete Doppelkolbenkammer, die Messvorrichtung und einen gefüllten Imhofftrichter.

Die Doppelkolbenkammer wird häufig mit einem Impulsgenerator kombiniert. Durch kontinuierlichen Impulseintrag wird das Korngefüge stetig stimuliert, sodass störende Partikel oder Produkte möglichst vollständig entfernt werden können. Der Impuls wird durch Wasser- oder Gaskomprimierung erzeugt. In den Feldversuchen wurde die Doppelkolbenkammer mit und ohne Impuls betrieben. Für die Versuchsteile mit Impuls wurde dieser mittels Gaskomprimierung erzeugt.

Die Reinigungs- und Tiefenwirkung der Doppelkolbenkammer ist abhängig von dem Durchlässigkeitskontrast, der das Verhältnis der Durchlässigkeiten zwischen Filterschüttung und Grundwasserleiter beschreibt. Mit steigendem Durchlässigkeitskontrast nimmt der vertikale Zufluss zur Kammer entlang der Kolben zu. Gleichzeitig nimmt die Tiefenwirkung in den angrenzenden Grundwasserleiter und Filterkies ab. Typische Durchlässigkeitskontraste liegen zwischen 20 und 60 in Porengrundwasserleitern [1]. In Festgesteinsgrundwasserleitern sind meist höhere Durchlässigkeitskontraste zu erwarten, da die Stützung des Korngerüsts mit der Filterschüttung nicht primär ist und so oftmals grobe Korngruppen gewählt werden. Auf Grundlage des Durchlässigkeitskontrastes in Verbindung mit dem vorhandenen Brunnenausbau und dem einsetzbaren Equipment ist die zu realisierende Kammerförderleistung zu bestimmen. Erschwert wird die Dimensionierung in Festgesteinsgrundwasserleitern durch den inhomogenen Bodenaufbau, der den Durchlässigkeitsbeiwert bzw. -kontrast beeinflusst.

Untersuchungsmethodik

Untersuchungsprogramm

Die Einsatzfähigkeit der Doppelkolbenkammer in Festgesteinsgrundwasserleitern wurde an zwei Vertikalfilterbrunnen im dänischen Kalkstein untersucht. Die beiden etwa zehn Jahre alten Brunnen hatten einen Teil ihrer ursprünglichen Leistungsfähigkeit verloren. Hauptsächlich wurde der Zufluss zum Brunnen durch den Eintrag von feinen Kalkpartikeln vermindert. Der Brunnenausbau und die Schichtung sind in Abbildung 4 dargestellt.

In Feldversuchen wurde die Doppelkolbenkammer als Alternative und als mögliche Kombination zu dem örtlich verwendeten Verfahren zur Brunnenregenerierung, der Säurebehandlung, getestet. Das Untersuchungsprogramm für die zwei Brunnen (B1, B2) ist in Abbildung 5 dargestellt. Ziel war es, zwei Fragestellungen zu untersuchen:

- „Doppelkolbenkammer in Kombination“: Welcher zusätzliche Regenerierungseffekt ist durch Anwendung der Doppelkolbenkammer (mit Impuls) nach der Säurebehandlung erzielbar?
- „Doppelkolbenkammer als Alternative“: Welcher Regenerierungseffekt ist durch den alleinigen Einsatz der Doppelkolbenkammer (mit Impuls) erzielbar? Führt eine nachträgliche Säurebehandlung zu einer weiteren Leistungssteigerung?

Die erste Fragestellung ist an beiden Brunnen untersucht worden. Nach der Säurebehandlung sind beim Brunnen B1 zwei Regenerierungsstufen, die Doppelkolbenkammer und die Doppelkolbenkammer mit Impuls, beim Brunnen B2 eine Regenerierungsstufe mit der Doppelkolbenkammer durchgeführt worden. Die zweite Fragestellung konnte am Brunnen B2 beantwortet werden, an dem umgekehrt zum Brunnen B1 der Einsatz der Doppelkolbenkammer und der Doppelkolbenkammer mit Impuls vor der Säurebehandlung stattfand.

