

Verockerungsanalytik für Brunnen in der Praxis (Teil 2)

Nachdem im ersten Teil des Beitrags (bbr 10/2013) genauer auf die mikrobiologischen Hintergründe der biologisch induzierten Verockerung von Brunnen eingegangen wurde, werden nun die praktischen Einsatzmöglichkeiten einer Verockerungsanalytik veranschaulicht.

Trotz oftmals jahrzehntelanger Betriebs-erfahrungen und einem fundierten Wissen über die jeweiligen „Problembur-
nen“ stehen Brunnenbetreiber der Brunnenalterung durch Verockerung oft machtlos gegenüber. Die für die biologische Verblockung relevanten Prozesse spielen sich tief im Inneren des Brunnens ab und können selten anhand betrieblicher Parameter eingeschätzt werden. Erst weit fortgeschrittene, schwerwiegende Verblockungen schlagen sich in den Betriebsparametern nieder und treffen den Betreiber dann häufig unvorbereitet. Doch gerade die frühzeitige Diagnose wäre für die Erhaltung des Brunnens von größter Wichtigkeit. Grundsätzlich gilt, dass chemisch-biologisch abgelagerte Verockerungen mit der Zeit durch Umkristallisation aushärten [1]. Die Entfernung von solchen verfestigten Ablagerungen ist dann nur mit speziellen Verfahren möglich, die technisch und finanziell einen hohen Aufwand erfordern.

Im Idealfall kann der Betrieb eines Brunnens jedoch mehrere Jahrzehnte erfolgen, wenn er regelmäßig gewartet und regeneriert wird. Um die Maßnahmen gegen eine Verockerung stets sinnvoll und effizient einsetzen zu können, empfiehlt es sich, zunächst eine standardisierte Datenerfassung wichtiger Brunnenparameter zu etablieren. Das Biotechnologieunternehmen Blue Biolabs GmbH, eine Ausgründung der Technischen Universität Berlin, hat seit 2012 eine Methode entwickelt, um den Brunnenzustand abschätzen zu können. Im Folgenden werden einige gängige Verfahren sowie neue Entwicklungen der Brunnenüberwachung vorgestellt.

Nützliche Werkzeuge

Neben den oft eingesetzten Pumpversuchen stellt die optische Begutachtung der Pumpe und des Filterbereichs eine intuitiv

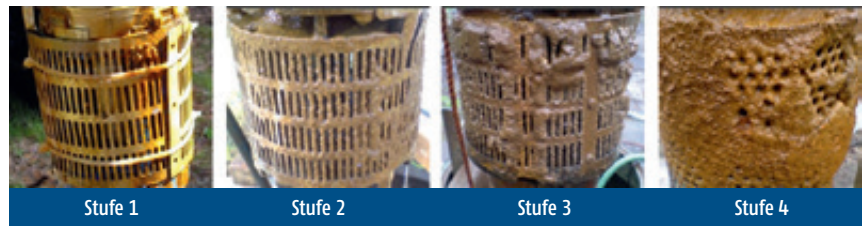


Abb. 1 – Beispiel einer Vergleichskarte zur Bestimmung des Verockerungsgrades einer Pumpe

tive Methode der standardisierten Brunnenzustandsbewertung dar. Dazu wird zunächst der Betrieb unterbrochen und die Pumpe gezogen. Die folgende TV-Befahrung ist ein langjährig erprobtes Verfahren. Durch den Einsatz einer speziellen Kamera, welche in den Brunnen herabgelassen wird, können auch Bauteile im Inneren des Brunnens gesichtet werden. Die übertragenen Bilder werden von der beauftragten Fachfirma analysiert, um neben Ablagerungen auch Schäden am Bauwerk aufzudecken. Bei der Bewertung von Verockerungen steht der Fachmann jedoch vor der Herausforderung, anhand der gewonnenen Bilder die Schwere der Verockerung exakt einzuordnen. So sind Ablagerungen zwar gut auszumachen, wenn sie das Brunnenrohr oder die Filterschlitz betreffen, aber tiefer liegende Verblockungen der Kiesschüttung bleiben der Kamera verborgen und erschweren so eine ganzheitliche Betrachtung der Verblockungen.

