

wic

# Water Innovation Circle



Forschungsbedarf und  
Zukunftsimpulse  
für die Wasserwirtschaft

AUS DER  
PRAXIS

Gemeinsame strategische Innovationsagenda (SIA)  
des Water Innovation Circle (WIC) von DVGW und DWA

# Präambel der Verbandspräsidenten

Die Herausforderungen für die deutsche Wasserwirtschaft steigen derzeit dramatisch an. Insbesondere wirkt sich der Klimawandel immer konkreter auf die Gewässer und ihre Nutzungen in Deutschland aus. Bereits heute sind die Folgen des Klimawandels entlang des gesamten Wasserkreislaufes erfahrbar. Zusammen mit den neuen Möglichkeiten der Digitalisierung und dem sich vollziehenden gesellschaftlichen Wandel entsteht hierdurch eine komplexe Veränderungsdynamik, die die Wasserwirtschaft als Ganzes betrifft und eine ganzheitliche Herangehensweise erfordert. Nur gemeinsam kann die Wasserwirtschaft die Chancen unserer Zeit nutzen, um eine positive Vision der Zukunft zu entwerfen und zu realisieren. Hierfür sind in den kommenden Jahren gemeinsame Anstrengungen vieler Akteure entlang des Wasserkreislaufes notwendig, darunter Wasserversorgungsunternehmen und Entsorgungsbetriebe, Wasserwirtschaftsverwaltungen, Hersteller, Ingenieurbüros, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Als besonders wichtig wird darüber hinaus ein vertieftes Bewusstsein der Gesellschaft um die Bedeutung des Wassers und die wasserwirtschaftlichen Zusammenhänge erachtet. Auf dem Weg in eine „wasserbewusste Gesellschaft“ liefert vorwärts gerichtete Forschung dringend notwen-

dige Orientierung, wichtige Entwicklungsimpulse und Methodiken. Als Informations- und Austauschplattform für praxisorientierte Wasserforschung in Deutschland kommt dem Water Innovation Circle (WIC) daher eine besondere Rolle zu. Als gemeinsame Initiative der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) und des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) dient der WIC Forschern und Betreibern von Wasserinfrastrukturen in Deutschland seit 2014 u.a. als Arbeitsplattform und Sprachrohr, um den konkreten Forschungsbedarf der Praxis zu benennen und ihre Vorstellung von einer zukunftsorientierten, anwendernahen Wasserforschung zu präsentieren. Wir freuen uns, Ihnen die neue gemeinsame strategische Innovationsagenda (SIA) des WIC mit dem Titel „Forschungsbedarf und Zukunftsimpulse für die Wasserwirtschaft“ vorlegen zu können.



Dr. Dirk Waider  
Vizepräsident Wasser des DVGW



Prof. Dr. Uli Paetzel  
Präsident der DWA

*Dr. Waider*

*Uli Paetzel*

# Begleitwort

Mit der neuen strategischen Innovationsagenda (SIA) des Water Innovation Circle (WIC) erfährt das WIC-Papier „Forschungsbedarfe in der Wasserwirtschaft“ aus dem Jahr 2016 ein an die aktuellen Herausforderungen angepasstes Update und eine konzeptionelle Erweiterung. Die Überarbeitung wurde erforderlich, nachdem der Wassersektor weiterhin einem großen Veränderungsdruck mit hoher innerer Dynamik unterliegt. Maßgebliche Treiber sind dabei weiterhin der mit Vehemenz fortschreitende Klimawandel, die Digitalisierung sowie der schnelle gesellschaftliche Wandel. Diesen Querschnittsthemen gilt es mit den Mitteln der Wasserwirtschaft zu begegnen. Hierbei sind drei Handlungsfelder maßgeblich:

1. **die nachhaltige Bewirtschaftung der (Wasser) Ressourcen,**
2. **die Schaffung und Erhaltung zukunftsfähiger Infrastrukturen, sowie**
3. **die Sicherung der Gesundheit von Mensch & Umwelt.**

Als Bestandteil der Daseinsvorsorge gestalten und beeinflussen die Akteure der Wasserwirtschaft diese Handlungsfelder unmittelbar. In einer vom Anwender her gedachten Systematik stellen sie daher die Kernthemen der WIC-SIA dar und geben deren Grundstruktur vor.

Die Überlagerung mit den Querschnittsthemen macht die komplexen Zusammenhänge und Abhängigkeiten anhand allgemeiner Anforderungen sichtbar und ermöglicht es hierin (neue) Lösungsmuster und Potenziale zu erkennen. Um den übergeordneten Blickwinkel weitergehend zu schärfen, wird den konkreten Forschungsbedarfen erstmalig eine ganzheitliche Vision einer zukunftsorientierten Wasserwirtschaft als positives Zielbild vorangestellt. Diese dient als allgemeine Richtschnur für die koordinierte Entwicklung von Lösungsansätzen und die Ausrichtung parallel ablaufender Transformationsprozesse.

Die Wasserwirtschaft ist weiterhin gut aufgestellt, weil sie die bedeutsamen Fragestellungen erkennt und zielgerichtet Lösungen entwickelt. Damit dies auch in Anbetracht der bevorstehenden gravierenden Veränderungen und Herausforderungen künftig so ist, müssen die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen, zum Beispiel die Bereitstellung eines angemessenen Forschungs- und Entwicklungs-Budgets, weiterhin gewährleistet sein. Notwendige Anpassungen müssen bereits heute eingeleitet und vorgenommen werden. Die strategische Innovationsagenda des WIC soll diesen Prozess mit anstoßen und ermöglichen.



**Dr. Christoph Donner**  
WIC Vorsitzender

A handwritten signature in blue ink that reads "Chr. Donner". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

# Kennzahlen der deutschen Wasserwirtschaft Status-quo



## Infrastruktur → Investitionen

**18.341 Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete, die rund 55.000 km<sup>2</sup>** (ca. 15 % der BRD-Landesfläche) einnehmen, tragen zum vorsorgenden Trinkwasserressourcenschutz bei.<sup>1</sup>

Die Länge des **Trinkwasserverteilungsnetzes** wird auf mindestens **540.000 km** geschätzt (ohne Hausanschlussleitungen).<sup>1</sup>

Die Länge der öffentlichen **Abwasserkanäle** beträgt mehr als **590.000 km**.<sup>2</sup>

Mehr als **16.000 Anlagen zur öffentlichen Wassergewinnung** sowie mehr als **9.100 Kläranlagen** sind in Betrieb.<sup>3</sup>

Rund **97 % der Bevölkerung** sind jeweils an die zentrale **Wasserversorgung / Abwasserkanäle angeschlossen**.<sup>3,4</sup>

Für den **Erhalt und die Zukunftsfähigkeit der Infrastruktur(en)** werden Jahr für Jahr **ca. 8 Mrd. Euro** investiert.<sup>1</sup>



## Leistung → Qualität → Zufriedenheit

Die deutsche Wasserwirtschaft ist durch eine im europäischen und internationalen Vergleich **hohe Leistungsfähigkeit** geprägt.<sup>1,2</sup>

**Mehr als 99 %** der Trinkwässer genügen oder übertreffen die Anforderungen der Trinkwasserverordnung.<sup>1</sup>

**84 %** der KundInnen beurteilen die (Wasser)Qualität als „sehr gut“ oder „gut“, 90% beurteilen es als „sauber und rein“.<sup>1</sup>



## Wasserressourcen → Wassernutzung → Abwasser

Deutschland besitzt eine gute (Wasser)Ressourcensituation. Jährlich stehen in Normaljahren **188 Mrd. m<sup>3</sup> Süßwasser** zur Verfügung (Erneuerungsanteil durch Niederschläge).<sup>1</sup> Es sind jedoch regionale Unterschiede zu berücksichtigen.

**Rund 13,5 %** des verfügbaren Wasserdargebots werden genutzt. Die öffentliche Wasserversorgung hat einen Anteil von nur 2,8 % (5,2 Mrd. m<sup>3</sup>).<sup>1</sup>

Der Großteil der öffentlichen Wassernutzung erfolgt über **Grundwasser (ca. 61%)**.<sup>1</sup>

**Pro Person und Tag** werden durchschnittlich **127 L Wasser** in den Haushalten genutzt.<sup>1</sup>

Die **Länge der Fließgewässer** in Deutschland beträgt **ca. 400.000 km**.<sup>5</sup>

Es gibt **371 große Talsperren** in Deutschland.<sup>6</sup>

Die entstehende **Jahresabwassermenge beträgt 9,6 Mrd. m<sup>3</sup>** (inkl. Fremd- und Regenwasseranteil).<sup>3</sup>



## Betriebssicherheit 24/7

Die Ver- und Entsorgungssicherheit wird durch mehr als **5.800 Wasserversorgungsunternehmen** bzw. mehr als **6.500 Abwasserentsorgungsbetriebe** sichergestellt.<sup>3</sup>

**Ca. 80 % des geförderten Wassers** werden durch **1.579 Großversorger verteilt** (ca. 27 % aller Wasserversorgungsunternehmen) bzw. ca. 50 % der Einwohnergleichwerte (Abwassermenge) werden durch 506 Abwasserentsorgungsunternehmen sichergestellt (ca. 8 % aller Abwasserentsorgungsbetriebe).<sup>1</sup>

Pro Jahr werden ca. **4.200 GWh Strom für die kommunalen Kläranlagen und Pumpwerke** verbraucht (ca. 20 % des kommunalen Stromverbrauchs).<sup>5</sup>

Allein für die Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung sind insgesamt **107.000 Beschäftigte** erwerbstätig.<sup>8</sup>

# Perspektiven und Herausforderungen

Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen erfordern eine verstärkte Transformations- und Innovationsdynamik für die Wasserwirtschaft. Bereits heute ist die Wasserwirtschaft drittstärkster Teilmarkt der Umweltwirtschaft (ca. 15 % der angemeldeten Umweltwirtschaftspatente in Deutschland)<sup>8</sup>. Auch im internationalen Vergleich ist die Wasserwirtschaft ein starker Innovations- und Impulsgeber (ca. 12 % der weltweiten Umweltwirtschaftspatente kommen aus Deutschland)<sup>8</sup>.

## Auswirkungen der anthropogenen Wassernutzung auf Mensch und Umwelt<sup>4, 5, 9</sup>

- Abwasseraufbereitung leistet einen wesentlichen Beitrag zum Gewässer- und Umweltschutz und reduziert anthropogene Einträge in die Umwelt (mittlere Eliminationsrate für CSB 95 %, für Stickstoff 83 % und für Phosphor 93 %)
- intensivere Nutzung der Wasserressourcen führt zu verstärkten anthropogenen Einflüssen auf die Umwelt sowie den Eintrag von neuen Stoffen und Verbindungen (z. B. Arzneimittelrückstände, Pestizide, weitere Chemikalien)
- Durch Rückgewinnung aus dem Wasserkreislauf kann die Ausbeutung limitierter Ressourcen vermieden werden (z.B. Phosphor)
- Moderne Analysemethoden tragen dazu bei, die Wirkung von Spurenstoffen auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen besser einzuschätzen

## Prognosen und Auswirkungen des Klimawandels<sup>4</sup>

- Erhöhte Temperaturen im Jahresmittel sowie Zunahme von Extremereignissen (Trockenheit und Niederschläge). Die Abflüsse in den Oberflächengewässern verzeichnen eine zunehmende Varianz.
- Talsperren verzeichnen historische, langanhaltende Tiefststände
- Grundwasservorkommen verzeichnen sinkende Grundwasserneubildungsraten

## Gesellschaftliche und technologische Veränderungen und Trends<sup>1, 4, 5</sup>

- Demographischer Wandel sowie Urbanisierung als (zusätzliche) Herausforderung für die Wasserwirtschaft
- Gesteigerte Nutzungs- und Erwartungshaltung an Wasserressourcen (z. B. zu Tourismus und Freizeitnutzung) führen zu einer potenziellen Verschärfung
- Zunehmende Flächenkonkurrenz bedroht die Wasserversorgung durch konkurrierende Nutzungsansprüche zwischen Industrie-, Gewerbe-, Landwirtschaftsinteressen sowie der öffentlichen Trinkwasserversorgung
- Bedeutung neuer Technologien und Auswertungsprozesse nimmt rasant zu (z. B. UV-LED, Digitalisierung der Wasserwirtschaft, IT- Sicherheit)



## Vision

# Eine zukunftsorientierte Wasserwirtschaft für eine wasser-bewusste Gesellschaft

Hinweis: Die folgende Vision beschreibt das Zielbild einer zukünftigen wasser-bewussten Gesellschaft. Aus diesem Zielbild wird der aktuell bestehende Forschungs- und Entwicklungsbedarf (FuE-Bedarf) abgeleitet.

