

Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser im Jahr 2020

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT, Forschungsstelle für Brandschutztechnik und TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe, Teil 4

Harald Horn, Thomas Kolb, Dimosthenis Trimis und Josef Klinger

Tätigkeitsbericht, Forschung und Lehre, Ausbildung, Weiterbildung

Dieser jährlich erscheinende Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklungen und Aktivitäten am Engler-Bunte-Institut, der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT sowie der Forschungsstelle für Brandschutztechnik. Darüber hinaus wird über das TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser berichtet. Wie es auch in den vergangenen Jahren gehandhabt wurde, erscheinen die gasspezifischen Beiträge in gwf Gas + Energie (Teil 1: Ausgabe 6/2021, EBI ceb; Teil 2: Ausgabe 7-8/2021, EBI vbt) und die wasserspezifischen Beiträge in gwf-Wasser | Abwasser (Teil 3: Ausgabe 6/2021, EBI WCT; Teil 4: Ausgabe 7-8/2021, TZW). Typischerweise steht die Entwicklung der verschiedenen Einrichtungen mit Beiträgen aus der universitären Lehre, der Aus- und Weiterbildung, über Forschungs- und Entwicklungsprojekte, über Beratung und Firmenkontakte im Fokus. In diesem Bericht wird aber unstrittig auch immer wieder die Corona-Pandemie thematisiert werden, da sie sehr tief in die Organisation der Forschungsarbeiten und vor allem der Lehre eingegriffen hat. Fortsetzung aus gwf-Wasser | Abwasser 6/2021.

The annual report aims at giving an overview of developments and activities of the Engler-Bunte-Institut, the DVGW-Research Center, the Research Center of Fire Protection Technology, and the TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser (German Water Center). As every year, the gas related parts can be found in gwf Gas + Energie (part 1: issue 6/2021, EBI ceb; part 2: issue 7-8/2021, EBI vbt) and the water related parts in gwf-Wasser | Abwasser (part 3: issue 6/2021, EBI WCT; part 4: issue 7-8/2021, TZW). The report typically highlights academic teaching, courses and advanced education, and focuses on scientific research and development projects, on consulting and contacts to business companies as well as on other activities. However, the current annual report also addresses the effects of the corona pandemic, which does significantly influence the daily work in research, consulting and of course teaching. Continued from gwf-Wasser | Abwasser 6/2021.

4. TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

Josef Klinger

Am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser stehen der nachhaltige Schutz der Wasserressourcen und innovative Lösungen für die Trinkwasserversorgung und die Industrie- und Abwassernutzung im Mittelpunkt aller Aktivitäten. Im Verbund mit international führenden Instituten der Wasserforschung versteht sich das TZW als treibende Kraft bei der Entwicklung tragfähiger Konzepte für die Zukunft der Wasserversorgung. Seine Kompetenz stützt

sich auf die Ergebnisse von rund 50 Forschungsprojekten, die pro Jahr von nationalen oder internationalen Fördermittelgebern finanziert werden.

Die über 1.000 Kunden des TZW sind Wasserversorger, Industrieunternehmen, Fachbehörden und Hochschulen. Für sie entwickelt es in einem engen Zusammenspiel von Wissenschaft und Praxis neue und zukunftsfähige Konzepte. Die interdisziplinären Teams setzen sich aus Expertin-

nen und Experten aus den Bereichen Wasserversorgung, Wassermikrobiologie, Wasserchemie, Wasserverteilung und der Prüfstelle Wasser zusammen. Rund 180 hochqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus den Fachbereichen Chemie, Biologie, Physik, Umweltwissenschaften, Verfahrenstechnik, Materialwissenschaft sowie Geistes- und Sozialwissenschaften arbeiten in der anwendungsnahe Forschung sowie der wissenschaftlichen Beratung.

Das TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser ist eine organisatorisch und haushaltstechnisch eigenständige, gemeinnützige Einrichtung des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW). Das jährliche Budget von rund 18 Mio. Euro setzt sich vor allem aus technisch-wissenschaftlichen Studien, praxisnahen Forschungsaufträgen und geförderten Forschungsprojekten zusammen.

Der Jahresbericht gibt einen thematisch gegliederten Überblick über die wesentlichen Arbeitsschwerpunkte des TZW im Jahr 2020.

Wasseranalytik

Im Jahr 2020 wurden im Labor des TZW über 21.000 Proben untersucht, mehr als jemals zuvor (**Bild 4.1**). Den wesentlichen Schwerpunkt bildete die Untersuchung von Wasserproben auf eine Vielzahl an **chemisch-physikalischen und mikrobiologischen Parametern**. Auftraggeber waren wie in den Vorjahren vor allem Wasserversorger und Behörden, aber zunehmend auch Kläranlagenbetrei-

ber und Industrieunternehmen. Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben, die am TZW oder auch bei anderen Forschungseinrichtungen bearbeitet wurden, fielen ebenfalls zahlreiche Analysen an. Untersuchungsgegenstand waren vor allem Roh- und Trinkwasser, aber auch kommunale und industrielle Abwässer nahmen einen großen Raum ein. Darüber hinaus wurden feste Matrices wie Boden oder Klärschlamm analysiert. Sonderproben wie Feuerlöschschäume oder diverse Biota stellten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor neue Herausforderungen.

Im Bereich der chemischen Analytik war auch 2020 neben der Bestimmung wasserchemischer Basisparameter die **Analytik von organischen Spurenstoffen** die zentrale Kernkompetenz des TZW. Wichtige Parameter waren weiterhin per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), Arzneimittelrückstände, PSM-Metabolite und Einzelstoffe wie Trifluoracetat, 1,4-Dioxan, Amidosulfonat oder 1H-1,2,4-Triazol. Die Bestimmung von organischen Phosphonaten, die als Antiscalants in Membrananlagen eingesetzt werden, und von Microcystinen, die als Folge des Klimawandels Talsperrenbetreiber zunehmend vor Probleme stellen, erweiterte das Leistungsspektrum des TZW. Aufgrund des weiterhin hohen Interesses erfolgten auch 2020 zahlreiche Analysen unterschiedlicher Wässer auf **Mikroplastikpartikel**.

