



Projekte aus dem DVGW-Zukunftsprogramm Wasser mit Blick auf die Wasserqualität

Die Herausforderungen, denen die Wasserwirtschaft gegenübersteht, nehmen stetig zu: Speziell die Auswirkungen des Klimawandels sind weitreichend und wirken sich in vielfältiger Weise nicht nur auf das verfügbare Dargebot, sondern auch auf die Wasserqualität aus. Steigende Temperaturen sowie damit verbundene Extremereignisse führen zu erhöhten chemischen und biologischen Belastungen. Umso bedeutender sind die frühzeitige Erkennung möglicher Verunreinigungen sowie die Bewertung und Interpretation neuer Substanzen und Substanzklassen mit weiterentwickelten Analyse-Tools. Das DVGW-Zukunftsprogramm Wasser betrachtet in diesem Kontext Themen zur zukünftigen Ausrichtung der deutschen Trinkwasserversorgung. In diesem Rahmen werden im Fachthemenbereich „Sicherstellung der Wasserqualität“ Forschungsprojekte zur Früherkennung chemischer und biologischer Parameter als auch digitale Werkzeuge zum Erhalt der Wasserqualität durchgeführt. Zu den verschiedenen Projekten in diesem Themenbereich gibt der vorliegende Fachbeitrag eine Übersicht.

von: Dr. Julia Rinck (DVGW e. V.)

Eine ganze Reihe von Trends und Entwicklungen führt derzeit zu einem vermehrten Eintrag von chemischen Stoffen und mikrobiologischen Belastungen in die aquatische Umwelt – und damit auch in die Rohwasserressourcen für die Trinkwassergewinnung. Gleich-

zeitig nehmen regulatorische Anforderungen an die Einhaltung von Grenzwerten und deren Überwachung zu. Vor diesem Hintergrund ist es von entscheidender Bedeutung, analytische Werkzeuge zur Früherkennung chemischer (stofflicher) und mikrobiologischer (hygieni-



Quelle: dzmitrock87/stock.adobe.com

scher) Gefährdungen und für eine umfassende Erfassung dieser Belastungen an der Hand zu haben.

Begleitend führen die Entwicklungen in der Analytik allerdings auch zu immer größeren Datenmengen, die erfasst, verarbeitet und gespeichert werden müssen. Hierfür bedarf es – im Rahmen einer zielgerichteten Digitalisierungsstrategie – der Entwicklung von Konzepten für die Praxis, wie diese Vielzahl an Daten sinnvoll und effizient verwaltet, ausgewertet und für die Versorger nutzbar gemacht werden kann, um eine schnelle Datenbewertung vornehmen und notwendige Maßnahmen ableiten zu können. Hierzu sind sowohl wissenschaftlich fundierte konzeptionelle Ansätze als auch Praxisbeispiele, die als Vorlage für einen effizienten und sinnvollen Umgang mit Messergebnissen dienen, notwendig.

Projekt KLIWAQ

Im Projekt KLIWAQ „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserqualität“ wird eine umfassende Datenbasis zu den möglichen Folgen des Klimawandels auf die chemische und mikrobiologische Beschaffenheit der Rohwasserressourcen geschaffen [1]. Betrachtet werden Auswirkungen z. B. durch Temperaturerhöhungen, Niedrigwas-

serphasen oder Starkregenereignisse auf Oberflächengewässer (Fließgewässer, Seen und Talsperren) sowie Uferfiltrate und Grundwasser. Diese Auswirkungen werden beispielsweise in veränderten Substanzspektren von Spurenstoffen oder Veränderungen der mikrobiologischen Belastungen, der Artenzusammensetzung und dem Auftreten neuartiger Tier- und Pflanzenarten (sogenannter Neobiota) sichtbar.

Zusammen mit Wasserversorgungsunternehmen wird herausgestellt, welche Betroffenheit besteht und welche Folgen des Klimawandels sich heute bereits abzeichnen, um konkrete Handlungsempfehlungen unter sich verändernden Randbedingungen abzuleiten und regionalen Engpässen bei der Trinkwasserversorgung auch zu Zeiten langanhaltender Dürren oder bei höherem Bedarf vorzubeugen. Viele Effekte können von den Versorgungsunternehmen bereits heute beobachtet werden, die z. B. auch Auswirkungen auf die Aufbereitung und möglicherweise sogar auf die Anlagenstruktur haben. Starkregenereignisse beispielsweise führen zu erhöhten Trübungswerten und einem erhöhten Bedarf an Flockungsmittel und vermehrter Filterrückspülung. Eine Zunahme von Spitzenverbräuchen kann zu einer kurzzeitigen Unterdimensionierung von Aufbereitungsanlagen führen. ▶

Abb. 1: Im Projekt KLIWAQ werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserbeschaffenheit untersucht.



