

QUOVADIS-LAB: Trinkwasseranalytik in der Zukunft – wo geht die Reise hin?

Bei den stetig steigenden Anforderungen an die Qualität unseres Trinkwassers stellt sich die Frage, mit welchen Entwicklungen im Bereich der Analytik zur Qualitätsüberwachung und der Prozesskontrolle zukünftig zu rechnen ist. Diese Fragestellung wurde im Rahmen des DVGW-Zukunftsprogramms Wasser im Projekt QUOVADIS-LAB behandelt, indem Hersteller von Analysegeräten und Wasserversorger befragt wurden. Eine wichtige Rolle werden demnach zukünftig die grüne analytische Chemie, der vermehrte Einsatz von Screening-Verfahren und das Voranbringen der molekularbiologischen Analytik spielen.

von: Nadine Löffler, Dr. Frank Sacher (beide: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser) & Dr. Ulrich Borchers (IWW Zentrum Wasser)

Die Trinkwasserqualität in Deutschland ist heute, auch dank modernster und empfindlicher Analysen- und Labortechnik, auf einem sehr hohen Stand – und das nicht nur national im Hinblick auf die Entwicklung der letzten 25 Jahre, sondern auch im weltweiten Vergleich. Die Zahl der routinemäßig gemessenen Stoffe sowie die Gesamtzahl an messbaren Stoffen haben sich dank neuer Methoden und einer deutlich verbesserten Empfindlichkeit der Geräte in den letzten 25 Jahren drastisch erhöht. So ist die Zahl der amtlich überwachten Parameter allein in den letzten Jahren um mehr als 50 Prozent gestiegen, bezogen auf organische Spurenstoffe beträgt die Steigerung sogar 190 Prozent [1]. Die hohe Sensitivität der Analysegeräte ermöglicht Messungen im Konzentrationsbereich von wenigen Nanogramm pro Liter und teilweise sogar darunter. Damit kann eine sichere Aussage über die gesundheitliche Besorgnis von Belastungen für nahezu alle relevanten Stoffe getroffen werden.

Aufgrund neuer Anforderungen aus den gesetzlichen Regelungen wie der neuen Trinkwasserverordnung oder der EU-Wasserrahmenrichtlinie sowie aufgrund von allgemeinen Besorgnissen

der Verbraucher um eine hohe Wasserqualität ergeben sich stetige und dynamische Entwicklungen in der Analysetechnik. Die Anforderungen an die Messungen in Hinblick auf die Anzahl der zu untersuchenden Inhaltsstoffe und die Effizienz der Verfahren werden in den nächsten Jahren noch weiter ansteigen. Gleichzeitig müssen die Entwicklungen im analytischen Bereich aber auch kritisch hinsichtlich ihres Einsatzes zur Trinkwasserüberwachung evaluiert werden, denn nicht für alle Parameter ist die Anwendung hochspezialisierter Analysensysteme angemessen und sinnvoll.

Um diese Anforderungen und Entwicklungen proaktiv zusammen mit analytischen Forschungsgruppen, Geräteherstellern und Wasserversorgern weiterzuentwickeln und um Trends und neue Bedarfe frühzeitig aufgreifen zu können, wurde in dem Projekt QUOVADIS-LAB eine Roadmap der Analysetechnik erarbeitet.

Zielsetzung und Arbeitsprogramm

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens war es, die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der analytischen Trinkwasserüberwachung zu prognostizieren und

damit die Wasserversorger und den DVGW in die Lage zu versetzen, sich frühzeitig auf diese Entwicklungen vorzubereiten und notwendige Maßnahmen ergreifen zu können. Gleichzeitig stellt die entwickelte Roadmap eine gute Grundlage für Gerätehersteller und Firmen im analytischen Bereich dar, um zukünftige Trends zu erkennen und entsprechende Entwicklungen vorantreiben zu können.

