

Vorausschauende Brunnenwerterhaltung für Hamburgs Wasserversorgung

Der langfristige Werterhalt bestehender Brunnen ist eine der zentralen Herausforderungen von Wasserversorgungsunternehmen. Gemeinsam mit dem Tochterunternehmen Consulaqua werden bei Hamburg Wasser technische Lösungen entwickelt, mit denen die Brunnenhistorie umfassend dokumentiert, brunnenspezifische Risikopotenziale frühzeitig erkannt und vermindert sowie Optimierungspotenziale systematisch weiterentwickelt werden. Ziel ist es, einen möglichst langen und effizienten Brunnenbetrieb zu gewährleisten.

Der Erhalt bestehender Brunnen unter Sicherung ihrer Ergiebigkeit ist für viele Wasserversorger in Deutschland eine immer wichtiger werdende Aufgabe bei der Trinkwasserversorgung. Vielfach beträgt das durchschnittliche Alter der Bestandsbrunnen deutlich mehr als 35 Jahre – Tendenz steigend. Der Wert der Brunnen wird dabei in erster Linie durch Brunnenalterung gemindert, die auf das Zusammenwirken von hydraulischen und hydrochemischen Prozessen zurückgeht. Diese führen zu einem Ergiebigkeitsverlust und machen unter Umständen eine Regenerierung oder gar den Neubau des Brunnens notwendig. Dem steigenden Bedarf an Ersatzbrunnen stehen dabei häu-

fig Schwierigkeiten bei der Verfügbarkeit geeigneter Grundstücke und – meist bei flach verfilterten Brunnen – auch Probleme mit der Beschaffenheit des Grundwassers gegenüber. Darüber hinaus gibt es in einigen Regionen Anzeichen dafür, dass Neubrunnen schneller altern als ihre Vorgänger. Gerade bei den von Verockerungen betroffenen Fassungen ist dies im Zusammenhang mit der Nitratbelastung des oberflächennahen Grundwassers und der Zehnung des Nitratabbauvermögens im tieferen Grundwasserleiter zu erkennen.

Auch in Hamburg steht man vor der Herausforderung alternder Brunnenanlagen. Bei der Lösung dieses Problems setzt Hamburg Wasser neben Investitionen in

den Brunnenneubau zusätzlich auf vorausschauende und computergestützte Instrumente zur Brunnenwerterhaltung. Unter diesem Begriff versteht man einen optimalen, alterungsschonenden Betrieb, ein angepasstes Monitoring und eine frühzeitige und brunnenspezifische Instandhaltung, um eine möglichst lange Lebensdauer der Brunnen zu gewährleisten.

Das Trinkwasser der Hansestadt und der mitversorgten Umlandgemeinden wird ausschließlich aus Grundwasser gewonnen. Es wird aus einem ausgedehnten, komplexen System von oberflächennahen und tieferen Grundwasserleitern in 16 Wasserwerken mit insgesamt etwa 480 Brunnen zu Tage gefördert. Hinsichtlich

der hydrogeologischen, hydrochemischen und brunnenbaulichen Verhältnisse stehen damit eine große Datenbasis und eine umfassende Betriebserfahrung zur Verfügung. Diese wird mit dem Brunnenwerterhalt-System schrittweise erfasst und prozessorientiert ausgewertet. Gemeinsam mit dem Tochterunternehmen Consulaqua wird eine datenbankbasierte Software

Brunnenalterung und Ergiebigkeitsentwicklung

Alterungsvorgänge führen bei Brunnen vielfach zu einer Abnahme der Leistungsfähigkeit; diese wirkt sich negativ auf die Lebensdauer und die wirtschaftliche Betriebsweise aus [1]. Unter dem Sammelbegriff Brunnenalterung werden im Allgemeinen verschiedene Prozesse ver-

» Die vorausschauende Brunnenwerterhaltung erlaubt es, brunnen-spezifische Risikopotenziale frühzeitig zu identifizieren und rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu initiieren. «

entwickelt, die einer umfassenden Dokumentation der Brunnenhistorie dient, um brunnen-spezifische Risikopotenziale frühzeitig zu identifizieren. Ziel ist es, einen möglichst langen und effizienten Brunnenbetrieb zu gewährleisten.