In der **mikrobiologischen Analytik** wurden Trinkwasserproben nach den Anforderungen der Trinkwasserver-



Bild 4.1 In den Laboren des TZW wurden im Jahr 2020 mehr Proben analysiert als je zuvor.

ordnung untersucht. Dies umfasste sowohl Wasserproben der öffentlichen Wasserversorgung als auch zunehmend Wasserproben aus der Trinkwasser-Installation. Dort spielten insbesondere die Krankheitserreger *Legionella spec.* und *Pseudomonas aeruginosa* eine wichtige Rolle. Für Rohwasserproben fragten die Kunden auch weitergehende Untersuchungen nach. Dies beinhaltet neben den klassischen bakteriologischen Indikatorparametern zunehmend virale Indikatorparameter (Bakteriophagen). Auch die direkte Untersuchung auf Krankheitserreger, wie *Campylobacter*, humanpathogene Viren und Parasiten, erfolgte in den TZW-Laboren.

Erneut bestätigte die erfolgreiche Teilnahme an zahlreichen Ringversuchen und Vergleichsuntersuchungen die hohe Qualität der analytischen Arbeiten.

Spurenstoffe

Das Wissen zum Umweltverhalten und zur Toxizität von **per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS)** nimmt ständig zu. Daher ist diese Stoffgruppe nach wie vor eine der meist diskutierten im Bereich der Spurenstoffanalytik. PFAS waren in der bisherigen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) nicht über Grenzwerte geregelt. In der revidierten EG-Trinkwasserrichtlinie (EU-TWRL) sind PFAS erstmals mit einem Summengrenzwert (Summe der PFAS) von 0,1 µg/L für eine Auswahl von 20 Substanzen aufgeführt. Die Einzelverbindungen umspannen PFAS mit Kettenlängen von C4 bis C13. Erst seit Ende 2020 sind für zwei der langkettigen Sulfonsäuren analytische Standards verfügbar, die erfolgreich in die Methoden am TZW integriert wurden. Zusätzlich wurde ein PFAS-Summenparameter (PFAS gesamt) von 0,5 µg/L für die Summe aller PFAS eingeführt. Dieser Parameter umfasst die Gesamtheit aller PFAS. Er soll allerdings erst zur Anwendung kommen, wenn technische Regeln für die Überwachung des Parameters entwickelt sind. Prinzipiell sind hierfür die am TZW etablierten Summenparameter EOF, AOF oder der Total Oxidizable Precursor-Assay (TOP-Assay) geeignet, die im Jahr 2020 weiter optimiert werden konnten.

Die Bedeutung von **Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren** zur Verringerung von Stickstoffverlusten in der Landwirtschaft steigt weiter. Daher ist von einem zunehmenden Einsatz dieser Stoffe auszugehen. Wasserversorgungsunternehmen sind besorgt, dass es dadurch zu einem Eintrag der Verbindungen in das Grundwasser kommen könnte. Das TZW bietet seit Jahren eine analytische Methode für den Nachweis einer Vielzahl dieser Verbindungen in Wasserproben an. Die Methode konnte nun erfolgreich auf die Analyse von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren in Bodenproben erweitert werden. Das Verfahren wird derzeit in einem DVGW-Forschungsvorhaben zum Abbau- und Verlagerungsverhalten der Substanzen eingesetzt.

Organische **Phosphonate** werden verstärkt als Enthär-



Bild 4.2: Sedimentprobenahme zur Analyse auf organische Phosphonate.

tungsmittel in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln sowie bei industriellen Prozessen eingesetzt. Sie dienen außerdem als Antiscalants bei der Aufbereitung von Trinkwasser mittels Filtration über dichte Membranen. Aufgrund starker Adsorption an mineralischen Oberflächen können sich Rückstände der biologisch schwer abbaubaren Stoffe in Gewässersedimenten anreichern (**Bild 4.2**). Durch die Entwicklung von Analyseverfahren, die sich zur Spurenanalytik von Phosphonaten aus diver-



Bild 4.3: Agardiffusionstest zur Erfassung von Multiresistenzen.



Bild 4.4: Die Bodenlysimeter werden im Labor beregnet und das Sickerwasser untersucht.

sen Matrices eignen, wurde eine Grundlage zur Bilanzierung des Phosphonateintrags in die Umwelt und im Prozess der Membranfiltration geschaffen. Um die Analytik der Komplexbildner zu komplementieren, werden gegenwärtig analytische Methoden zur Quantifizierung von **Acrylsäurepolymeren** entwickelt, die gleichfalls als Antiscalants eingesetzt werden.

Mikroorganismen

Viele Wasserversorgungsunternehmen haben sich auch im Jahr 2020 an das TZW gewandt, um den **Ursachen**

für hygienisch-mikrobiologische Befunde bei der Wassergewinnung, im Wasserwerk, in Behältern oder im Leitungsnetz auf den Grund zu gehen. Nach wie vor hat auch die **Aufstellung von Handlungsplänen** bei Wasserversorgungsunternehmen ohne Abschlussdesinfektion mit Chlor oder Chlordioxid eine große Bedeutung. Diese dienen dazu, dass auch im Notfall bei mikrobiologischen Grenzwertüberschreitungen schnell reagiert werden kann. Dazu gehört auch die Unterstützung von Wasserversorgern bei der Festlegung sinnvoller Probenahmestellen im Verteilungsnetz und zur Erarbeitung eines Notfalldesinfektionskonzeptes. Bei der Aufstellung von Handlungsplänen wird außerdem durch AOC-Messungen geprüft, ob durch die kurzfristige Notfalldesinfektion eine Erhöhung des Wiederverkeimungspotenzials im Trinkwasser auftreten kann.