Quelle: vernonwiley/istock.com

Abb. 2: Die Bedeutung von Neobiota für die Wasserversorgung wird in dem gleichnamigen Projekt unter die Lupe genommen.

Projekt Neobiota

Anknüpfend an das Projekt KLIWAQ erfolgt im Projekt Neobiota „Neobiota – Relevanz für die Wasserversorgung und Ansätze zu Konsequenzen“ eine erstmalige Zusammenstellung des aktuellen Kenntnisstandes zur Entwicklung neuartiger Tier- und Pflanzenarten in Gewässern. Neobiota treten in den letzten Jahrzehnten verstärkt in europäischen Gewässern auf und können für die Trinkwasserversorgung eine potenzielle Gefahr darstellen, da sie durch Besiedelung von Anlagen den Betrieb von Trinkwasserförderung und -aufbereitung im betroffenen Gebiet gefährden können. Die ggf. notwendigen Maßnahmen zur Beseitigung invasiver Arten können für die Wasserversorgungsunternehmen mit hohen Kosten verbunden sein, weshalb eine vorausschauende Risikoanalyse notwendig ist, um dieser Gefahr frühzeitig begegnen zu können. Ziel des Projektes ist es, durch einen fachlichen Austausch mit bereits betroffenen Versorgungsunternehmen die aktuellen Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung zu ermitteln sowie potenzielle Gefährdungen und mögliche Gegenmaßnahmen für die Zukunft aufzuzeigen.

Projekt QUOVADIS-LAB

Während die Schwerpunkte der im Folgenden beschriebenen Projekte auf der Analytik und Bewertung der mikrobiellen Wasserbeschaffenheit bzw. der Online-Überwachung der Wasserbeschaffenheit

liegen, wurde im bereits abgeschlossenen Projekt QUOVADIS-LAB „Roadmap analytische Technologieentwicklung“ ein allgemeiner Blick auf den Stand und die zukünftige Entwicklung der Trinkwasserüberwachung geworfen [2].

Dass sich die Trinkwasseranalytik in Deutschland auf einem sehr hohen Niveau befindet, liegt an der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Analysegeräte und -verfahren – getrieben einerseits durch rechtliche Regelungen, aber auch durch wertvolle Kooperationen zwischen Geräteherstellern und Anwendern mit einer hohen Bereitschaft, neue Ideen in innovative Produkte umzusetzen. Es zeigt sich, dass auch im Bereich der Analytik das Thema Nachhaltigkeit immer mehr in den Fokus rückt und umwelt- und ressourcenschonende Instrumente und Analyseverfahren vermehrt gefordert werden (green analytical chemistry). Das Projekt zeigt auch, dass alle Bereiche der Analytik von einer weiteren Digitalisierung und Automatisierung profitieren würden. Zwecks der Speicherung, Auswertung und Darstellung von Ergebnissen aus der Trinkwasserüberwachung findet ein enger Austausch mit dem Projekt HotBAK statt, in dem diese Themen beispielhaft für MALDI-TOF-Daten und Daten zu Spurenstoffen betrachtet werden.

Projekt MoVe

Die Ergebnisse aus dem Projekt QUOVADIS-LAB werden im Projekt MoVe „Molekularbiologische Ver-

fahren in der Trinkwasserüberwachung“ berücksichtigt, im Rahmen dessen der Einsatz moderner molekularbiologischer Analyseverfahren in der mikrobiologischen Wasseranalytik bewertet wird.