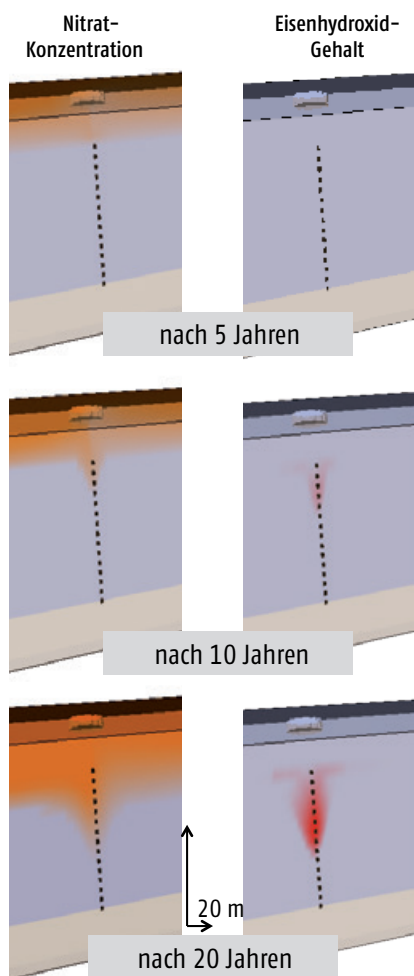


Abb. 1 – Modellberechnete Verockerung eines Brunnen und Nitratkonzentrationen im Nahbereich (Farbintensität gibt höhere Werte wieder)

standen, die zu einer Minderung der Förderleistung und/oder einer irreversiblen Schädigung des Brunnenbauwerks führen: So resultiert beispielsweise bei der Brunnenverockerung die Mischung von oxidierten, sauerstoff- bzw. nitratführenden Wässern mit reduzierten, eisen- und manganhaltigen Grundwässern in einer Ausfällung von Eisen- und Manganhydroxiden/Oxiden im Bereich des Brunnenfilters, der Filterkiesschüttung und den angrenzenden Sedimenten des Grundwasserleiters. Eine Zumischung saurer Grundwässer kann zur Bildung von Aluminiumhydroxiden und eine Zumischung stark reduzierter Wässer wiederum zur Bildung von Eisensulfiden führen. In kalkhaltigen Grundwasserleitern besteht die Gefahr einer Fällung von Karbonaten, auch Versinterung genannt. Auch die Versandung, d. h. die Verlagerung und nachfolgende Kolmation des Brunnenfilters durch Kornpartikel, massive mikrobielle Aufwachsungen (Verschleimung) und die Korrosion des Brunnenwerkstoffs werden zu den Alterungsprozessen gezählt.

Mit Ausnahme der Versandung handelt es sich bei allen genannten Alterungsprozessen um ein Zusammenwirken von hydrodynamischen und bio-geochemischen Prozessen. Diese beruhen letztlich immer auf einer Mischung unterschiedlich beschaffener Grundwässer im Nahbereich des Brunnen. Resultierende Mineralneubildungen bzw. die Kolmation mobilisierter Feststoffpartikel mindern fortschreitend den durchflusswirksamen Porenraum in der Filterkiesschüttung und im angrenzenden Grundwasserleiter. Hierdurch steigt der Eintrittswiderstand des betroffenen Brunnen und seine Ergiebigkeit sinkt. ➔

AQUAPLUS®

Die Zukunft der Brunnenregenerierung

Brunnen benötigen eine individuelle Reinigung entsprechend den Ablagerungen und dem Ausbaumaterial.

WellJet® und

WellPuls®

Patenterte Perfektion in der mechanischen Brunnenregenerierung.

WellReg®

Optimierte und patentierte Verfahrenstechnik zur chemischen Regenerierung Ihrer Brunnen.

