



# Water Innovation Circle

## Forschungsbedarf in der Wasser- wirtschaft

AUS DER  
PRAXIS



## AUTOREN

**Prof. Dr. Matthias Barjenbruch**  
TU Berlin

**Dr. Christoph Donner**  
RWW Rheinisch-Westfälische  
Wasserwerksgesellschaft mbH

**Prof. Dr. Mathias Ernst**  
Technische Universität Hamburg;  
DVGW-Forschungsstelle TUHH

**Frank Gröschl**  
DVGW

**Prof. Dr. Thomas Grünebaum**  
Ruhrverband Essen

**Prof. Dr. F. Wolfgang Günthert**  
Universität der Bundeswehr München

**Dr. Friedrich Hetzel**  
DWA

**Prof. Dr. Harald Horn**  
Karlsruher Institut für Technologie,  
Engler-Bunte-Institut und  
DVGW-Forschungsstelle am  
Engler-Bunte-Institut, Bereich  
Wasserchemie und Wassertechnologie

**Dr. Josef Klinger**  
DVGW-Technologiezentrum Wasser TZW

**Prof. Dr. Karl-Heinz Rosenwinkel**  
Leibniz Universität Hannover

**Dr. David Schwesig**  
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut  
für Wasserforschung gGmbH

**Sabine Thaler**  
DWA

**Dr. Wolfgang K. Walter**  
DVGW

## BILDNACHWEIS

S. 7, 8 oben, 13 unten, 14 unten, 19 unten,  
22 oben: wvgw, S. 8 unten: DWA, S. 13 oben:  
berggeist007/pixelio, S. 14 oben: Fa. Wilo  
S. 19 oben: DVGW, S. 22 unten: fotolia

**Bonn, Hennef, März 2017**

# Präambel

Die Dynamik des Wandels in allen unseren Lebensbereichen z. B. durch zunehmende Digitalisierung, demographischen Wandel oder klimatische Veränderungen erzeugt für die deutsche Wasserwirtschaft einen kontinuierlichen praxisorientierten Forschungsbedarf, um ihr hohes Niveau halten und an aktuelle sowie künftige Herausforderungen anpassen zu können. Forschung garantiert Innovation und Nachhaltigkeit für eine moderne, ressourceneffiziente Wasserwirtschaft.

Zum Wohl der Allgemeinheit und im Interesse der gesamten Wasserwirtschaft haben die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., kurz DWA, und der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., kurz DVGW, ihre jeweiligen Kompetenzen in Bezug auf Forschung und technisch-wissenschaftliches Arbeiten gebündelt und als Austauschplattform den Water Innovation Circle WIC ins Leben gerufen. Die DWA und der DVGW bilden mit den von ihnen behandelten Themen und Fragestellungen den gesamten Wasserkreislauf ab.

Für eine zielgerichtete Nutzung von Forschungsergebnissen und deren nachhaltige Verankerung in der

Praxis ist der Forschungstransfer von entscheidender Bedeutung. Die besondere Stärke von DWA und DVGW liegt in der Bündelung der in Deutschland entlang des Wasserkreislaufes wirkenden Akteure, wie z. B. Wasserversorgungsunternehmen und Entsorgungsbetriebe, Wasserwirtschaftsverwaltungen, Hersteller, Ingenieurbüros und vor allem auch Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Die satzungsgemäßen Kernaufgaben von DWA und DVGW auf dem Gebiet von Normung und technischer Regelsetzung in Verbindung mit Bildung und Ausbildung sind die optimale Grundlage, um den Austausch von Wissenschaft und Praxis und einen zielgerichteten und nachhaltigen Forschungstransfer zu gewährleisten.

Wir freuen uns, Ihnen das vom Water Innovation Circle erarbeitete Grundsatzpapier „Forschungsbedarf in der Wasserwirtschaft“ vorlegen zu können. Die darin detaillierten fünf Forschungsfelder benennen die aktuell und zukünftig notwendige Forschung in der Wasserwirtschaft.



Otto Schaaf  
Präsident der DWA



Dietmar Bückemeyer  
Präsident des DVGW

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'O. Schaaf'.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dietmar Bückemeyer'.



