

Brunnenentwicklung mit neu entwickeltem Düsenrotationsaggregat

Die Landeswasserversorgung Baden-Württemberg betreibt 204 Brunnen im Fassungsgebiet Niederstotzingen bei Ulm. Die Brunnen sind in sechs Fassungen unterteilt. Seit über 100 Jahren liefern die Brunnen aus der Fassung 1 bis zu 800 l/s Wasser. Voruntersuchungen an den Brunnen ergaben starke Korrosionsschäden am Ausbau – mit entsprechendem Handlungsbedarf. Die Landeswasserversorgung entschied sich schließlich für eine Komplettsanierung durch Überbohren und Neuausbau. Bei der folgenden Entwicklung kam für drei Brunnen testweise ein neu konstruiertes Düsenrotationsaggregat zum Einsatz. Der Artikel beschäftigt sich mit dem Ergebnisvergleich der Brunnenentwicklungen.

Das württembergische Donauried ist einer der bedeutendsten Grundwasserspeicher im Land; er fasst rund 1 Mrd. m³. Der im Winterhalbjahr aufgefüllte Wasservorrat steht in den heißen Sommermonaten mit hohem Wasserbedarf zur Verfügung.

Das Grundwasser aus dem Donauried stellt das wichtigste Standbein für die Versorgung der Verbandsmitglieder der Landeswasserversorgung Baden-Württemberg mit Trinkwasser dar. Die zentrale Verteilung und Aufbereitung im Bedarfsfall erfolgen im

Brunnensanierung der Fassung 1



Wasserwerk Langenau. Das Grundwasservorkommen im württembergischen Donauried hat sein Einzugsgebiet auf der nordwestlich des Riedes gelegenen Hochfläche der Schwäbischen Alb. Der auf der Schwäbischen Alb versickernde Niederschlag strömt in weitverzweigten unterirdischen Klüften und Spalten dem Donauried zu. Das mittlere Alter des Karstgrundwassers im Donauried liegt bei rund zwölf Jahren [1].

Die Landeswasserversorgung Baden-Württemberg betreibt 204 Brunnen im dortigen Fassungsgebiet Niederstotzingen bei Ulm. Die Brunnen sind in sechs Fassungen unterteilt. Die 49 Brunnen der Fassung 1 wurden in den Jahren 1912 und 1913 gebohrt und gingen bereits 1916 in Betrieb. Die Dimensionierung (1000/500) rührt wohl von der früheren Auffassung her, dass Brunnen mit relativ geringmächtigem Aquifer einen großen Bohrdurchmesser – sozusagen als „Speichervolumen“ – haben müssen. Die Brunnen liefern seit über 100 Jahren bis zu 800 l/s Wasser, wobei sie im energiesparenden Heberprinzip arbeiten. Sofern das Wasser einmal angesaugt ist, benötigt dieses Heberprinzip keine Brunnenpumpen und spart somit enorme Betriebskosten. Voruntersuchungen an diesen Brunnen der Fassung 1 ergaben starke Korrosionsschäden am Ausbau (Abb. 1).

» Der Praxisvergleichstest wurde an sechs in Reihe liegenden Brunnen durchgeführt. «

Es bestand also Handlungsbedarf, um ein Kollabieren der Förderbrunnen zu verhindern. Nach Abwägung der beiden Sanierungsvarianten kostengünstige Sanierung durch Einschubverrohrung (a) und Komplettsanierung durch Überbohren und Neuausbau (b), entschied sich die Landeswasserversorgung bei diesen bereits nachweislichen Jahrhundertbauwerken [2] zur Durchführung der Variante b.

