

## Brunnenbau

Mehr als drei Viertel des Trinkwassers werden in Deutschland aus Grundwasser gewonnen. Bohrbrunnen spielen damit eine zentrale Rolle in der Trinkwasserversorgung. Sie müssen höchste Ansprüche an Lebensdauer, Hygiene und Nachhaltigkeit erfüllen. Wie auch das Verteilnetz bedürfen sie ständiger Überwachung, Instandhaltung und regelmäßiger Sanierung. Hierzulande spielt der Neubau von Brunnen kaum noch eine Rolle, um so mehr der Unterhalt und die Sanierung der bestehenden. Das zeigt sich nicht zuletzt an den mehr als 100 bestehenden Patenten auf diesem Gebiet, von denen rund ein Drittel in den 1990er-Jahren verliehen wurde. Auch unsere Fokusbeiträge befassen sich überwiegend mit Verfahren zur Regenerierung.

# Nachhaltige Regenerierungsstrategie einer Brunnengalerie an der Elbe

Die Anwendbarkeit einer Regeneriermethode hängt primär von Art und Zustand des Brunnenausbaus, der umgebenden Geologie sowie vom Verlauf vergangener Instandhaltungsmaßnahmen ab. Nachhaltige Brunneninstandhaltung berücksichtigt neben quantitativen und qualitativen Parametern verschiedener Verfahren und Maßnahmen auch die erzielten Ergebnisse und deren Langzeitwirkung.

Diese Fallstudie dokumentiert, wie die Wasserversorgung eines chemischen Industriestandortes durch den Wechsel des Regenerierverfahrens langfristig verbessert werden konnte. Gleichzeitig konnte, unter Berücksichtigung der konstruktiven Stabilität der teilweise über 80 Jahre alten Bauwerke, die Betriebszeit der Brunnengalerie verlängert werden. Der Erfolg der Verfahrensumstellung zeigte sich durch unerwartet hohe Ergiebigkeitszuwächse sowie bemerkenswerte finanzielle Vorteile.

## Standortspezifische Vorbedingungen und vergangene Maßnahmen

Die Wacker Chemie AG betreibt am Standort Nünchritz eine Eigengewinnungswasseranlage zur Brauchwasserversorgung auf der gegenüberliegenden Elbseite. Die Fassungsanlage besteht aus 31 Heberbrunnen Bj. 1934 und sechs Pumpbrunnen Bj. 1984, durch die im Wesentlichen Uferfiltrat der Elbe gewonnen wird. Das Grundwasser wird über einen Sammelschacht und durch den unter der Elbe verlaufenden Düker ins Werk gefördert.

Der Untergrund im Einflussbereich der Fassungsanlage besteht aus tertiärem Lockergestein (Tone, Sande und Kiese). Die Brunnen wurden bis zum paläozoischen Granit in circa 20 m Tiefe abgeteuft. Im Bereich der Heberfassung liegt die Aquifermächtigkeit bei rund 11 bis 13 m, im Bereich der Pumpbrunnen auch darüber hinaus.

Gemäß den Ausbauzeichnungen aus dem Jahre 1933 münden die Heberbrunnen bei einer Gesamttiefe von 15 bis 18 m in einem 5 m tiefen Schacht unter der jeweiligen Einstiegs Luke. Alle Brunnen wurden mit 800 mm Durchmesser gebohrt und mit Vollrohren aus Gusseisen DN 300 ausgebaut, die Filterstrecken der Heberbrunnen bestehen aus gusseisernen Ringfilterkörben und die der Pumpbrunnen aus geschlitzten Steinzeugfiltern.

Anfang der 2000er Jahre wurde die Heberfassung erfolgreich mittels Druckimpulsverfahren regeneriert. In Anbetracht

der baulichen Merkmale und des Alters der Eigengewinnungsanlage hätten jedoch weitere hohe Energieeinträge eine nicht abschätzbare Belastung auf das Ausbaumaterial bedeuten können. Aufgrund der nicht auszuschließenden baulichen Defizite der gesamten Heberfassung wurde im November 2013 ein Vergleich zweier Regenerierverfahren durchgeführt um eine alternative Lösung zu finden.