# Begleitwort

Mit dem vorliegenden Grundsatzpapier „Forschungsbedarf in der Wasserwirtschaft“ detailliert der WIC fünf bestimmende Forschungsfelder mit hoher Relevanz für die deutsche Wasserwirtschaft: „Reststoffmanagement und Ressourcenrückgewinnung in der Wasserwirtschaft“, „Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsschutz im urbanen Raum“, „Zukunftssicherer, innovativer Betrieb von wasserwirtschaftlichen Anlagen“, „Nutzungskonkurrenzen bei Grund- und Oberflächenwasser im gesellschaftlichen Kontext“ und „Stoffe, Krankheitserreger, Partikel“. Diese fünf Forschungsfelder stellen die weitere Ausdifferenzierung der im „WIC Forschungsmemorandum“ identifizierten drei übergeordneten bestimmenden Bereiche „Wasserbelastungen“, „Systeme“ und „Technologien“ dar.

Jedes der im Folgenden detaillierten fünf Forschungsfelder ist unter diesem Dreiklang zu sehen und bedarf daher Kompetenzen aus verschiedenen Fachgebieten. Daraus Synergien und Fortschritte zu generieren ist eine der großen Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis.



Univ. Prof. Dr. Ing F. Wolfgang Günthert  
Institut für Wasserwesen  
Universität der Bundeswehr München

Wolfgang Günthert

# Kennzahlen der deutschen Wasserwirtschaft\*

Deutschland verfügt über eine sich jährlich erneuernde Wassermenge von **188 Milliarden Kubikmetern**. Rund 18 Prozent werden davon von unterschiedlichen Nutzern entnommen.

Die öffentliche Wasserversorgung nutzt rund **5,1 Milliarden Kubikmeter** pro Jahr, das sind 2,7 Prozent der verfügbaren Ressourcen. Grundwasser stellt mit rund 62 Prozent die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung dar.

**18.780 Wasserschutzgebiete**, die rund 18 Prozent der Landesfläche Deutschlands einnehmen, tragen zum vorsorgenden Schutz der Trinkwasserressourcen bei.

Insgesamt gibt es in Deutschland über **6.900 Abwasserentsorgungsbetriebe**. Im Jahr 2010 existierten in Deutschland **6.065 Betriebe und Unternehmen der Wasserversorgung**.

Der Anschlussgrad an die **öffentliche Wasserversorgung** liegt in Deutschland bei **über 99 Prozent**, der Anschlussgrad an die öffentliche Kanalisation bei 96 Prozent.

Der durchschnittliche Pro-Kopf-Gebrauch in Deutschland liegt aktuell bei **121 Litern** pro Einwohner und Tag.

Die Länge des Trinkwassernetzes ohne Hausanschlussleitungen wird auf **530.000 km** geschätzt.

Das öffentliche deutsche Abwasserkanalnetz ist ca. **562.000 km** lang. Dazu kommt das private Leitungsnetz, das auf etwa 1 Mio. km geschätzt wird. Im Kanalnetz existieren fast 70.000 Regenentlastungsanlagen (Überlaufbecken, Rückhaltebecken, Klärbecken, Anlagen ohne Becken).

Das Abwasser wird in Deutschland in **10.000 Kläranlagen** mit einer Gesamtausbaugröße von 152 Mio. Einwohnerwerten gereinigt.

Insgesamt werden jährlich über **zwei Milliarden Euro** an Investitionen in der öffentlichen Wasserversorgung getätigt.

Die geschätzten Investitionen für die öffentliche Abwasserentsorgung belaufen sich auf rd. **4,5 Milliarden Euro** pro Jahr – davon fließt knapp ein Drittel in die Abwasserbehandlung und gut zwei Drittel werden für die Abwasserableitung benötigt.

Im Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und in der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) erarbeiten über **3.000 ehrenamtliche Experten** aus Ver- und Entsorgungsunternehmen, Industrie, Ingenieurbüros, Verwaltung sowie Wissenschaft technische Regeln, die Anerkennung als allgemein anerkannte Regeln der Technik erhalten. Im Rahmen der technischen Selbstverwaltung entlastet die Branche mit ihrer hohen Innovationskraft den Staat entscheidend.