Mit der MALDI-TOF-Massenspektrometrie steht am TZW eine zukunftssträchtige molekularbiologische Methodik zur **Identifizierung von Bakterien** zur Verfügung. In einigen Fällen gelang es, durch die schnelle Identifizierung der auftretenden Stämme coliformer Bakterien oder Enterokokken ein Abkochgebot für das Trinkwasser zu vermeiden. Im Falle von vereinzelt Nachweisen hygienisch-relevanter Mikroorganismen in Trinkwassersystemen war die Untersuchung von angereicherten Wasserproben nach Anreicherung großer Volumina (100 L) über Ultrafiltrationsmodule für die Suche der Belastungsursa-

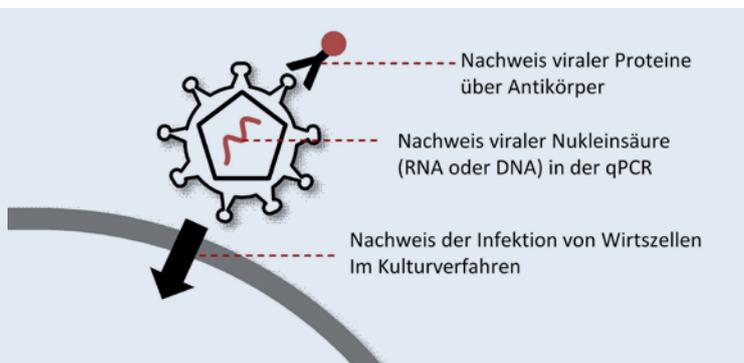


Bild 4.5: Mechanismen verschiedener Nachweisverfahren für SARS-CoV-2.

che hilfreich. Zur Prüfung der Aufbereitungswirksamkeit wurden auch Volumina bis ca. 1.000 L untersucht.

Zur **Bewertung der mikrobiologischen Rohwasserbeschaffenheit** wurden Rohwasserproben zusätzlich zu den klassischen bakteriologischen Parametern auch auf virale Indikatoren (Bakteriophagen) und die Index-Pathogene *Campylobacter*, Viren und Parasiten untersucht. Der Virennachweis (Adeno-, Entero-, Noroviren) erfolgte dabei nach Ultrafiltrationsanreicherung aus 10 L-Proben durch eine molekularbiologische quantitative PCR-Methodik, für deren Wiederfindung nahezu 100 % erreicht werden konnten. Die Erkenntnisse wurden im Rahmen eines DVGW-Projektes zur quantitativen mikrobiellen Risikobewertung zusammengefasst. Auch im Jahr 2020 wurden Problemstellungen im Bereich der Trinkwasser-Installation bearbeitet, die die Krankheitserreger *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen umfassten.

Anfragen zum **Vorkommen von Antibiotikaresistenzen** im Trinkwasser konnten sowohl durch den kulturellen Nachweis von antibiotikaresistenten Bakterien als auch den molekular-biologischen Nachweis von Antibiotikaresistenzgenen beantwortet werden, wobei im Trinkwasser keine Nachweise erfolgten. Für den Nachweis von Bakterien mit Antibiotikaresistenzen wurden neue Kulturverfahren und molekularbiologische Methoden eingesetzt (**Bild 4.3**). Die Methoden aus dem klinischen Bereich sind nicht auf Umweltproben anwendbar. Daher erfolgte eine Anpassung, um eine spezifische Überwachung des aquatischen Bereichs zu ermöglichen. Dafür wurden angepasste Medien für die Kultivierung und Enzymtests entwickelt. Die Arbeiten dienen dem fundierten Monitoring des Vorkommens von Antibiotikaresistenzen.

Ressourcenschutz

Die **Grundwasserdatenbank Wasserversorgung Baden-Württemberg** (GWD-WV) erfasst landesweit Daten zur Beschaffenheit der Grund- und Quellwasservorkommen, die von Wasserversorgungsunternehmen zur Trinkwasserversorgung genutzt werden. Das TZW betreibt die Datenbank, aktualisiert laufend insbesondere die Daten zur Nitratbelastung der Rohwässer und leitet sie an die zuständigen Behörden weiter. Hier bilden die übermittelten Werte die Basis für die Einstufung der Wasserschutzgebiete in Normal-, Problem- oder Sanierungsgebiete nach der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO). Dabei kooperiert die GWD-WV der Wasserversorger eng mit der durch die LUBW betriebenen Grundwasserdatenbank (GWDB) des Landes Baden-Württemberg.

Durch **problem- und gebietspezifische Monitoringprogramme** und Ortsbegehungen werden Belastungen des Grundwassers mit Nitrat, PFAS, Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Abbauprodukten erkundet sowie durch Bodenuntersuchungen die Nitratauswaschungsverluste abgeschätzt. Diese Arbeiten dienen dazu, Handlungsempfehlungen zur Ursachenbeseitigung von Grundwasserverunreinigungen oder zum Umgang mit Belastungen abzuleiten. Diese Ergebnisse können auch als Basis für eine Messnetzoptimierung dienen. Neben Geografischen Informationssystemen (GIS) werden auch numerische Grundwassersimulationen herangezogen.

Das TZW begleitet Wasserversorgungsunternehmen bei der **Einführung von Risikomanagementsystemen** gemäß DIN EN 15975-2 bzw. dem neuen DVGW-Merkblatt W 1001 und setzt dabei auch die am TZW entwickelten GIS-basierten Ansätze zur Risikoabschätzung für Einzugs-

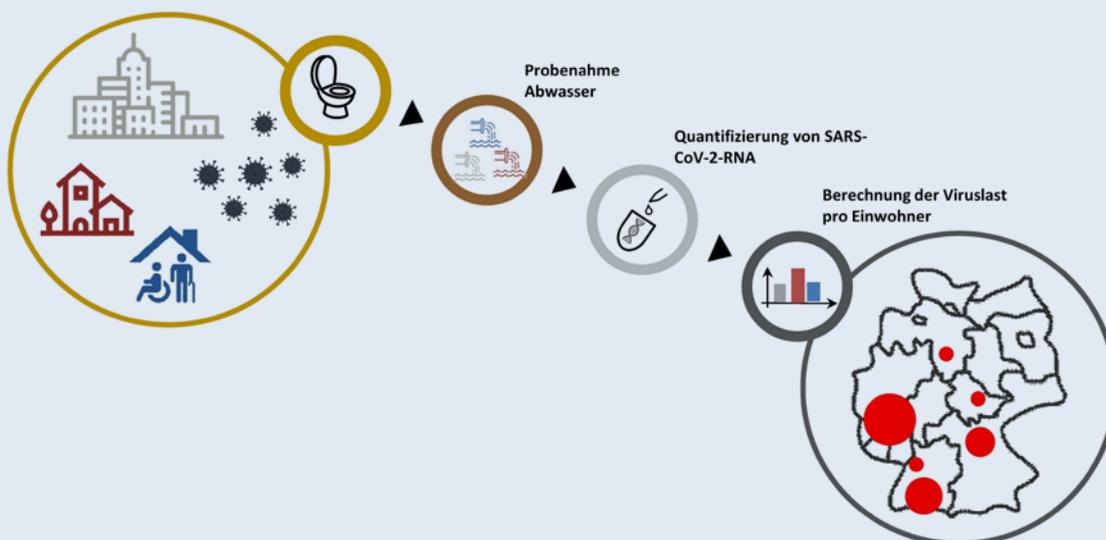


Bild 4.6: Das Prinzip der abwasserbasierten Epidemiologie, die als Frühwarnsystem dienen kann.