In einer wasser-bewussten Gesellschaft der Zukunft wird der Wert des Wassers als unverzichtbare Grundlage für Mensch und Natur anerkannt. Die Wasserwirtschaft hat den technologischen Fortschritt so weit genutzt, dass sie den globalen Herausforderungen und gesellschaftlichen Wandelprozessen gewachsen ist und sich adaptieren kann, den gesellschaftlichen sowie wirtschaftlichen Fortschritt ermöglicht und das Recht auf Wasser für Mensch und Ökosysteme akzeptiert und respektiert. Dies spiegelt sich in den folgenden Ausprägungen einer zukunftsorientierten Wasserwirtschaft wider:

Die verfügbaren Wasserressourcen können in ihrer Menge und Qualität zeitlich und räumlich zuverlässig prognostiziert werden, ebenso die nachhaltigen Bedarfe für die menschliche Nutzung und den langfristigen Erhalt der Ökosysteme. Für die Identifikation und Entschärfung von Nutzungskonflikten zwischen Siedlung, Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft, Erholung und Naturschutz existieren sowohl ein zuverlässiger rechtlicher Rahmen als auch geeignete organisatorische, technische und digitale Überwachungs-, Entscheidungs- und Steuerungsmechanismen. Die Infrastrukturen für alle Prozesse zur Entnahme, Aufbereitung, Verteilung, Nutzung, Ableitung, Reinigung und Rückführung von Wasser sind an die Dargebots- und Bedarfssituation angepasst, und werden nachhaltig und effizient betrieben und instandgehalten. Sämtliche Infrastrukturen und Prozesse der Wasserwirtschaft sind auf hohe Resilienz gegen natürliche und menschliche Gefährdungen ausgelegt. Die von der Wasserwirtschaft zu erbringenden Leistungen der Daseinsvorsorge sind durch flexible Infrastrukturen an sich ändernde natürliche Randbedingungen und gesellschaftliche Anforderungen anpassbar sein, wie sie aus dem Klimawandel oder

den demographischen Veränderungen erwachsen. Die Wasserwirtschaft leistet in einer wasser-bewussten Gesellschaft einen entscheidenden Beitrag für die Sicherung und den Schutz der Gesundheit von Mensch und Natur. In einer wasser-bewussten Gesellschaft werden unerwünschte Einträge schon an der Quelle weitestgehend vermieden und Qualitätsbeeinträchtigungen bis zum Punkt der Nutzung minimiert. Dazu gehört auch, gewässerverträgliche Ersatzstoffe zu finden. Gewässerbewirtschaftung orientiert sich an Naturnähe und gutem chemischen und ökologischen Zustand als Zielgrößen. Unvermeidbare nutzungsbedingte Einträge in das Wasser werden durch schutzziel-angepasste und effiziente Aufbereitungs- bzw. Reinigungsverfahren zuverlässig entfernt. Es existieren schnelle und zuverlässige Methoden, um Einträge in den Wasserkreislauf zu identifizieren und hinsichtlich ihrer human- und ökotoxikologischen Relevanz zu bewerten. In einer wasser-bewussten Gesellschaft der Zukunft ist die Wasserwirtschaft eingebettet in eine Kreislaufwirtschaft, in der auch aus dem Wasserkreislauf sinnvoll rückgewinnbare Ressourcen einer Wiederverwertung zugeführt werden.

# Strategische Innovationsagenda (SIA)

## QUERSCHNITTSTHEMEN (GEBEN DIE Rahmenbedingungen VOR)

### KERNTHEMEN (Handlungs- und Gestaltungsfelder)



#### KERNTHEMA 1

Ressourcen  
nachhaltig  
bewirtschaften



#### KERNTHEMA 2

Zukunftsfähige  
Infrastrukturen schaffen



#### KERNTHEMA 3

Gesundheit von  
Menschen &  
Umwelt sichern

### Klimawandel Resilienz erhöhen

Dynamiken verstehen  
und prognostizieren

Assets planen,  
erhalten und  
flexibilisieren

Eigenschaften  
neuer Stoffe  
besser verstehen

### Digitalisierung und neue Technologien Potenziale erschließen

Ressourcennutzung  
besser steuern

Betrieb innovativ  
und zukunftssicher  
gewährleisten

Verhalten von Stoffen/  
Organismen im Wasser-  
kreislauf überwachen

### Gesellschaftliche Entwicklung Fortschritt ermöglichen

Risiken minimieren

Technologien bedarfs-  
gerecht anpassen und  
neu entwickeln

Ganzheitliche  
Risikomanagement-  
strategien aufbauen

Abbildung 1: Struktur der strategischen Innovationsagenda (SIA) mit Kern- und Querschnittsthemen

Um die Vision einer zukunftsorientierten Wasserwirtschaft für eine wasser-bewusste Gesellschaft zu ermöglichen, besteht ein Bedarf an innovativen Lösungen in drei Handlungs- und Gestaltungsfeldern (Kernthemen):

1. Ressourcen nachhaltig bewirtschaften
2. Zukunftsfähige Infrastrukturen schaffen
3. Gesundheit von Mensch und Umwelt sichern

Dabei muss sich die Forschung für die Wasserwirtschaft der Zukunft insbesondere mit den folgenden drei Herausforderungen und Chancen auseinandersetzen:

- dem Klimawandel begegnen
- Digitalisierungspotenziale und neue Technologien erschließen
- gesellschaftlichen Fortschritt ermöglichen.

Aus diesen Vorüberlegungen wurde die Strukturierung der strategischen Innovationsagenda (SIA) entlang von drei Kernthemen vorgenommen, die wasserwirtschaftlich relevante Handlungs- und Gestaltungsfelder aufzeigen und eine aus der Vision abgeleitete Zielperspektive formulieren (Abbildung 1). Die übergreifenden gesellschaftlichen und globalen Trends werden dabei als Rahmenbedingungen verstanden, die sowohl zusätzlichen Innovationsbedarf als auch eigene Innovationspotenziale beinhalten. In Kontinuität zur 2015 vorgelegten ersten Fassung der SIA ([→ Link WIC SIA 2016](#)) sind die detaillierten FuE-Felder immer unter dem Dreiklang des stofflichen, systemischen und technologischen Ansatzes zu verstehen.

## Allgemeiner Forschungsbedarf

Im Sinne eines möglichst reibungsfreien und weitreichenden Forschungstransfers der erzielten Ergebnisse ist die Wichtigkeit der Praxis- und Transferfähigkeit hervorzuheben. Hierzu dienen u.a. Demonstrationsvorhaben und Leuchtturmprojekte, um Umsetzungsbeispiele und Erfolge bzw. Erfahrungen bei den Betreibern, in der Öffentlichkeit und der Politik gut sichtbar zu machen sowie die Ergebnisse und konkreten Möglichkeiten zu vermitteln. Die Einbeziehung aller Beteiligten im Rahmen von Modellprojekten/-regionen ist hierbei ein guter Grundstein für die erfolgreiche Umsetzung.

Die Weiterentwicklung und Beurteilung (z. B. technischer Reifegrad, Praxistauglichkeit) von verfügbaren und neuen/innovativen Technologien und Verfahren für die Anwendung in der Praxis ist von allgemeiner Wichtigkeit. So können im Transformationsprozess fördernde und hemmende Bedingungen identifiziert werden.

# Themen



## KERNTHEMA 1

### Ressourcen nachhaltig bewirtschaften

- 1.1 Wasserressourcen und ihre Dynamiken besser verstehen und prognostizieren ..... **12**
- 1.2 Ressourcennutzung besser steuern ..... **13**
- 1.3 Risiken für und durch Wasserressourcen minimieren ..... **14**



## KERNTHEMA 2

### Zukunftsfähige Infrastrukturen schaffen

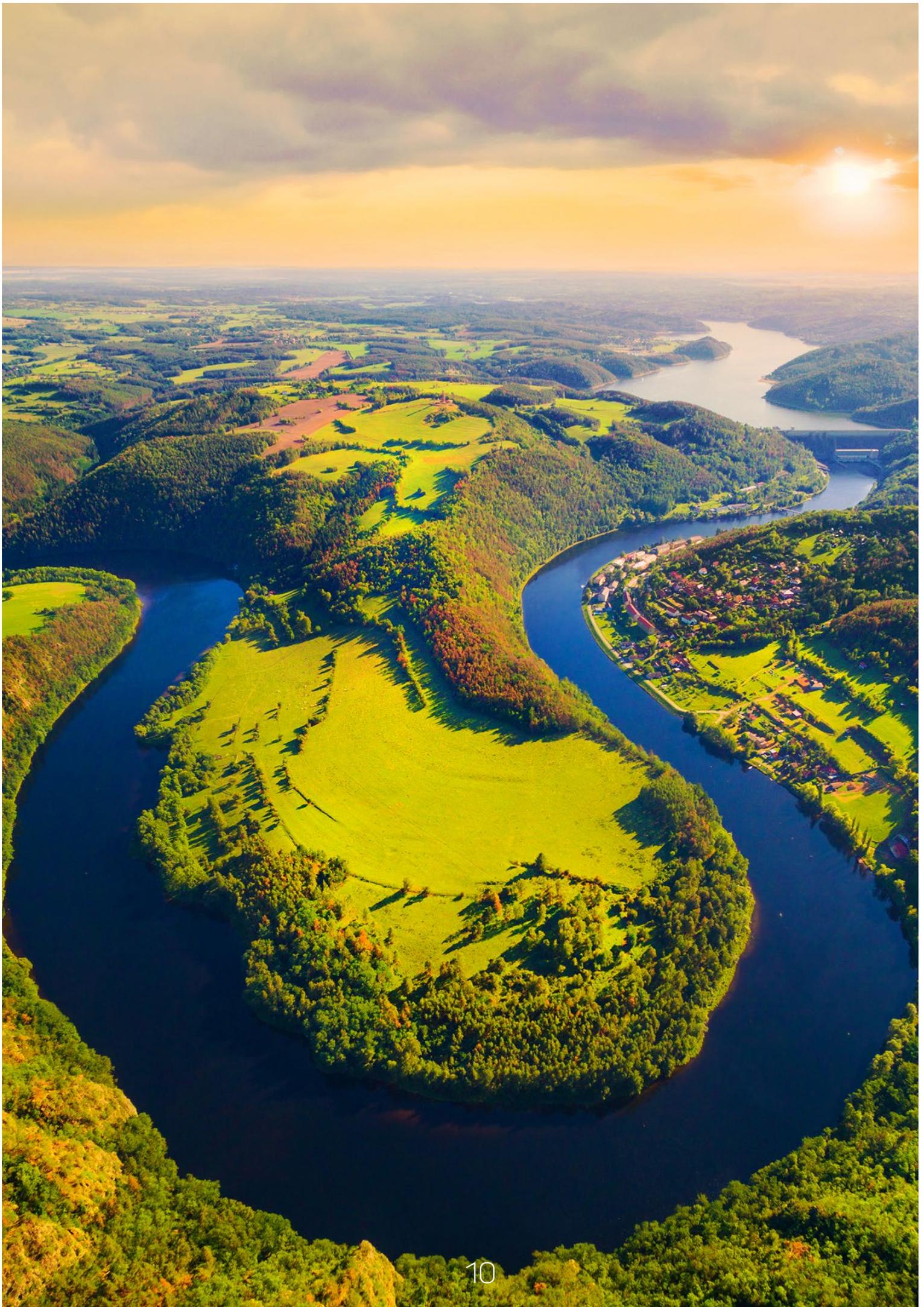
- 2.1 Durch Assetmanagement und vorrausschauende Planung  
Infrastrukturen erhalten und flexibilisieren ..... **18**
- 2.2 Wasserwirtschaftliche Anlagen innovativ und zukunftssicher betreiben ..... **19**
- 2.3 Technologien und Verfahren bedarfsgerecht anpassen und neuentwickeln ..... **20**