Um die optische Zustandsbewertung der Bauteile objektiver zu gestalten, schlagen die Autoren vor, eine standardisierte „Verockerungskarte“ zu verwenden. Ähnlich einer RAL-Farbkarte, welche durch vorgegebene Muster die Einordnung von Farben erleichtert, dient die Verockerungskarte dazu, die Schwere vorgefundener Verockerungen unter Zuhilfenahme von Beispielfotos einzuordnen.

Eine solche Verockerungskarte zeigt Abbildung 1 am Beispiel von Pumpenablagerungen. Es sind Einlaufgitter gezeigt, denen die Verockerungsstufen 1 bis 4 zugeordnet sind. Ist die Pumpe bereits gezogen, sollten neben der fotografischen Dokumentation auch die Dicke, Härte und Farbe der Pumpenablagerungen im Rahmen des standardisierten Protokolls der Verockerungskarte miterfasst werden. Standardisierte Farbkarten zusammen mit der Pumpe zu fotografieren, ist besonders im Hinblick auf Unterschiede bei Belichtung und verwendeter Kamertechnik sinnvoll. Auch sollten Belagsproben entnommen werden, um sie durch ein

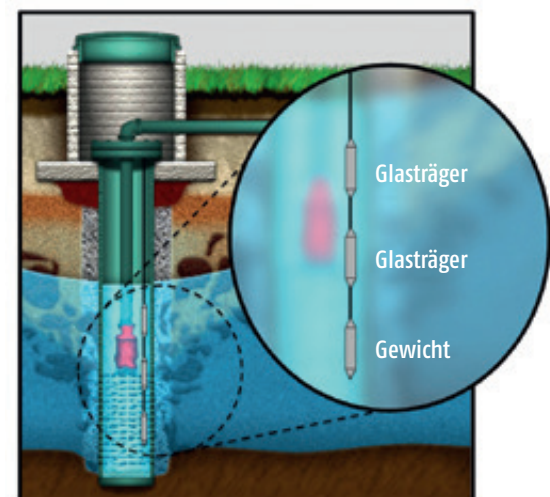


Abb. 2 – Apparatur für die tiefenorientierte Beprobung von Trinkwasserbrunnen

kompetentes Labor auf ihre chemische Auflösbarkeit hin zu untersuchen. Durch eine regelmäßige Erhebung dieser Daten und der Verwendung vordefinierter Klassifikationsparameter können so über die Zeit objektivere und vergleichbarere Aussagen über das Ausmaß und den Verlauf der Verockerung getroffen werden und eine zukünftige statistische Auswertung wird wesentlich erleichtert.

In der Praxis ist es jedoch nicht wirtschaftlich, die Pumpe regelmäßig im Abstand weniger Monate für eine Begutachtung zu ziehen sowie eine Kamerabe-

seit mehreren Jahren in der Umweltanalytik etabliert [2] und wurde auch in einigen aktuellen Forschungsprojekten, zum Beispiel WellMa (KWB und Partner, 2007 bis 2012), AntiOcker (TU Berlin und Partner, 2010 bis 2014), zur Erforschung der Brunnenverockerung angewandt. Die Trägermaterialien werden über einen vordefinierten Zeitraum im Brunnen exponiert und in regelmäßigen Abständen für eine Untersuchung wieder geborgen. Der Brunnenkopf muss hierzu nicht geöffnet werden, jedoch sollte die Pumpe während des Einbringens und Bergens der Vorrich-

Bei neuen Brunnen kann eine « regelmäßige Verockerungsanalytik die Ausbreitung und Verhärtung der Ablagerungen vermeiden.

fahrung oder Pumpversuche durchführen zu lassen. Deshalb wird aktuell nach alternativen Methoden zur kontinuierlichen Brunnenüberwachung gesucht.

In den letzten Jahren wurde beispielsweise ein neues, indirektes Verfahren entwickelt, welches nicht die Verblockung in der Kiesschüttung, sondern chemische Daten im Rohwasser erfasst. Dieser Ansatz sieht die feste Installation von Sensorsystemen vor, die kontinuierlich wasserchemische Daten (z. B. Redox, pH, Sauerstoff und Temperatur) an den Betreiber senden und so erste Hinweise auf negative Veränderungen geben können. Im Rahmen des Innovationsinkubators (Leuphana Universität Lüneburg) wird das System derzeit gemeinsam mit den Kooperationspartnern Celler Brunnenbau GmbH und Franatech GmbH weiterentwickelt und zur Anwendungsreife gebracht.