WellSpec®

Kamerabefahrung mit modernster Zoomtechnik. Regelmäßige Kontrollen bewahren Sie vor kostspieligen Überraschungen

AQUAPLUS®

Brunnensanierung

H. Munding GmbH & Co. KG
96317 Kronach, Fischbach 29

Telefon 09261 / 6251- 0

Telefax 09261 / 6251- 62

info@brunnenservice.de

www.brunnenservice.de

In der Regel tragen mehrere Prozesse zusammen zur Alterung eines Brunnens bei. Diese Überlagerung kann sowohl zeitlich als auch – vornehmlich in Brunnen mit langen Filterstrecken – vertikal differenziert auftreten. Die Sequenz in Abbildung 1 zeigt die mit einem gekoppelten Strömungs- und Reaktionsmodell berechnete Entwicklung der Verockerung eines Förderbrunnens: Die Mischung der Wässer aus der oxidierten und der reduzierten Zone führt hier zu einer von oben nach unten fortschreitenden Ausfällung von Eisenhydroxiden. Nach mehreren Betriebs-

jahren erstreckt sich die entstehende „Verockerungsareole“ bereits mehrere Meter weit in den Grundwasserleiter und dürfte – in einem realen Fall – zu deutlichen Ergiebigkeitsverlusten geführt haben.

Die größten Herausforderungen an eine integrierende Datenhaltung und Auswertung liegen folglich in der Vielzahl und Komplexität der beteiligten Prozesse. Die Überlagerung von Entwicklungen durch wechselnde Betriebs- und Förderzustände sowie die unterschiedliche Güte von zum Teil weit in die Vergangenheit

zurückreichenden Datenreihen stellen ebenfalls ein Problem dar. Dies gilt insbesondere für Standorte mit mehreren Werken, Brunnengalerien und Wasserfassungen mit vielen Einzelbrunnen und heterogenen Förderregimen.

Entwicklung des Managementwerkzeuges

Entwicklungsziele

Die erhobenen Daten und Informationen aus der Brunnenhistorie sollten aus Sicht des Wasserversorgers soweit verfügbar sein, dass daraus Handlungsoptionen für den Betrieb und Werterhalt abgeleitet werden können. Hierzu gehören neben den Bohr- und Ausbaudaten vor allem Betriebsdaten (u. a. Fördermengen, Betriebs- und Ruhewasserspiegel), hydrochemische Daten zur Charakterisierung der Rohwasserbeschaffenheit als auch Zustandsuntersuchungen (z. B. Kamerabefahrungen, Pumpversuche) und Instandhaltungsmaßnahmen, wie beispielsweise Brunnenregenerierungen. Die Datenerfassung und Auswertung sollten sowohl Einzelbrunnen als auch vergleichende Übersichten für Brunnengalerien und Gewinnungsanlagen berücksichtigen: So lassen sich räumliche und zeitliche Trends erfassen und Erfahrungen auf Nachbarbrunnen übertragen. Auf Grundlage der hinterlegten Daten und daraus abgeleiteter Brunnencharakteristiken können Instandhaltungsinvestitionen zielgerichteter gesteuert werden. In diesem Sinne bietet ein Managementwerkzeug Brunnenwerterhalt immer auch Entscheidungshilfen für den langfristig optimierten Erhalt der Ergiebigkeit von Brunnen und Gewinnungsanlagen.

Hamburg Wasser erarbeitet schon seit über 20 Jahren Indizes zur systematischen Bewertung des Brunnenzustandes. Dabei wurde deutlich, wie wichtig es ist, alle verfügbaren Daten in einem System zusammenzuführen und von dort mit möglichst einfachen, übertragbaren Algorithmen auszuwerten. Vor ca. drei Jahren begann Hamburg Wasser dann zusammen mit der Tochtergesellschaft Consulaqua mit der Entwicklung des Managementsystems Brunnenwerterhalt (Abb. 2).