Ausschreibung

Nach landesweiter Ausschreibung erhielt der günstigste Bieter, die Firma Eder Brunnenbau GmbH, den Zuschlag zur Generalsanierung von 23 Brunnen in der Fassung 1. Als Methode zur Brunnenentwicklung wurde das Druckwellenimpulsverfahren (DWI) mit Wasserhochdruck, kombiniert mit nachfolgendem abschnittswisen Intensiventsanden gemäß DVGW-Merkblatt W 119 [3] ausgeschrieben. Die Firma Etschel Brunnenservice wurde als Subunternehmer durch die Eder Brunnenbau beauftragt, um die Brunnenentwicklung mit dem DWI-Verfahren und die abschließenden TV-Abnahmen durchzuführen. Der Ausführungszeitraum wurde für die Jahre 2012 und 2013 festgelegt.

Vorbemerkungen

Beim Entwickeln und Regenerieren von Brunnen wurde beobachtet, dass die bis heute gängigen Verfahren wie Kolben, Schocken und/oder partielles Entsanden nach DVGW W 119 und übliche Druckwellenimpulsverfahren oft nicht ausreichen, um einen neu ausgebauten Brunnen optimal zu entwickeln bzw. einen älteren optimal zu regenerieren und dabei gleich mit nachzuentwickeln. Es ist jedoch bei reinen Regenerierungen nicht immer, sondern nur für den Fall tiefsitzender Verockerung oder Versandung, erforderlich, mit der Wirkung der angewendeten



Fa. Etschel Brunnenservice GmbH

Abb. 1 – Korrosionsschäden am Ausbau

Gerätekomponenten bis tief ins anstehende Gebirge zu gelangen. Oft reichen schon Eindringtiefen von einigen Zentimetern aus, um die zuflussmindernden Feststoffe zu beseitigen. Bei Brunnenentwicklungen dagegen, und dort, wo gleichzeitig mit der Regenerierung eine Brunnen-Nachentwicklung erfolgt, reichen ein paar Zentimeter Eindringtiefe nicht aus, um den Brunnen optimal zu entwickeln bzw. nachzuentwickeln. In der Praxis zeigten dies auch Kombinationen verschiedener Verfahren bzw. Gerätekomponenten. Diese Erkenntnis veranlasste das Entwicklungsteam von Etschel, sich Gedanken zu machen, wie Entwicklungsmängel beseitigt oder zumindest minimiert werden könnten.

Bei der bis dato allgemein standardmäßigen Düsenrotations-einheit (bei Etschel Brunnenservice GmbH „UNINOZ“ genannt), in Kombination mit dem JET Master, handelt es sich nach DVGW W 119 um ein Brunnenentwicklungsgerät mit „Erzeugung von Druckwellenimpulsen durch Wasserhochdruck“ (Abb. 2). Bekannt ist dabei, dass zwischen den durch Rückstoß gegenläufig, mit hoher Drehzahl rotierenden Düsenarmen ein Unterdruck gegenüber dem Wasserraum ober- und unterhalb der Düsenpaare entsteht. Es gilt auch als erwiesen, dass dort bei sehr hohen Drücken Kavitation entsteht. Dies wurde bei Versuchen sichtbar gemacht, nachgewiesen und mit Video von neutraler Stelle unter Aufsicht eines DVGW-Zertifizierers dokumentiert [4]. Jede der genannten Erscheinungen ist einzeln bzw. gemeinsam in der Lage, den Bereich ober- und unterhalb der Düsenpaare hydraulisch voneinander trennen.



Fa. Etschel Brunnenservice GmbH

Abb. 2 – Erzeugung von Druckwellenimpulsen durch Wasserhochdruck mit dem JET MASTER



Fa. Etschel Brunnenservice GmbH

Abb. 3 – Die Behandlung der Brunnen mit dem JET Master erfolgte am „jungfräulichen“ Brunnen.

Überlegungen des Etschel-Entwicklungsteams zielten auf die Neuentwicklung eines Düsenrotationsaggregates. Dieses sollte in der Lage sein, den Raum zwischen den Düsenpaaren so zu gestalten, dass zwangsläufig ein größerer Unterdruckbereich entstehen muss und gleichzeitig ein tieferes Eindringen der Impulse in die Kiesschüttung und das brunnennahe Gebirge ermöglicht wird. Daher sollte der Anstellwinkel so einstellbar sein, dass dieser individuell an die Geometrie des Ausbaumaterials angepasst werden kann, um damit tiefere Eindringtiefen der Druckwellenimpulse zu generieren. Das Ergebnis ist das neu entwickelte und patentierte Düsenrotationsaggregat MAXINOZ [5].