Bild 4.7: Proben aus einem Kläranlagenzulauf.

gebiete ein. Eine komplexe Aufgabenstellung war hier die Umsetzung bei einem großen Talsperrenbetreiber auf ein Talsperren-Verbundsystem.

Gemeinsam mit dem IWW und der Iföl GmbH untersucht das TZW im DVGW-Forschungsprojekt „INHIBIT“ die **Auswirkungen von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren** auf das Grundwasser. Neben Literaturstudien werden am TZW Versuche unter Labor- sowie natürlichen Bedingungen durchgeführt (**Bild 4.4**). Dabei werden ausgewählte Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren auf Labor- und Freilandlysimeter aufgegeben und im Sickerwasser analysiert. Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, ob und wie die Inhibitoren mit dem Sickerwasser verlagert werden.

Umweltbiotechnologie

Die Schwerpunkte lagen auf dem natürlichen und stimulierten Abbau von organischen und anorganischen Schadstoffen, der Entwicklung neuer Methoden zum Nachweis von Antibiotikaresistenzen in der Umwelt sowie der Entwicklung neuer molekularbiologischer Methoden für den Nachweis von SARS-CoV-2 in Abwasser. Der **mikrobiologische Abbau von Trichlorethen** unter aeroben Bedingungen ohne zusätzliche Auxiliarsubstrate wurde erstmals am TZW nachgewiesen und wird intensiv untersucht. Dieser neue Abbaupfad hat deutliche Vorteile gegenüber dem co-metabolischen Abbau, da mit wenig Sauerstoff ein guter Abbaugrad der chlorierten Schadstoffe möglich ist. Nachdem die Praxistauglichkeit bereits im Feld demonstriert wurde, konnte in mehreren Versuchsreihen gezeigt werden, dass dieser neue Abbaupfad durch Animpfung mit zuvor angereicherten Kulturen auch in Grundwasser von anderen kontaminierten Standorten genutzt werden kann.

Auf Basis von Laborversuchen wurde ein Feldversuch zur

Elimination von Nitrat aus Grundwasser mittels mikrobieller Denitrifikation gestartet. Der Prozess wird mittels innovativer molekularbiologischer Methoden überwacht, bei denen die mRNA spezifisch nachgewiesen wird. Auf diese Weise können die aktiven Zonen in hoher Auflösung erfasst und der Prozess gezielt gesteuert werden.

Des Weiteren wurde der **Abbau von Diphyl-Öl** sowohl durch chemische Oxidation als auch durch mikrobiologische Stimulation gezeigt. Die Entwicklung fokussierte zunächst auf die Sanierung von Schadstoffen, die gelöst im Grundwasser vorliegen. Aufgrund der positiven Ergebnisse wird das Kombinationsverfahren für die Sanierung hochkonzentrierter Schadstoffpools weiterentwickelt. Das Konzept ermöglicht die Sanierung bei deutlicher Kostenreduktion im Vergleich zu konventionellen Verfahren.

Ein weiterer fachlicher Schwerpunkt liegt auf der **Entwicklung neuer molekularbiologischer Verfahren für den Nachweis von Coronaviren**. Die digitale Droplet-PCR konnte für den Nachweis von SARS-CoV-2 mit hoher Empfindlichkeit in Abwasser genutzt werden und trägt zum Verständnis des Infektionsgeschehens in der Corona-Pandemie bei (**Bild 4.5**).

Abwasser und Wasserkreislauf

Als neues Forschungsthema wurde am TZW der **Nachweis von SARS-CoV-2-Biomarkern im Abwasser** etabliert (**Bild 4.6, Bild 4.7**). Die quantitative Erfassung der RNA trägt im Rahmen der abwasserbasierten Epidemiologie zum Verständnis des Infektionsgeschehens bei. Für die Analytik werden Proben aus dem Zulauf von Kläranlagen oder der Kanalisation entnommen. Nach Extraktion der Nucleinsäuren erfolgt die quantitative Messung mit Hilfe von digitaler Droplet-PCR (ddPCR). Die Messung der spezifischen Anzahl der Genfragmente von SARS-CoV-2 erlaubt die Beurteilung der Zunahme oder Abnahme der Infektionen im Einzugsgebiet. So können frühzeitig Trends erkannt und der Erfolg von Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie beurteilt werden. Außerdem können bei Positivbefunden im Abwasser gezielte Tests an möglichen Hotspots durchgeführt werden. Nach erfolgreicher Etablierung der neuen Methodik werden die Ergebnisse zunehmend durch lokale Krisenstäbe genutzt. Eine umfangreiche **Literaturstudie zur Relevanz von SARS-CoV-2 für Trinkwasser** wurde bereits frühzeitig in einem DVGW-Projekt am TZW angefertigt. Coronaviren gehören zu den behüllten Viren, deren Infektiosität von der Intaktheit ihrer empfindlichen äußeren Membran abhängt. Aufgrund der Trinkwasseraufbereitung und des etablierten Schutzes der Rohwässer ist eine Verbreitung über das Trinkwasser höchst unwahrscheinlich. Zusätzlich wurde ein Monitoringkonzept für unbehüllte und behüllte Viren entwickelt.

Im Rahmen des vom Umweltbundesamt geförderten Projekts **Phosphonate in Wasch- und Reinigungs-**

mitteln und deren Verbleib in der Umwelt mit dem ISWA Stuttgart wurde unter anderem der Verbleib von organischen Phosphonaten bei der kommunalen Abwasserbehandlung untersucht. Hierbei wurden signifikante Eliminierungsraten zwischen 80 und 90 % nach der zweiten Behandlungsstufe festgestellt. Im Kläranlagenzulauf lagen bis zu 70 % des Gesamtphosphonats adsorbiert an die Feststoffphase vor. Im Hinblick auf die geringe biologische Abbaubarkeit wird die hohe Eliminierung vor allem auf die Adsorption an Belebtschlamm zurückgeführt. Die fünf am häufigsten in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln eingesetzten Phosphonate trugen in den untersuchten Kläranlagen über alle Behandlungsstufen mit 10 bis 25 % zur Fraktion an gelöstem unreaktiven Phosphor (GUP) bei. Zukünftige Forschung soll weitere Erkenntnisse über die biologische Transformation unter speziellen Bedingungen und mögliche Abbauprodukte liefern.