Obwohl diese Verfahren zu einer verbesserten Überwachung der mikrobiologischen Wasserqualität bzw. zu der besseren Bewertung von mikrobiologischen Befunden beitragen, basiert die amtliche Überwachung derzeit noch immer nahezu exklusiv auf klassischen kulturellen Nachweisverfahren. Neue Nachweistechiken wie MALDI-TOF-MS, Durchflusszytometrie oder PCR-Techniken hingegen erlauben einen deutlich schnelleren Probendurchsatz und ermöglichen es, bakterielle Kontaminationen schneller und effektiver zu erfassen. Zusätzlich gibt ihre hohe Datenauflösung Zugang zu weiteren Informationen, durch die beispielsweise auch das Auffinden der Kontaminationsquelle bei einer mikrobiologischen Trinkwasserbelastung vereinfacht und beschleunigt werden kann. Das Projekt untersucht, inwieweit die Routineüberwachung, basierend auf Kultivierungsverfahren, durch molekularbiologische Analysen sinnvoll ergänzt werden kann. Die aktuell verfügbaren Analysetechniken und -verfahren für mikrobiologische Parameter werden im Vergleich zu den vorhandenen Nachweisverfahren bewertet und Vor- und Nachteile bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten für die Trinkwasserversorger (mit

Blick auf mögliche Einsatzbereiche, Aufwand, Feldtauglichkeit, Kosten und Standardisierbarkeit) beurteilt, um anschließend Handlungsempfehlungen für die Wasserversorger sowie Empfehlungen für die Gesetzgebung und Normung abzuleiten.

Projekt Zukunft QMR

Das Projekt Zukunft QMR „Zukunft der mikrobiellen Risikobewertung“ knüpft direkt an das Projekt MoVe an. Mit den beschriebenen Entwicklungen in der mikrobiologischen Analytik und den neuen Anforderungen der EU-Trinkwasserrichtlinie, die eine Umsetzung des risikobasierten Ansatzes in der Trinkwasserüberwachung zwingend vorgibt, ist zu klären, wie die mikrobiologische Trinkwasserüberwachung unter dem risikobasierten Ansatz in der Zukunft aufgebaut sein sollte.

Wie viele andere Länder auch setzt Deutschland zur routinemäßigen Überwachung der mikrobiologischen Trinkwasserqualität auf das (Fäkal-)Indikatorprinzip, das für Deutschland in der Trinkwasserverordnung verankert ist. Dieses Konzept stößt jedoch an einigen Stellen an seine Grenzen und wird daher teilweise auch kritisch hinterfragt. Im internationalen Kontext wird eine Bewertung über eine quantitative mikrobielle Risikobewertung (QMR, engl.: quantitative microbial risk assessment (QMRA)) diskutiert¹. Bei der QMRA wird ▶

¹ Von der Weltgesundheitsorganisation wurde 2016 hierzu eine Ausarbeitung zur Anwendung der QMRA im Rahmen des „water safety managements“ vorgelegt, in der die Vorgehensweise und die anzulegenden Randbedingungen ausführlich dargestellt werden.

Abb. 3: Im abgeschlossenen Projekt QUOVADIS-LAB stand ein allgemeiner Blick auf die Trinkwasserüberwachung im Fokus.



Quelle: kovais/depositphotos.com

das Risiko für das Vorkommen von Krankheitserregern in einem Trinkwasser berechnet, indem modellhafte Krankheitserreger (sogenannte Indexpathogene) im Rohwasser quantitativ bestimmt werden und deren Rückhalt bei der Aufbereitung modelliert wird. Voraussetzung hierfür ist die Festlegung eines gesundheitsbasierten Zieles (dem „health based target“), wozu ein trinkwasserbedingtes Infektionsrisiko oder eine maximal tolerierbare Krankheitslast (DALY) diskutiert wird.

Im ersten Schritt wird in dem Projekt ein Überblick über den aktuellen Stand der Bewertungsansätze für die mikrobiologische Qualität von Trinkwasser unter Berücksichtigung der Messbarkeit und Nachweisgrenzen erarbeitet sowie Erfahrungen mit der QMRA in den Niederlanden abgefragt und zusammengestellt. Die Ansätze werden auf ihre Anwendbarkeit in Deutschland beurteilt, um Möglichkeiten und Grenzen – sowohl der bisherigen Bewertung als auch der neuen Bewertungsansätze – abzuleiten und so Impulse für die Weiterentwicklung des DVGW-Regelwerks zu geben.



Abb. 4: Das Projekt MoVe befasst sich mit Verfahren für die Überwachung mikrobiologischer Parameter beim Trinkwassermonitoring.

Projekt TRINKControl

Im Bereich Online-Analysesysteme wird QUOVADIS-LAB durch das Projekt TRINKControl „Fallstudie zur betrieblichen Überwachung von

(kleinen) Wasserversorgern“ ergänzt, das sich mit der Entwicklung neuer digitaler Werkzeuge zur Früherkennung von chemischen und biologischen Gefährdungen befasst und damit auch einen direkten Bezug zum Projekt MoVe aufweist.