Alles verockert

Da ähnliche Langzeituntersuchungen in der Vergangenheit oft vor dem Problem standen, dass die in den Brunnen eingebrachten Messsysteme nach einiger Zeit selbst von Verockerung betroffen sind, wurde bei einer weiteren Methode zur Brunnenzustandsbewertung einfach aus dieser Not eine Tugend gemacht.

Mithilfe von an Stahlseilen befestigten Aufwuchsträgern werden die in der jeweiligen Tiefe vorkommenden Bakterien auf Glasoberflächen angesiedelt und können nach der Entnahme direkt untersucht werden (Abb. 2). Diese Methode ist bereits

tung aus Sicherheitsgründen nicht in Betrieb sein.

Durch diese genaue Dokumentation der Beläge können mit relativ geringem Aufwand Rückschlüsse auf die Stärke und das zeitliche Fortschreiten der Verockerung in verschiedenen Tiefen gezogen werden. Allerdings muss einschränkend bemerkt werden, dass diese Erkenntnisse nur eine grobe Einschätzung ermöglichen. Obwohl es sich um in-situ gewonnene Proben handelt, können in der Umgebung des Objektträgers andere Bedingungen als in der Kiesschüttung oder dem nahen Brunnenumfeld herrschen. Im Bereich der Brunnenverrohrung kommt es um den Glasträger immer zur starken Mischung verschiedener Strömungspfade. Als Konsequenz entwickelt sich der Bewuchs auf dem Objektträger eventuell anders als in der Kiesschüttung hinter dem Filterbereich.

Mit dem Wissen, dass Bakterien an der Umsetzung von Eisen im Brunnen beteiligt sind, ist es naheliegend, sich diese Erkenntnis auch für den direkten Nachweis von Verockerung zunutze zu machen. Ein bekannter Ansatz ist der biologische Aktivitätstest BART (Droycon Bioconcepts Inc.). Brunnenwasser wird durch den BART-Test auf das Vorhandensein von Eisenbakterien untersucht. Eine Wasserprobe wird in ein Analysegefäß gegeben, welches eine Nährstoffmischung enthält und über einen Zeitraum von zwei bis acht Tagen inkubiert. Nach einiger Zeit kann die Entwicklung einer Verockerungsreaktion verfolgt werden. Damit die selektive Anrei-

swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

AMI Turbiwell – Berührungsfreie Trübungsmessung für Trinkwasser, Oberflächenwasser und Abwasser.



- Messung nach ISO 7027.
- Messbereich:
0 - 200 FNU
- Geringer Wasserverbrauch.
- Berührungsfreie optische Elemente – keine Verschmutzungsgefahr.
- Autom. Abschlämmung zum Spülen der Messzelle.
- Für den Einsatz in Quellwässern geeignet.

www.swan.ch

SWAN Analytische Instrumente GmbH
Am Vogelherd 10
DE-98693 Ilmenau
Telefon +49 3677 46260
Telefax +49 3677 462626
info@swaninstrumente.de