Neue Technologien und Produkte

Das TZW konnte im Jahr 2020 mehrere **Pilotanlagen für Aufbereitungsverfahren und Technologiekonzepte**

erfolgreich aufbauen und betreiben. Damit lassen sich beim Neubau oder der Modernisierung von Wasserwerken konkrete und fundierte Aussagen zur Anlagendimensionierung und zum Anlagenbetrieb treffen. Hierbei wurden Ultrafiltrations-, Umkehrosmose- und andere Enthärtungsanlagen sowie mehrstufige Pilotanlagen, z. B. zur Aufbereitung von Talsperrenwasser, eingesetzt. Die **Behandlung von salzhaltigem Retentat** aus Umkehrosmoseanlagen mit Kornaktivkohle wurde ebenfalls im Pilotmaßstab untersucht.

Auch bei der **Optimierung von Aufbereitungsstufen** in Wasserwerken war das TZW im Auftrag von Kunden tätig (**Bild 4.8**). So wurde die Leistungsfähigkeit einer älteren Ultrafiltrationsanlage, die aufgrund einer geänderten Rohwasserbeschaffenheit zeitweise stark eingetrübtes Wasser aufbereitete, überprüft und der Betrieb angepasst. Grundlage war die Bestimmung des Potenzials der genutzten Rohwässer für Membranfouling. Bei mehreren Wasserversorgern wurde die Aufbereitungstechnik einer Bestandsaufnahme unterzogen, hinsichtlich Aufbereitungserfordernis und Aufbereitungswirksamkeit überprüft und Anpassungen vorgeschlagen.



Bild 4.8: Um technische Lösungen für die Entfernung von Vanadium aus dem Trinkwasser zu entwickeln, wurden in Zusammenarbeit mit einem Wasserversorger in Rheinland-Pfalz halbtechnische Untersuchungen zur Adsorptions- und Flockungsfiltration durchgeführt.

Aktiv war das TZW in die Erstellung von **Struktur- und Versorgungskonzepten** sowie von technischen Studien zur Trinkwasseraufbereitung eingebunden. Eine besondere Studie beschäftigte sich mit den Auswirkungen der neuen EU-Grenzwerte für PFAS im Trinkwasser auf den Betrieb und die Laufzeiten von Aktivkohlefilteranlagen. Vor dem Hintergrund des **Klimawandels** kommt es zu höheren Temperaturen in Oberflächengewässern und die Gefahr des Algenwachstums steigt. Hierfür werden in einigen Seen schwimmende Flotationsanlagen betrieben, um den Nährstoffgehalt des Wassers zu verringern. Die Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit eines Sees wurde vom TZW durch räumlich aufgelöste Probenahmen und entsprechende Analytik überprüft und bewertet. Im Bereich der **Prüfung und Überwachung von Materialien in Kontakt mit Trinkwasser** war das Jahr 2020 aufgrund der neuen KTW-Bewertungsgrundlage geprägt von Abstimmungen mit den Zertifizierern und anderen Prüfinstituten. Zudem war die Kommunikation mit den Kunden von enormer Bedeutung, um die geänderten Regularien zu erläutern und sie bei der Vorbereitung auf die Prüfungen und die Zertifizierung zu beraten. Wegen der Corona-Pandemie wurde vom Umweltbundesamt im Sommer eine Übergangsregelung geschaffen, um Hygienezertifizierungen im Rahmen der **KTW-Bewertungsgrundlage** nach dem 1+-System auch ohne Erstinspektionen zu ermöglichen. Daraus resultierten eine Vielzahl an Kundenanfragen, gerade im Bereich der Rezepturprüfung. Durch die enge Zusammenarbeit mit der DVGW Cert GmbH ergaben sich Vorteile durch kurze Kommunikationswege. Im Rahmen von Hygienezertifizierungen waren die Kollegen der Prüfstelle Wasser am TZW im Auftrag der DVGW Cert als Inspektoren unter-

wegs und führten Erstinspektionen bei Kunden durch. Aufgrund der Corona-Pandemie beschränkten sich diese allerdings größtenteils auf den deutschsprachigen Raum und den Sommer 2020.

Die Corona-Pandemie hatte auch einen starken Einfluss auf den Bereich der **Produktüberwachung (Bild 4.9)**. Die meisten Produktüberwachungen wurden deshalb nicht als Vor-Ort-Termin, sondern als Remote-Audit durchgeführt. Durch Webmeetings war der Kontakt zu den Kunden aber ebenso intensiv wie in den Vorjahren. Die Prüfstelle Wasser war in zahlreichen Normungs- und Beratungsgremien des CEN, DIN und des UBA vertreten. Die Prüfstelle Wasser bestand im Januar 2020 im Rahmen der Akkreditierung nach DIN EN 17025 erfolgreich das Überwachungsaudit.

Nach intensiver Mitarbeit des TZW an der Harmonisierung der deutschen und österreichischen **Regelwerke zur Prüfung von UV-Desinfektionsgeräten** wurden in 2020 die DIN 19294-1 und ÖNORM M 5873-1 „Anlagen zur Desinfektion von Wasser mittels Ultraviolett-Strahlen – Anforderungen und Prüfung – Anlagen mit Quecksilberdampf-Niederdruckstrahlern“ wortgleich veröffentlicht. Zeitgleich erschienen die DIN 19294-3 sowie die ÖNORM M 5978-3, in denen die Anforderungen und Prüfung von Referenzradiometern festgelegt sind. Die Prüfstelle Wasser am TZW ist für die genannten Normen bereits akkreditiert und hat darüber hinaus die Prüfung nach dem US-amerikanischen UV Disinfection Guidance Manual in ihren Scope aufgenommen. Die vorhandene technische Ausrüstung, bestehend aus UV-Laborbestrahlungsanlagen zur Aufnahme von Dosis-Wirkbeziehungen (Niederdruck, Mitteldruck und diverse LED-Einzelwellenlängen) und Prüfständen für die biodosimetrische Prüfung von UV-Geräten, wurde dem erweiterten Prüfumfang entsprechend um Prüfstände zur Charakterisierung von UV-Lampen und UV-Sensoren ergänzt.