Diese neue Düsenkonfiguration galt es nun in einer Versuchsreihe für Brunnenentwicklungen zu testen, um ihre ganz wesentlich erhöhte Effizienz auch in der Praxis nachzuweisen. Sinn und Zweck der nachfolgend beschriebenen Versuche ist ein Vergleich der Wirksamkeitsunterschiede des bisher seit über 20 Jahren zur Durchführung des DWI-Verfahrens mit Wasserhochdruck eingesetzten Standard-Düsenrotationsaggregates UNINOZ und des neu entwickelten Düsenrotationsaggregates MAXINOZ. Die Ergebnisse dieses Praxisvergleichstests werden nachfolgend beschrieben.

Vergleichender Praxistest an sechs Brunnen

Der Praxisvergleichstest wurde an sechs in Reihe liegenden Brunnen mit den Nummern 1814 bis 1819 durchgeführt. Zur bestmöglichen Vergleichbarkeit wurden die Brunnen 1816, 1818 und 1819 mit dem bisher standardmäßigen DWI-Verfahren UNINOZ entwickelt und die Brunnen 1814, 1815 und 1817 mit dem neu entwickelten DWI-Verfahren MAXINOZ.

Die Behandlung der Brunnen mit dem JET Master erfolgte nach Ausbau, bevor irgendwie gefördert wurde, sozusagen am „jungfräulichen“ Brunnen (Abb. 3). Danach erst folgte ein partielles Entsanden durch die Firma Eder mit variablen Pumpmengen.

Obwohl es auch bei einer Brunnengalerie keine absolut gleichen Brunnen hinsichtlich ihres Schichtenaufbaues gibt, sind die geologischen Verhältnisse dennoch vergleichbar. Die sechs zum Vergleich ausgewählten Brunnen 1814 bis 1819 weisen einen nahezu gleichen Schichtenaufbau auf. Alle wurden mit V4A-Wickeldrahtfiltern DN 500 mit Schlitzweite 2,0 mm und Kiesschüttung mit 5,6 bis 8 mm ausgebaut (Abb. 4).

Im Folgenden werden die mit der herkömmlichen Rotationsdüsenkonfiguration UNINOZ behandelten Brunnennummern mit dem Zusatz „U“ und die mit der neuen Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ behandelten mit dem Zusatz „M“ versehen, um sie leichter unterscheiden zu können. Beide Konfigurationen arbeiten mit dem DWI-Verfahren mit Wasserhochdruck.

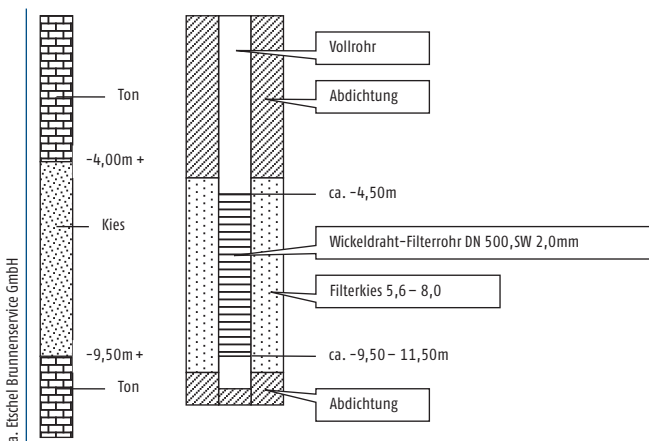
Zunächst wurden die alten mit Stahlschlitzbrückenfilter ausgebauten Brunnen von der Firma Eder mit Bagger und Verrohrungsmaschine, Rohre DN 1000, überbohrt und neu ausgebaut.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Dimensionierung der Brunnen (1.000 mm Bohrdurchmesser zu 500 mm Filterdurchmesser) jedwede Entwicklung signifikant erschwert. Durch die extrem dicke Filterkiesschicht (250 mm, siehe [6]) noch genügend wirksam ins Gebirge hinein behandeln zu können, ist eine Herausforderung an Gerät und Verfahren. Beim Einsatz des JET Master wurde bei allen sechs Brunnen simultan mit 25 l/s abgepumpt.