Vor der eigentlichen Regenerierung fand jeweils eine Vorreinigung der Brunnen durch Bürsten, Schockpumpen und Luftheben statt. Durch die Vorreinigung wurden die Filterschlitz grob gereinigt und Auflandungen im Brunnenumpf entfernt. So ist bereits ein Teil der störenden Partikel ausgegungen worden.

Der Erfolg eines Regenerierungsschrittes wurde mit einer Kamerabefahrung und einem Leistungspumpversuch dokumentiert und ausgewertet. Die Kamerabefahrung dient der Zustandsaufnahme des Brunneninnenraums und der Leistungspumpversuch gibt Rückschlüsse auf die Ergiebigkeit des Brunnens.

Erfolgskontrolle

Die Leistungspumpversuche wurden in drei Stufen ($Q = 5, 10, 15 \text{ m}^3/\text{h}$) mit anschließender Messung des Wiederanstieges durchgeführt. Der Verlauf des Wasserspiegels wurde mit einem Datenlogger fünfsekündlich aufgezeichnet.

Aus dem Auftrag der Absenkung am Ende einer Pumpstufe und der dazugehörigen Förderrate folgt eine Leistungskurve pro Pumpversuch, welche Rückschlüsse auf die spezifischen Absenkungen gibt. Die gesamte Absenkung (s_{tot}) während eines Pumpversuches setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Der aquiferspezifischen Absenkung (s_{aqu}) und der brunnen-spezifischen Absenkung (s_{br}) [3]:

$$s_{\text{tot}} = s_{\text{aqu}} + s_{\text{br}} = BQ + CQ^2 \quad (1)$$

Die aquiferspezifische Absenkung beschreibt laminare Druckverluste durch die Anströmung zum Brunnen, aus beispielsweise den hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters (z. B. Transmissivität) im Brunnennahbereich. Berücksichtigt werden diese Verluste in dem Proportionalitätsfaktor B [h/m^2]. Die brunnen-

spezifische Absenkung beschreibt turbulente Druckverluste aus beispielsweise Reibungsverlusten und Eintrittswiderständen. Ausgedrückt werden diese durch den Faktor C [h^2/m^5], der eine brunnen-spezifische Konstante und einen Faktor für Turbulenzen enthält [3].