---

\* Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2015, wvgw, Bonn;  
<http://www.dvgw.de/wasser/organisation-management/branchenbild/>;  
DWA-Politikmemorandum 2015; <http://de.dwa.de/politikinformationen.html>

# Themen

Reststoffmanagement und  
Ressourcenrückgewinnung  
in der Wasserwirtschaft

9

Regenwasserbewirtschaftung  
und Überflutungsschutz im  
urbanen Raum

11

Zukunftssicherer innovativer  
Betrieb von wasserwirtschaft-  
lichen Anlagen

15

Nutzungskonkurrenzen bei  
Grund- und Oberflächenwasser  
im gesellschaftlichen Kontext

17

Stoffe, Krankheitserreger,  
Partikel

21



# Reststoffmanagement und Ressourcenrückgewinnung in der Wasserwirtschaft

## PROBLEMDARSTELLUNG

Das Potential von Rückständen und Reststoffen aus der Wasserwirtschaft wird häufig noch unzureichend genutzt. Dies gilt insbesondere für Wertstoffe im Abwasser und Klärschlamm sowie für Rückstände aus der Wasseraufbereitung.

Bei der Wasserversorgung fallen Schlämme bei der Flockung, Enteisenung, Entmanganung, der Filtration und der Enthärtung an. Entsalzungstechnologien wie Ionenaustausch, Umkehrosmose oder Elektrodialyse erzeugen Konzentrate, welche insbesondere eine hohe Salzfracht aufweisen. Alle Reststoffe enthalten wichtige nutzbare Wertstoffe wie z. B. Calcium, Eisen.

Als Reststoffe der Abwasserreinigung sind Rechen- und Siebgut, das Sandfanggut und der Klärschlamm zu nennen. Das Ziel ist es, den Klärschlamm zukünftig thermisch zu verwerten und den Phosphor und Stickstoff als Nährstoffe sowie Kohlenstoff zurückzugewinnen. Hier stehen derzeit noch keine großtechnischen Lösungen zur Verfügung. Mit 1,8 Mio. t jährlich stellt der Klärschlamm die größte Fraktion, deren Verwertung zudem unter dem größten gesetzlichen Umbruch steht (Düngeverordnung, Düngemittelverordnung und in Novellierung befindliche Klärschlammverordnung).

Aus diesen Gründen wird es zukünftig immer bedeutender, den Anfall von Rückständen zu minimieren sowie Rückstände optimal als Ressourcenquelle für Rohstoffe und Materialien zu nutzen. Ebenso können unvermeidbare Rückstände auch Verwertungspfade durchlaufen, um sie in anderen Bereichen weiterverwenden zu können. Dies gilt nicht nur für den Abwasserpfad, sondern auch für die Wasserversorgung. Gerade vor dem Hintergrund knapper

werdender Ressourcen besteht deutliches Optimierungspotential für ein Reststoffmanagement und eine integrierte Ressourcenrückgewinnung in der Wasseraufbereitung.

Ein besonderes Thema betrifft Phosphor, der zwar als Reststoff in der Abwasserbehandlung entsteht, aber gleichzeitig eine wichtige, aber auch immer knapper werdende Ressource darstellt und daher zurückgewonnen werden muss. Durch die weitgehende Phosphor-Elimination können zusätzliche Potentiale für die Phosphor-Rückgewinnung erzielt werden. Phosphor ist das elfthäufigste Element der Erdkruste und besitzt essentielle Funktionen in vielen biochemischen und physiologischen Prozessen (z. B. Adenosin-Tri-Phosphat (ATP) als Energieträger). Phosphor ist ein essentieller Nährstoff, der insbesondere das Pflanzenwachstum begünstigt und daher im Gewässer eutrophierend wirken kann. Daher ist in der Abwasserordnung die zulässige Phosphorkonzentration in Kläranlagenabläufen begrenzt. Derzeit liegen die Anforderungen für den Ablauf kommunaler Kläranlagen bei 2mg (qualifizierte Stichprobe) für 10.000 E (Größenklasse 4) und bei 1 mg/l ab 100.000 E (Größenklasse 5).