Durch die Lage des Brunnenfeldes auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche wurde das Zeitfenster der Maßnahme von den Feldarbeiten begrenzt. Der durch die Witterung im Spätherbst aufgeweichte Boden machte einen Einsatz der erforderlichen Ausrüstung kaum möglich.

## Hydraulische Regenerierung mit einem Hochleistungskieswäscher

Die gesamte erforderliche Regenerierausrüstung einschließlich eines 50 kVA Generators wurde auf einem geländegängigen Dreiaxler zu den Brunnenstandorten transportiert. Mit der Ackerschlepperbereifung, welche noch auf schweren Marschböden einsatzfähig ist, wurde das Gelände bodenschonend durchquert (**Bild 1**).

Die Gestelle für die Pumpen und Steigleitungen, das Mehrkammergerät, ein Schraubenverdichter sowie eine überdachte Regeneriermittel-Mischeinheit waren mittels Container-Twistlock auf der Ladefläche gesichert.

Mit dem heckseitig montierten, fernbedienbaren Kran konnten sowohl die Baustelleneinrichtung wie auch die Regenerierarbeiten effizient und komfortabel durchgeführt werden.

Dank der mitgeführten, kompletten Kameraausrüstung konnten die Brunnen jederzeit ohne Unterbrechung der Arbeitsabläufe und zusätzliche Wartezeiten inspiziert werden. Im Anschluss an die erste visuelle Untersuchung wurde die mechanische Vorreini-

# Schweiß- winkel

## Muffe-Spitzende

15°, 30°, 45°



Das innovative Verbindungssystem für die Abwassertechnik. Selbstverständlich vollverschweißt für das PE-System.

Einfacher und platzsparender Richtungswechsel

Sohlengleiche Verbindung

Leitungsverlauf lässt sich individuell an die baueseits vorliegende Situation anpassen

 **PLASSON**  
Mensch · Produkt · Service

**PLASSON GmbH**

Krudenburger Weg 29

46485 Wesel

Telefon: 0281 / 952 72-0

Telefax: 0281 / 952 72-27

E-Mail: info@plasson.de

Internet: www.plasson.de

gung mittels Ausbürsten durchgeführt. Die abgelösten Partikel einschließlich Auflandungen aus dem untersten Brunnenabschnitt wurden mit einer Mammutpumpe entfernt und auf einer definierten Fläche im Uferbereich versickert.

Das Mehrkammergerät mit Umkehrströmung und Umwälzregulierung bestand aus zwei Unterwasserpumpen, die übereinander in einer Edelstahlkonstruktion angeordnet waren. Die „untere“ frequenzgesteuerte Pumpe des Kieswäschers wälzte die Regeneriermittellösung über zwei definierte Packerkammern mit einem maximalen Durchfluss von circa 150 m<sup>3</sup>/h außerhalb der Filterwand um. Die zweite U-Pumpe oberhalb der Kammern förderte das verbrauchte Regenerat mit den gelösten Ablagerungen nach der erforderlichen Reaktionszeit aus dem Brunnen.

Vor Beginn der Regenerierung wurden die Ist-Werte aus dem Rohwasser jedes Brunnens gemessen und protokolliert. Erfasst wurden die Absenkung, die spezifische Ergiebigkeit, die Temperatur, der pH-Wert, die spezifische elektrische Leitfähigkeit sowie die Trübung.