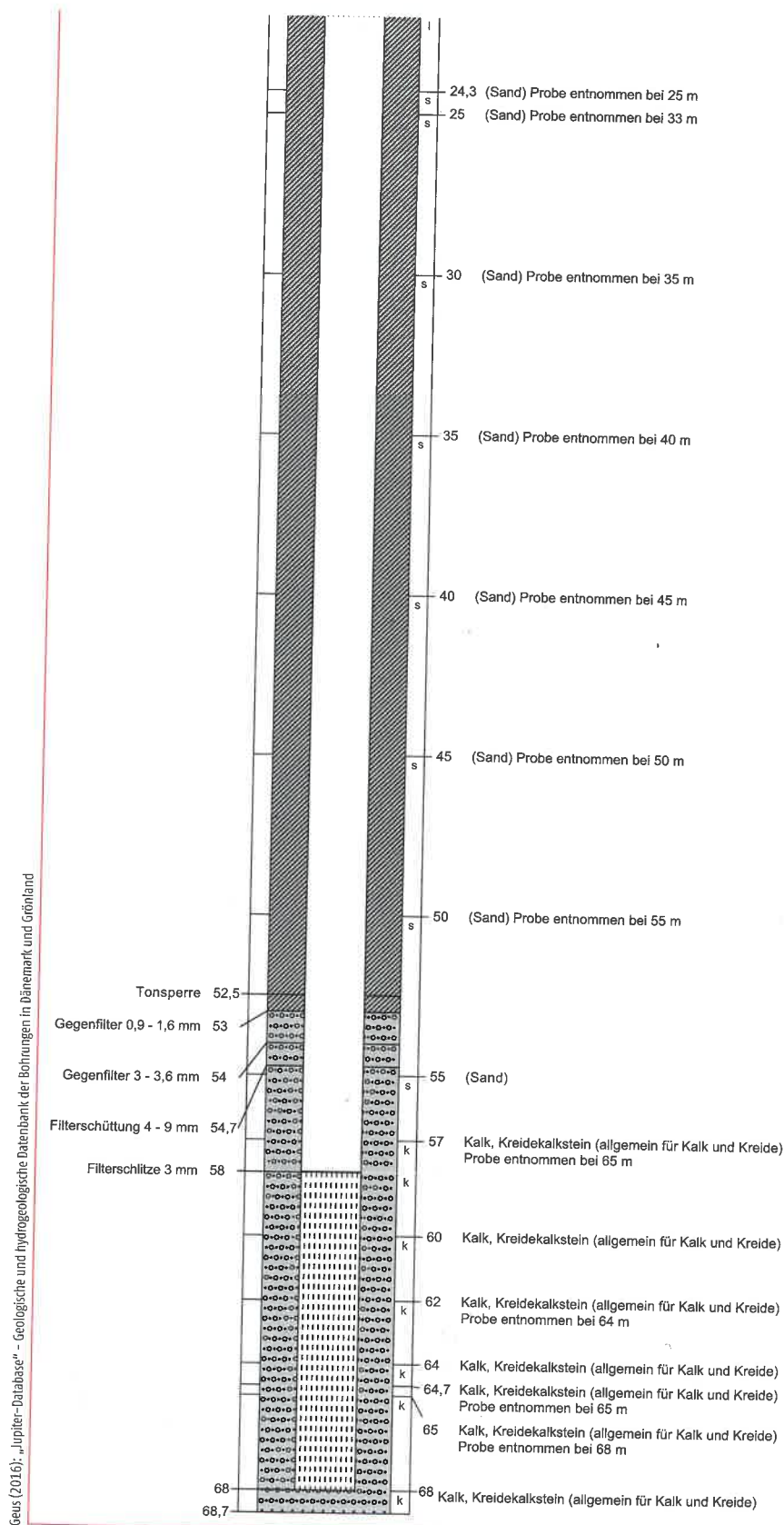


Abb. 4 - Brunnenausbau B1

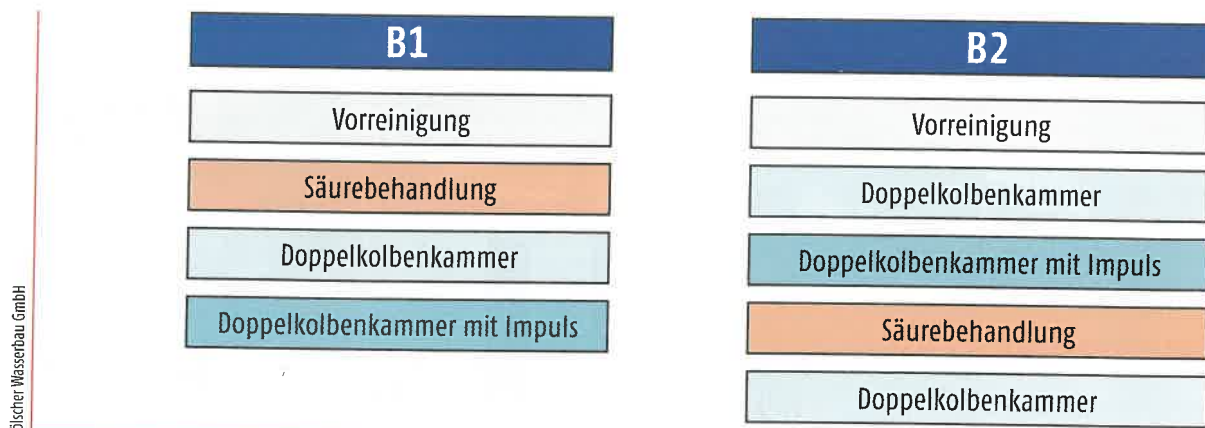


Abb. 5 – Untersuchungsprogramm zur Einsatzfähigkeit der Doppelkolbenkammer

Weiterhin wurden die Transmissivitäten und die spezifischen Ergiebigkeiten pro Pumpstufe und Pumpversuch bestimmt und mit einem ersten Pumpversuch vor Beginn der Regenerierungen verglichen. Die Veränderungen in den spezifischen Ergiebigkeiten sind für alle drei Pumpstufen in einem durchschnittlichen Wert darstellt.