Durch den Phosphateintrag in die Gewässer kann eine Eutrophierung schon ab dem unteren Mikrogrammbereich einsetzen. In stehenden Gewässern beginnt das Eutrophierungspotential bereits ab 5 bis 10 µg/l. In den meisten Gewässern bestimmt der Phosphorgehalt das Maß des Algenwachstums. Verschärfend kommt hinzu, dass in letzter Zeit vermehrt nicht-fällbare Phosphorverbindungen (u.a. Phosphonate) eingesetzt werden, die eine technische Verminderung auf Kläranlagen erschweren.

## FORSCHUNGSBEDARF

Im Wesentlichen wird in folgenden Feldern Forschungsbedarf gesehen:

### Rückstände / Reststoffe

- Kategorisierung und Bewertung der anfallenden Rückstände aus der Wasseraufbereitung und Reststoffe aus der Abwasserbehandlung im Hinblick auf Ressourcengewinnung inklusive Identifizierung sinnvoller Weiterverwertungspfade.
- Entwicklung von Techniken zur gezielten Rückstaufbereitung und Ressourcenrückgewinnung (bspw. Nährstoffe, Metalle).
- Minimierung des Konzentratanfalls bei Entsalzungs-technologien und gezielte Verwertung der Konzentrate.
- Entwicklung von Verfahren für die Regeneration der Rückstände / Reststoffe unter Berücksichtigung der Reinheitsanforderungen bei einer branchenübergreifenden Weiterverwendung einschließlich der Nutzung von Synergien bei Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, z. B. verbesserte Verfahren zur Entwässerung und Trocknung auch ohne Einsatz synthetischer Polymere.
- Konzepte und Technologien zur Minimierung von Zusatzstoffen und Rückständen. Hierzu zählt auch die Möglichkeit der Rück- bzw. Kreislaufführung in der Aufbereitungstechnik.
- Etablierung von gemeinsamen und Sektor übergreifenden Wegen zur Ressourcenrückgewinnung.
- Bewertung der resultierenden betriebswirtschaftlichen Auswirkungen durch die Minimierung von Zusatzstoffen und Rückständen.
- Evaluierung der gesetzlichen und umsetzungsrelevanten Rahmenbedingungen (z. B. die Auswirkungen auf die Einleitgenehmigung von Permeatrückspülwasser).
- Modellprojekte für die technische Umsetzung eines nachhaltigen Rückstands- bzw. Reststoffmanagements.
- Weitergehende Erhebung und systematische Bewertung von Industriebranchen hinsichtlich der Einleitung von Rückständen in den Wasserkreislauf. Bewertung von Handlungsoptionen.
- Wissenschaftliche Bewertung von neueren thermischen Verfahren der Klärschlammbehandlung (z. B. Pyrolyse, HTC, Vergasung).
- Bewertung von Möglichkeiten der Klärschlamm-zwischenlagerung.

- Wissenschaftliche Untersuchungen zu großtechnischen Applikationen der P-Rückgewinnung aus Klärschlamm.