### pH-neutrale Entfernung von Eisenablagerungen

In der Planungsphase wurden Belagsproben aus den Brunnen in einem mineralogischen Labor analysiert, um ein passendes Regeneriermittel mit optimaler Wirksamkeit zu finden. Aufgrund des hohen Eisen(III)-Gehaltes kam ein pH-neutrales Reduktionsmittel zum Einsatz, welches das unlösliche Eisen(III) schnell und kostengünstig in lösliches Eisen(II) umwandelt. Dieses kristalline Pulver hat eine 50 Mal höhere Auflösekraft für Eisen(III) gegenüber Salzsäure bei pH 1,0 und gleicher molarer Konzentration.

Unmittelbar vor der chemischen Behandlung jedes zu bearbeitenden Filterabschnittes wurde eine gemäß den Brunnendimensionen berechnete Menge Regeneriermittel mit Wasser angemischt und in die untere Kammer des Kieswäschers gepumpt. Die Effizienz des Mehrkammergerätes basiert auf der hohen Umwälzleistung, wodurch das Regeneriermittel präzise die Porenräume des Filterkieses und der umgebenden Geologie zirkuliert wird. Die Filterstrecke wurde in Abschnitten bearbeitet, wobei auf eine ausreichende Überlappung geachtet wurde um den Filterkies lückenlos zu behandeln. Die vollständige Reinigung der Filterstrecke wurde durch ausreichende Überlappung der Behandlungsabschnitte gewährleistet.



Bild 1: Baustelle an der Flussseite  
© Rudolf Lange Brunnenbau KG, 2013



Bild 2: Laufende Prozesskontrolle während der Regenerierarbeiten © Rudolf Lange Brunnenbau KG, 2013

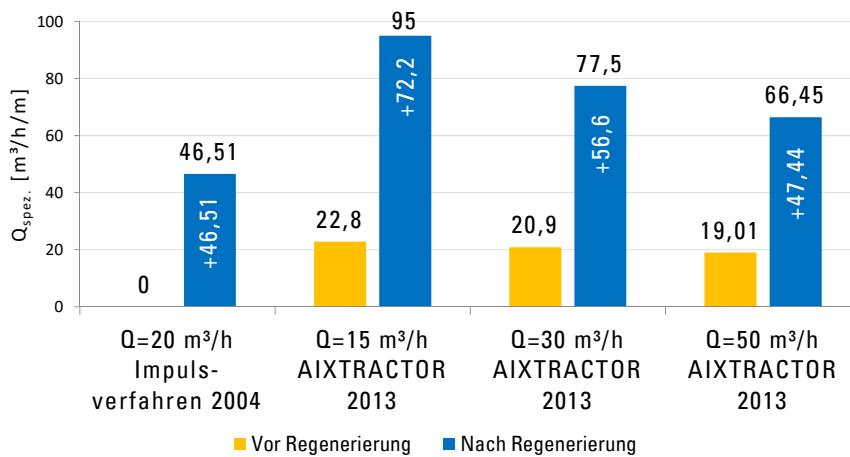


Bild 3: Brunnen 11 – Zusammenstellung und Vergleich der Regenerierergebnisse © Wacker Chemie AG, 2013

Der Reaktionsverlauf wurde durch laufende Messungen alle 15 Minuten der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit sowie der Konzentration von gelöstem Eisen(II) aus Wasserproben der unteren Kammer protokolliert. Nach Ablauf der Reaktionszeit von 45 Minuten wurde das Abpumpen des jeweiligen Filterabschnitts bis zum Erreichen der Ausgangswerte für die Leitfähigkeit sowie die Eisen(II)-Konzentration fortgesetzt (Bild 2).