Resultate und Diskussion der Feldversuche

Im Weiteren werden die Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die spezifische Ergiebigkeit und die Veränderungen in den laminaren und turbulenten Druckverlusten, ausgedrückt in den Faktoren B und C, dargelegt.

Die ersten Untersuchungen am Brunnen B1 der „Doppelkolbenkammer in Kombination“ mit der Säurebehandlung legen dar, dass mit Doppelkolbenkammer und Doppelkolbenkammer mit Impuls nach der Säurebehandlung die Leistung weiter gesteigert und hauptsächlich turbulente Druckverluste reduziert werden konnten (Abb. 6). Nach der Säurebehandlung konnte die spezifische Ergiebigkeit im Vergleich zum Ausgangstest um 56,5 % gesteigert werden. Dieser Wert entspricht den Erfahrungen mit Säurebehandlungen an vergleichbaren Brunnen.

Der zusätzliche Einsatz der Doppelkolbenkammer steigerte die spezifische Ergiebigkeit auf 81,9 %, der Einsatz der Doppelkolbenkammer mit Impuls sogar auf über 100 %. Somit konnte am Brunnen B1 das Regenerierungsergebnis mit der Doppelkolbenkammer in Kombination mit der Säurebehandlung fast verdoppelt werden.

Wird die Entwicklung der laminaren und turbulenten Druckverluste über die Regenerierungsstufen betrachtet, lässt sich erkennen, dass sich die Säurebehandlung vor allem in der Reduzierung des Proportionalitätsfaktors B auswirkt. Die Anwendungen mit der Doppelkolbenkammer wirken sich vorwiegend auf den Turbulenzfaktor C aus.

In der Reduzierung der laminaren Druckverluste nach der Säurebehandlung in Verbindung mit weiteren Reduzierungen der turbulenten Druckverluste durch Anwenden der Doppelkolbenkammer (mit Impuls) wird deutlich, dass verfahrensbedingt Partikel mit der Säurebehandlung gelöst werden, allerdings durch einfaches Auspumpen nicht vollständig ausgetragen werden können. Dafür eignet sich dann die Anwendung der Doppelkolbenkammer, mit der im Filterkies hohe Strömungsgeschwindigkeiten erzeugt werden. Bei Anwendung des Impulses können