Wirksame Brunnenentwicklung mit neuem Düsenrotationsaggregat

Entwickeln durch „DWI-Verfahren mit Wasserhochdruck“

Tabelle 1 zeigt eindeutig, dass mit der neu entwickelten Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ aus den „M“-Brunnen im Mittel rein rechnerisch das Zehnfache an Sand und Unterkorn wie mit der konventionellen Konfiguration UNINOZ bei den „U“-Brun-



Fa. Etschel Brunnenservice GmbH

Abb. 4 – Schichtenaufbau der Brunnen

Tabelle 1 – Entfernter Sand (rechnerisch)

Brunnen Nr.	Düsenart	Sand gesamt in Litern	Zeit bis Erreichen des Beendigungskriteriums
1816 U	UNINOZ	16	90 Min.
1818 U	UNINOZ	16	90 Min.
1819 U	UNINOZ	9	90 Min.
Im Mittel		14	90 Min.
1814 M	MAXINOZ	207	75 Min.
1815 M	MAXINOZ	103	120 Min.
1817 M	MAXINOZ	99	120 Min.
Im Mittel		136	105 Min.

Fa. Etschel Brunnenservice GmbH

nen entfernt werden konnte. Der Grund dafür ist die deutlich größere Tiefenwirksamkeit der Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ in das anstehende Gebirge.

Es zeigt sich also: Die Rotationsdüsenkonfiguration „M“ übertrifft die bisherige Variante „U“ und entsandet deutlich tiefer in das anstehende Gebirge hinein (Abb. 5). Sie eignet sich somit – vor allem unter den gegebenen Brunnendimensionen – besser, um einen erweiterten, natürlichen Filterkies-Körnungsaufbau am Übergang von der Bohrlochwand zum anstehenden Gebirge zu entwickeln. Bei Einsatz des DWI-Verfahrens mit Wasserhochdruck sollte aufgrund der Erkenntnisse bei künftigen Entsandungs- und Entwicklungsarbeiten an ähnlich dimensionierten Brunnen vorzugsweise mit der neuen Rotationsdüsenkonfiguration „M“ gearbeitet werden.

Auf die Wertung von entfernten Schlammanteilen wurde verzichtet, da diese sehr wahrscheinlich nicht natürlichen Ursprungs sind, sondern von entferntem Skin (Filterkuchen, Tonverschleppungen beim Verrohren) herrühren. Dieser Skin bildet sich beim Verschleppen von Tonanteilen durch Oszillieren der Hilfsverrohrung, einmal nach unten, und dann beim Ziehen nochmals nach oben. Der hohe Schlammanteil zeigt jedoch die starke Zerstörungswirkung am Skin durch MAXINOZ.

Die niedrigen und fast deckungsgleichen Werte der gestrichelten Kurven bei den Brunnen 1816 U, 1818 U und 1819 U zeigen ebenfalls die weit geringere Tiefenwirksamkeit der herkömmlichen Rotationsdüsenkonfiguration UNINOZ (Abb. 5). Nur „scheinbar“ wird nach etwa 75 Minuten ein Beendigungskriterium gemäß DVGW W 119 erreicht. Das liegt daran, dass ein Entsanden tiefer ins Gebirge mit dieser herkömmlichen Standardkonfiguration nicht geschieht. In Wirklichkeit lässt sich mit der weit größeren Tiefenwirksamkeit der Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ – siehe die durchgezogenen Linien der Brunnen 1814 M, 1815 M und 1817 M – weit tiefer ins Gebirge hinein Sand entfernen und dadurch ein „natürlicher Filter“ entwickeln. Hätte man noch länger als 135 Minuten gejetet, hätte man noch wesentlich mehr Sand – bereits beim Jetten – herausholen können. Es darf angenommen werden, dass sich dann das nachgeschaltete „partielle Entsanden“ erübrig hätte.