## KERNTHEMA 3

### Gesundheit von Mensch & Umwelt sichern

- 3.1 Eigenschaften (neuer) Stoffe und Krankheitserreger verstehen ..... **24**
- 3.2 Verhalten von Stoffen, Substanzen und Mikroorganismen im Wasserkreislauf ..... **25**
- 3.3 Ganzheitliche Risikomanagementstrategien aufbauen ..... **26**





## KERNTHEMA 1

# Ressourcen nachhaltig bewirtschaften

Ressource im engeren wasserwirtschaftlichen Sinne ist das Wasser, d.h. die Oberflächengewässer und der Grundwasserkörper. Diese sind Ausgangs- und Endpunkt des anthropogenen Wasserkreislaufs: Aus ihnen werden die benötigten Wassermengen entnommen und nach menschlicher Nutzung wieder zugeführt. Neben der Bewirtschaftung durch die Wasserwirtschaft bestehen vielfältige gesellschaftliche Ansprüche an unser Wasser, z. B. für die Landwirtschaft und die Industrie, oder als ästhetisches und funktionales Landschaftselement mit Erholungs- und Freizeitwert. Ein Ausgleich dieser Nutzungsansprüche unter sich verändernden Randbedingungen erfordert neue Lösungen für die Konsensfindung, und langfristige lokale und regionale Konzepte (und unterstützende Technologien), wie die sektoralen Bedarfe im gesamtgesellschaftlichen Kontext gedeckt werden können. In unserer wasserbewussten Gesellschaft der Zukunft haben wir ein hohes öffentliches Bewusstsein dafür, wie wertvoll Wasser als schützenswertes Naturgut und wie elementar es für die Daseinsvorsorge ist.

Um die Wasserressourcen langfristig in ihrer Funktion für Natur und Gesellschaft sicherzustellen, sind bei der Bewirtschaftung alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Gesellschaft und Ökonomie gleichwertig. Die Berücksichtigung der ökologischen Erfordernisse ermöglicht erst die langfristige Nutzung des Wassers für die Gesellschaft mit ökonomisch verhältnismäßigen Mitteln. Neben dem Einfluss der menschlichen Nutzung unterliegen diese Systeme auch natürlichen externen und internen Dynamiken, z. B. durch klimatische, ökologische und geogene Faktoren und Prozesse. Zur nachhaltigen Bewirtschaftung brauchen wir daher ein profundes Prozessverständnis dieser Systeme. Dies umfasst auch die Möglichkeiten zur Prognose ihrer voraussichtlichen Entwicklung, und welche Auswirkungen sowohl natürliche Veränderungen als auch verschiedene anthropogene Eingriffe auf Qualität und Quantität der Ressourcen haben. Die wasserwirtschaftlichen Handlungsoptionen zur Bewirtschaftung der Ressourcen werden erweitert durch die Entwicklung neuer digitaler Technologien. Durch Digitalisierung ermöglichen wir z. B. ein flächendeckendes Monitoring der Ressourcen, der wasserwirtschaftlichen Anlagen und der meteorologisch-hydrologischen Randbedingungen, sowie die Verknüpfung mit Bedarfs-, Verbrauchs- und Auslastungsdaten, die eine flexiblere und adaptionsfähigere Steuerung eines naturnahen Wasserhaushaltes auf Einzugsgebietsebene ermöglichen.

Der Ressourcenbezug der Wasserwirtschaft im weiteren Rahmen reicht über die Wasserressourcen hinaus: Es geht auch um die stoffliche und energetische Rückgewinnung von Stoffen, die im Wasserkreislauf enthalten sind und rückgeführt werden können. Hier sind zum einen verbesserte Technologien notwendig, um die Rückgewinnung wirtschaftlich und ökologisch tragfähig zu gestalten (z. B. über hohe Prozess-Effizienz, Konkurrenz-/marktfähige Spezialqualitäten der rückgewonnenen Substanzen). Ergänzende dezentrale Konzepte für eine flexiblere Adaption und für die Nutzung der im Wasser befindlichen Ressourcen sind weiter zu entwickeln, um Stoffströme besser zu schließen. Zum anderen sind auch geeignete Geschäftsmodelle zu entwickeln, damit derartige Ansätze über das FuE-Stadium hinaus in der Praxis implementiert werden können und die Innovationskraft und globale Wettbewerbsfähigkeit von Technologieanbietern für den Wassersektor gesichert wird.



## FORSCHUNGSBEDARF

### 1.1 Wasserressourcen und ihre Dynamiken besser verstehen und prognostizieren

Wasserressourcen unterliegen natürlichen und anthropogen beeinflussten Schwankungen in ihrer Quantität und Qualität. In Zeiten des globalen Wandels, in denen die Schwankungsbreiten durch klimatische und sozio-demografische Änderungen deutlich gestiegen sind, wird ein nachhaltiges integriertes Wasserressourcen-Management benötigt. Hierbei von Bedeutung ist das Prozessverständnis in Verbindung mit naturräumlichen Rahmenbedingungen, welche das Wasserdargebot bestimmen. Sind diese Prozesse lokal-regional und saisonal erforscht, können sie in Modelle übersetzt werden, um zukünftige Entwicklungen des Wasserdargebots zu prognostizieren. Hier besteht aktuell folgender FuE-Bedarf:

- ▶ Entwicklung von Experten-Modellen zur Prognose von lokaler, regionaler und saisonaler Quantität und Qualität des Wasserdargebots. Ergänzend werden Lösungen benötigt, diese Experten-Modelle auch in einfache Bilanzmodelle zu abstrahieren, mit denen Stakeholder Entscheidungen über die Bewirtschaftung und Nutzung der Ressourcen treffen können.
- ▶ Untersuchung von Veränderungen in der Grundwasserneubildung und ihrer Auswirkungen auf das Rohwasser (Quantität und Qualität) und den Basisabfluss, insbesondere unter Einwirkung der Auswirkungen des Klimawandels.
- ▶ Analyse der Änderungen von Wasserbilanzen in Einzugsgebieten, aufgrund klimawandelbedingter Veränderungen von Niederschlags- und Evapotranspirationsmustern (unter Berücksichtigung der Landnutzung). Dies hat einerseits z.B. Einfluss auf die Talsperrenbewirtschaftung, die Trinkwasserentnahmen, die Bereitstellung von Kühl- und Bewässerungswasser und benötigt andererseits ein angepasstes Landnutzungsmanagement.
- ▶ Besseres Verständnis der dynamischen und räumlichen Wechselwirkungen zwischen Landnutzung (z. B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, städtische Räume) und Wasserbilanzen unter sich verändernden natürlichen und anthropogenen Randbedingungen.
- ▶ Prüfung neuer Datensätze aus der Fernerkundung auf ihre Anwendbarkeit in der Wasserwirtschaft und als Eingangsgrößen für die Modellierung. Nutzung neuer Sensoren, Übertragungsmöglichkeiten und Digitalisierungslösungen, um die direkte Datenverfügbarkeit und modellgestützte Auswertung (Assimilation) aus den Einzugsgebieten zu ermöglichen.
- ▶ Anwendung von hoch aufgelösten Klimaszenarien für die nahe Zukunft (z. B. ECMWF saisonale Vorhersagen, ECMWF=European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) als Entscheidungsunterstützung zur Wasserverfügbarkeit und daran nachhaltig angepasste Nutzungen.
- ▶ Modelle und Verfahren zur Verbesserung des Prozessverständnisses von Gewässersystemen bei verschiedenen Nutzungsoptionen und bei (Re-naturierungs-) Maßnahmen an Gewässern unter Berücksichtigung biologischer, morphodynamischer, stofflicher, anthropogener Faktoren.
- ▶ Identifikation von Belastungen der Gewässer bzw. Ursachen für Defizite im Gewässerzustand, die bestimmten Nutzungen (insbesondere Siedlung und Gewerbe, Landwirtschaft) zuzuordnen sind; eindeutige Abgrenzung des Einflusses von anderen Stoffeinträgen (atmosphärischer Eintrag, Eintrag naturbelassener Flächen) mit möglichst einfachen Methoden (z. B. über Isotope oder Tracer); Ableitung einer Methodik für die Priorisierung von Handlungsoptionen unter definierten Randbedingungen.
- ▶ Gezielte Auswertung von Daten von Grundwasserleitern und Oberflächengewässern bei bestimmten, dominierenden Nutzungen, z. B. Energiepflanzenanbauflächen im Vergleich mit anderen Nutzflächen bei Beachtung der Regeln guter landwirtschaftlicher Praxis oder unter ökologischem Landbau.
- ▶ Charakterisierung und Quantifizierung des Abbau- bzw. Eliminationsvermögens für bestimmte Stoffe im Grundwasserleiter (insbesondere Nitrat); Ermittlung des erforderlichen Eliminationsvermögens bei definierten Eintragsfrachten und -mustern, um eine nutzungsspezifische Maximalkonzentration im Wasserkörper einzuhalten.
- ▶ Mengenbilanzen und resultierende Belastungen von Grund- und Oberflächenwasser durch bestimmte Stoffgruppen bei ausgewählten Nutzungen, z. B. Veterinärarzneimittel; Identifikation und Klassifizierung von Hotspots; Auswirkung zukünftiger Trends der Nutzungen auf Menge und Art der eingesetzten Stoffe sowie die zu erwartenden Belastungen der Gewässer.



## 1.2 Ressourcennutzung besser steuern

Um Wasser in hoher Qualität insbesondere für den menschlichen Bedarf in ausreichender Menge und unter Anwendung möglichst naturnaher Aufbereitungsverfahren zur Verfügung stellen, müssen die vorhandenen Ressourcen besser geschützt und bewirtschaftet werden. Mittels digitaler Werkzeuge lassen sich heute schon viele Naturgüter messen und überwachen; eine intelligente Vernetzung hilft in Zukunft, die Bedarfe effizienter und schneller zu steuern, ohne die Ressource zu übernutzen. Forschungsarbeiten sind von Nöten, damit auf Flusseinzugsgebietsebene Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser vermieden oder so weit wie möglich gemindert werden. Hierfür sind in Zukunft gezielt Daten zu erheben und diese miteinander zu verschneiden und zu kombinieren. Ein digitales integriertes Wasserressourcenmanagement (diWRM) muss etabliert werden, so dass auch in zukünftigen Extremsituationen (Dürre) die dringlichsten Bedarfe entsprechend der zuvor festzulegenden Prioritäten gedeckt werden können. In den Städten der Zukunft muss ein Ziel sein, dem (natürlichen) Wasserkreislauf möglichst nahe zu kommen. Im Sinne der Nachhaltigkeit sollten dabei energieeffiziente Technologien und erneuerbare Ressourcen genutzt werden.