Bild 4.9: Im Labor der Prüfstelle werden Materialien im Kontakt mit Trinkwasser geprüft, hier Dichtungen (Elastomeren) mit einer Soxhlet-Apparatur.

Asset-Management und Infrastruktur

Der Schwerpunkt der Arbeiten für Wasserversorgungsunternehmen lag auch im Jahr 2020 auf der **Erarbeitung zustandsorientierter Spülpläne**. Die Strategie der zustandsorientierten Netzspülung wurde in das DVGW-Regelwerk W291 übernommen, von dem zum Ende des Jahres der Gelbdruck vorlag. Darüber hinaus wurden Unternehmen bei der Außerbetriebnahme der Phosphatierung des Trinkwassers unterstützt, wobei unter anderem im Netz Untersuchungen mit kontinuierlichen Trübungsmessungen zur Erfassung der Korrosionsgeschwindigkeit des Leitungsmaterials durchgeführt wurden.

Zum Themenbereich Wasserverluste wurden am TZW entwickelte **Algorithmen zur Identifizierung und Bilanzierung von Leckagen** bei Wasserversorgern erfolgreich eingesetzt. Darüber hinaus wurden Wasserversorger in zahlreichen Fällen zur Identifikation von Eintragswegen und der Entwicklung von Vermeidungs-



Bild 4.10: Im Oktober 2020 wurde in Karlsruhe der Förderbescheid für das Projekt Nitrat-Monitoring an die Projektpartner überreicht. Das BMU-Projekt zielt darauf, mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz Nitrat im Grundwasser zu reduzieren.

strategien bei aufgetretenen mikrobiologischen Güteproblemen unterstützt. Hierbei zeigte sich, dass eine systematische Spülung in Verbindung mit der mikrobiologischen Untersuchung des Spülwassers einen Ansatz für die punktgenaue Identifizierung von systeminternen Kontaminationsquellen darstellt.

Im Rahmen der Wasseraufbereitung lag der Schwerpunkt auf der **Durchführung von Funktionsprüfungen**, unter anderem unter dem Aspekt des Wachstums von Invertebraten in der Aufbereitungsanlage und im nachgelagerten Verteilungssystem sowie des Einsatzes spezifisch entwickelter Algorithmen zur Identifikation auffälliger Muster in den Zeitreihen der Aufbereitungsparameter.

Im DVGW-Projekt „**Erhöhte Wassertemperaturen**“ wird in einer Modellstudie der Einfluss unterschiedlicher natürlicher und anthropogener Wärmequellen auf die Temperaturerhöhung der oberen Bodenzone sowie der darin verlegten Trinkwasserleitungen und des darüber verteilten Trinkwassers untersucht. Ziele des Projektes sind einfache Bewertungsverfahren, um Bereiche mit dem Risiko einer erhöhten Trinkwassertemperatur zu identifizieren und um Maßnahmen zur Stabilisierung der Temperaturen in den Leitungsnetzen auszuwählen.

Im Jahr 2020 wurde das vom DVGW geförderte Forschungsvorhaben „Stand und Perspektiven zum **Einsatz von Algorithmen und Modellen zur Kurzzeitprognose für den Wasserbedarf**“ erfolgreich abgeschlossen. Das Forschungsvorhaben beschäftigte sich mit der Identifikation potenzieller Anwendungsfelder von Kurzzeitprognosen und bewertete die Anwendung dieser Verfahren an realen Wasserversorgungssystemen.

Gestartet ist das vom Bundesministerium für Umwelt (BMU) geförderte Vorhaben „**Nitrat-Monitoring 4.0 – Intelligente Systeme zur nachhaltigen Reduzierung von Nitrat im Grundwasser (NiMo 4.0)**“, bei dem das TZW Teil des Forschungsverbundes ist (**Bild 4.10**), sowie das „Teilprojekt Desinfektionskonzept für Uferfiltration und Ausbau des deutsch-indischen Kompetenzzentrums Uferfiltration“.

Sicherheit, Digitalisierung und Management

Innovative technische Lösungen vom nationalen und internationalen Wassermarkt für Wasserversorgungsunternehmen aufzuspüren, ist Gegenstand des laufenden DVGW-Verbundforschungsvorhabens SCOUT. Gleichzeitig werden damit die Schwerpunkte der Roadmap „DVGW-Forschungsstrategie Wasser“ regelmäßig aktualisiert. Darüber hinaus soll eine Plattform etabliert werden, die dem konkreten fachlichen Austausch von Wasserversorgern über die Umsetzung von Neuentwicklungen in die Wasserwerkspraxis dient. Dazu wurden in Abstimmung mit Wasserversorgungsunternehmen und DVGW-Forschungsbeirat die Suchfelder für das **Innovationsscouting** auf die Gebiete Inspektionsverfahren, Reststoffe und Online-Sensoren für mikrobiologische Parameter priorisiert. Für diese Suchfelder werden im



Bild 4.11: Das TZW-Kolloquium fand 2020 online statt. Der Hörsaal wurde als Aufnahmestudio genutzt.

weiteren Projektverlauf innovative technische Lösungen als Anregung für die Umsetzung in der Praxis identifiziert.