Die erstellte Roadmap basiert auf den relevanten Rahmenbedingungen im Umfeld der Analytik sowie den wichtigsten Treibern für zukünftige Anforderungen. Zu Beginn des Projektes wurde eine Literaturanalyse über die relevante analytische Forschung durchgeführt. Dabei erfolgte eine Zusammenstellung und systematische Auswertung von wichtigen Entwicklungen in den Bereichen chemische Analytik, mikrobiologische Analytik, wirkungsbezogene Analytik und Online-Analytik. Einen zentralen Baustein des Projektes stellten zwei parallel durchgeführte Umfragen bei Geräteherstellern und Wasserversorgern dar. Diese Umfragen dienten der Ermittlung von zukünftigen Trends und Entwicklungen in der Trinkwasseranalytik aus den jeweiligen Sichtweisen der Gerätehersteller und der Wasser-

versorger. Des Weiteren wurden in dem Projekt die Anforderungen an die Analytik durch Gesetzgebung, Toxikologie und die Verbraucher zusammengestellt und abgeschätzt. Die sich anschließende Gap-Analyse führte die Ergebnisse von Literaturrecherche, Umfragen und Anforderungsanalyse zusammen und identifizierte mögliche Diskrepanzen und Synergien zwischen den unterschiedlichen Anforderungen und Erwartungen. Dies wurde anschließend auch in einem Workshop mit den beteiligten Kreisen, bestehend aus Vertretern der analytischen Forschung und Behörden sowie Geräteherstellern und Wasserversorgern, kritisch beleuchtet und diskutiert. Die abschließenden Ergebnisse wurden in einer Roadmap zusammengetragen und als strategische Empfehlung dargestellt.

Ergebnisse der Umfragen

Ein wichtiger Bestandteil der Fragebögen war die Frage nach den Ursachen bzw. Treibern für neue analytische Entwicklungen. Die Rückmeldungen auf diese Frage sind in **Abbildung 1** dargestellt. Die vier vorgegebenen Antworten sind an der x-Achse aufgelistet und die Quote, d. h. die positive Rückmeldung zu den jeweiligen vorgegebenen Antworten, ist an der y-Achse aufgetragen. Zunächst ist die allgemein hohe Übereinstimmung zwischen Wasserversorgern und Geräteherstellern zu vermerken. Mit über 90 Prozent gaben beide Teilnehmergruppen die rechtlichen Regelungen als Treiber für neue Analysemöglichkeiten an, weshalb sich rechtliche Vorgaben als Hauptursache für zukünftige Entwicklungen identifizieren lassen. Ebenfalls in großer Übereinstimmung und hoher Relevanz sind wissenschaftliche Entwicklungen zu verzeichnen. Diskussionen in der Öffentlichkeit stellen eher für die Gerätehersteller einen treibenden Faktor für neue Analysemöglichkeiten dar, wohingegen neue Schadensfälle tendenziell eine Ursache für die Nutzung neuer Analysetechniken bei den Wasserversorgern sind.

Da sich rechtliche Vorgaben als Hauptursache für neue analytische Verfahren

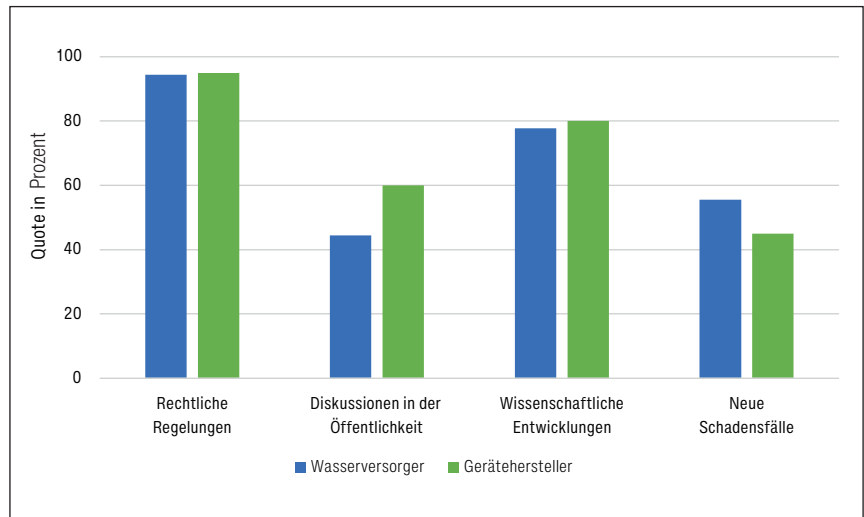


Abb. 1: Ergebnisse der Frage nach den Ursachen für die Entwicklung und Nutzung neuer Analysemöglichkeiten