Konzeption

Die Basis des Systems bildet eine relationale Datenbank, in der alle verfügbaren Daten aus Brunnenausbau, -betrieb, -instandhaltung und -analytik integriert werden. Über verschiedene Schnittstellen lassen sich auch große Datenmengen in das System importieren. Neben digital



Abb. 2 – Startbildschirm des Managementsystems Brunnenwerterhalt von Hamburg Wasser

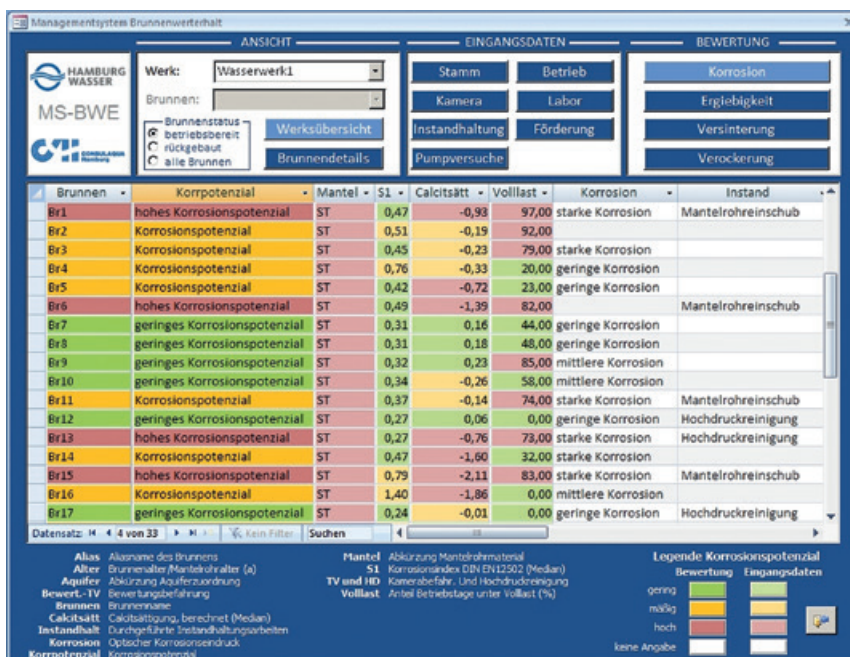


Abb. 3 – Formular Korrosion in der Werksübersicht

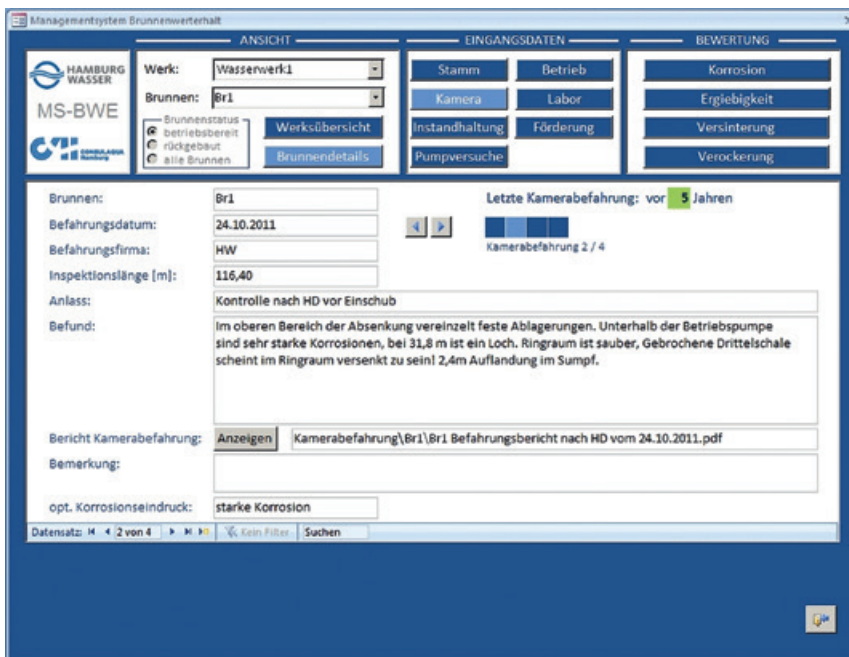


Abb. 4 – Formular Kamerabefahrung in der Brunnendetailansicht

» Als lernendes System können alle Bewertungs-
module der Brunnenwerterhaltung weiterentwickelt
und, falls notwendig, an sich verändernde
Bedingungen angepasst werden. «

verfügbaren Daten werden zusätzliche Informationen aus Brunnenakten erfasst und mit den übrigen Daten verknüpft; hierzu gehören beispielsweise Kenngrößen und Befunde aus Pumpversuchsdaten, Kamerabefahrungen oder Instandhaltungsmaßnahmen.