Auffällig ist, dass die braune und die blaue M-Kurve fast deckungsgleich sind, während die grüne M-Kurve weit höhere

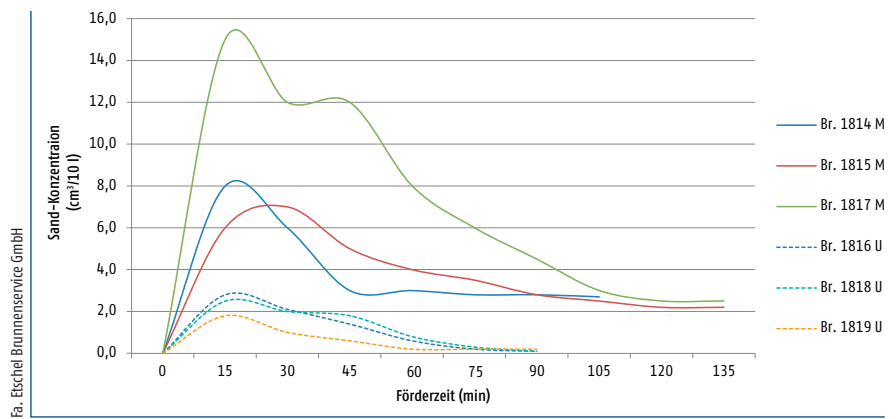


Abb. 5 – Sandförderung durch das DWI-Verfahren

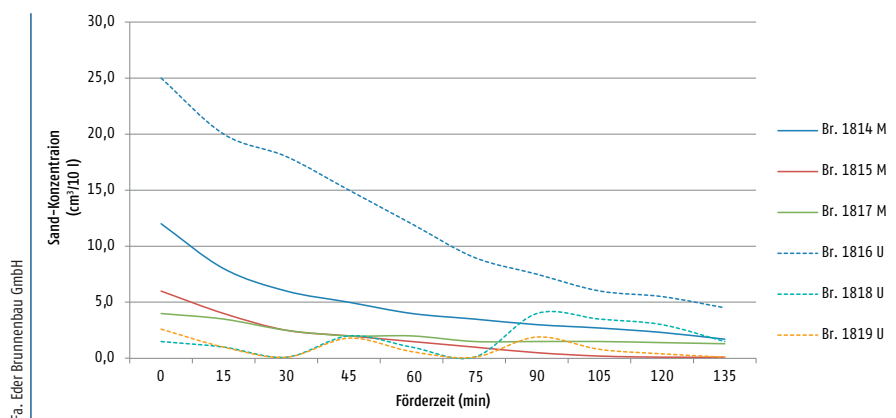


Abb. 6 – „Partielles Entsanden“ 8 bis 7 m

Sandwerte zeigt. Offenbar liegt das an höherem Sandanteil im Gebirge bei Brunnen 1817 M. Auch die Delle in der Kurve bei etwa 30 Minuten lässt auf eine spontane Wegsamkeitsverbesserung nach den ersten 30 Minuten schließen. Diese hat vermutlich das Entwickeln erst richtig ermöglicht und ist wahrscheinlich auf das Brechen des Skin zurückzuführen.

Fazit: Entwicklung durch DWI-Verfahren

Bei der Entwicklung von Brunnen, die hinsichtlich der Filterkies-Schüttungsstärke so extrem dimensioniert sind wie in Niederstotzingen, ist eine Behandlung nur mit der herkömmlichen – bisher allgemein üblichen – Rotationsdüsenkonfiguration UNINOZ also nicht mehr so zielführend. Auf jeden Fall ist unter diesen Umständen – wenn technisch möglich – eine Nachentsandung mit stark überhöhter Pumpmenge anzuraten (siehe später unter „Partielles Entsanden“).