### Phosphor

- Entwicklung, Erprobung und Validierung verbesserter und akzeptierter P-Bilanzierungsmodelle, um gezielte Maßnahmen zur Behandlung der gewässerspezifischen wesentlichen Einträge abzuleiten.
- Untersuchung der Herkunft von P-Fractionen aus Phosphonaten in Kühl- und Waschmitteln und ggf. Ableitung von Vermeidungs- und Ersatzstrategien; Entwicklung von Verfahren zur Reduktion des nicht-fällbaren Phosphors (snrP); Untersuchung der Wirkung des snrP im Gewässer (Erste Studien weisen auch für diese P-Fraktion auf ein erhöhtes Eutrophierungspotential hin).
- Ermittlung der Möglichkeiten und Grenzen der „herkömmlichen“ Verfahren zur weitestgehenden P-Elimination – vor allem vor dem Hintergrund der Betriebs-sicherheit und des Betriebsaufwands, um die neuesten Anforderungen an die weitestgehende P-Elimination, wie sie z. B. in Hessen gefordert werden, zu erfüllen; Optimierung dieser Verfahren und Entwicklung neuer Verfahren zur weitestgehenden P-Elimination und P-Rückgewinnung.
- Entwicklung und Erprobung neuer Technologien zur Phosphoreliminierung und -rückgewinnung.
- Wissenschaftliche Bewertung auftretender Betriebs-schwierigkeiten beim Einsatz der biologischen Phosphorelimination sowie Konzeption und Erprobung von Gegenmaßnahmen.
- Entwicklung angepasster Verfahren und Betriebs-konzepte für kleinere Kläranlagen, die erhöhte Auflagen an die P-Elimination erfüllen müssen.
- Untersuchung von Verfahren zur Minderung des P-Eintrags aus der Niederschlagswasserbehandlung. ■

# Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsschutz im urbanen Raum

## PROBLEMDARSTELLUNG

Der Umgang mit Regenwasser im urbanen Raum ist ein wichtiger Punkt bei der Stadtplanung, weil er u.a. das Flächenmanagement, den Überflutungsschutz und das Mikroklima sowie die Gewässerqualität berührt. Anfangs wurde das Regenwasser schnellstmöglich aus der Stadt abgeleitet, um Gebäudeschäden, Überschwemmungen etc. zu verhindern. Der Gesetzgeber hat im neuen Wasserhaushaltsgesetz § 55 geregelt, dass Niederschlagswasser entweder ohne Vermischung über eine Kanalisation abgeleitet werden soll, ortsnahe versickert oder direkt (in Gräben) abgeführt wird. Der Neubau von Mischsystemen ist somit nicht mehr zugelassen. Bei neuen Erschließungen sollte nach Möglichkeit der natürliche Wasser- und Stoffhaushalt im Rahmen von Bilanzierungen auch auf zu entwickelnde urbane Gebiete übertragen werden. Hierbei zeigt sich die Verdunstung häufig als Defizit, was aufgrund der durch den Klimawandel bedingten höheren Temperaturen angepasst werden muss, um ein angenehmes Stadtklima zu erhalten.

Die Belastung der Gewässer durch direkte Einleitung von Niederschlagswasser steigt, da dessen Verschmutzung u.a. durch die Verkehrsentwicklung zunimmt. Seit einigen Jahren wird deshalb zwischen „nicht behandlungsbedürftigem“ und „behandlungsbedürftigem“ Niederschlagswasser unterschieden. Behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser stammt überwiegend von Verkehrsflächen, die nach Angaben des Statistischen Bundesamtes annähernd 50 Prozent der versiegelten Flächen in Deutschland ausmachen. Der Schadstoffeintrag von Wohn- oder Gewerbeflächen ist dagegen geringer. Daher steht die Behandlung

von Niederschlagswasser von Verkehrsflächen zunehmend im Fokus. Vor allem Straßenabflüsse von Kreuzungen und Abflüsse von viel genutzten Parkplatzflächen weisen eine hohe Schadstoffbelastung auf.

Dabei ist die Einteilung behandlungsbedürftig/nicht behandlungsbedürftig anhand des Einleitungsziels zu überprüfen. Es sind die maßgebenden Schadstoffparameter und deren Quellen zu ermitteln, insbesondere für schnell abbaubaren organischen Kohlenstoff, Phosphor und Stickstoff, Schwermetalle, organische Spurenstoffe und Mikroplastik, aber u.a. auch für den Salzgehalt kurzfristig nach Tauperioden.

Besonders im dicht besiedelten urbanen Raum ist eine zentrale Behandlung von Straßenabflüssen aus Platzgründen nicht immer möglich. Um dennoch behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser zu reinigen, stellen dezentrale Reinigungsanlagen eine Alternative dar. Es existieren unterschiedliche Systeme auf dem Markt, welche auf dem Prinzip der Abscheidung durch Sedimentation, Filtration und Adsorption oder auf einer Kombination dieser Verfahren basieren.