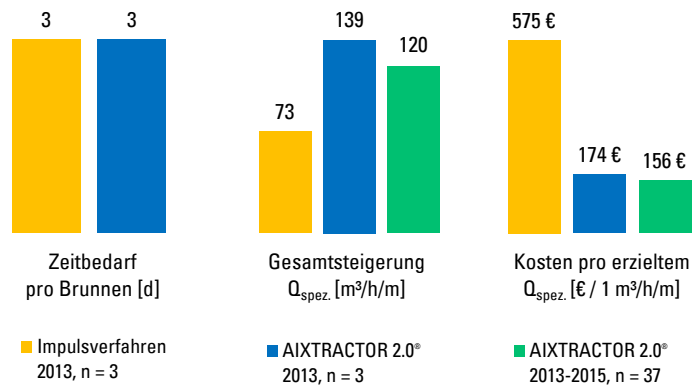
Bild 4: Versickerungsbereich des anfallenden Prozesswassers © Rudolf Lange Brunnenbau, KG 2013

In einigen Filterabschnitten stieg die gelöste Eisen(II)-Konzentration schnell an und blieb während des Reaktionsverlaufs unverändert hoch. Da dies eine unvollständige Auflösung der Beläge indiziert, wurden diese Filterabschnitte erneut behandelt. Aufgrund der Autokatalyse des Eisens ist es entscheidend wichtig, die Eisenoxide möglichst vollständig zu entfernen. Aus dem Eisendargebot im Grundwasser könnten sich sonst entstehende Eisenoxide auf die Oberfläche der Verbliebenen setzen und zu einer selbstbeschleunigenden Inkrustationsbildung führen ( $r = k_1\{Fe^{2+}\}\{O_2(aq)\}\{H^+\}^{-2} + k_2\{Fe(III)\}\{Fe^{2+}\}\{O_2\}\{H^+\}^{-1}$ ) [1]. Im schlimmsten Fall beschleunigt eine unvollständige Regenerierung die natürliche Brunnenalterung anstatt sie zu verlangsamen.

Die Regenerierungen wurden jeweils mit einem Pumpversuch abgeschlossen um die Leistungssteigerung der Brunnen zu bestimmen und den tatsächlich erreichten Erfolg der Instandhaltungsmaßnahme zu dokumentieren. Die Pumpversuche mussten teilweise um weitere Leistungsstufen erweitert werden, wie z.B. bei den Brunnen 33 und 35 von drei Stufen von 15 – 30 – 50 m³/h vorher auf vier Stufen von 15 – 30 – 50 – 70 bzw. 75 m³/h nach der Regenerierung. Eine Untersuchung mit der Brunnenkamera vervollständigte die Maßnahme und lieferte dem Betreiber Bilder des sauberen Brunnens (Bild 3). Das eingebrachte Reduktionsmittel reagiert aufgrund seiner hohen Reaktivität in der vorgegebenen Einwirkzeit während des Regenerierprozesses vollständig ab und ist demzufolge im abgepumpten Wasser nicht mehr nachzuweisen. Die nach der Regenerierung abzupumpende Lösung hat einen pH-Wert um den Neutralpunkt und bedarf keiner weiteren Nachbehandlung, wie z.B. einer Neutralisierung. In diesem Fall wurde es auf vorgegebenen Flächen am Elbufer in Abstimmung mit lokalen Umweltbehörden versickert (Bild 4).

Alle entstehenden Reaktionsprodukte aus der chemischen Reaktion zwischen dem Reduktionsmittel und den Eisen- bzw. Manganhydroxiden sind Bestandteile des Grundwassers und somit unbedenklich. In der verbrauchten Lösung befinden sich Eisen(II) und/oder Mangan(II) zusammen mit Natrium, Hydro-

**Brunnenregenerierung 2015 - Chemische Industrie Sachsen**  
Auswertung der Ergebnisse AIXTRACTOR® 2.0 & Mehrkammergerät vs. Impulsverfahren



**Bild 5:** Gegenüberstellung der Reinigungsergebnisse mit AIXTRACTOR 2.0 & Kieswäscher und des Impulsverfahrens © Wacker Chemie AG 2013

genkarbonat und Sulfit. Das entstehende instabile Sulfit wird bei Luftkontakt in kurzer Zeit zu Sulfat umgesetzt.