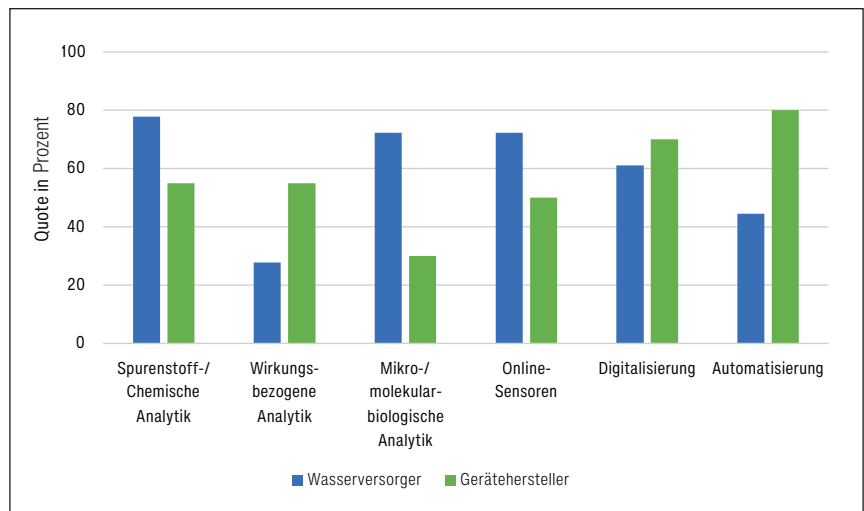


Abb. 2: Zukünftig wichtige Entwicklungsbereiche für die Trinkwasseranalytik

herauskristallisiert haben, stellt sich die Frage, ob diese Vorgaben eher als Potenzial oder als Hemmnis gesehen werden. Hierbei weichen die Einschätzungen der Wasserversorger deutlich von den Geräteherstellern ab: So schätzen bei den Wasserversorgern nur gut 60 Prozent die aktuellen Regelungen als Potenzial für zukünftige Entwicklungen ein, wohingegen es bei den Geräteherstellern über 90 Prozent sind.

Konkrete Potenziale durch die Gesetzgebung wurden deshalb vorwiegend von den Geräteherstellern benannt. Ein wichtiges Potenzial ist die Erfassung von neuen Parametern, weil zusätzliche Stoffe regulatorisch überwachungspflichtig werden. Daraus eröffnet sich die Möglichkeit für neue Verfahren wie

beispielsweise die quantitative Echtzeit-PCR. Ein ebenso häufig genanntes Stichwort waren die Grenzwertsenkungen, da eine immer höhere Reinheit des Wassers gefordert wird. Dies verlangt nach sensitiveren Messgeräten mit niedrigeren Bestimmungsgrenzen.

Hemmnisse in den aktuellen Regelungen werden von knapp 40 Prozent der befragten Wasserversorger gesehen. Hier sind vor allem zwei große Hemmnisse zu nennen: Zum einen fehlen bei Analysemethoden häufig einheitliche Vorgaben; Beispiele hierfür sind fehlende analytische Vorgaben zur Bestimmung von Mikroplastik oder zur Durchführung der Durchflusszytometrie. Das zweite Hemmnis besteht in der Tatsache, dass die methodischen Vorgaben ▶

veraltet sind. Häufig hinken regulatorische Vorgaben den technischen Entwicklungen hinterher und entsprechen nicht den aktuellen technischen Möglichkeiten. Besonders deutlich wird dies am Beispiel der biologischen Verfahren, bei denen moderne molekularbiologische Methoden das Potenzial haben, die gegenwärtig verwendeten mikrobiologischen Verfahren abzulösen oder zumindest zu ergänzen.