„Digitalisierung von Wasserversorgern für Wasserversorger“ lautet der Leitgedanke für das im Jahr 2020 neu gestartete **DVGW-Verbundforschungsprojekt „TRINK-Help-DESK“** mit fünf Projektpartnern. Dieses Projekt wird von 14 Wasserversorgungsunternehmen durch Crowdfunding finanziert, die das Projekt durch Mitgliedschaft im Lenkungskreis gleichzeitig inhaltlich begleiten. Ziel ist die Erstellung einer Machbarkeitsstudie für eine mögliche künftige Cloud-Lösung mit wissenschaftlich-technischem Inhalt für die Wasserversorgung. Die Cloud-Lösung soll aus mehreren Modulen bestehen, die verschiedene Themenfelder adressieren wie Analytik, Aufbereitung oder Asset-Management. Bisher wurden die einzelnen Module inhaltlich strukturiert und mit allen Beteiligten abgestimmt. Weiterhin wurde ein Entwurf für das Nutzerkonzept erstellt, das den Umgang mit Analyse- und Daten regelt. Im Fokus der Machbarkeitsstudie steht das Modul TRINK-IDENT, das eine gemeinschaftliche Auswertung von Daten aus dem Non-Target-Screening für den Nachweis von unbekanntem Spurenstoffen zum Inhalt hat. Mit diesem Modul soll die Cloud-Lösung starten. Um für die künftigen Herausforderungen der Digitalisierung gerüstet zu sein, verfolgt das TZW eine zukunftsorientierte **Digitalisierungsstrategie**. Diese zielt auf die Entwicklung digitaler Produkte sowie der Modernisierung

der TZW-internen Infrastruktur. Hierzu zählt die Entwicklung und Umsetzung von Ideen für digitale Lösungen für die Wasserversorgungsunternehmen. Intern wurde die IT-Infrastruktur verstärkt. Dazu gehört die Anbindung aller TZW-Standorte über Glasfasernetz mit Zentralisierung des Datenzugriffs. Zur Verfügung steht jetzt eine TZW-eigene Cloud, die die Kommunikation mit Wasserversorgungsunternehmen und die Bearbeitung von Forschungsprojekten unterstützt.

Öffentlichkeitsarbeit

Das TZW setzt in der Öffentlichkeitsarbeit verstärkt auf digitale Angebote. So erscheint der TZW-Newsletter seit 2020 nicht mehr gedruckt, sondern kann als **E-Mail-Newsletter** über die Website www.tzw.de auf Deutsch oder auf Englisch abonniert werden. Er informiert etwa dreimal jährlich über aktuelle Themen, Projekte, Publikationen und Veranstaltungen. Das TZW veröffentlicht seit 2020 einen zweisprachigen **Jahresbericht / Annual report** in neuem, modernem Design und mit kompakten Inhalten zum TZW allgemein und den Schwerpunkten seiner Arbeitsgebiete. Die Bände 91 bis 95 der TZW-Schriftenreihe können ebenso wie der Jahresbericht gedruckt und digital über die Website bestellt werden. Aktivitäten auf **Social-Media-Kanälen** wie LinkedIn und YouTube wurden im Jahr 2020 gestartet.

Fast 300 Personen waren online dabei, als vom 30. November bis 2. Dezember 2020 das **25. TZW-Kolloquium digital** stattfand. Zum Jubiläum musste aufgrund der Corona-Pandemie ein vollständig neues Format gewählt werden. Doch auch digital konnten aktuelle Themen für eine zukunftsfeste Wasserversorgung aufgenommen werden. An jeweils drei Tagen gingen drei Vorträge zu drei Themenkomplexen online (**Bild 4.11**). Im ersten Block präsentierten die TZW-Experten aktuelle Entwicklungen zu wesentlichen persistenten und mobilen Stoffen wie die Gruppe der polyfluorierten Verbindungen (PFAS). Im zweiten Block wurden Innovationen vorgestellt, die sich durch sich ändernde Rahmenbedingungen und gesetzliche Vorgaben ergeben. Der dritte Block widmete sich den mikrobiologischen Befunden und molekularbiologischen Verfahren sowie einer Bestandsaufnahme zu SARS-CoV-2 aus wasserwirtschaftlicher Sicht.

TZW vernetzt

Aufgrund der Corona-Pandemie waren im Jahr 2020 Dienstreisen nur sehr eingeschränkt oder gar nicht möglich. Daher wurden die nationalen und internationalen Kontakte im Rahmen von Forschungsprojekten oder Kundenbetreuung mit Hilfe von Webmeetings aufrechterhalten. Die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des TZW gestalten in rund **100 Arbeitsgruppen** aktiv die Zukunft des Wasserfaches mit. In der Mitarbeit

in nationalen und internationalen Gremien und Netzwerken zeigt sich die hohe Expertise des TZW. Dies verdeutlicht die gute nationale und internationale Position und Reputation des TZW.

Am TZW befindet sich die Geschäftsstelle der **AWBR** (Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein), in der die Wasserversorger aus allen Bodenseeanrainerstaaten vertreten sind. Daneben ist das TZW auch in der IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) und in der IAWR (Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet) in Präsidium, Vorstand und Beirat aktiv. In der **Global Water Research Coalition** (GWRC), einer Vereinigung der international führenden Wasserforschungsinstitute und -unternehmen, ist der TZW-Geschäftsführer Mitglied des Vorstands und past-President. Zum 31.12.2020 waren am TZW **52 Forschungsvorhaben** in Bearbeitung, die im Wesentlichen durch BMBF, BMWi, DVGW und EU gefördert wurden. Im gleichen Zeitraum wurden am TZW **43 Publikationen** in Fachbüchern und Fachzeitschriften sowie für Konferenzunterlagen angefertigt. Die vollständige Publikationsliste steht über die Website des TZW zum Download zur Verfügung. Hier sind 18 wissenschaftliche Publikationen beispielhaft aufgeführt.