### Verbessertes Kosten-Nutzen Verhältnis

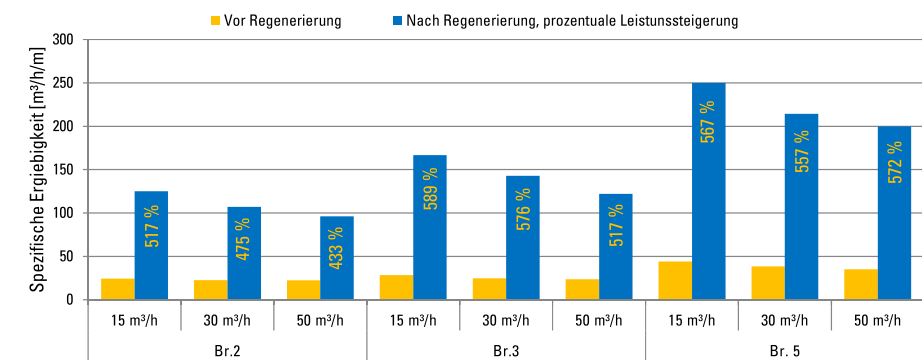
Vor der Einführung pH-neutraler Eisen(III)-Entferner überstiegen die Kosten einer kombinierten hydraulisch-chemischen Regenerierung die einer rein hydraulischen Maßnahme. Große Mengen von flüssigen Säuren, umfangreiche Gesundheits- und Sicherheitsvorkehrungen zusammen mit der zeitaufwändigen und arbeitsintensiven Behandlung von Säureresten überlasteten die Kalkulationen.

Die durch den Brunnenbetreiber geforderte umfangreiche Dokumentation bestätigte einen nahezu identischen Zeitaufwand der verschiedenen Regenerierverfahren. Der Hochleistungskieswäscher ermöglichte sowohl die hydraulische

als auch die chemische Behandlung in der gleichen Zeit wie eine rein hydraulische Methode. Die Auswertung und Gegenüberstellung der jeweiligen Leistungssteigerungen der einzelnen Brunnen überzeugten den Auftraggeber von der gerechtfertigten Überprüfung der ursprünglichen Regenerierstrategie (**Bild 5**).

Eine Kostenanalyse der Testregenerierungen von drei Brunnen in 2013 ergab eine unerwartet hohe Kostenersparnis von 70 %. Die Einsparungen der Regenerierarbeiten in 2015 übertrafen sogar noch die der Testserie. Die gesamten Regenerierkosten pro Brunnen mit der kombinierten hydraulisch-chemischen Methode waren nochmals 9 % niedriger als zwei Jahre zuvor. Die zusammenfassende finanzielle Betrachtung ergab eine theoretische Kostenersparnis von 73 % im Vergleich mit dem früher eingesetzten Regenerierverfahren. In Anbetracht der Gesamtzahl von 37

**Brunnenregenerierung mit AIXTRACTOR® 2.0 & Mehrkammergerät**  
Juli 2015 - Chemische Industrie - Sachsen



**Bild 6:** Auszug der Ergebnisauswertung nach Regenerierung mit AIXTRACTOR 2.0 & Mehrkammersystem © Wacker Chemie AG 2015

permanent betriebenen Brunnen kann das realisierte Sparpotenzial in Bezug auf die Förder- wie auf die Regenerierkosten als bemerkenswert bezeichnet werden.

### Nachhaltigkeit im Vordergrund

Bereits während der Planungsphase wurde festgelegt, dass eine übermäßige Belastung der Ausbaumaterialien vermieden werden sollte. Sowohl die Brunnenaufsatzrohre als auch die Filter mit den Ringfilterkörben sind über 80 Jahre alt. Die Alternative einer großen umgewälzten Wassermenge anstatt energiereicher Impulse durch komprimiertes Gas bzw. Wasser wurde bevorzugt um selbst kleinste Haarrisse zu vermeiden. Wissenschaftliche Studien, z. B. die Untersuchung W 55/99 aus dem Jahr 2003 vom DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. [2] bestätigten das Verhältnis effizienter Verfahrenstechnik zum umgewälzten Wasservolumen im Filterkreis.