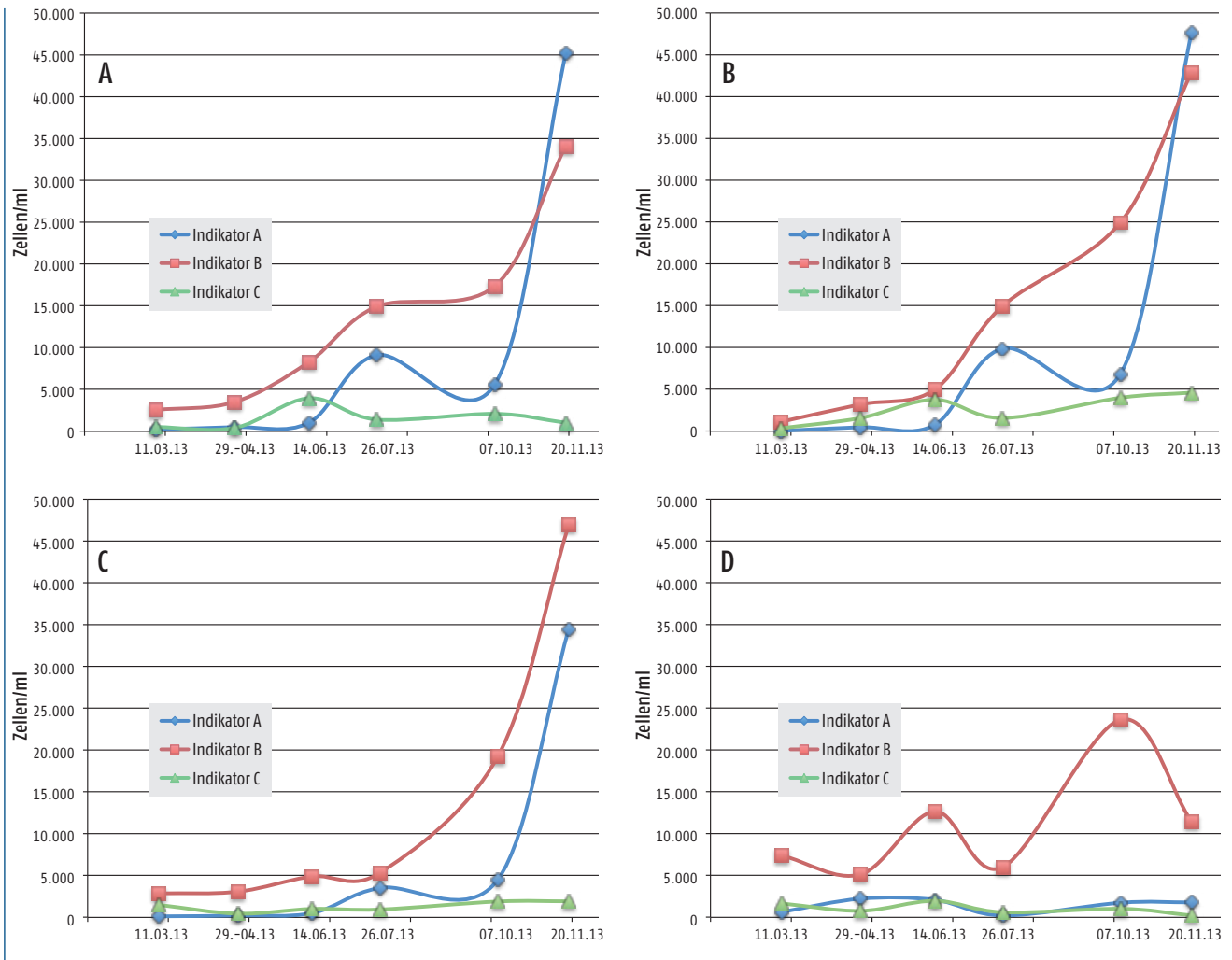


Abb. 3 – Daten der Entwicklung verockerungsrelevanter Bakterien in ausgewählten Brunnen (mit freundlicher Genehmigung der Berliner Wasserbetriebe). Es ist die Anzahl der Indikatorbakterien über die Zeit dargestellt. Die drei verschiedenfarbigen Graphen repräsentieren jeweils drei unterschiedliche Gruppen von Indikatorbakterien für das Ausmaß der Verockerung im Brunnenumfeld.

cherung von verockerungsrelevanten Bakterien gelingt, enthält das BART-Testgefäß eine schwimmende Kugel, welche die Sauerstoffverfügbarkeit im Gefäß beeinflusst. Am Rand der Kugel können sich durch den vorhandenen Sauerstoff mikroaerophile Mikroorganismen entwickeln, auf der Unterseite wird durch die Kugel der Sauerstofftransport unterbunden. Deshalb können sich nur anaerobe Mikroorganismen im unteren Bereich vermehren. Je schneller sich eine Braunfärbung des Kugelumfeldes entwickelt, desto höher wird durch den Hersteller das Verockerungspotenzial eingeschätzt [3].

Der zugrundeliegende Ansatz ist sehr klug, jedoch steht der BART vor einigen systematischen Problemen. Da der Test

auf der Kultivierung einer Mischpopulation mit anschließender optischer Auswertung basiert, kann keine genaue Quantifizierung erfolgen. Die im Wasser enthaltenen Bakterienspezies können selbst bei exakt eingehaltenen Kultivierungsbedingungen unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten aufweisen.