Die Themenfelder, in denen die zukünftig wichtigsten Entwicklungen zu erwarten sind, ließen sich anhand der Umfrage nur schwer identifizieren (Abb. 2). Die wichtigsten Bereiche für die Wasserversorger sind die Spurenstoff- bzw. chemische Analytik, die biologische Analytik und Online-Sensoren. Die Gerätehersteller sehen eher in der Digitalisierung und Automatisierung zukünftige Entwicklungen.

Konkret sind bei der biologischen Analytik auch zukünftig Viren und Bakterien im Fokus der Entwicklungen und Untersuchungen, wohingegen multiresistente Keime und Protozoen in der Trinkwasseranalytik als weniger relevant eingeordnet werden. Hinsichtlich der zukünftigen Technologien sehen alle Gerätehersteller PCR-Techniken als sehr erfolgversprechend an, wohingegen die Zustimmung für diese Technologie bei den Wasserversorgern nur bei ca. 35 Prozent lag.

In der chemischen Analytik stehen vor allem Spurenstoffe allgemein und PFAS

zunehmend im Fokus der Entwicklungen und Untersuchungen. Laut der Umfrage werden Hormone und Pharmazeutika auch zukünftig analytisch verfolgt, wohingegen Mikroplastik und Schwermetalle als vergleichsweise unbedeutend einzuordnen sind.

Die Steigerung der Geräteempfindlichkeit, um niedrigere Nachweisgrenzen zu erreichen, ist ein zentraler Fokuspunkt der aktuellen Entwicklungen, insbesondere aufseiten der Gerätehersteller. Dieser Punkt war ein zentraler Gegenstand der Diskussion des Projektworkshops und wird deshalb in einem separaten Kapitel nachfolgend näher diskutiert.

Insgesamt lässt sich anhand der Umfrage bestätigen, dass die aktuellen gesetzlichen Regelungen als wesentlicher Treiber für neue Entwicklungen in der Trinkwasseranalytik agieren. Dabei bietet die Gesetzgebung verschiedene Potenziale, beispielsweise durch Vorgaben zu neuen Parametern und Verfahren. Gleichzeitig bestehen in der Gesetzeslage auch klare Hemmnisse, die durch veraltete Vorgaben neue Entwicklungen verhindern. Wichtige spezifische Entwicklungsfelder sind die Erweiterung messbarer Parameter, die Empfindlichkeitsverbesserung von Geräten sowie die Verbesserung der Automatisierung und Digitalisierung. Bei der biologischen Analytik sind auch in Zukunft Viren und Bakterien von zentraler Bedeutung, wobei ihre Analyse mittels PCR-Techniken oder der Durchfluss-

zytometrie erfolgen kann. Die chemische Analytik wird weiterhin dominiert von der Analyse von PFAS und Spurenstoffen.

Ergebnisse aus dem Workshop und Schlussfolgerungen

Zukünftig wichtige Analyseverfahren und Strategien im Trinkwasserbereich wurden in dem Projektworkshop vorgestellt, kritisch diskutiert und anschließend zusammengestellt (Abb. 3). Das wichtigste Stichwort bei der Betrachtung der zukünftigen Entwicklungen im Trinkwassersektor ist die grüne analytische Chemie (engl.: green analytical chemistry). Sämtliche analytische Verfahren im Umweltbereich sollten zukünftig möglichst umwelt- und ressourcenschonend sein und nicht selbst zu Umweltproblemen beitragen. Dies ist schon seit Jahren in Skandinavien geübte Praxis, denn dort wird in der Normung grundsätzlich keinem Verfahren zugestimmt, welches mit sehr toxischen Reagenzien arbeitet. Auch vor dem Hintergrund der aktuellen Energiekrise und der zunehmenden Ressourcenknappheit sind die Ansätze der grünen analytischen Chemie zu begrüßen.