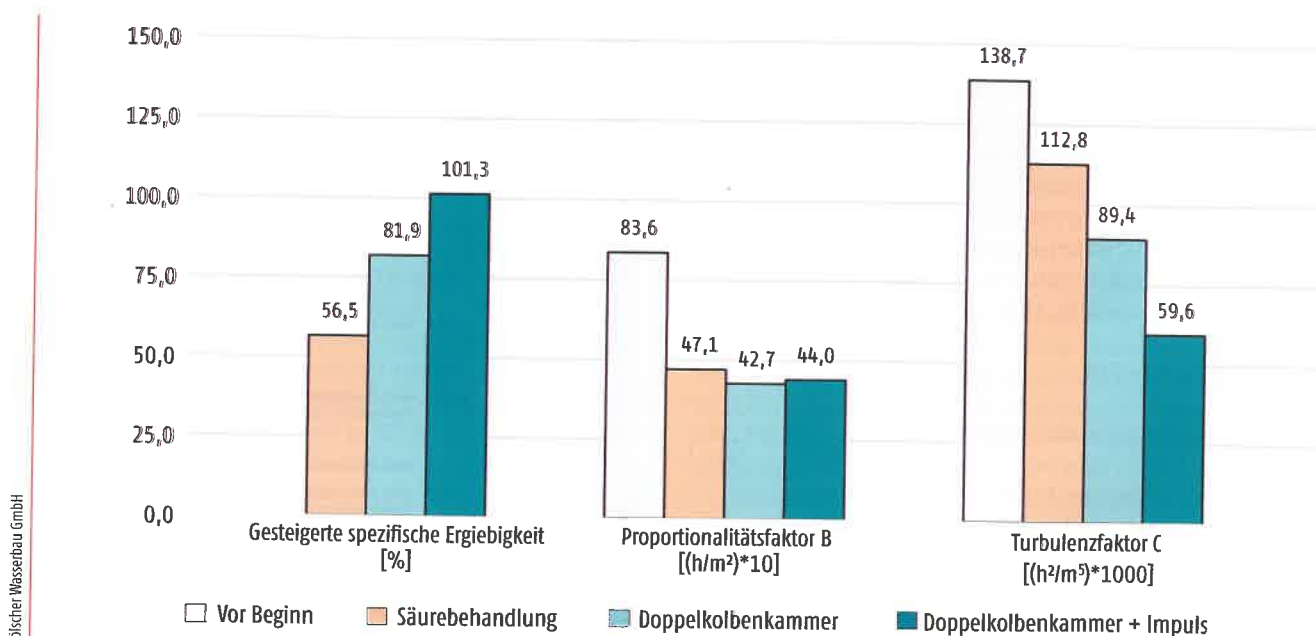


Abb. 6 – Ergebnisse der Feldversuche am Brunnen B1

» Der Einsatz der Doppelkolbenkammer wie auch der Doppelkolbenkammer mit Impuls stellten in den Untersuchungen eine Alternative zur Säurebehandlung dar, wobei der Erfolg einer Säurebehandlung annähernd erreicht wurde. «

zusätzlich durch eine stetige Stimulierung des Korngefüges in Verbindung mit einer hohen Förderrate weitere blockierende Partikel ausgetragen und somit die turbulenten Druckverluste weiter abgebaut werden.

Optisch verdeutlicht wird der Regenerierungserfolg an Abbildung 7, in der die Kamerabefahrungen vor der Regenerierung und nach den einzelnen Regenerierungsschritten abgebildet sind. Anfangs waren die Filterschlitzte vor allem im unteren Brunnenbereich komplett verschlossen. Mit der Vorreinigung konnten die blockierenden Partikel dort nur im geringen Maße entfernt werden. Die Säurebehandlung (engl. Acid Treatment) sorgte zwar dafür, dass sich die Filterschlitzte wieder öffneten, die störenden Partikel wurden jedoch nicht entfernt. Die Behandlung mit der Doppelkolbenkammer und der Doppelkolbenkammer mit Impuls brachte dann die komplette Reinigungswirkung und entfernte die störenden Partikel.

Die Hypothesen aus den Ergebnissen am Brunnen B1 sollten am Brunnen B2 überprüft werden. Hier wurden erst die Regenerierungen mit der Doppelkolbenkammer und der Doppelkolbenkammer mit Impuls vor der Säurebehandlung durchgeführt. Anschließend fand eine Nachbehandlung durch die Doppelkol-

benkammer statt (Abb. 8). Es zeigte sich, dass durch Anwendung der Doppelkolbenkammer nach der Säurebehandlung die spezifische Ergiebigkeit nochmals stark von 84,3 auf 142,1 %, basierend auf den Ausgangstest, verbessert werden konnte. Die Auswertung hinsichtlich der laminaren und turbulenten Verluste gestaltete sich aufgrund geringer Absenkungen im Brunnen zum Ende der Regenerierungsstufen schwierig. Die Säurebehandlung wirkte sich vorwiegend auf die turbulenten und die Behandlung mit der Doppelkolbenkammer auf die laminaren Verluste auf. Dies ist entgegengesetzt zu den Erkenntnissen aus den Versuchen beim Brunnen B1. Dieses Verhalten muss bei weiteren Regenerierungen der kombinierten Anwendung weiter untersucht werden.

Insgesamt kann die erste Fragestellung insoweit positiv beantwortet werden, dass die Doppelkolbenkammer (mit Impuls) eine zusätzliche Regenerierungswirkung nach einer Säurebehandlung von bis zu 100 % bezogen auf den Erfolg mit der Säurebehandlung bringen kann.