- ▶ Konzepte zur Festlegung sektoraler Wassernutzungsbudgets, die in Extremsituationen dynamisch angepasst werden, so dass eine vorher festgelegte Priorisierung automatisiert wird. Unterstützt durch die Entwicklung von sektorangepassten Steuerungs- und Anreizsystemen für die nachhaltige und effiziente Wassernutzung, auch unter Nutzung digitaler Lösungen.
- ▶ Entwicklung von regionalen Bilanzmodellen, die saisonale Klima- und sektorale Wassernutzungsprognosen beinhalten und als Basis für Nutzungspriorisierungen dienen.
- ▶ Wasserwiederverwendung durch die flexible Aufbereitung und Speicherung von bisher nicht genutzten Wasserressourcen zu verschiedenen Qualitäten (fit for purpose) für die technisch und hygienisch sichere Nutzung ermöglichen, auch unter Nutzung natürlicher Prozesse (Ökosystemleistungen) für die Aufbereitung. Entwicklung geeigneter Geschäfts- und Betreibermodelle.
- ▶ Entwicklung eines möglichst naturnahen Wasserkreislaufs in Siedlungen / Städten, in dem auch Stoffströme in den Quartieren geschlossen werden. Das erfordert die Etablierung von intelligenter Haustechnik sowohl bei der Wasserversorgung als auch der Abwasseraufbereitung und -nutzung.
- ▶ Ansätze, den Wert und Nutzen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen und eines verbesserten Zustands der Gewässer und des wasserwirtschaftlichen Gesamtsystems in geeignete Sprach- und Wertesysteme zu übersetzen, die in der gesellschaftlichen Diskussion akzeptiert und zielführend sind.
- ▶ Prüfung und Weiterentwicklung existierender Ansätze zur Übersetzung/Übertragung in Terminologien und Werte- bzw. Anreizsysteme für verschiedene gesellschaftliche Gruppen und Akteure in der Entscheidungsfindung (z. B. ökonomische Argumente über die Bilanzierung und Bewertung von Ökosystemleistungen, Umwelt- und Ressourcenkosten oder sonstige ökonomische Verfahren; Messung der Nachhaltigkeit wasserwirtschaftlicher Systeme).



- ▶ Analyse und Weiterentwicklung von Grundsätzen und Möglichkeiten des staatlichen Handelns zur Entwicklung, Durchsetzung und Unterstützung von zielgerichteten Maßnahmen auf den verschiedenen Handlungsebenen, z. B. durch fachliche Unterstützung, Instrumente des Vollzugs, ordnungsrechtliche Maßnahmen, Rahmgebung durch langfristige Konzepte und Planungen, Projektmanagement, finanzielle Förderung und weitere Anreizsysteme an Stelle von Verboten etc.; Darstellung von Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Vollzugs in aufbau- und ablauforganisatorischer Hinsicht. Verbesserung des regulatorischen Rahmens für den Schutz der Ressourcen, die der Trinkwasserversorgung dienen.
- ▶ Entwicklung von Methoden für die Ableitung einer Clustering, eines Rankings und Priorisierung von Handlungsoptionen/Maßnahmen für Defizite im Gewässerzustand unter definierten Randbedingungen (insbesondere den vorhandenen und zukünftigen Strukturen); Ansätze für zielgerichtete Best-Practice Maßnahmen, deren Ausprägung und Vermittlung an Beteiligte der betroffenen Nutzergruppen.
- ▶ Neue Instrumente zur Umsetzung einer Verbesserung des Gewässerzustands (politischer, administrativer, finanzieller, ökonomischer, kommunikativer, technischer oder sonstiger Art); Prognose der wahrscheinlichen Zielerreichung, differenziert für die verschiedenen Problembereiche und Nutzungsstrukturen; Bereitstellung der notwendigen Fakten für die Akzeptanzförderung.

### 1.3 Risiken durch und für Wasserressourcen minimieren

In naher Zukunft gilt es, den Druck auf unsere Wasserressourcen durch Übernutzung zu reduzieren und gleichzeitig Verschmutzungen jeglicher Art weitestgehend zu reduzieren. Damit dies gelingt, sind Forschungen zu tätigen, um wasservertägliche Stoffe zu entwickeln, welche die herkömmlichen Substanzen (z. B. Arzneimittel usw.) ersetzen oder mittels Re-design eine vollständige Biomineralisation ermöglichen. Wenn dies nicht gelingt, muss an der Quelle der Verwendung bzw. vor dem Einbringen in die Umwelt der wassergefährdende Stoff zurückgehalten werden. Auch hierfür sind sowohl Forschungsarbeiten für die jeweiligen technischen / chemischen Verfahren von Nöten als auch sozio-ökonomische Untersuchungen. Des Weiteren sind auch anthropogene und geogene Faktoren und Prozesse und deren Einfluss auf die Wasserquantität und -qualität zu berücksichtigen (z. B. Fracking-Anwendungen, „Ewigkeitslasten“).

Um Überflutungen oder extremer Trockenheit zu begegnen, muss ein Paradigmenwechsel stattfinden, weg von dem Ansatz, möglichst schnell das Niederschlagswasser abzuleiten, hin zu dem Ansatz, das Niederschlagswasser in der Fläche zurückzuhalten. Das zurückgehaltene Niederschlagswasser muss entsprechend seiner Belastung und vorgesehenen Nutzung aufbereitet werden, hierfür sind flexible Reinigungsverfahren zu etablieren.

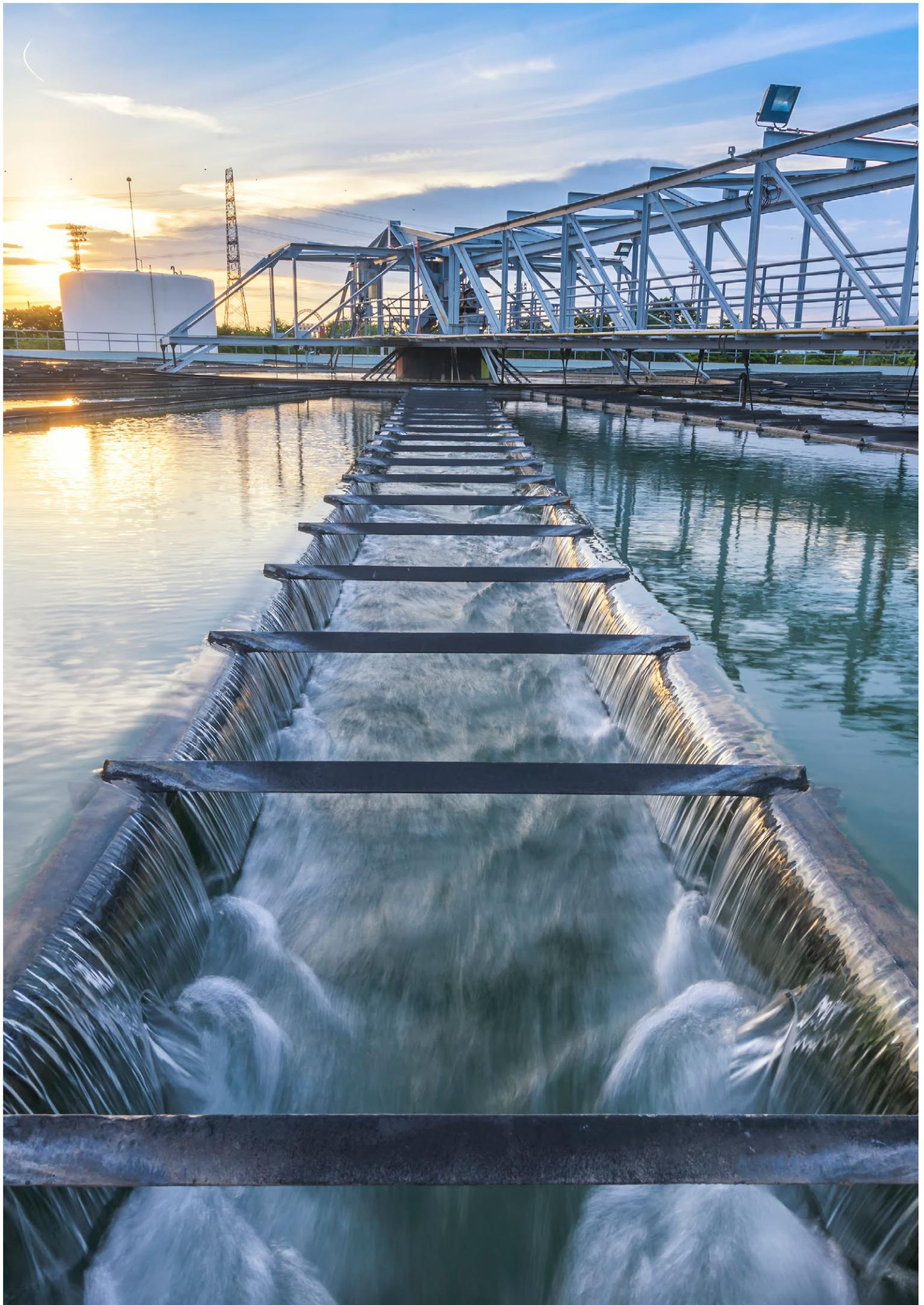
Jegliche Form von Energiegewinnung benötigt in unterschiedlichem Ausmaß Wasser: Keine Energie ohne Wasser, kein Wasser ohne Energie (Wasser-Energie-Nexus). Dieses gilt es durch ganzheitliche Wasser- und Energieflusskonzepte nachhaltig zu lösen. FuE-Bedarf besteht in den folgenden Bereichen:

- ▶ Entwicklung von Risikomanagementansätzen für Einzugsgebiete hinsichtlich Stoffeinträgen, inklusive neuer Technologien zur Überwachung, Bewertung und Behandlung insbesondere bisher unbekannter Stoffe durch Non-Target-Analytik und wirkungsbezogene Analysenverfahren.
- ▶ Entwicklung von Konzepten zur Bewertung und Vermeidung von Substanzen, die persistent, mobil und toxisch sind (PMT-Stoffe).
- ▶ Intelligente Konzepte zur Bewirtschaftung von Mischwasser- und Regenwasserspeicher (zentral, semizentral als auch dezentral). Hierzu sind neben Verbesserungen zur Erhöhung der Reinigungsleistung (Strömungsoptimierung, alternative Verfahren zur Phasenseparation und Elimination gelöster und kolloidal gelöster Stoffe, Rückhalt von Grobstoffen etc.) auch Messdaten zur Überlaufhäufigkeit, Dauer und auch zur Qualität des abgeschlagenen Abwassers aufzunehmen, auszuwerten und für die Prozessoptimierung bis hin zur ggf. Nutzung zu verwerten.
- ▶ Nachweis und Bewertung veränderter mikrobiologischer Populationen sowie Vorkommen und Relevanz von Neozoen.
- ▶ Vermeidung von Zielkonflikten bei der jeweiligen sektoralen Anpassung an den Klimawandel (z. B. Wasserrückhalt in der Fläche statt Bewässerung) durch gemeinsame Bewirtschaftungspläne und Berücksichtigung von Bedarfsprognosen.
- ▶ Sponge-City-Ansätze: Wasser auf urbanen Flächen bei Extremereignissen zurückhalten und nutzbar machen und multifunktionale Flächen rechtlich ermöglichen sowie langfristig finanzieren (wasser-sensible Stadt).
- ▶ Entwicklung und Erprobung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verdunstung (Gründächer und Fassaden, variable Speicherteiche, dezentrale Systeme wie z. B. „Baumrigolen“ etc.). Erfassung und Quantifizierung der Effekte auf das Mikro- und Stadtklima; Erstellung von Managementkonzepten für die zu entwickelnden Verdunstungssysteme; Einbindung dieser Systeme in die Stadtplanung.
- ▶ Regenwassernutzung als Ansatz zur dezentralen Regenwasserspeicherung (z. B. intelligente Zisterne, die entleert wird, wenn über Regenprognose neue Niederschläge erwartet werden), Nutzungskonzepte für das gespeicherte Regenwasser. Hier müssen die Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung untersucht werden (geringerer Wasserverbrauch, längere Standzeiten etc.).