Mit dem Rotationsdüsen-System MAXINOZ sollte in Zukunft länger gejetet werden. Dafür kann man sicher häufig auf das „partielle Entsanden“ verzichten. Es bringt dann im Verhältnis Nutzen zu Kosten keine nennenswerten (messbaren) Verbesserungen der Brunnenleistung mehr.

» Die neue Rotationsdüsenkonfiguration übertrifft die bisherige Variante und entsandet deutlich tiefer in das anstehende Gebirge hinein. «

Nachentwickeln durch abschnittsweise „partielles Intensiventsanden“

Aufgrund der Ähnlichkeit werden hier nur zwei willkürlich ausgesuchte Tiefenstufen aus dem unteren Filterstrangsegment zur Wertung herangezogen, nämlich etwa zwischen 8 bis 7 m (Abb. 6) und 9 bis 8 m (Abb. 7).

Zunächst wurde bei Brunnen 1818 U zunächst mit 10, dann mit 25 und dann mit 40 l/s, bei 1819 U zunächst mit 15, 30 und dann mit 50 l/s partiell entsandet. Nachdem sich dieses Vorgehen als nicht zielführend erwiesen hat, wurde bei Brunnen 1815 M und 1817 M gleich mit 40 l/s (entsprechend den rechnerischen Vorgaben des DVGW W 119) entsandet.

Bei Brunnen 1814 M wurde mit 50 l/s (also mit 25 % mehr als das DVGW W 119 vorsieht) entsandet. Bei Brunnen 1816 U wurde – wegen der günstigen hydraulischen Verhältnisse am Brunnen – sogar mit 60l/s (50 % mehr gegenüber DVGW W 119) entsandet. Aufgrund der unterschiedlichen Behandlungsmengen ist ein direkter Vergleich aller Kurven leider nicht möglich. Trotzdem können die Kurven aus den Abbildungen 6 und 7 im Einzelnen gut bewertet werden:

Kurve 1818 U und 1819 U

Die abgestufte Behandlung mit zu geringen Mengen (10/15 und 25/30 l/s) ist generell nicht sinnvoll. Auch mit 40/50 l/s – der nach DVGW W 119 bei 80 cm Scheibenabstand und Filterlänge $l = 5$ m vorgeschriebenen bzw. um 25 % überzogenen Pumpmenge – ist kein vernünftiges Entsandungsergebnis zu erzielen.

Kurve 1816 U

Auch diese Kurve zeigt deutlich, dass die Standard-Rotationsdüsenkonfiguration „U“ beim Jetten nicht in der Lage ist – bei der gegebenen Brunnendimensionierung – tief genug in das Gebirge einzudringen. Weiter zeigt sie beim „partiellen Entsanden“ deutlich die weit günstigere Tiefenwirkung bei 60 l/s (Pumpmenge gegenüber DVGW W 119 um +50 % überhöht).

Kurven 1814 M, 1815 M und 1817 M

Die Kurven zeigen, dass – nach der Vorentwicklung mit dem JET Master und der neuen Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ – beim „partiellen Entsanden“ mit nach DVGW W 119 vorgesehener bzw. um nur 25 % erhöhter Pumpmenge nur ein geringer zusätzlicher Entwicklungseffekt zu erzielen ist.

Auch beim „partiellen Entsanden“ ist das Beendigungskriterium ($0,1 \text{ cm}^3/10 \text{ l}$) nach DVGW W 119 teilweise nach etwa 60 Minuten nur „scheinbar“ zu erreichen. Die anderen Kurven wurden nach 135 Minuten nicht weiter gezeichnet, weil hier letztlich der Vergleich zum Jetten Vorrang hatte. Die partielle Entsandung wurde in Wirklichkeit in allen Tiefenstufen bis zum Beendigungskriterium $0,1 \text{ cm}^3/10 \text{ l}$ geführt, was mehrere Stunden dauerte.