Die Einsatzfähigkeit der „Doppelkolbenkammer als Alternative“ zur herkömmlichen Säurebehandlung wurde an Brunnen B2 getestet. Durch alleinigen Einsatz der Doppelkolben-



Kompakte Informationen:
www.bbr-online.de
www.facebook.de/bbrfachmagazin

-bbr

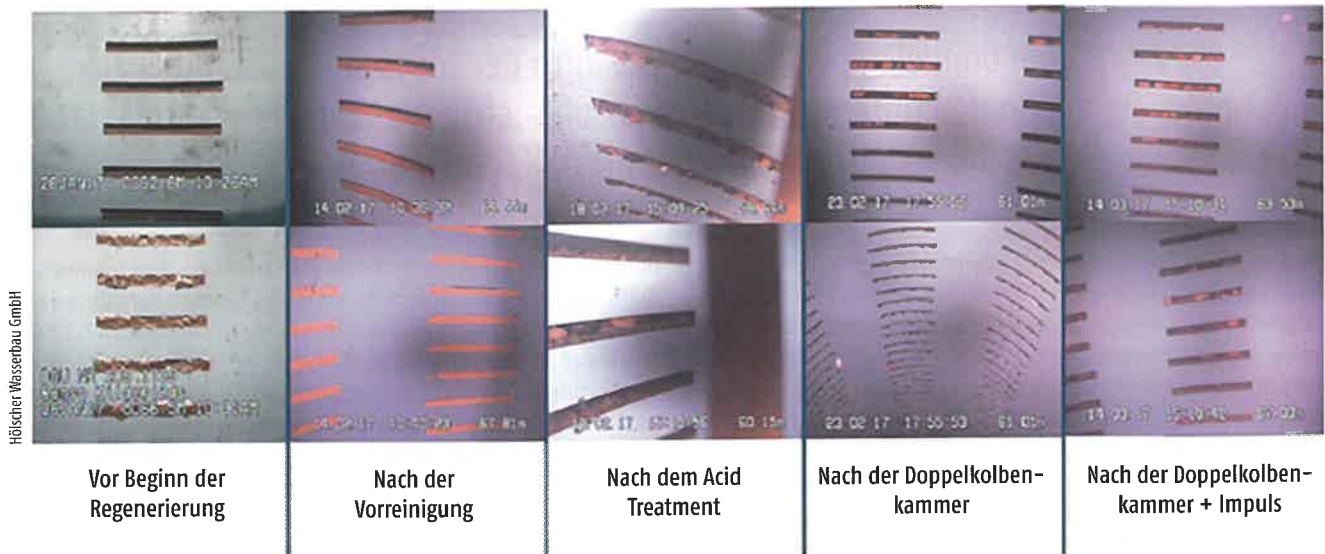


**VEROCKERUNGEN?
 NICHT MIT FERMANOX.**

- **Eisen- und manganfreies Grundwasser**
 direkt aus dem Brunnen - einfach effizient
- **Keine Ablagerungen und Verockerungen**
 Brunnen, Pumpen, Rohre - alles bleibt sauber
- **Ihr kompetenter Partner**
 30 Jahre Erfahrung - 10.000 Anlagen