Das so entwickelte System ist einfach und intuitiv zu bedienen, ein spezifisches Datenbankwissen ist für die Anwendung nicht erforderlich. Der Nutzer kann frei zwischen zusammenfassenden Werksübersichten oder Brunnendetailansichten wechseln (Abb. 2). Zusammenstellungen der integrierten Eingangsdaten und komplexe Bewertungsroutinen werden dem Anwender über eine einfache und benutzerfreundliche Menüführung zur Verfügung gestellt. Neben der integrierten Datenhaltung wird hierdurch eine schnelle Sichtung und Vergleichbarkeit der vorhandenen Eingangsdaten (u. a. Stamm- und Betriebsdaten, Kamerabefahrungen, Laboranalysen, Instandhaltung und Pumpversuche) ermöglicht.

In praktisch allen Übersichtsdarstellungen können die angezeigten Daten per Filterfunktion selektiert und Spalten nut-

zerspezifisch angeordnet werden. Verlinkte Dokumente und Informationen (z. B. Ausbauzeichnungen, Kamerabefahrungen, Instandhaltungsmaßnahmen etc.) lassen sich über entsprechende Schaltflächen aufrufen.

Der Fokus der integrierten Systementwicklung liegt darauf, verfügbare Informationen so miteinander in Beziehung zu setzen, dass sie zur Entscheidungsunterstützung für ein angepasstes Brunnenmanagement eingesetzt werden können. Gefährdungspotenziale, die Entwicklung der Brunnenalterung und die damit verbundenen Ergiebigkeitsverluste werden grafisch bzw. in Diagrammform dargestellt. Potenziell ursächliche Alterungsprozesse (u. a. Verockerung, Versinterung, Korrosion) können klassifiziert werden. Die Entscheidungsunterstützung erfolgt in Form einer intuitiv verständlichen Anzeige der relevanten Daten in Ampelfarben und mithilfe grafischer Elemente (Abb. 3, 4, 6).

Die bestehende Konfiguration stellt ein hoch flexibles System dar. Dieses ist in der Lage, sowohl hohe Datendichten aus Leitsystemen als auch Anwendungs-

fälle mit nur wenigen Daten (z. B. einzelne Stichtagsmessungen, unterbrochene Messreihen, Einzelanalysen etc.) zu verarbeiten. Darauf basierend, können auch Trends aufgezeigt werden. Das System ist modular aufgebaut und wird schrittweise auf weitere Wasserfassungen übertragen: Mit jeder weiteren Brunnengruppe und Wasserfassung werden dabei neue Erkenntnisse gesammelt und die Auswerterroutinen optimiert.

Die Entwicklung erfolgt jeweils in Abstimmung mit den Fachabteilungen bei Hamburg Wasser und den Wasserwerken, sodass die Bedarfe der Anwender bei der Implementierung Berücksichtigung finden. Diese Erfahrungen sollen zukünftig auch über den Konzern hinaus in Form angepasster Softwarelösungen anderen Wasserversorgungsunternehmen verfügbar gemacht werden. Die Anwendung des Programms wird nachfolgend anhand von zwei Beispielen verdeutlicht.