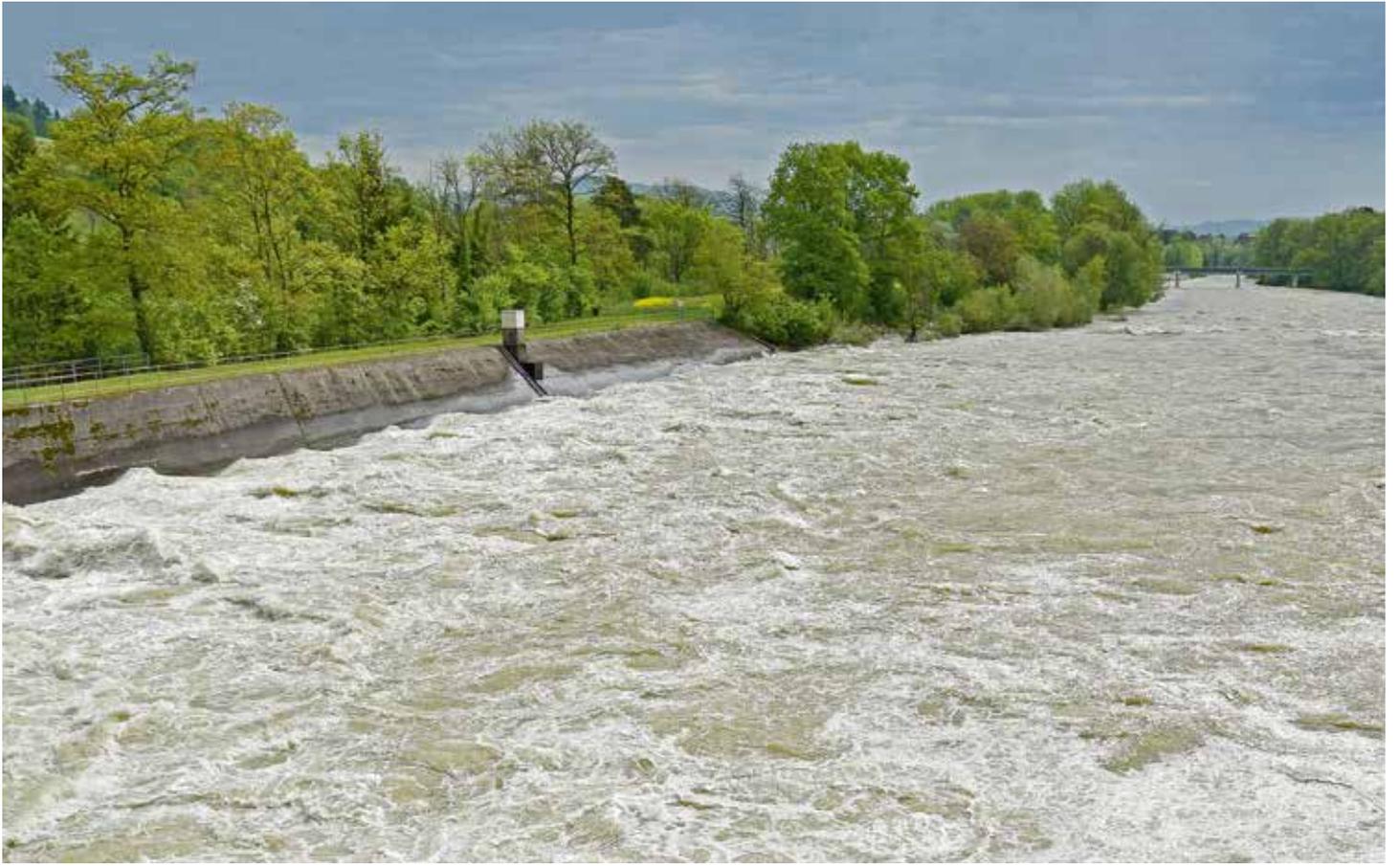
## FORSCHUNGSBEDARF

Elemente der Regenwasserbewirtschaftung, für die weiterer Forschungsbedarf besteht, sind:

- ▶ Intelligente Konzepte zur Bewirtschaftung von Mischwasser- und Regenwasserspeicher, was sowohl zentral, semizentral als auch dezentral erfolgen kann. 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 und auszuwerten.