Säurehaltige Regeneriermittel dienten in der Vergangenheit als Universalchemikalie zur Entfernung von Belägen jedweder Zusammensetzung, Alters oder Typs. Seit Ende 1999 werden Eisen- und Manganinkrustationen mit umweltfreundlichen pH-neutralen Reduktionsmitteln aufgelöst, da deren Auflösungskraft selbst die von hochkonzentrierten Säurelösungen (pH 0,5) übersteigt.

Darüber hinaus erfasst die chemische Reaktion nur die definierten Brunnenbeläge, wobei weder eine Beschädigung des Brunnenausbaus, noch die Lösung anderer Mineralien in der Kiesschüttung oder im Umgebungsgestein stattfindet. Ein auf die Brunnenbeläge abgestimmtes Regeneriermittel gewährleistet nicht nur eine hohe Auflösungskraft innerhalb eines akzeptablen Zeitrahmens, sondern auch ein kostengünstiges Verhältnis zwischen der Menge der aufgelösten Substanzen und dem Preis der eingesetzten Chemikalien.

Die 2015 in der Brunnengalerie am Elbufer durchgeführten umfangreichen Regenerierungen bestätigten die erreichten Vorteile der Testserie von 2013 durch die Anwendung einer ausgereiften hydraulischen Methode in Kombination mit maßgeschneiderter Chemie. Die erreichten Leistungssteigerungen vom Mittelwert 196 % bis auf maximal 589 % bestätigten die erfolgreiche Einführung einer neuen nachhaltigen Strategie für eine effizientere Wassergewinnung und einer Verlängerung der Betriebszeit (**Bild 6**).

Letztendlich trugen die wirtschaftlichen Vorteile für das Budget des Brunnenbetreibers bezüglich der Finanzierung

des gesamten Projektes nachhaltig bei. Dessen Wasserversorgung wurde für weniger als Dreiviertel der budgetierten Kostenschätzung für die Zukunft sichergestellt – und dies ohne jegliche Risiken weder für die Brunnen noch für die Umwelt. Jeder einzelne Brunnen fordert spezielle Strategien, ein Schritt außerhalb eines ausgetretenen Pfades kann durchaus lohnenswert sein.

### Literatur

- [1] *Houben G. und Treskatis Ch.*: Regenerierung und Sanierung von Brunnen. Technische und naturwissenschaftliche Grundlagen der Brunnenalterung und mögliche Gegenmaßnahmen. Oldenbourg Industrieverlag, München 2012, ISBN-13: 978-3-8356-3255-4.
- [2] Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.: Untersuchungen zur Bewertung von Gerätetechnik auf die Wirksamkeit in der Kiesschüttung“ DVGW-Forschungsvorhaben W 55/99 – Brunnenregenerierung, Dresden 2003.
- [3] <http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/gewinnung/kiesschuetting.pdf>

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Till Beckedorf**

**Beratender Ingenieur**

**Am Hang 3**

**D-21435 Stelle**

**tb@brunnen-ingenieur.de**

**www.brunnen-ingenieur.de**

**Dipl.-Ing. Martina Gräfensteiner, M. Sc.**

**Wacker Chemie AG**

**Friedrich-von-Heyden Platz 1**

**D-01612 Nünchritz**

**Tel. (035265) 72776**

**martina.graefensteiner@wacker.com**

**www.wacker.com**

**Päivi Puronpää-Schäfer, M.A.**

**cleanwells GbR**

**Stadtgrabenstraße 9**

**D-78628 Rottweil**

**Tel. (0741) 15350**

**cleanwells@cleanwells.de**

**www.cleanwells.de**