Auch spiegelt das verwendete Medium nicht die im Brunnen vorherrschenden Wachstumsbedingungen wieder und es könnten im schlechtesten Fall sogar Bakterien hochgezüchtet werden, die im Brunnen nur in geringer Zahl vorhanden sind. Das System ermöglicht somit günstigenfalls eine grobe Einschätzung des Verockerungspotenzials, genauere Aussagen erfordern jedoch andere Methoden.

Ein neuer biologischer Ansatz

Das Unternehmen Blue Biolabs GmbH mit Sitz in Berlin hat ein System entwickelt, dass diese Nachteile ausgleicht und Verockerungen auch im Brunnenumfeld ganz direkt bestimmt. Das Verfahren hat vor einem Jahr die Marktreife erlangt und wird inzwischen bereits von vielen Brunnenbetreibern erfolgreich eingesetzt. Dem zum Patent angemeldeten und MIDAS (Molecular Iron Bacteria Detection and Screening) genannten System diene die moderne medizinische Diagnostik als Vorbild. In der Medizin weist man bereits seit einigen Jahren Infektionskrankheiten dadurch nach, dass man in Blutproben den verursachenden Erreger molekularbiologisch nachweist und quantifiziert

Für den MIDAS-Test genügen Wasserproben aus dem laufenden Betrieb des Brunnsens. ‹‹

[4]. Auf diese Weise wird es möglich, Symptome zu deuten und zweifelsfreie Diagnosen zu stellen.

Was für den Patienten die Krankheitserreger sind, sind für den Brunnen die Eisenbakterien (siehe bbr 10/2013). Während dem Arzt eine Blutprobe genügt, genügt den Wasserspezialisten der Blue Biolabs GmbH eine einfache Wasserprobe aus dem laufenden Betrieb des Brunnens, ohne Abschaltung und ohne Standzeiten. Um eine Analyse so einfach werden zu lassen, wird modernste molekularbiologische Technik eingesetzt, wie sie auch in der medizinischen Diagnostik zur Anwendung kommt. Das zugrunde liegende Funktionsprinzip ist jedoch sehr simpel.

Die Eisenbakterien wachsen vor allem in den Porenräumen der Kiesschüttung und verstopfen diese stetig mit Eisenhydroxiden. Im normalen Betrieb des Brunnens werden dabei ständig Bakterien von den Oberflächen der Verockerungen abgelöst und mit dem Wasser nach oben gefördert. Diese Bakterien können mit den hochsensitiven Methoden der Molekularbiologie nachgewiesen, klassifiziert und quantitativ beurteilt werden. Blue Biolabs ist es dabei gelungen, Indikatorbakterien zu identifizieren, deren Zahl in der Wasserprobe direkt mit der Ausdehnung der Verockerung im Untergrund korreliert. Da hierbei im Gegensatz zu bisherigen Methoden eine exakte Quantifizierung der Eisenbakterien erfolgt, kann die Entwicklung der Verockerung erstmals ganz direkt im laufenden Betrieb diagnostiziert und durch wiederholte Beprobungen sogar zeitlich verfolgt werden.

Neue Möglichkeiten

Mithilfe dieser neuen Methode wird der zielgerichtete Einsatz präventiver Maßnahmen unterstützt und eine Früherkennung wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar. Insbesondere neue Brunnen, die zuvor keine Hinweise auf Verockerungen zeigten, können nun kostengünstig, einfach und regelmäßig überprüft werden, um eine Ausbreitung und Verhärtung der Ablagerungen zu vermeiden.

Basierend auf Vorarbeiten an der TU Berlin konnte Blue Biolabs drei Hauptgruppen von Bakterien als Indikatoren für eine biologische Verockerung identifizieren. Erfasst man ihren aktuellen Wert und verfolgt ihre zahlenmäßige Entwicklung durch mehrere Beprobungen, kann der Verlauf der Verockerung exakt bewertet werden.

Wie die Ergebnisse einer solchen Brunnenendiagnose in der Praxis aussehen, ist

in Abbildung 3 dargestellt. Gezeigt werden die Ergebnisse von vier Brunnen, welche seit ihrer Inbetriebnahme im Mai 2012 wiederholt mit MIDAS untersucht wurden. Über den Zeitraum der Analyse wurden in allen vier Brunnen vergleichbare Rohwassermengen gefördert.