- ▶ 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.).
- ▶ Versickerung; seit den 80er Jahren werden zunehmend Versickerungsverfahren angewendet (Flächenversickerung, Mulden, Rigolen, Mulden-Rigolen, Versickerungsschächte). Es fehlen neue Ansätze für Versickerungsmethoden vor allem in Kombination mit der Verdunstung. Langzeiterfahrungen mit allen Systemen sind aufzunehmen und zu bewerten (Kollimation, Betriebsaufwand, Kosten etc.).
- ▶ Entwicklung und Untersuchung von weiteren Verfahren (dezentral/zentral) zur gezielten Reinigung von Regenwasser, insbesondere Straßenablaufwasser oder Regenwasser von industriellen Hofflächen bzw. Metaldächern etc.
- ▶ Entwicklung von modernen „Ableitungskonzepten“ mit Integration des Straßenraums (Starkregen).
- ▶ Steuerung und Regelung des gesamten Regenwassersystems (Verdunstung – Versickerung – Ableitung und Reinigung) → Regenwasser 4.0. ■





# Zukunftssicherer innovativer Betrieb von wasserwirtschaftlichen Anlagen

## PROBLEMDARSTELLUNG

Deutschland ist geprägt von der lokalen und regionalen Struktur seiner wasserwirtschaftlichen Anlagen. Dies wird an den ca. 6.000 Wasserversorgungsunternehmen mit ihren jeweiligen Wasserversorgungsanlagen sowie ca. 10.000 Kläranlagen deutlich. Für einen zukunftssicheren Betrieb dieser Anlagen sind insbesondere die Aspekte Verfahrenstechnik, Automatisierung, Betriebs- und Instandhaltungsstrategie sowie Energieeffizienz von entscheidender Bedeutung. Gerade durch neue Anforderungen aus Umwelt, Gesellschaft und Politik kommt der Neu- bzw. Weiterentwicklung innovativer Verfahren und deren Markteinführung eine entscheidende Rolle zu. Deshalb erfordern innovative Verfahren einen begleitenden „scale-up“ Prozess von der Konzeption im Labormaßstab über die Pilotierung bis zur großtechnischen Umsetzung. Um technologische Innovationen nachhaltig zu entwickeln und in einen nationalen und internationalen Markt zu führen, bedarf es der Anstrengung aller in der Prozesskette Beteiligten sowie eines dafür zugeschnittenen langfristigen Entwicklungs-, Anschub- und Förderprogramms. Nur so können technologische Leuchttürme sichtbar und im Markt etabliert werden.

Neue Entwicklungstrends in der Informationstechnologie werden künftig auch neue Chancen und Risiken für die Vernetzung im Wasserbereich bieten (Wasser 4.0). Da heute nahezu alle Anlagenteile zentral über Leitstellen gesteuert werden können und somit auch über eigene IP-Adressen kommunizieren, nehmen die Möglichkeiten einer IT-gestützten Optimierung, Kontrolle und Steuerung der Anlagenkomponenten immer mehr zu. Mit der IT-Vernetzung besteht aber auch ein potenzielles Risiko, das eine stringente Umsetzung von Schutzkonzepten oder Sicherheitsstandards erfordert. Die für den Betrieb dieser Strukturen notwendigen Hilfsmittel, insbesondere die Prozessdatenverarbeitung- und IT-Unterstützungen einschl. der zugehörigen Telekommunikation und weiterer Dienste, müssen eine ausreichende Verfügbarkeit aufweisen, sichere und datenschutzkonforme Verbindungen ermöglichen und die entsprechenden anwendungsspezifischen Anforderungen an Latenz- und Datenübertragungsraten zuverlässig erfüllen.