Anwendungsbeispiel Korrosion

An einigen Standorten in Hamburg gefährden massive Korrosionsschäden die Stabilität der Brunnenbauwerke. Um diese nachhaltig zu sichern, bedarf es einer zuverlässigen Einschätzung der Korrosionsgefährdung, um rechtzeitig Maßnahmen einzuleiten. Wasserchemische Indizes wie der Korrosionsindex nach DIN EN 12502 geben Hinweise auf die Korrosivität des Wassers. Untersuchungen an unterschiedlichen Standorten zeigten jedoch, dass die Zuverlässigkeit der Prognose steigt, wenn zusätzlich weitere hydraulische und hydrochemische Parameter in die Bewertung integriert werden.

In der Werksansicht ergibt sich schnell eine Übersicht, welche Brunnen stark und



Abb. 5 – Foto eines erfassten Korrosionsschadens aus dem verlinkten Kamerabefahrungsbericht

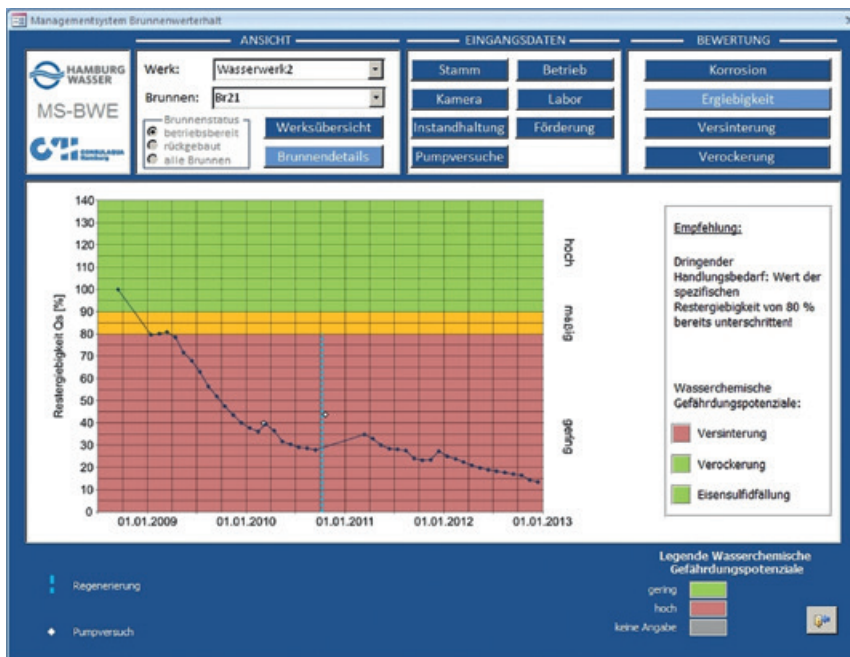


Abb. 6 – Formular Ergiebigkeit in der Brunnedetailansicht

welche wenig oder kaum korrosionsgefährdet sind (Abb. 3). Der tatsächliche Status lässt sich durch die Dokumentation des Brunnen- bzw. des Mantelrohralters und die Eckdaten der letzten Kamerabefahrung einschätzen, die im Modul enthalten sind. Außerdem werden die letzten Instandhaltungsmaßnahmen angezeigt, um zu dokumentieren, ob und wann Maßnahmen ergriffen wurden. In der Detailansicht des Brunnens dokumentieren hinterlegte Kamerabefahrungs- und Instandhaltungsberichte die Brunnenhistorie (Abb. 4). Die Fotos aus dem verlinkten Kamerabefahrungsbericht machen Zustandsinformationen bereits identifizierter Korrosionsschäden schnell nachvollziehbar (Abb. 5).

Anwendungsbeispiel Ergiebigkeit

Für jeden Betreiber ist die Bewertung der spezifischen Ergiebigkeit seiner Brunnen von zentralem Interesse. Ergiebigkeitskurven können sowohl aus Einzelmessungen als auch aus hoch auflösenden Daten zu Wasserständen und Fördermengen erstellt werden. Bei zeitlich hoch auflösenden Daten werden statistische Glättungen zur Berechnung der spezifischen Ergiebigkeit genutzt, um Extremwerte aus der Zustandsbewertung auszuschließen.