Resümee

Bei der Behandlung von Brunnen, die so extrem dimensioniert sind wie in Niederstotzingen, ist ein „partielles Entsanden“ nur mit den in DVGW W 119 (Ausgabe 2002) vorgesehenen Pumpmengen nicht sinnvoll. Wenn die Brunnenhydraulik (Absenkung/Pumpmenge) es erlaubt, kann jedoch ein „partielles Entsanden“

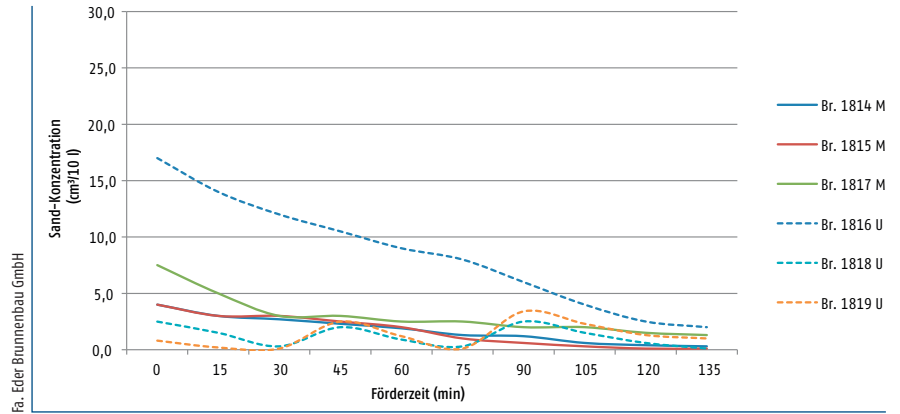


Abb. 7 – „Partielles Entsanden“ 9 bis 8 m

den“ mit mindestens 50 % über der in DVGW W 119 geforderten Menge durchaus – nachgeschaltet zum Jetten mit der Rotationsdüsenkonfiguration Maxinoz – sinnvoll sein.

Noch besser wäre es, beim Jetten bereits eine Pumpe mit mindestens 50 % über DVGW W 119 zu verwenden. Dies wird jedoch oft technisch nicht möglich sein, weil die Brunnenhydraulik dies nicht erlaubt.

Auch der dem JET Master vom DVGW im Forschungsvorhaben W55/99 als einzigem Regeneriersystem bereits bescheinigte „bemerkenswerte Feinkornaustrag (...) (Entsandungseffekt)“ [7] konnte hier mehr als bestätigt werden. Summa summarum ist das neue Rotationsaggregat MAXINOZ eine zukunftsweisende Innovation, die zu deutlich besseren Brunnenentwicklungsergebnissen bei Lockergesteinsbrunnen führt.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Beteiligten dafür bedanken, dass uns die Möglichkeit zum Praxistest unserer neu entwickelten Rotationsdüsenkonfiguration MAXINOZ gegeben wurde, insbesondere der Landeswasserversorgung Baden Württemberg vertreten durch Rainer Scheck für seine Innovationsfreudigkeit. Ebenso gilt unser Dank der Brunnenbaufirma Eder für die professionelle Kooperation bei den Versuchen und Überlassung der Berichte zum partiellen Entsanden.

Literatur

- [1] www.youtube.com/watch?v=LMAMixP4C68&t=399s
- [2] www.lw-online.de/trinkwasser/trinkwasser-herkunft/
- [3] DVGW-Merkblatt W 119: Entwickeln von Brunnen durch Entsanden – Anforderungen, Verfahren, Restsandgehalte. DVGW 12/2002.
- [4] www.etbs.de/videos.html
- [5] Europäisches Patent 2 770 161
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 123: Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen. DVGW 09/2001.
- [7] Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V. (Hrsg.), 2003. Untersuchung zur Bewertung von Gerätetechnik auf die Wirksamkeit in der Kiesschüttung – Ergebnisbericht, S. 50.

Autor

Gerhard Etschel
 Etschel Brunnenservice GmbH
 Rudolfstr. 112
 82152 Planegg
 Tel.: 089 42049651
 info@etbs.de
 www.etbs.de