- ▶ Steuerung und Regelung des gesamten Regenwassersystems (Verdunstung – Versickerung – Ableitung und Reinigung) → Regenwasser 4.0.
- ▶ Veränderung der Transformation von meteorologischen in hydrologische Dürren, z. B. durch Grundwasseranreicherung/Managed Aquifer Recharge in wasserreichen Zeiten (Winter) und Nutzung in wasserknappen Zeiten (Sommer).
- ▶ Entwicklung wasserwirtschaftlicher Konzeptionen für den Ausstieg aus dem Kohlebergbau mit dem Ziel, so schnell wie möglich einen ausgeglichenen Wasserhaushalt zu erreichen und gleichzeitig die erforderlichen Wassernutzungen zu gewährleisten.
- ▶ Entwicklung von Ansätzen und Methoden zum Umgang mit Starkniederschlagsereignissen in urbanen Räumen inkl. Frühwarnsysteme, Maßnahmen zur Wasserspeicherung, Schutz von anthropogenen Nutzungen, etc.
- ▶ Entwicklung von Konzepten, die den Wasser-Energie-Nexus in seinem ganzen Ausmaß beschreiben, langfristig auf einen ausgeglichenen Wasserhaushalt fokussieren und Gewässerbelastungen vermeiden.







## KERNTHEMA 2

# Zukunftsfähige Infrastrukturen schaffen

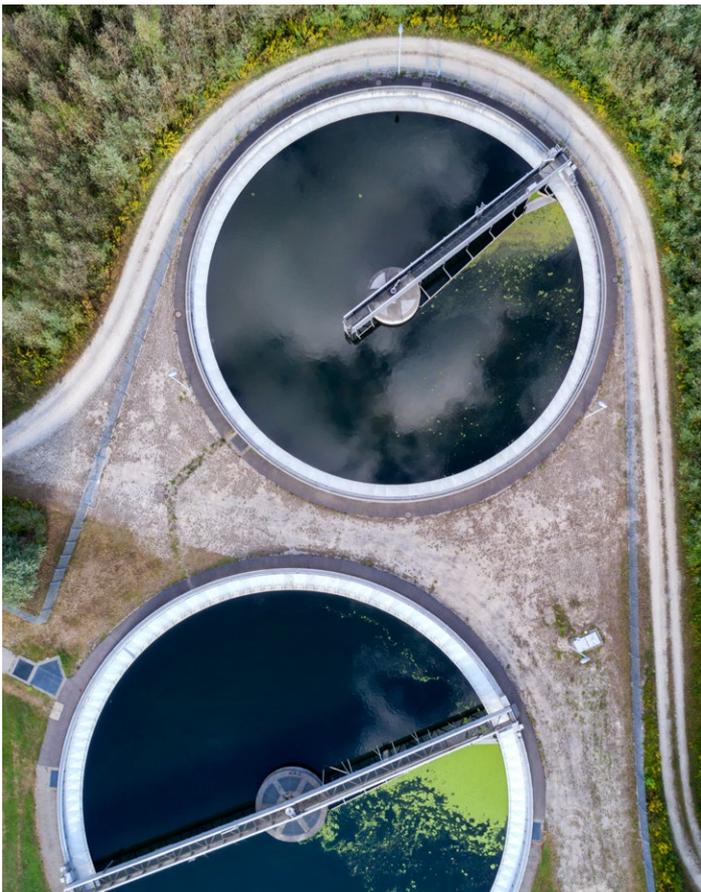
Deutschland ist geprägt von den lokalen und regionalen Strukturen seiner wasserwirtschaftlichen Anlagen mit einem sehr hohen Niveau der Verfügbarkeit sämtlicher Wasserdienstleistungen und der Nutzungen des Wassers und der Gewässer. Dieses wird in der öffentlichen Wahrnehmung oftmals als Selbstverständlichkeit empfunden. Eine funktionierende, verlässliche Wasserwirtschaft mit daraus resultierendem hohem Standard in Versorgung, Hygiene und Gesundheitsvorsorge, dem Schutz natürlicher Ressourcen und der vielfältigen Nutzungen – auch im internationalen Vergleich – ist stärker als bisher in den Fokus öffentlicher Wahrnehmung und politischer Unterstützung zu bringen.

Der Funktions- und Werterhalt der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur stellt die elementare Voraussetzung für hohe Ver- und Entsorgungssicherheit, niedrige Schadensraten und Ausfallquoten und hochwertige Produktdienstleistung an jedem Tag und zu jeder Stunde

dar (24/7). Die vorhandenen Anlagen und Systeme gilt es nicht nur wertbeständig zu erhalten, sondern weiterzuentwickeln an sich ändernde Anforderungen und Rahmenbedingungen oder Alternativen im systemischen und technischen Bereich. Zielbild sind Anlagen mit innovativen, flexiblen bzw. modularen, resilienten und wirtschaftlichen Verfahren in einem System vernetzter, sicherer Infrastruktureinrichtungen mit einem größtmöglichen Schutz der natürlichen Ressourcen.

Die Entwicklung neuer Verfahren der Trink- und Abwasserbehandlung sowie der Gewässerentwicklung von der Konzeptionierung bis zur Umsetzung und Markteinführung sind für die erforderlichen Anpassungen an sich ändernde gesellschaftliche Verhältnisse und Verfügbarkeiten der Ressource Wasser und ein sich änderndes technisches Umfeld essenziell. Weiterentwicklung ist dabei mehr als nur Teilnahme an allgemeinen Trends. Sie bedarf auch einer eigenen Initiierung, Impulsen aus sich selbst und Reaktionen auf die spezifischen Entwicklungen. So sind im Vergleich zu anderen Bereichen insbesondere die Abhängigkeiten von der Verfügbarkeit des Wasserschatzes mit sich ändernden Bedingungen bei den Anlagen zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist die Organisation der Unternehmen der Wasserwirtschaft sowohl hinsichtlich der Entscheidungsstrukturen als auch der Kundenbeziehungen eine Besonderheit auch bei der Entwicklung der Anlagen.

Automatisierungs- bzw. Digitalisierungs- und Instandhaltungsstrategien bedürfen gerade in der Wasserwirtschaft eines Umfeldes mit hoher Verlässlichkeit digitaler Infrastruktur auf angemessenem Sicherheitsniveau sowie verlässlichen Investitions- und Innovationsrahmenbedingungen. Unter Verwendung einer aufgabenorientierten Künstlichen Intelligenz könnten Systeme erschaffen werden, die eine oder mehrere festgelegte Aufgaben besonders gut bewältigen.



## FORSCHUNGSBEDARF

### 2.1 Durch Assetmanagement und vorausschauende Planung Infrastrukturen erhalten und flexibilisieren

Sichere Investitionsplanung basiert auf einem systematischen Ansatz, der sowohl betriebliche Maßnahmen (insbesondere zur Instandhaltung) als auch Reinvestitionsbedarfe klar aufzeigt. Assetmanagement ist aber mehr als Anlagenbewertung. Es ist ein integraler Ansatz zu entwickeln, der Unternehmens- und politische Ziele (z. B. Anforderungen an die Abwasser- und Trinkwasserinfrastrukturen, Umweltbelastung, Energiemanagement) als auch sich verändernde gesellschaftliche Bedingungen (Entwicklungen sozialer Strukturen, Veränderungen von Werten und Ansprüchen etc.) und technische Entwicklungen (Digitalisierung, Arbeitsbedingungen etc.) mit berücksichtigt und sowohl betriebliche Maßnahmen als auch Investitionen systematisch darauf ausrichtet. Vordringlicher FuE-Bedarf besteht in folgenden Bereichen:

- ▶ Entwicklung von Methoden für das Data Mining/Big Data aus dezentralen und heterogenen Daten zu Asset-Zustand und Systemleistung mit einem integralen Ansatz für die Vielfalt und Vielzahl der bereits heute anfallenden Daten sowohl von den Betriebsanlagen als auch den entscheidenden Größen für den Zustand von Umwelt und Ressourcen.
- ▶ Entwicklung von zentralen Datenbanksätzen (z. B. Produkt, Material- und Werkstoff, Rahmenbedingungen), die als Open Source mit barrierefreiem Zugang für die Unternehmen der Wasserwirtschaft zur Verfügung gestellt werden. Digitale Organisationsformen inkl. Umsetzungs- und Finanzierungsmodellen.
- ▶ Entwicklung/Verbesserung von technischen und ökonomischen Auswertungs- und Bewertungsmethoden für lineare, vertikale und punktuelle Assets (z. B. linear = Leitungen, vertikal = Gebäude, punktuell = Schachtbauwerke), die sowohl die Anlagen- und Betriebsdaten in der Retrospektive als auch aus Prognose szenarien umfassen.
- ▶ Parameter-, Methoden- und Sensorentwicklung (in situ) zur Zustandsbestimmung von Anlagen und Gewässern, Zustandsveränderung und zugehörigen Wirkzusammenhängen sowie Entwicklung von Risiko- oder Zuverlässigkeitsbewertungsansätzen inklusive neuer Überwachungs- und Inspektionstechniken und neuer Instandhaltungs-/ Sanierungsverfahren und betrieblicher Handlungsstrategien.
- ▶ Entwicklung und Anwendung von Modellen zur Zustandsentwicklung und zur Güteveränderung im Verteilungsnetz in Abhängigkeit von Asset-Bewertung und Betriebsbedingungen, Möglichkeiten zur laufenden Kalibrierung und einfachen Anpassung an die jeweils herrschenden anlagenspezifischen Bedingungen.
- ▶ Neue Planungsinstrumente, Betriebsprozesse und technische Gestaltungselemente zur Flexibilisierung der Wasserwirtschaft als Vorbereitung auf sich ändernde Rahmenbedingungen (z. B. Nutzung erweiterter digitaler Zwillingsansätze zur Simulation gesamtheitlich veränderter Systemrahmenbedingungen).
- ▶ Entwicklung/Verbesserung der Managementstrategien (Aufstellung von Instandhaltungs- und Erneuerungsplänen mit Optimierung der zugehörigen Prozesse zur strategischen Ausrichtung und aufwandsminimierten Einbindung in den Betrieb) und Unterstützung durch betriebswirtschaftliche Instrumente (Lebenszykluskostenrechnung) einschließlich Tools zur Operationalisierung in den Unternehmen.
- ▶ Ganzheitliches Asset Management unter Berücksichtigung und Bilanzierung von Green Assets und Non-Assets-Solutions im urbanen und ländlichen Raum mit Kopplung zu den Methoden und Instrumenten der Stadt- und Landesplanung.
- ▶ Schnellere/bessere Implementierung/Akzeptanz von Innovationen im Asset Management (z. B. Demo-/ Clusterprojekte, Schulungsmethoden, Wissensmanagement), Anreize für die Teilnahme von kleinen, mittleren und großen Unternehmen, Förderung von Netzwerken und neuen Formen der Kooperation.
- ▶ Entwicklung von integrierten „Datensammlern“ in Anlagen oder die integrationsfähige Berücksichtigung im technischen Layout (Bsp. Neuausrichtung von Netzbauteilen mit zusätzlich integrierten Analysekanälen).
- ▶ Entwicklung und Anwendung von mikroinvasiven Technologien zur Reduzierung der Gesamtauswirkungen bei der Analyse Instandsetzung/ Reparatur von Anlagen für den laufenden Anlagenbetrieb.