Ergiebigkeitsentwicklungen sind die zentrale Kenngröße zur Planung von Regenerierungen. Um dabei eine Priorisierung der Maßnahmen zu erleichtern, zeigt das System direkt die prozentuale Restergiebigkeit vom Neubauzustand an – dies erhöht die Vergleichbarkeit zwischen den

Brunnen. Neben der spezifischen Ergiebigkeitskurve werden zusätzlich relevante Informationen wie die Werte des letzten Pumpversuchs und das Datum der letzten Regeneriermaßnahme eingeblendet. Damit die potenziellen Ursachen eines Ergiebigkeitsrückgangs erkannt und daraufhin angepasste Regeneriermaßnahmen geplant werden können, wird die Bewertung wasserchemischer Gefährdungspotenziale mit angezeigt (Abb. 6).

Nach aktuellen Erfahrungen ist eine Regenerierung bereits dann empfehlenswert, wenn die Restergiebigkeit 80 % der Ausgangsergiebigkeit unterschreitet. Eine zu spät durchgeführte Regenerierung zeigt meist nur noch geringe und kurz anhaltende Verbesserungen. Diese Brunnen sind in der Regel irreparabel und müssen durch Neubauten ersetzt werden.

Ausblick

Aufgabe des bei Hamburg Wasser entwickelten Managementwerkzeugs „Brunnenwerterhalt“ ist ein frühzeitiges Erkennen und adäquates Reagieren auf Alterungsprozesse von Brunnen. Die Erfassung und Dokumentation der Brunnenhistorie soll die erforderliche „Lernkurve“ erlauben, die für alle brunnenbautechnischen Entscheidungen und letztlich für einen nachhaltigen Betrieb benötigt wird. Alle Bewertungsmodule werden stetig weiterentwickelt und können je nach Kenntnisstand angepasst werden; das System kann folglich als lernendes System bezeichnet werden. Es wird schritt-

weise bei Hamburg Wasser implementiert und somit zunehmend an verschiedene Standortbedingungen angepasst.

Anstatt der bisher üblichen turnusmäßigen Überprüfung und ggf. Instandhaltung zielt das Managementsystem auf ein stärker evidenzbasiertes Vorgehen ab. Gefährdete Brunnen sollen damit früher untersucht und falls notwendig, regeneriert werden, während als nicht gefährdet eingestufte Brunnen zunächst zurückgestellt werden können. Dies erlaubt nicht zuletzt eine verbesserte Steuerung der für Brunnenbau, Überwachung und Instandhaltung erforderlichen Finanzmittel.

Literatur

- [1] DVGW W 130 (2007): Brunnenregenerierung. – Technische Regel Arbeitsblatt W 130, Oktober 2007, Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
- [2] Houben, G., Treskatis, C. (2007): Water Well Rehabilitation and Reconstruction. – 391 S., New York (McGraw Hill Professional).
- [3] Parkhurst, D. L., Kipp, K. L., Charlton, S. R. (2004 – 2016): PHAST – A Program for Simulating Groundwater Flow, Solute Transport, and Multicomponent Geochemical Reactions. – US Geological Survey.
- [4] Jesušek, A., Wilde, S., Hansen, C., Schmedding, H. (2015): Brunnenverockerung und Härteanstieg – Lösungsansätze zu Folgeproblemen erhöhter Stickstoffeinträge ins Grundwasser. – energie | wasser-praxis (ewp) 11/2015, S. 30–35.
- [5] DVGW 2013: Konsequenzen nachlassenden Nitratabbauvermögens in Grundwasserleitern – Abschlussbericht. DVGW Förderkennzeichen W 1/06/08.

Autoren

Dagmar Orlikowski
 Dr. Carsten Hansen
 CONSULAQUA Hamburg
 Ausschläger Elbdeich 2
 20539 Hamburg
 Tel.: 040 7888-89555
 Fax: 040 7888-189999
 consulting@consulaqua.de
 www.consulaqua.de

Dr. Christoph Czékalla
 HAMBURG WASSER
 Billhorner Deich 2
 20539 Hamburg
 Tel.: 040 7888-0
 info@hamburgwasser.de
 www.hamburgwasser.de