Die Anforderungen an eine schnelle und zuverlässige Analytik in der kontinuierlichen Prozessüberwachung und die Überwachung mittels Online- bzw. Quasi-Echtzeit-Messungen gewinnen immer mehr an Bedeutung und werden zum Teil auch durch regulatorische Vorgaben gestellt. Im Projekt TRINKControl sollen daher auch Fragen rund um die Thematik der Online-Betriebsüberwachung beantwortet werden, um die Möglichkeiten ihres Einsatzes zur Überwachung und Steuerung von Prozessen in der Trinkwasseraufbereitung aufzuzeigen.

Ein umfassender Erfahrungsbericht zu den Technologien mit Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen dieser betrieblichen Überwachungsmethodik soll Empfehlungen zum praktischen Einsatz von konventionellen und modernen Online-Analysegeräten, in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen (wie z. B. der Rohwasserart), geben.

Neben dem praktischen Einsatz zur betrieblichen Überwachung werden die Online-Analysesysteme auch auf ihren Nutzen im Einsatz zur



Quelle: PublicDomainPictures/pixabay.com



Quelle: R-region/pixabay.com

automatischen Steuerung der Aufbereitungsprozesse getestet und bewertet.

Online-taugliche Methoden zur mikrobiologischen Wasserqualitätsüberwachung wie die Durchflussszytometrie oder die Quantifizierung von ATP-Gehalten bzw. enzymatischer Aktivität im Wasser werden in Fallstudien im praktischen Einsatz erprobt. Die Methoden können zur Rohwasserüberwachung sowie perspektivisch auch zur Steuerung bzw. Überwachung von Aufbereitungsschritten (wie z. B. Flockungsfiltration oder Ozonung) eingesetzt werden. Vor- und Nachteile der Online-Analysesysteme gegenüber standardmäßig eingesetzten Trübungs- und Partikelmessungen werden gegenübergestellt. Ein umfassender Erfahrungsbericht soll einerseits einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen dieser betrieblichen Überwachungsmethodik geben, andererseits werden Empfehlungen zum praktischen Einsatz von konventionellen und modernen Online-Analysegeräten, abhängig von den relevanten Randbedingungen, ausgearbeitet.

Projekte HotBAK

Unter dem Akronym HotBAK „Wissenschaftlich-technische Realisierung der Module HOT-TARGET und BAK-IDENT für die Online-Plattform TRINK-HelpDESK“ werden zwei Projekte zu

Anwendungsmodulen in der Trinkwasseranalytik zusammengefasst.

Viele physikalisch-chemischen Substanzeigenschaften liegen in einer Vielzahl von Datenbanken vor. Spezifische Informationen zum Verhalten von Substanzen und ihrer Entfernbarkeit bei der Trinkwasseraufbereitung sind jedoch nur schwer zugänglich oder nicht bekannt; zusätzlich besteht kein etablierter Ablauf für Wasserversorgungsunternehmen für die Bewertung trinkwasserrelevanter Stoffe. Somit würde eine Zusammenführung der oft dezentral erfassten Informationen mit einer Verknüpfung des vorhandenen Wissens und die Möglichkeit der Online-Abfrage einen deutlichen Zugewinn darstellen.

Projekt HOT-TARGET

HOT-TARGET soll es dem Anwender ermöglichen, durch Eingabe des Substanznamens oder der CAS-Nummer schnell und gezielt eine erste Einordnung der Trinkwasserrelevanz von Spurenstoffen und möglicher Maßnahmen zur Risikobeherrschung auf Basis von Kriterien wie GOW, Mobilität, Persistenz, Vorkommen in der aquatischen Umwelt sowie Entfernbarkeit im Rahmen der Trinkwasseraufbereitung zu erhalten. Damit unterstützt das Tool Wasserversorgungsunternehmen bei der Bereitstellung von Informationen zur Trinkwasserrelevanz von ▶

Abb. 5: Anknüpfend an das Projekt MoVe, untersucht das Projekt Zukunft QMR die Zukunft der mikrobiellen Risikobewertung.



Quelle: OrtisMedien/stock.adobe.com

Abb. 6: Welche neuen digitalen Werkzeuge zur Früherkennung von chemischen und biologischen Gefährdungen entwickelt werden können, wird im Projekt TRINK-Control betrachtet.