## 2.2 Wasserwirtschaftliche Anlagen innovativ und zukunftssicher betreiben

Der Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen ist der zentrale Prozess in den Unternehmen. Hierauf sind sämtliche Aktivitäten ausgerichtet, denn nur hier entsteht Wertschöpfung. Mit betrieblichen Maßnahmen ist auf sich schnell verändernde Bedingungen zu reagieren. Der wirtschaftlich effiziente und sichere Betrieb der Anlagen muss klare Entscheidungsgrundlagen für Instandhaltung, Weiterentwicklung und Reinvestition der Assets haben. Das Alter der Anlagen, Betriebsstundenzähler oder Herstellerangaben reichen hierfür nicht aus. Vielmehr bedarf es einer transparenten Zustandsbewertung mit Prognose des Anlagenverhaltens einschließlich der erforderlichen Aufwendungen für die nächsten Jahre mit möglichst sicherer Einschätzung der kommenden Betriebsanforderungen. Betriebsbedingungen müssen aber darüber hinaus auch klare Impulse für Investitionen und Weiterentwicklung ermöglichen. Handlungsoptionen müssen auf einer transparenten Entscheidungslage mit sicherer Bewertung der Zusammenhänge und Wirkmechanismen beruhen. Vordringlicher FuE-Bedarf besteht in folgenden Bereichen:

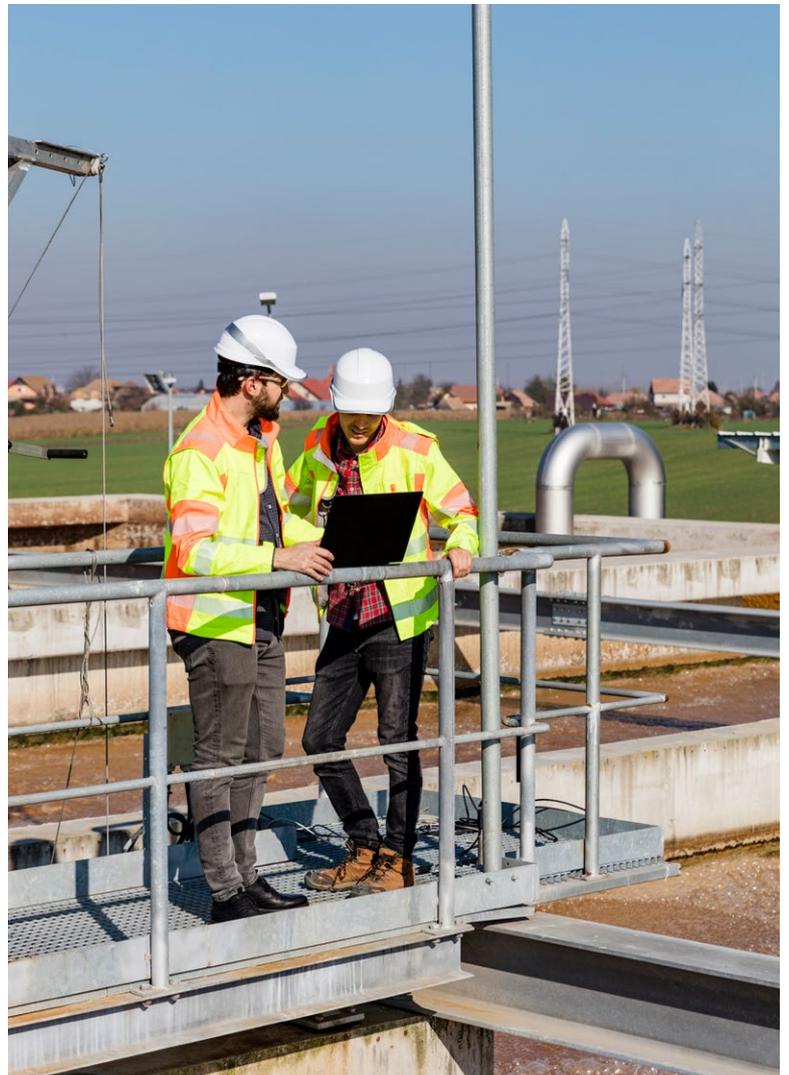
- ▶ Entwicklung wasserwirtschaftlicher Anlagen mit minimalem Energiebedarf zur Erreichung der Klimaneutralität.
- ▶ Konzeption einer zukunftsfähigen Entwicklung der Wasserwirtschaft im Bereich der Automatisierung mit Priorisierung von Prozessen und Anlagen, die hierüber eine Verbesserung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und der Schnittstellen erwarten lassen.
- ▶ Mindestanforderungen an die IT-Sicherheit mit einfachen, wenig aufwendigen Umsetzungs- und Überprüfungsmöglichkeiten für Anwender, um festzustellen, dass diese Systeme tatsächlich den Sicherheitsanforderungen genügen.
- ▶ Sicherstellung einer Früherkennung und Bewertung von Sicherheitsvorfällen, insbesondere im prozessnahen Systembereich in Echtzeit (zero-day-exploits); Konzeption einer Risikobewertung und Sicherheitsüberwachung (Security Monitoring) von Leit- und Automatisierungnetzwerken.
- ▶ Unterstützungsinstrumente für Betriebsdatenmanagement, -dokumentation und -auswertung in einem integrierten System der Digitalisierung der Wasserwirtschaft mit Tools zur Erfüllung auch der Pflichten gegenüber und der Bedürfnisse von Behörden und Kunden
- ▶ Entwicklung von „Cyber Physical Systems“ (CPS) für die Wasserwirtschaft zur Produktivitätssteigerung bzw. Prozessoptimierung.
- ▶ Wege zur Vermeidung von Angriffen, die auf gezielte Opfer (Advanced Persistent Threats (APT) und Advanced Targeted Attacks (ATA)) zugeschnitten sind.
- ▶ Entwicklung von Szenarien für Änderungen der Verfügbarkeit und Bedingungen natürlicher Ressourcen unter Bedingungen absehbarer Megatrends (insbesondere Klimawandel, gesellschaftliche Veränderungen, Bedarfsprognosen) sowie veränderter Anforderungen an Wasserdienstleistungen, realistische Bewertung betrieblicher Handlungsoptionen unter Bewertung von Versorgungs- und Betriebssicherheit.
- ▶ Ableitung von bevorzugten betrieblichen Bedingungen und Handlungsoptionen bei Krisenfällen und -szenarien, Prüfungs- und Testverfahren zur sicheren Bewältigung von Sonderlagen und Herausforderungen.



## 2.3 Technologien und Verfahren bedarfsgerecht anpassen und neuentwickeln

Verfahrensentwicklung und -anpassung hat in der Wasserwirtschaft eine lange Tradition. Sie ist allerdings vermehrt auszurichten auf neue Anforderungen und Bedingungen und auf Anforderungen der Praxis, so dass eine rasche Umsetzung erfolgen kann. Dazu ist auch der Austausch zwischen Forschungseinrichtungen und Forschungsmittelgebern einerseits und Anlagenbetreibern und Verfahrensanbietern auf der anderen Seite zu verbessern. Anlagenbetreiber unterstützen die Entwicklung durch Diskussion und Definition betrieblicher Anforderungen, Mitarbeit bei der Weiterentwicklung innovativer Ansätze, Einbringung eigener Entwicklungen, die sich aus dem betrieblichen Alltag ergeben, und nicht zuletzt durch Schaffung der Möglichkeiten zum Einsatz neuer Verfahren im Betrieb auf unterschiedlichen Maßstabsebenen. Vordringlicher FuE-Bedarf besteht in folgenden Bereichen:

- ▶ Anpassung und Optimierung von bestehenden technischen Verfahren bei der Abwasserbehandlung und Wasseraufbereitung sowie Desinfektion durch vertieftes Prozessverständnis bei Minimierung von Zusatzstoffen, Rückständen und Energiebedarf sowie des Betriebsaufwands.
- ▶ Bewertung von Prozessketten und Optimierung der Einzelverfahren einschließlich der jeweiligen Schnittstellen im Hinblick auf den Gesamtprozess vor dem Hintergrund neuer Anforderungen und Betriebsbedingungen.
- ▶ Entwicklung von Techniken zur selektiven und wirtschaftlichen Entfernung von vermehrt relevanten Stoffen sowie zur Kreislaufführung, Mehrfachnutzung und Verwertung unter Beachtung der Bedingungen für die Integration in bestehende Verfahrensketten und Anlagen.
- ▶ Bewertung der Potenziale des Abwassers für Unterstützung und Einbindung in das Management von Energie und insbesondere Gewinnung limitierter Wertstoffe und systematische Entwicklung von zielgerichteten Verfahren.
- ▶ Entwicklung von mathematischen Tools zur Bilanzierung der Stoffströme und zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit von neuen Verfahren unter Berücksichtigung von Kapital- und Betriebskosten sowie von Energie- und CO<sub>2</sub>- und Stoffbilanzen.
- ▶ Weiterentwicklung der Membran- und UV-Technik, elektrochemischer Verfahren (z. B. Elektrodialyse) sowie elektrostatisch selektiver oder textiler Materialien im Hinblick auf Aufbereitungsziele und Bewertung unter Praxisbedingungen.
- ▶ Entwicklung von Kombinations- und Hybridverfahren mit Bewertung des Gesamtprozesses inklusive Überführung in die praktische Anwendung im Rahmen von Demonstrationsprojekten.
- ▶ Intensive Beforschung von Stoffwechselwegen von Mikroorganismen und deren Potential für neue biologische Verfahren zur Abwasserbehandlung.
- ▶ Weitergehende Verwertung von Rückständen und Überführung in andere Industriebereiche.
- ▶ Etablierung von Pilot- und Leuchtturmprojekten an Praxisstandorten für Verfahren und Verfahrenskombinationen mit effizienten Betriebssteuerungen sowie Datenverarbeitung und -verwendung.







### KERNTHEMA 3

# Gesundheit von Mensch & Umwelt sichern

Die Wasserwirtschaft definiert ihre Ziele und Ansprüche insbesondere aus der Bedeutung des wasserwirtschaftlichen Kreislaufs für die menschliche Gesundheit. Aus hygienischer und human- und ökotoxikologischer Sicht stellt das bestehende System aus technischen Verfahren und gesetzlich-organisatorischer Rahmgebung in Deutschland auch zukünftig ein hohes Schutzniveau sicher. Sich stetig verändernde Randbedingungen erfordern jedoch eine kontinuierliche Neubewertung der Risiken, die von (neuen) Stoffen und Substanzen im Wasserkreislauf ausgehen, sowie eine entsprechende Anpassung des komplex abgestimmten Risikomanagements. In Zeiten tiefgreifender klimatischer Veränderungen (z. B. Auswirkung auf den hydrologischen Wasserkreislauf) und schnell voranschreitender gesellschaftlicher Entwicklungen (z. B. demographischer Wandel) erfolgt die Veränderung der Randbedingungen

aktuell deutlich beschleunigt und zunehmend disruptiv. Hierdurch ergeben sich hinsichtlich der Einflussfaktoren, des Umfangs und der Geschwindigkeit völlig neue Ansprüche an die Anpassungsfähigkeit der Wasserwirtschaft. Der Forschung kommt bei der Bewältigung dieser neuen zentralen Herausforderung eine maßgebliche Funktion zu. Hierbei gilt es insbesondere, die Auswirkungen einer fortgesetzten und in Teilen neu geprägten Nutzung von Gewässern (z. B. Wasser als Freizeit- und Erholungswert, individuelle Qualitäts- und Funktionsanforderungen) unter den Bedingungen des Klimawandels zu verstehen, sich daraus ergebende Probleme frühzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten, bevor akute Gefährdungslagen entstehen. Die digitalen Möglichkeiten liefern hierbei, insbesondere im Bereich der online-Analytik und der vernetzten Datenauswertung, zielgerichtete schnelle und sichere neue Werkzeuge, die bei der Entwicklung von Lösungsansätzen einzubeziehen sind.