Winkelkemper GmbH
 Fon: +49 (0) 2523 / 7408
 Mail: info@fermanox.de

FERMANOX
 WASSERAUFBEREITUNG



Hölscher Wasserbau GmbH

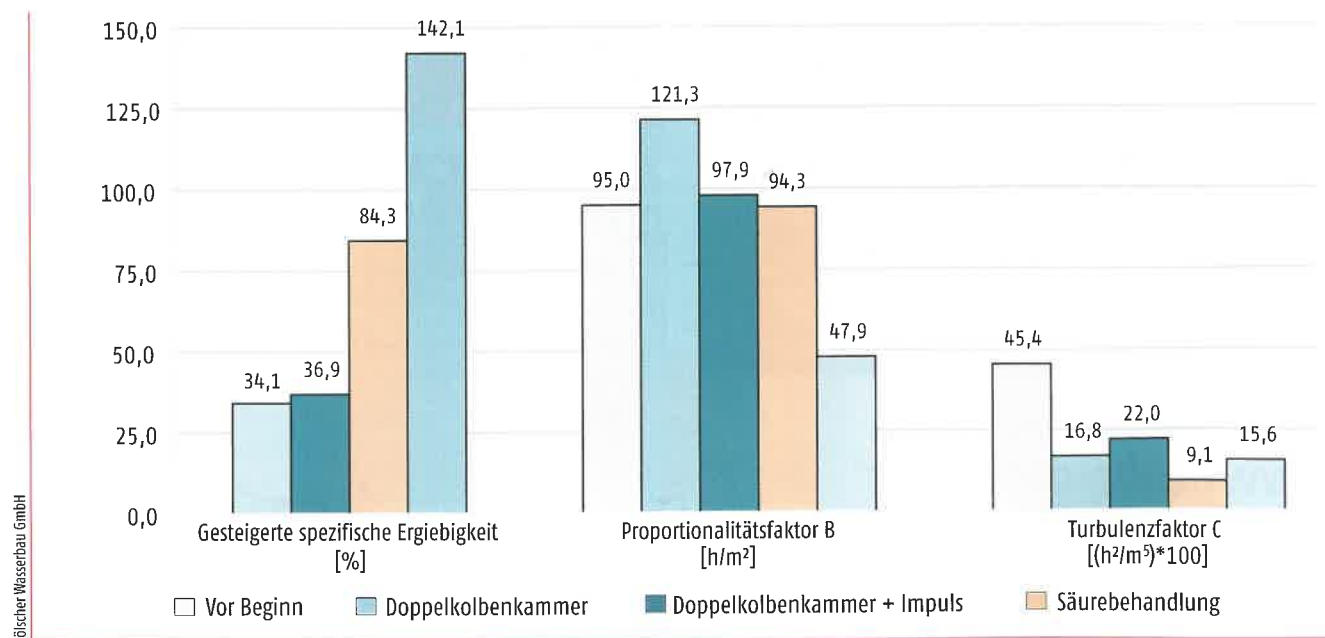
Abb. 7 – Ergebnisse der Kamerabefahrungen am Brunnen B1

kammer wurde eine Leistungssteigerung von 34,1 % erzielt. Nach Anwendung der Doppelkolbenkammer mit Impuls verbesserte sich der Wert auf 36,9 % (Abb. 8). Durch den alleinigen Einsatz der Doppelkolbenkammer (mit Impuls) konnten vor allem turbulente Druckverluste, ausgedrückt in dem Faktor C, reduziert werden. Dies zeigt, dass die hohe Strömungsgeschwindigkeit dazu geführt hat, dass störende Partikel aus der Filterschüttung ausgetragen werden konnten.

Durch eine Säurebehandlung nach der Doppelkolbenkammer und der Doppelkolbenkammer mit Impuls konnte die Leistung auf 84,3 % gesteigert und turbulente und laminare Druckverluste abgebaut werden. Die Reduzierung der laminaren Druckverluste, ausgedrückt in dem Faktor B, deutet auf eine Verbesserung der Eigenschaften des Grundwasserleiters im Brunnennahbereich hin und zeigt auf, dass die Säurebehandlung zu einer Trennung von Partikeln bzw. zu einer Erschließung neuer Fließwege geführt hat.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der alleinige Einsatz der Doppelkolbenkammer und der Doppelkolbenkammer mit Impuls dem alleinigen Einsatz der Säurebehandlung leicht unterlegen ist, jedoch annähernd ähnliche Erfolgsquoten bringt. Die Wirkungsfähigkeit der Doppelkolbenkammer zielt dabei hauptsächlich auf die Entfernung von Partikeln aus dem Brunnennahbereich und der Filterschüttung ab, die turbulente Brunnenverluste verursachen. Neue Erschließungswege und damit die Durchlässigkeitssteigerung des Grundwasserleiters werden mit der Säurebehandlung erschlossen bzw. gesteigert. Eine Kombination beider Methoden stellt somit den maximalen Erfolg der Feldversuche dar, wobei die Säurebehandlung der Doppelkolbenkammer (mit Impuls) vorzuschalten ist.

Inwieweit diese Aussagen allgemeingültig sind, muss weiter untersucht werden. Gerade in Festgesteinsgrundwasserleitern gibt es durch den inhomogenen Bodenaufbau viele Faktoren, wie die Klüftigkeit, die die Regenerierungsleistung beeinflussen.