Substanzen, die im Rohwasser des Unternehmens möglicherweise neu aufgetreten sind.

Projekt BAK-IDENT

Zur Identifikation von Trinkwasser-relevanten Bakterien mittels Massenspektrometrie durch MALDI-TOF (Matrix-Assistierter Laser-Desorption-Ionisierung (MALDI) mit Flugzeitanalyse (time of flight – TOF)) dient die zweite Applikation BAK-IDENT.

Im Trinkwasserbereich wird zur Differenzierung von Bakterien bislang vor allem auf biochemische Testverfahren zurückgegriffen. Die klassische Kultivierung auf spezifischen Nährmedien erfordert jedoch eine lange Inkubationszeit von mehreren Stunden bis Tagen, und gerade bei Umweltsisolaten ist eine Einordnung häufig nicht möglich oder es kommt sogar zu einer falschen Identifizierung. Die molekularbiologische Identifizierung mittels Analyse der DNA-Sequenz erlaubt zwar eine eindeutige

Identifizierung, die Analyse erfordert jedoch einen Zeitaufwand von mehreren Tagen.

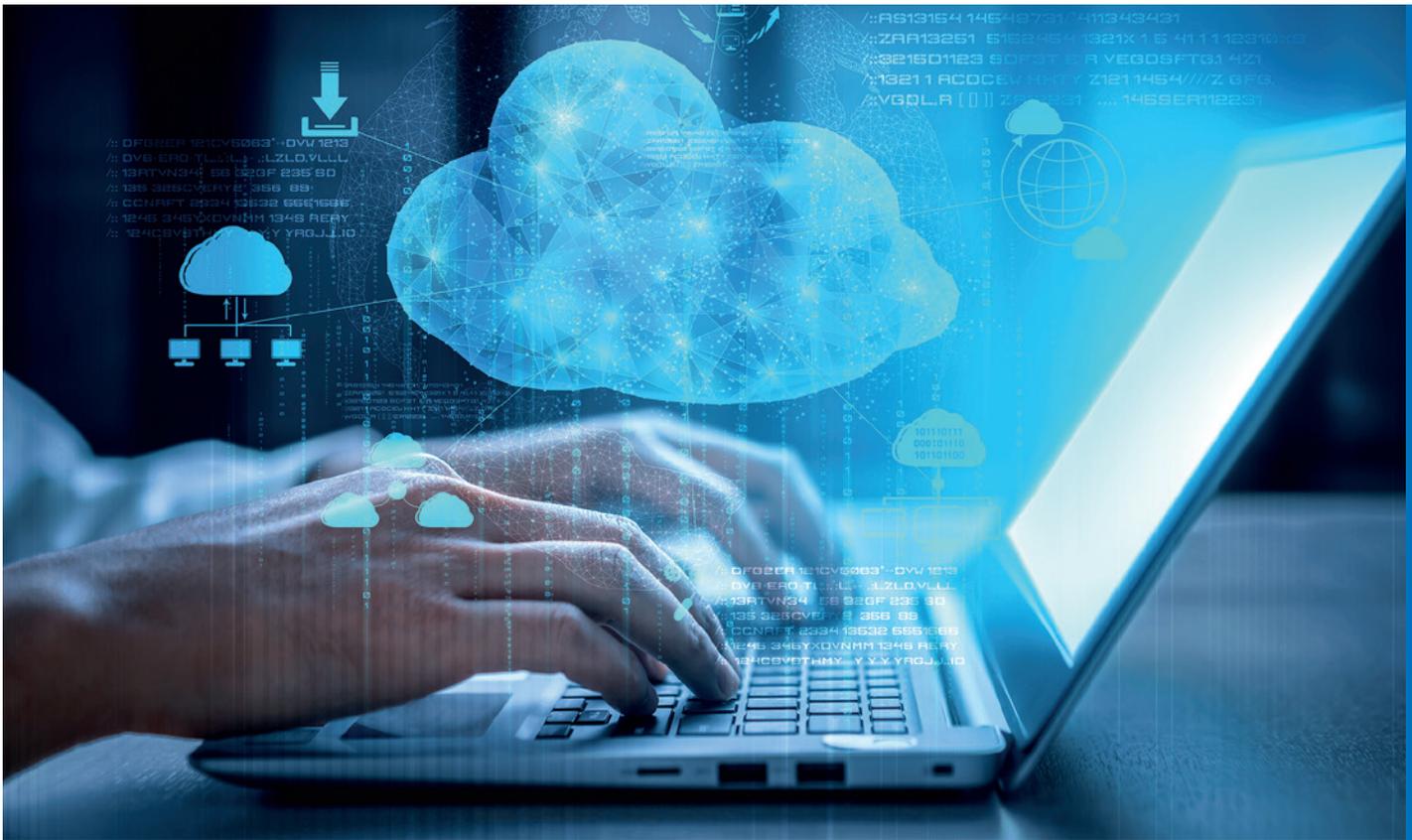
Ein großer Vorteil der Identifizierung von Bakterien mittels MALDI-TOF ist die Schnelligkeit der