Die Bestimmungsgrenze hat sich in der Trinkwasseranalytik in den letzten beiden Jahrzehnten drastisch nach unten verschoben (Abb. 4). Dies wurde durch immer striktere gesetzliche Vorgaben vorangetrieben und durch neue Analysemethoden und -geräte ermöglicht. Gegenwärtig liegen die erreichbaren Bestimmungsgrenzen im Bereich von 1 bis 10 Nanogramm pro Liter (ng/l) und erscheinen als weitestgehend ausreichend. Eine weitere Absenkung um Zehnerpotenzen ist dagegen weder notwendig (ggf. gibt es Ausnahmefälle) noch sinnvoll bzw. in der Praxis umsetzbar. Blindwerte aus der unvermeidlichen ubiquitären Hintergrundbelastung spielen dabei heute zunehmend eine begrenzende Rolle. Deshalb ist zu erwarten, dass zukünftig vermehrt Analyseverfahren benötigt werden, die mit Screening-Ansätzen zusätzliche Stoffe in sehr niedrigen Konzentrationen erfassen können. Die verfügbaren Budgets und Ressourcen sollten folg-

Abb. 3: Übersicht über wichtige Trends zur Sicherung der Trinkwasserqualität



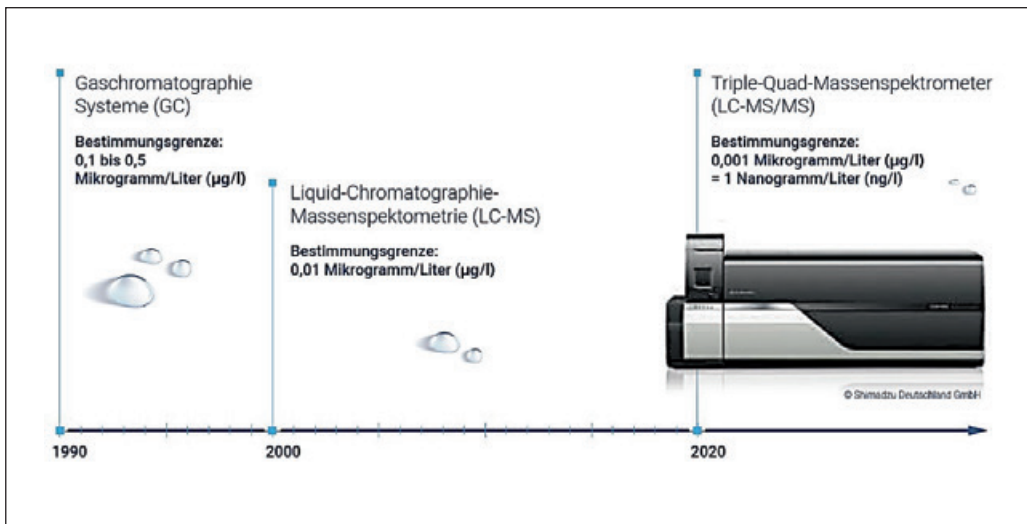


Abb. 4: Steigerung der Empfindlichkeit der Analytik – geht es noch weiter?

Quelle: TZM/WW

lich besser in eine „breitere“ statt eine „tiefere“ Analytik investiert werden.

Die Target-Analytik behält aller Voraussicht nach weiterhin einen sehr hohen Stellenwert, da bei allen Szenarien am Ende die Frage zu beantworten ist, welcher Stoff in welcher Konzentration Anlass zur Besorgnis gibt. Das sehr bewährte und beizubehaltende Prinzip der gesundheitlichen Orientierungs- und Leitwerte setzt auf der Kenntnis des Stoffes und seiner Konzentration im Trinkwasser auf. Parallel dazu scheint es sinnvoll zu sein, dass aufgrund der unüberschaubar großen Stoffvielfalt Screening-Verfahren (mit halbquantitativen Ergebnissen) weiter vorangebracht werden, sodass die Vorteile bei-

der Ansätze sinnvoll miteinander vereint werden.

Die Mikroplastik-Analytik im Trinkwasser ist vermutlich in der Routineüberwachung nicht erforderlich. Bisherige Ergebnisse deuten an, dass keine oder nur sehr minimale Gehalte an Mikroplastik im Trinkwasser gefunden werden. Im Moment sind keine Regelungswerte bekannt oder in Aussicht gestellt worden. Zudem besteht bei den vorliegenden Konzentrationen nach dem aktuellen Kenntnisstand keine Besorgnis einer schädlichen Wirkung auf den Menschen.

Eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Wirkung des Trinkwassers auf den Menschen stellt eine wünschenswerte

Ergänzung zur Sicherung der Wasserqualität dar. Dafür ist die wirkungsbezogene Analytik gut geeignet. Eine Trinkwasserprobe, die nach einer Anreicherung in einer anerkannten Testbatterie an Endpunkten keine „schädliche Wirkung“ zeigt, enthält auch keine Schadstoffe. Mit einer breiteren Anwendung der wirkungsbezogenen Analytik wäre ein Schritt in Richtung größerer Verbrauchersicherheit getan, da eine Bestimmung aller im Wasser enthaltenen Spurenstoffe unmöglich ist. Deshalb sollte die Akzeptanz der wirkungsbezogenen Analytik in den rechtlichen Vorgaben weiter gestärkt werden.

In der biologischen Analytik dominieren derzeit die klassischen und eta- ▶

*Sauberes Wasser,
unsere Leidenschaft...*

**Umwelttechnik
Schallameier GmbH**

UTS

**Kompetenz seit über
25 Jahren**

Sauberes - gesundes Wasser

- Legionellenbekämpfung
- Soforthilfe bei Verkeimung
- Quellsanierung u. Wasseraufbereitung
- Beprobung und Auswertung

Reinigung und Desinfektion

- Notchlorung bei Verkeimung im Ortsnetz
- Hochbehälterreinigung
- Desinfektion von Trinkwasserleitungen
- Wasser-Luft-Spülung Abwasserdruckkanal

Druckprüfung u. Spezialdruckprüfung

- Trinkwasserleitungen DVGW Arbeitsbl. W 400
- Beschneiungsanlagen B5050
- Abwasserdruckleitungen HSA
- Gas- und Fernwärmeleitungen

**Haben Sie Fragen oder können wir helfen?
Rufen Sie an : +49 8194/14 05**

Ihr Markus Schallameier mit seinem UTS-Team

UTS - Umwelttechnik Schallameier GmbH
D-86934 Reichling, Eggartenweg 26
info@uts-umwelttechnik.com



www.uts-umwelttechnik.com

© www.rotschopf.at

blierten mikrobiologischen Kulturverfahren. Jedoch sollten die molekularbiologischen Verfahren, die eine schnelle und effektive Erfassung der bakteriellen Kontaminationen sowie eine weitergehende Identifizierung der Mikroorganismen ermöglichen, gefördert werden. Grundsätzlich sollte deshalb auf die sinnvolle und sich ergänzende Co-Existenz beider Verfahren hingewiesen werden. Mittelfristig ist ein Einzug der molekularbiologischen Verfahren in die gesetzlichen Vorgaben anzustreben, um die wichtige Rolle der Verfahren dort zu verankern.

Eine ganz wesentliche Entwicklung wird die Veränderung des Einsatzes von Analytik im Umfeld des verpflichtenden Risikomanagements nach der Trinkwasserverordnung darstellen. Mit dem Risikomanagement werden flexible neue oder veränderte Ansätze gebraucht werden. Hierbei sind Kreativität und Innovationen gefragt, die eine weitere, anwendungsorientierte analytische Forschung notwendig macht. Darüber hinaus wird mit der neuen Trinkwasserverordnung der Weg für eine amtliche betriebliche Online-Überwachung bestimmter Parameter freigemacht. Die sich daraus ergebenden Chancen sollten aktiv genutzt werden, indem Hersteller und Anwender gemeinsam sinnvolle Anwendungsszenarien erarbeiten.

Im Projekt zeigte sich auch deutlich, dass alle Bereiche der Analytik von einer weiteren Digitalisierung und Automatisierung profitieren würden. Zudem muss die Flut an Daten und Ergebnissen unbedingt durch eine angemessene und zielgruppenorientierte Risikokommunikation begleitet werden. Diesen Aspekt gilt es zu intensivieren, da neben der Erfüllung von Überwachungspflichten die Ergebnisse und deren Bedeutung transparent erläutert und verständlich dargestellt werden müssen. Bei den heutigen Fähigkeiten der Analytik ist die Detektierbarkeit von Spurenstoffen insbesondere im Nanogramm-pro-Liter-Bereich erklärungsbedürftig. Mithilfe von Aufklärung und intensiver Vermittlung der Bedeutung der Trinkwasseranalytik kann eine weitere Stärkung des Ver-

brauchervertrauens und eine Förderung des Trinkwasser-Images erreicht werden.