Literatur

- [1] Freeling, F.; Behringer, D.; Heydel, F.; Scheurer, M.; Ternes, T. A.; Nödler, K.: Trifluoroacetate in precipitation: Deriving a benchmark data set. *Environmental Science & Technology* 54, 11210-11249, <https://dx.doi.org/0.1021/acs.est.0c02910>, 2020.
- [2] Freeling, F.; Scheurer, M.; Sandholzer, A.; Armbruster, D.; Nödler, K.; Schulz, M.; Ternes, T. A.; Wick, A.: Under the radar - Exceptionally high environmental concentrations of the high production volume chemical sulfamic acid in the urban water cycle. *Water Research* 175, 115706, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115706>, 2020.
- [3] Gunnarsdottir, M. J.; Gardarsson, S. M.; Figueras, M.J.; Puigdomènech, C.; Juárez, R.; Saucedo, G.; Arnedo, M. J.; Santos, R.; Monteiro, S.; Avery, L.; Pagaling, E.; Allan, R.; Abel, C.; Eglitis, J.; Hamsch, B.; Hügler, M.; Rajkovic, A.; Smigic, N.; Udovicki, B.; Albrechtsen, H.-J.; López-Avilés, A.; Hunter, P.: Water safety plan enhancements with improved drinking water quality detection techniques. *Science of the Total Environment* 698, 134185, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134185>, 2020.
- [4] Happel, O.; Junginger, F.; Scheurer, M.; Kasprzyk, O.; Rodriguez, L.; Koch, M.; Krieg, G.; Vollmer, M.; Hoinkis, J.; Atiyeh, T.; Schäfer, B.; Cakir, U.; Schönung, J.: Praxiserfahrungen mit dem Online-Sensorsystem WATERTRACE im Bereich der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung. *Vom Wasser* 118, 2, 33-76, 2020.
- [5] Jekel, M.; Anger, P.; Bannick, C. G.; Barthel, A.-K.; Braun, U.; Braunbeck, T.; Dittmar, S.; Eisenbraun, P.; Elsner, M.; Gnirß, R.; Grummt, T.; Hanslik, L.; Huppertsberg, S.; Ivleva, N. P.; Klöckner, P.; Knepper, T. P.; Köhler, H.-R.; Kraiss, S.; Kuckelkorn, J.; May, E.; Müller, Y. K.; Nießner, R.; Obermaier, N.; Oehlmann, J.; Pittroff, M.; Reemtsma, T.; Schmieg, H.; Schmitt, T.; Schür, C.; Storck, F. R.; Strobel, C.; Triebkorn, R.; Wagner, M.; Wagner, S.; Witzig, C. S.; Zumbülte, N.; Ruhl, A. S.: Mikroplastik im Wasserkreislauf – Probenahme, Probenaufbereitung, Analytik, Vorkommen und Bewertung, Universitätsverlag der TU Berlin, ISBN 978-3-7983-3162-4, <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/11522>, 2020.
- [6] Müller, Y. K.; Wernicke, T.; Pittroff, M.; Witzig, C. S.; Storck, F. R.; Klinger, J.; Zumbülte, N.: Microplastic analysis – are we measuring the same? Results on the first global comparative study for microplastic analysis in a water sample. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 555-560, <https://doi.org/10.1007/s00216-019-02311-1>, 2020.
- [7] Nödler, K.; Freeling, F.; Scheurer, M.; Schmid, R.; Schaffer, M.: Vorkommen kleiner hochpolarer Kontaminanten in Oberflächengewässern Niedersachsens. *Wasser und Abfall* 01-02, 14-19, 2020.
- [8] Ohe, P. C. von der; Freeling, F.; Alygizakis, N. A.; Slobodnik, J.; Oswald, P.; Aalizadeh, R.; Cirka, L.; Thomaidis, N. S.; Scheurer, M.: Explaining the rationale behind the risk assessment of surfactants by Freeling et al. (2019). *Science of the Total Environment* 721, 136828, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136828>, 2020.
- [9] Rott, E.; Happel, O.; Armbruster, D.; Minke, R.: Behavior of PBTC, HEDP, and Aminophosphonates in the process of wastewater treatment. *Water* 12(1), 53, <https://doi.org/10.3390/w12010053>, 2020.
- [10] Rott, E.; Happel, O.; Armbruster, D.; Minke, R.: Influence of wastewater discharge on the occurrence of PBTC, HEDP, and Aminophosphonates in sediment, suspended matter, and the aqueous phase of rivers. *Water* 12(3), 803, <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/803/htm>, <https://doi.org/10.3390/w12030803>, 2020.
- [11] Rüdell, H.; Körner, W.; Letzel, T.; Neumann, M.; Nödler, K.; Reemtsma, T.: Persistent, mobile and toxic substances in the environment: a spotlight on current research and regulatory activities. *Environmental Sciences Europe* 32, Article number: 5. SpringerOpen, <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0286-x>, 2020.
- [12] Scheurer, M.; Lesmeister, L.; Breuer, J.; Schultheiß, M.: Transfer von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) von belasteten Böden in Pflanzen. *Mitt. Umweltchem. Ökotox.* 26. Jahrgang/Nr. 2, 35-39, 2020.
- [13] Sidhu, J. P. S.; Gupta, V. V. S. R.; Stange, C.; Ho, J.; Harris, N.; Barry, K.; Gonzalez, D.; van Nostrand, J. D.; Zhou, J.; Page, D.; Tiehm, A.; Toze, S.: Prevalence of antibiotic resistance and virulence genes in the biofilms from an aquifer recharged with stormwater. *Water Research* 185, 116269, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116269>, 2020.
- [14] Stange, C.; Tiehm, A.: Occurrence of antibiotic resistance genes and microbial source tracking markers in the water of a karst spring in Germany. *Science of the Total Environment* 742, 140529, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140529>, 2020.
- [15] Tiehm, A.; Yin, D.; Zheng, B.: The SIGN-2 Project: Assuring good water quality from the source to the tap. *econet china monitor* 09, 10-13, 2020.
- [16] Tiehm, A.; Hollert, H.; Yin, D.; Zheng, B.: Tai Hu (China): Water quality and processes – From the source to the tap. *Science of the Total Environment* 712, 135559, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135559, 2020.
- [17] Witzig, C. S.; Földi, C.; Wörle, K.; Habermehl, P.; Pittroff, M.; Müller, Y. K.; Lauschke, T.; Fiener, P.; Dierkes, G.; Freier, K. P.; Zumbülte, N.: When good intentions go bad – False positive microplastic detection caused by disposable gloves. *Environmental*

Science & Technology, <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c03742>, 2020.

- [18] Wricke, B.; Plume, S.; Kritzner, I.; Jähnel, M.: Manganeliminierung im Rahmen der Talsperrenwasseraufbereitung. gwf-Wasser | Abwasser 161/9, 40-47, 2020.

Weitere Informationen:

<https://tzw.de/>



Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Harald Horn

Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Karlsruhe

Tel.: 0721 608-42580

harald.horn@kit.edu

www.ebi.kit.edu



Prof. Dr.-Ing. Thomas Kolb

Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Karlsruhe

Tel.: 0721 608-42561

thomas.kolb@kit.edu

www.ebi.kit.edu



Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Karlsruhe

Tel.: 0721 608-42570

dimosthenis.trimis@kit.edu

www.ebi.kit.edu



Dr. rer. nat. Josef Klinger

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

Karlsruhe

Tel.: 0721 9678-110

josef.klinger@tzw.de

<https://tzw.de/>