Die vernetzt denkende Wasserwirtschaft orientiert sich zunehmend an den Prinzipien der Nachhaltigkeit. Neben dem Zugang zu sauberem Trinkwasser und einer angemessenen Sanitärversorgung nimmt daher der Schutz der Umwelt und Ökosysteme einen zentralen Stellenwert ein. Hierdurch soll auch sichergestellt werden, dass die Wasserwirtschaft bei der Erfüllung ihrer Aufgaben auch weiterhin auf die vielfältigen Leistungen eines intakten Ökosystems zurückgreifen kann. Hieraus resultieren teilweise neue anspruchsvollere umweltbezogene Zielvorgaben im Bereich der Wasserentnahme und -nutzung sowie der Rückführung des Wassers in die Natur, der Schließung von Stoffkreisläufen und des schonenden Ressourceneinsatzes (z. B. Kreislaufwirtschaft, Wasser-Energie-Nexus). Diese ganzheitlichen Anforderungen bedingen wiederum neue umsetzungs- und praxisorientierte Forschungsbedarfe in verschiedenen Disziplinen und verstärken die Notwendigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit (z. B. Wasserwirtschaft, Natur- und Sozialwissenschaften, Stadt- und Raumplanung, Medizin und Recht).

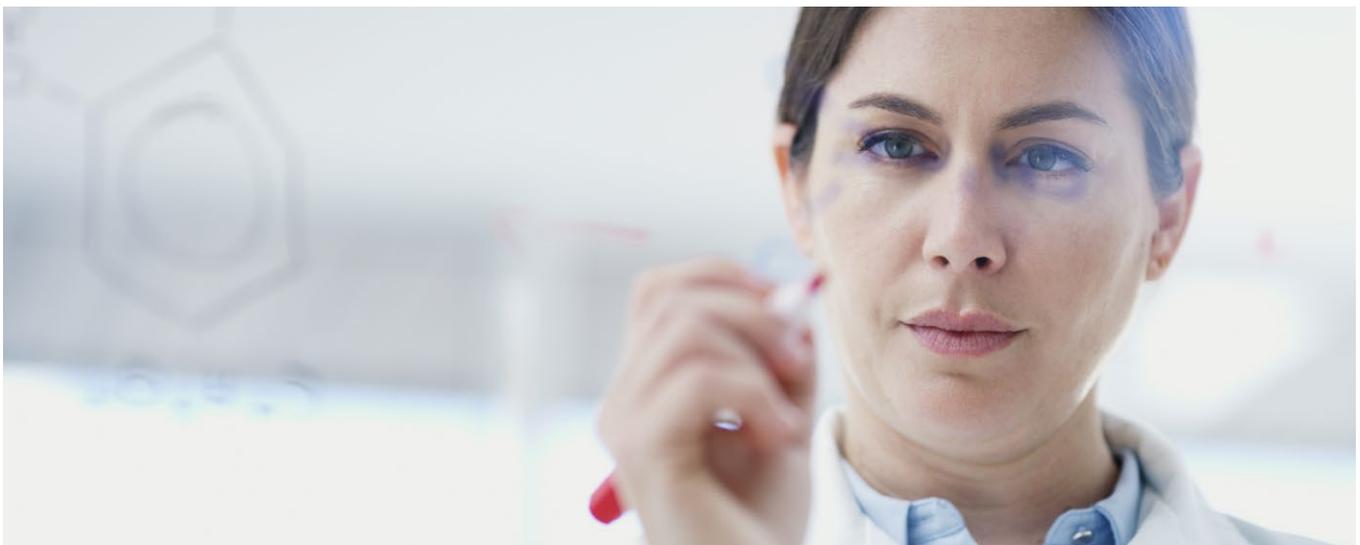


## FORSCHUNGSBEDARFE

### 3.1 Eigenschaften (neuer) Stoffe und Krankheitserreger verstehen

Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung und des Gewässerschutzes erfordert eine fortlaufende Überprüfung der Risikobewertung, insbesondere bei sich verändernden (externen) Randbedingungen. Dieses gilt sowohl für bereits existierende/bekanntere Stoffe und Substanzen, die unter sich verändernden Randbedingungen (z. B. weniger/mehr Niederschläge und Auswirkung auf Schadstoffkonzentration in Rohwässern) verändert auftreten können, als auch für neu auftretende/entdeckte Stoffe und Krankheitserreger (z. B. Viren, Bakterien, Genresistenzen). Insgesamt stellt dieses an die Wasserversorgung und den Gewässerschutz weitergehende Anforderungen. Im Bereich der Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Gewässerüberwachung ermöglichen neue Entwicklungen bei den analytischen Verfahren die unspezifische Breitbandüberwachung ganzer Stoffspektren und den Nachweis von Substanz(gruppen) auch im extremen Spurenbereich. Hieraus ergibt sich ein deutlich gesteigerter Anspruch hinsichtlich der Datenanalyse und der Identifikation potenziell gesundheitlich relevanter Befunde. Die Digitalisierung ermöglicht hier unterstützende Technologien, um eine zielgerichtete, schnelle und sichere Erkennung zu ermöglichen. Der FuE-Bedarf in Bezug auf die Eigenschaften und Toxikologie der Stoffe lässt sich je nach Zielparame-ter entsprechend formulieren:

- ▶ Entwicklung von Modellen und Methoden zur Vorab-Prüfung von human- und umweltrelevanten Eigenschaften neuer Stoffe (proaktiver Ansatz).
- ▶ Entwicklung von Konzepten und Methoden zum Monitoring, zur Bewertung und Priorisierung von Stoffen.
- ▶ Einfluss des guten ökologischen Gewässerzustands auf die Selbstheilungskräfte und Resilienz von Gewässern und deren (nachhaltigen) Beitrag zur Bereitstellung von Wasser für andere Nutzungen sicherstellen.
- ▶ Vertieftes Verständnis von Infektionsketten, Verhalten und Wirkung von Krankheitserregern im Wasserkreislauf (z. B. mikrobiologische Risikobewertung).
- ▶ Methoden zur Bestimmung von Handlungsbedarfen vor Ort, z. B. mit Hilfe von geeigneten Indikator- bzw. Leitsubstanzen oder Gruppenparametern und regionalen Stoffspektren (z. B. bei Spurenstoffen).
- ▶ Ausarbeitung analytischer Methoden zur Bestimmung und Quantifizierung neuer Stoffgruppen und Kontaminanten (z. B. von Mikroplastik), Gewässerbelastungen (z. B. Genfragmente, neuartige Viren) und Quantifizierung von Eintragsquellen.
- ▶ Identifizierung von Ausbreitung, Eintrag und Entstehung von mikrobiellen Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf (Abwasser, Oberflächengewässern und Grundwasser). Klärung der mikrobiologischen Belastung von fließenden und stehenden Gewässern.
- ▶ Erforschung der hygienischen Auswirkungen geringerer Temperaturen in Warmwassersystemen der Trinkwasserinstallationen (z. B. geringere Temperaturniveaus in Haushalten durch Energiesparmaßnahmen/Wärmepumpenanwendungen).
- ▶ Erforschung der Auswirkung erhöhter Temperaturen im Rohrnetz in Folge des Klimawandels.
- ▶ Identifizierung von Schad- und Störstoffen im Rohwasser- und Verteilungsnetz, z. B. Korrosionsphänomene in Trinkwasserinstallationen, Prognose und Bewertung der Langzeitstabilität insbesondere neuer Werkstoffe, Vorhersageinstrumente und Stoffspektren künftiger Störstoffe im Wasserkreislauf, Schaffung von Transparenz durch Datenverfügbarkeit bezüglich Einsatz und Eignung von Werkstoffen.



## 3.2 Verhalten von Stoffen, Substanzen und Mikroorganismen im Wasserkreislauf

Neben der Risikobewertung kommt der Charakterisierung und dem Verständnis der Eintrags- und Abbaupfade der Stoffe, Substanzen und Mikroorganismen eine zentrale Rolle zu. Eine potenzielle Gefährdung der Gesundheit besteht durch Unsicherheiten wie Transformations- und Abbauprozessen,

biologischen Aktivitäten, oder Wechselwirkungen von Stoffen, Substanzen und Mikroorganismen. Daher bedarf es Methoden, dieses Risiko adäquat zu bestimmen und zu beschreiben. Verstärkende Effekte treten durch sich verändernde Randbedingungen immer schneller auf (z. B. erhöhte Schadstoffkonzentrationen aufgrund geringerer Niederschläge, Auswirkung auf mikrobiologische Abbauprozesse). So sind allein rund 200 Bakterienarten als Krankheitserreger oder als fakultativ pathogene Bakterien bekannt. Sie können über Abwasserwege oder landwirtschaftliche Abschwemmungen zu einer Kontamination von Wasserressourcen führen und z. B. über direkten Kontakt zu einer Beeinflussung der menschlichen Gesundheit führen. Insbesondere bei Verwendung alternativer Trinkwasserquellen / Wasserwiederverwendung stellen sich besondere Anforderungen an die Hygiene. Hierzu besteht noch vermehrter FuE-Bedarf.