Letztlich ist der weitere Ausbau der Robustheit der Online- und Laboranalytik gegenüber Cyberkriminalität wichtig. Gerade vor dem Hintergrund der aktuellen Bedrohungslage des Ukraine-Konflikts zeigt sich, dass Angriffe auf kritische Infrastrukturen wahrscheinlicher werden. Da in dem Kontext auch die Trinkwasseranalytik mittelbar zur kritischen Infrastruktur der Wasserversorgung zählt, kann die Schaffung von Notfalllösungen zur Analytik eine sinnvolle Maßnahme sein. Ähnliches gilt im Grundsatz auch für Blackout-Szenarien im Strombereich. Hier könnten Notstromversorgungen für Kernbereiche der Analytik eine Überlegung wert sein.

Fazit

Grundsätzlich befindet sich die Trinkwasseranalytik in Deutschland auf einem sehr hohen Niveau und wird flexibel und dynamisch weiterentwickelt. Die rechtlichen Regelungen agieren hierbei als Haupttreiber zur Förderung analytischer Messgeräte. Die Hersteller der Analysegeräte greifen mit ihrem Unternehmergeist dynamischen Tendenzen und Bedarfe am Markt auf und setzen diese in Kooperation mit ihren Kunden in effektive Lösungen um. Die Wasserversorger und Laboratorien haben eine hohe Bereitschaft, neue Ideen und Produkte aufzugreifen, was insgesamt wirtschaftlich rentabel ist und zudem den Verbraucherschutz in Deutschland weiter garantiert und ausbaut. Somit erscheint die Symbiose aus von Herstellern getriebenen Innovationen und der Offenheit der Wasserversorger für Neues optimal und lässt auch für die Zukunft eine optimistische Prognose zu.

Danksagung

Das Projekt QUOVADIS-LAB wurde im Rahmen des DVGW-Zukunftsprogramms Wasser durchgeführt. Die Autoren danken dem DVGW, der Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e. V. (figawa) sowie der



Firma Gerstel GmbH & Co. KG für die finanzielle Förderung. Großer Dank geht auch an alle Vertreter von Herstellerfirmen und Wasserversorgungsunternehmen, die das Projekt durch die aktive Teilnahme an den Umfragen und dem Workshop maßgeblich unterstützt haben. ■

Literatur

[1] Spectaris – Deutscher Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V.: Analysen- und Labortechnik: Schlüssel zur Sicherheit von Trinkwasser und anderen Lebensmitteln. Online unter www.spectaris.de/fileadmin/Infothek/Verband/ePaper-Trinkwasserstudie/epaper/ausgabe.pdf, abgerufen am 22. August 2023.

Die Autoren

Nadine Löffler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Wasserchemie beim TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe.

Dr. Frank Sacher ist Leiter der Abteilung Wasserchemie beim TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe.

Dr. Ulrich Borchers ist Leiter des Geschäftsbereiches Wasserqualität beim IWW Zentrum Wasser in Mülheim an der Ruhr.

Kontakt:

Nadine Löffler
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 9678-232
E-Mail: nadine.loeffler@tzw.de
Internet: www.tzw.de

verifyHy

HydrogenREADY Database

Mehr Informa-
tionen unter:
www.verifyHy.de



Verify it!

Die DVGW *verifyHy HydrogenREADY-Database* ist die zentrale Plattform zur schnellen und komfortablen Überprüfung der Wasserstoffeignung Ihrer Gasnetze und damit der verwendeten Produkte, Komponenten und Materialien.



Datenbank &
Projekt-Lead

DVGW Service & Consult GmbH

Frank Birmeyer · Geschäftsführer
www.dvgw-sc.de · frank.birmeyer@dvgw-sc.de



Know-How /
Quality Gate

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Gert Müller-Syring · Geschäftsführer
www.dbi-gruppe.de · gert.mueller-syring@dbi-gruppe.de