INFORMATIONEN

Die Projekte KLIWAQ, MoVe, Zukunft QMR und TRINK-Control werden alle vom TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser (Projektleitung) und dem IWW Zentrum Wasser (Projektpartner) durchgeführt. Die Bearbeitung des Projekts Neobiota erfolgt durch das TZW. Das Projekt HotBAK wird ebenfalls vom TZW bearbeitet und geleitet, Projektpartner ist hier der Zweckverband Landeswasserversorgung Stuttgart. Das Projekt QUOVADIS-LAB wurde von IWW (Leitung) und TZW (Projektpartner) umgesetzt.



Attraktive Werbeartikel
shop.wvgw.de



Methodik, bei der Analyseergebnisse bereits innerhalb weniger Minuten zur Verfügung stehen. Durch eine Analyse des Proteinspektrums der Bakterien, bei der ein „molekularer Fingerprint“ der ribosomalen Proteine erstellt wird, liefert die Methode ein sicheres Identifizierungsverfahren bei enormer Zeitersparnis im Vergleich zu den klassischen Identifikationsverfahren. Das Ergebnis hängt jedoch stark vom Umfang der zugrundeliegenden Datenbank ab, die im Projekt HotBAK mit Blick auf die trink- und grundwasserrelevanten Bakterien für bessere Identifizierungsergebnisse gezielt erweitert wird und Wasserversorgungsunternehmen im Rahmen einer Browser-basierenden Webanwendung zur Verfügung gestellt werden soll.

Damit unterstützt das Modul Wasserversorgungsunternehmen, im Fall einer mikrobiologischen Kontamination Informationen über die Kontaminationsart schnell bereitzustellen und die Zeit der Entscheidungs-

findung der Gesundheitsämter über ein mögliches Abkochgebot erheblich zu verkürzen. Zusätzlich liefert die genaue Identifizierung der vorliegenden Bakterienspezies dem Versorger einen wichtigen Hinweis für die Lokalisierung der Eintragsquelle.

Mit den beiden Modulen werden unterschiedliche Nutzergruppen angesprochen: Während HOT-TARGET praktisch für alle Versorgungsunternehmen und Verantwortliche der Wasserversorgung anwendbar ist, fokussiert BAK-IDENT auf Wasserversorgungsunternehmen mit entsprechender analytischer Infrastruktur.

Mit der Vorbereitung und Erstellung der ersten digitalen Module wird der Weg für digitale Services im DVGW eingeschlagen und konsequent vorangetrieben. Wichtig hierbei ist, dass diese Applikationen auch von kleineren und mittleren Unternehmen gut genutzt werden können. ■

Literatur

- [1] Rinck, J.: Das „Zukunftsprogramm Wasser“ des DVGW: ein Überblick über den Stand der Dinge, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 12/2022, S. 90–95.
- [2] Löffler, N., Sacher, F., Borchers, U.: QUOVADIS-LAB: Trinkwasseranalytik in der Zukunft – wo geht die Reise hin?, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 11/2023, S. 56–60.

Abb. 7: HotBAK fasst zwei Projekte zu Anwendungsmodulen in der Trinkwasseranalytik zusammen.

Die Autorin

Dr. Julia Rinck ist Programmmanagerin des Zukunftsprogramms Wasser in der Einheit Technologie und Innovationsmanagement in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

Kontakt:

Dr. Julia Rinck
 Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
 Technisch-wissenschaftlicher Verein
 Josef-Wirmer-Str. 1-3
 53123 Bonn
 Tel.: 0228 9188-221
 E-Mail: julia.rinck@dvgw.de
 Internet: www.dvgw.de