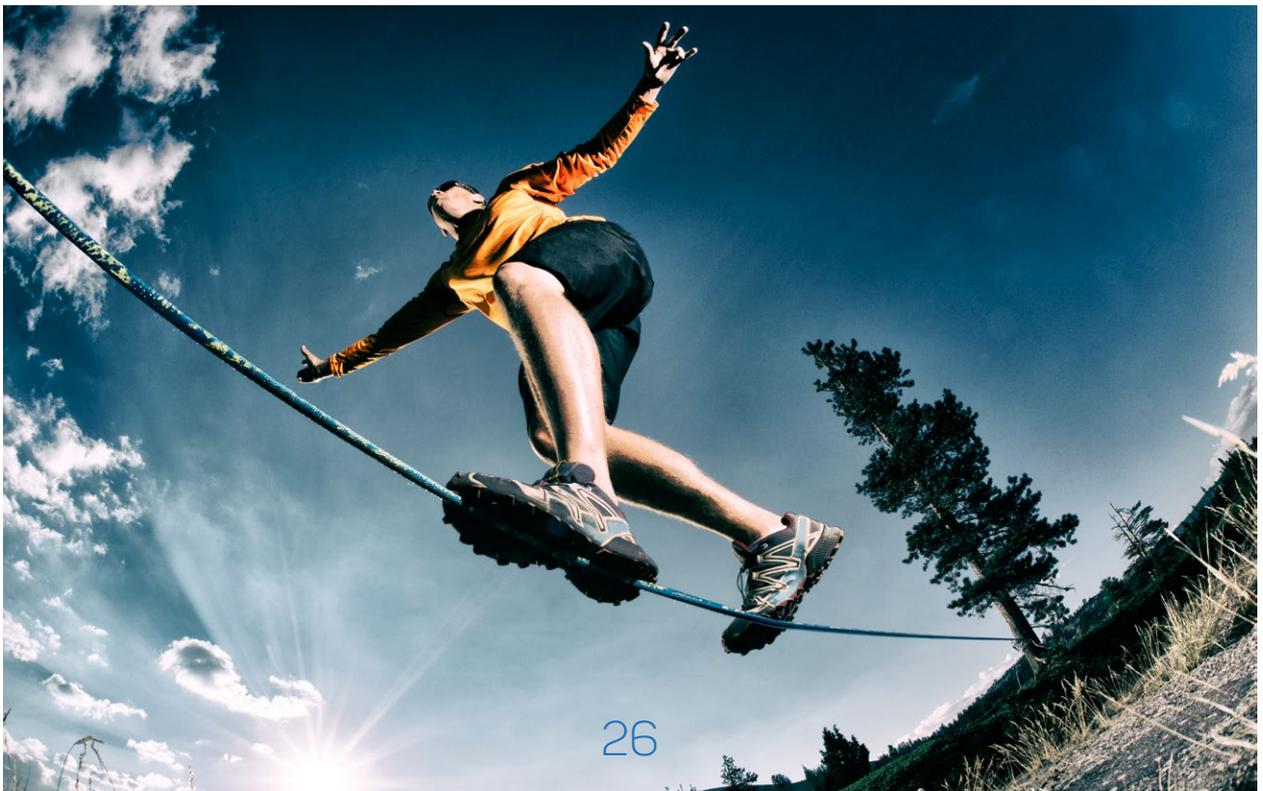
- ▶ Klärung der komplexen Transformations- und Abbauprozesse im Wasserkreislauf, Entwicklung von Prognosemodellen für einzelne Stoffgruppen. Aufbau sowie Pflege einer Stoffdatenbank für die Wasserversorgung einschließlich Erstinformation und Handlungshinweisen.
- ▶ Verständnis der Expositionspfade von (Spuren-) Stoffen und Wirkung auf Mensch und Umwelt. Identifikation neuer (Spuren-)Stoffe und Transformations- und Abbauprodukte. Analytische Identifizierung von Quellen und Erforschung punktueller Quellen (z. B. Bewertung von Emissionen von Pestizid-/ Biozidquellen aus urbanen Räumen).
- ▶ Bestimmung der Randbedingungen, die ein erhöhtes Risiko für die Verbreitung von Krankheiten durch den wasserwirtschaftlichen Kreislauf bergen (z. B. klimatische Bedingungen, Wasser- und Gewässernutzungen, demographischer Wandel).
- ▶ Identifikation der Elemente und Systeme im wasserwirtschaftlichen Kreislauf, die potenziell risikobehaftet und/ oder anfällig für das Auftreten und die Verbreitung von Krankheiten sind.
- ▶ Entwicklung und Einsatz von stoffgruppenspezifischen Verminderungs- und Vermeidungsstrategien (z. B. Erforschung und Verständnis von Vorkommen und Quellen sowie Transport und Wirkung von Mikroplastikpartikeln).
- ▶ Einführung geeigneter chemisch-physikalischer sowie mikrobiologischer und hygienischer Parameter, um das Potenzial für das Auftreten und die Verbreitung von Krankheiten zu indizieren und zu quantifizieren.
- ▶ Weiterentwicklung und Anwendung von „target“, „non target-analytik“ und molekularbiologische Methoden zum Prozessverständnis und zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von z. B. Aufbereitungs- und Reinigungsverfahren, Gewässerüberwachung und Trinkwasserqualitäten.
- ▶ Entwicklung von Methoden und Konzepten im Bereich der Wirkungsanalytik: Erfassung von Mischungstoxizitäten; wirkungsbezogene Analytik in Oberflächengewässern und Grundwasser (In silico-Methoden und Toxikophoren-Ansatz zur Abschätzung toxischer Potentiale).
- ▶ Entwicklung von geeigneten Verfahren für die Abwasserreinigung zur Wiederverwendung in Gewerbe und Landwirtschaft unter hygienischen Gesichtspunkten.
- ▶ Auswirkungen von zusätzlichen (dezentralen) Rückhaltungsmethoden: Großskalige Strategien zur Verbesserung der Wasserqualität (z. B. Einzugsgebietsebene).
- ▶ Angepasste Qualitätskontrolle und Monitoring im Trinkwasser (z. B. Kriterien für die Ableitung ästhetischer begründeter Zielwerte für (Spuren-)Stoffe im Trinkwasser).



### 3.3 Ganzheitliche Risikomanagementstrategien aufbauen

Mit Blick auf den Wasserkreislauf mit seinen multiplen Nutzungen und einer sich kontinuierlich und zum Teil unvorhersehbar entwickelnden Gewässerökologie sind ökotoxikologisch und gesundheitlich bedenkliche Entwicklungen in vielen natürlichen Wässern absehbar. Hieraus ergeben sich zahlreiche FuE-Bedarfe, die unmittelbar auf die Aufrechterhaltung und Verbesserung des aktuellen Schutzniveaus der Trinkwasserversorgung abzielen (Risikominimierung/Risikooptimierung). Je nach Wasserherkunft sind bei der Trinkwasserversorgung neue Risikobewertungs- und minimierungskonzepte erforderlich. Im Fall der Abwasserentsorgung sind klare Kriterien und Finanzierungskonzepte notwendig, wann zusätzliche Reinigungsstufen zur zielgerichteten Elimination von Spurenstoffen, Keimen oder sonstigen Belastungen erforderlich sind. Es gilt die Risiken ganzheitlich zu berücksichtigen (Einbeziehung kompletter Wasserkreisläufe, Nutzung alternativer Wasserquellen zu Trinkwasser- und Brauchwassergewinnung) und durch technologische und gesetzliche Rahmenbedingungen zu minimieren/optimieren. Zusammenfassend lässt sich folgender FuE-Bedarf formulieren:

- ▶ Entwicklung eines ganzheitlichen Risikobewertungsansatzes mit Einbeziehung der Rohwasserüberwachung, Aufbereitung und Behandlung, Speicherung, Verteilung und Nutzung.
- ▶ Untersuchung der genauen Wechselwirkungen der verschiedenen systemischen Einflussfaktoren innerhalb des Wasserkreislaufs.
- ▶ Verbessertes Verständnis der Rohwasserqualität, insbesondere beim Trend zu alternativen Wasserquellen (z. B. Wasserwiederverwendung, Abwassernutzung).
- ▶ Zielgerichtete Elimination von Spurenstoffen im Rahmen der Abwasserbehandlung unter Berücksichtigung der Bildung von Transformations- und Abbauprodukten.
- ▶ Entwicklung von Monitoring-Programmen als Grundlage zur Risikobewertung, Risikominimierung und Ermöglichung eines ganzheitlichen Risikomanagementansatzes.
- ▶ Identifizierung spezifischer Forschungsfelder zur Wasserqualität in der Gebäudetechnik (z. B. Krankheitserreger in der Trinkwasser-Hausinstallation, Legionellenrisikomanagement)
- ▶ Aufbau und Entwicklung von datenbasierten Ansätzen zur Bestimmung und Vorhersage von Risiken und Verbesserung der Prognosefähigkeit (stochastische Modelle, KI Methoden).
- ▶ Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen als Grundlage zur Beurteilung von Lösungskonzepten und Technologien.
- ▶ Entwicklung von Bewertungs- und Entscheidungstools für weitergehende Maßnahmen bei der Trinkwasser- und Abwasseraufbereitung für Risikoszenarien.



## AUTOREN

Prof. Dr. Matthias Barjenbruch  
TU Berlin

Dr. Christoph Donner  
Harzwasserwerke GmbH

Prof. Dr. Mathias Ernst  
DVGW-Forschungsstelle TUHH  
TU Hamburg

Jens Feddern  
Berliner Wasserbetriebe

Frank Gröschl  
DVGW

Prof. Dr. Thomas Grünebaum  
Ruhrverband Essen

Dr. Friedrich Hetzel  
DWA

Dr. Nils Horstmeyer  
DVGW

Dr. Mathis Keller  
DVGW

Dr. Josef Klinger  
DVGW-Technologiezentrum Wasser TZW

Prof. Dr. Johannes Pinnekamp  
RWTH Aachen

Dr. Carsten Schmidt  
RheinEnergie AG

Prof. Dr. Holger Schüttrumpf  
RWTH Aachen

Dr. David Schwesig  
IWW Zentrum Wasser

Sabine Thaler  
DWA

## BILDNACHWEIS

S. 1 zweites von links und S. 16  
iStock/tuachanwatthana,  
S. 1 erstes von links und S. 10  
iStock/abadonian,  
S. 1 zweites von rechts, S. 22 und S. 21  
iStock/Smederevac,  
S. 1 erstes von rechts iStock/fizkes,  
S. 2 links GELSENWASSER AG,  
S. 2 rechts Klaus Baumers/EGLV,  
S. 3 Harzwasserwerke GmbH,  
S. 6 iStock/ThomasVogel,  
S. 9 iStock/M-Production,  
S. 11 Harzwasserwerke GmbH,  
S. 12 iStock/Avatar\_023,  
S. 13 und S. 18 iStock/gorodenkoff,  
S. 15 oben iStock/Silke Schoenig,  
S. 15 unten iStock/Eplisterra,  
S. 17 iStock/Bim, S. 19 iStock/TerryJ,  
S. 21 links unten iStock/DenGuy,  
S. 21 rechts unten iStock/zstockphotos,  
S. 23 iStock/blackCAT,  
S. 24 und S. 25 iStock/LumiNola,  
S. 26 iStock/vernonwiley

Bonn, Hennef, Juni 2021

## QUELLENANGABEN

- 1) Branchenbild der deutschen  
Wasserwirtschaft 2020  
→ [Link DVGW](#) | [Link DWA](#)
- 2) DWA-Umfrage 2020: Zustand der  
Kanalisation in Deutschland  
→ [Link DWA](#)
- 3) Statistisches Bundesamt Fachserie 19  
Reihe 2.1.3 2016 (DESTATIS)  
→ [Link DESTATIS](#)
- 4) Wasserimpuls 2019 (DVGW)  
→ [Link DVGW](#)
- 5) Wasserwirtschaft in Deutschland  
2017 (UBA)  
→ [Link UBA](#)
- 6) Sächsischer Talsperrenverband
- 7) Talsperren in Deutschland,  
Springer Verlag 2013
- 8) Umweltwirtschaftsbericht Nord-  
rhein-Westfalen 2020 (MULNV NRW)  
→ [Link MULNV NRW](#)
- 9) Leistungsnachweis kommunaler  
Kläranlagen (DWA)  
→ [Link DWA](#)

**DWA**

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e.V.  
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef

Tel.: +49 2242 872-0  
E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

**Kontakt**

Sabine Thaler  
Leiterin der Stabsstelle Forschung und Innovation  
Tel.: +49 2242 872-142  
E-Mail: [thaler@dwa.de](mailto:thaler@dwa.de)



[www.dwa.de](http://www.dwa.de)

**DVGW**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein  
Josef-Wirmer-Straße 1 – 3 · 53123 Bonn

Tel.: +49 228 9188-5  
E-Mail: [info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

**Kontakt**

Dr.-Ing. Mathis Keller  
Fachliche Leitung Wasserforschung  
Tel.: +49 228 9188-727  
E-Mail: [mathis.keller@dvgw.de](mailto:mathis.keller@dvgw.de)



[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

**Weitere Informationen:**  
[www.water-innovation-circle.de](http://www.water-innovation-circle.de)

**Further information:**  
[www.water-innovation-circle.eu](http://www.water-innovation-circle.eu)