Die Analyseergebnisse der Brunnen A, B und C (Abb. 3) zeigen zunächst eine relativ stabile Entwicklung, gefolgt von einem deutlichen Anstieg der Indikatorbakterien in den letzten Monaten des Analysezeitraums.

Durch eine Regeneration zu diesem Zeitpunkt könnte der Prozess der Verockerung gegebenenfalls gleich von Beginn an wirksam vermindert werden und bestehende Ablagerungen würden wesentlich nachhaltiger entfernt werden.

Der räumlich etwas abseits der anderen drei Brunnen gelegene Brunnen D zeigt hingegen eine sehr dynamische Entwicklung über den gesamten dargestellten Zeitraum der Untersuchung. An Beispielen wie diesem wird auch deutlich, dass der Prozess der Verockerung nicht immer rein linear verlaufen muss, sondern abhängig von Brunnenbetrieb, Ausbau und Standort sehr individuell verlaufen kann.

Da die für die Untersuchung benötigte Wasserprobe vom Brunnenbetreiber selbst genommen und stabilisiert werden kann und die eigentliche Untersuchung später im Labor erfolgt, ist es nun zum ersten Mal möglich, das Vorhandensein und den Verlauf einer biologischen Verockerung regelmäßig sehr unkompliziert und flexibel zu überprüfen. Dies ermöglicht ein nachhaltiges Brunnenmanagement und hilft, viele der auftretenden Risiken zu reduzieren.

Fazit

Jeder Brunnen kann grundsätzlich von einer Verockerungsanalytik profitieren. Die verschiedenen auf dem Markt angebotenen Regenerierverfahren können die Nutzungsdauer des Brunnens gerade bei frühzeitiger Diagnose deutlich steigern. Eine regelmäßige Verockerungsanalytik sollte den Betreiber deshalb unterstützen, frühzeitig Gewissheit über den Zustand seines Brunnens zu erlangen und seine Entscheidungen anhand verlässlicher Daten abzusichern. Dies kann entweder bedeuten, geeignete Maßnahmen zeitiger zu ergreifen – bevor Verockerungen aushärten und den Brunnen irreversibel schädigen – oder bestehende Regenerationsintervalle auf ein wirtschaftlicheres Maß zu reduzieren.

Die am Markt vorhandenen Systeme zur Verockerungsanalytik unterscheiden sich jedoch deutlich in ihrer Aussagekraft und dem nötigen Arbeitsaufwand. Daher bleibt nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit das Hauptargument für oder gegen die Anwendung einer regelmäßigen Überwachung. Die Möglichkeit frühzeitig und regelmäßig Untersuchungen durchführen zu lassen, wird zukünftig jedoch durch neue Verfahren wesentlich erleichtert.

Danksagung

Die Autoren danken dem Fachgebiet Umweltmikrobiologie der TU Berlin, dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin, der pigadi GmbH, der egeplast International GmbH sowie den Berliner Wasserbetrieben für die freundliche Unterstützung. Die Blue Biolabs GmbH wird gefördert durch die Gründerwerkstatt der Beuth Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds und der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung.

Literatur

- [1] Cornell R. M., Schwertmann, U. 2003: The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses, Wiley-VCH.
- [2] Banks, D. 1993: Monitoring of biofilm growth in groundwater boreholes in bedrock aquifers, Nor. geol. unders. report 93.120.
- [3] Cullimore, D. R. 1999: Microbiology of Well Biofouling, CRC Press
- [4] Sibley, C. D., Peirano, G., Church, D. L. 2012: Molecular methods for pathogen and microbial community detection and characterization: Current and potential application in diagnostic microbiology, Infection, Genetics and Evolution, Volume 12, Issue 3, April 2012, Pages 505–521

Autoren

M. Sc. Manuel Popiol
Dipl.-Ing. Lukas Weise
Dipl.-Ing. Oliver Thronicker
Blue Biolabs GmbH
Ernst-Reuter-Platz 1
BH 6-1
10587 Berlin
Tel.: 030 31473-178
Fax: 0322 21540-547
info@bluebiolabs.de
www.bluebiolabs.de