Hölscher Wasserbau GmbH

Abb. 8 – Ergebnisse der Feldversuche am Brunnen B2

Zusammenfassung und Ausblick

Verschiedene Alterungsprozesse reduzieren die Leistungsfähigkeit eines Brunnens und setzen den Zustand herab. Durch regelmäßige Regenerierungen lassen sich diese Prozesse in ihren Auswirkungen beschränken.

In Feldversuchen wurde der Einsatz der Doppelkolbenkammer zur Regenerierung von Vertikalfilterbrunnen im dänischen Kalkstein untersucht und mit dem herkömmlichen Verfahren, der Säurebehandlung, verglichen. Dabei wurde die Einsatzfähigkeit der Doppelkolbenkammer in Kombination und als Alternative zum herkömmlichen Verfahren getestet.

Der Einsatz der Doppelkolbenkammer wie auch der Doppelkolbenkammer mit Impuls stellten in den Untersuchungen eine Alternative zur Säurebehandlung dar, wobei der Erfolg einer Säurebehandlung annähernd erreicht wurde. Es konnte weiterhin aufgezeigt werden, dass eine Kombination beider Regenerierungsverfahren die Leistungsfähigkeit weiter verbessert. Gerade die Kombination aus Säurebehandlung und anschließender Doppelkolbenkammer führt zu einer Trennung von störenden Partikeln und Produkten und zu einem anschließenden vollständigen Austrag. Diese Kombination kann dazu führen, dass die Regenerierungshäufigkeit im Lebenszyklus reduziert wird, Kosten eingespart werden und die Umwelt weniger häufig belastet werden muss.

In weiteren Untersuchungen sind die Ergebnisse zu verifizieren und die Feldversuche zu variieren. Die Anwendung der Doppelkolbenkammer kann durch Modifikation der Werkzeuggeometrie und der Art der Anwendung optimiert werden. Weiterhin ist ein kombinierter Einsatz mit einer reduzierten Säuremenge denkbar.

Literatur

- [1] Nillert, P., Bäsler, H. & Fuchs, S. (2008): Intensiventnahme bei der Brunnenentwicklung und -regenerierung. DVGW energie | wasserpraxis, S. 22–28.
- [2] Geus (2016): „Jupiter-Database“ – Geologische und hydrogeologische Datenbank der Bohrungen in Dänemark und Grönland.
- [3] Houben, G. & Treskatis, C. (2012): Regenerierung und Sanierung von Brunnen. 2. aktualisierte u. erg. Aufl. München: Oldenbourg Industrieverlag.

Autoren

Henrik Koers
Johannes Müller
Institut für Geotechnik im Bauwesen, RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: 0241 80 25258
koers@geotechnik.rwth-aachen.de
www.geotechnik.rwth-aachen.de

André Arens
Hölscher Wasserbau GmbH
Kallenbergstr. 24
45141 Essen
Tel.: 0201 8311-624
arens@hoelscher-wasserbau.de
www.hoelscher-wasserbau.de



www.brunnenfilter.de

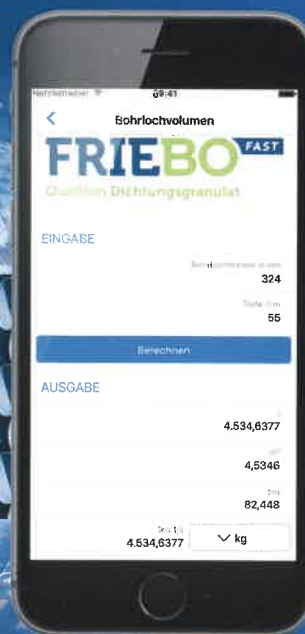
JOHANN STOCKMANN
BRUNNEN-IQ



JOHANN STOCKMANN

Kompetenz verbindet

Immer auf dem neusten Stand:
JOHANN STOCKMANN BRUNNEN-IQ –
die App für den Brunnenbau.



JOHANN STOCKMANN Brunnenfilterbau · Bartholomäusstraße 3 · 48231 Warendorf
T +49 2584 - 93 00 0 · F +49 2584 - 93 00 40 · info@brunnenfilter.de