Für einen zukunftssicheren und stabilen Betrieb müssen Anlagen und Anlagentechnik so geplant, instandgehalten und betrieben werden, dass der Anlagenzustand den technischen-ökonomischen Anforderungen auch in Zukunft entspricht und der Wert optimal erhalten bleibt. Durch die Berücksichtigung aller Phasen des Lebenszyklus in der Planung von Neubau- oder Erneuerungsmaßnahmen können die Lebenszykluskosten optimiert werden. Hierbei kommt sowohl dem operativen als auch dem strategischen Asset Management eine besondere Bedeutung zu.

Die Online-Datenerfassung, das Management der Datenbestände und die Schließung von Systemschnittstellen wird hierbei immer wichtiger. Auch die weitergehende Energieoptimierung sowie die Energierückgewinnung, beispielsweise im Rahmen thermischer Energienutzung sind von besonderer Bedeutung.

## FORSCHUNGSBEDARF

Im Wesentlichen wird in folgenden Feldern Forschungsbedarf gesehen:

### Verfahren

- Anpassung und Optimierung von bestehenden technischen Verfahren bei der Abwasserbehandlung und Wasseraufbereitung durch vertieftes Prozessverständnis bei Minimierung von Zusatzstoffen, Rückständen und Energiebedarf,
- Neu- und Weiterentwicklung von Verfahren für eine Vermeidungs- und Reinigungsstrategie von Brunnenverockerungen aus Gründen der Ergiebigkeit und der Energieeffizienz,
- Entwicklung von Techniken zur selektiven und wirtschaftlichen Entfernung von Stoffen sowie zur Kreislaufführung, Mehrfachnutzung und Verwertung,
- 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 CO<sub>2</sub>-Bilanzen,
- Weiterentwicklung der Membrantechnik, insbesondere der Nutzung der Potenziale elektrochemischer

Verfahren (z. B. Elektrodialyse) sowie der Einsatz elektrostatisch selektiver oder textiler Materialien,

- ▶ Entwicklung von Kombinations- und Hybridverfahren inklusive Überführung in die praktische Anwendung im Rahmen von Demonstrationsprojekten,
- ▶ Weiterentwicklung der UV-Technologie und insbesondere der UV-LED-Technik für die Wasserwirtschaft,
- ▶ Intensive Erforschung von Stoffwechselwegen von Mikroorganismen und deren Potential für neue biologische Verfahren zur Abwasserbehandlung,
- ▶ Etablierung von Pilot- und Leuchtturmprojekten an Praxisstandorten für Verfahren und Verfahrenskombinationen mit effizienten Betriebssteuerungen sowie Datenverarbeitung und -verwendung.

### **Automatisierung**

- ▶ Konzeption einer zukunftsfähigen Entwicklung der Wasserwirtschaft im Bereich der Automatisierung,
- ▶ Entwicklung von „Cyber Physical Systems“ (CPS) für die Wasserwirtschaft zur Produktivitätssteigerung bzw. Prozessoptimierung,
- ▶ Mindestanforderungen an die IT-Sicherheit 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 Automatisierungsnetzwerken,
- ▶ Wege zur Vermeidung von Angriffen, die auf gezielte Opfer (Advanced Persistent Threats (APT) und Advanced Targeted Attacks (ATA)) zugeschnitten sind.

### **Asset Management**

- ▶ Entwicklung von Methoden für das Data Mining/ Big Data aus dezentralen und heterogenen Daten zu Asset-Zustand und Systemleistung,
- ▶ Entwicklung/Verbesserung von technischen & ökonomischen Auswertungs- und Bewertungsmethoden für lineare, vertikale und punktuelle Assets (z. B. linear = Leitungen, vertikal = Gebäude, punktuell = Schachtbauwerke),
- ▶ Parameter, Methoden und Sensorentwicklung zu Netzzustand, Zustandsveränderung und zugehörige Wirkzusammenhänge sowie Entwicklung von Risiko- oder Zuverlässigkeitsbewertungsansätzen inklusive neuer Überwachungs- und Inspektionstechniken

und neuer Instandhaltungs- / Sanierungsverfahren,

- ▶ Erschließung/Nutzung neuer Synergieeffekte im betrieblichen Bereich (z. B. flexible Nutzungsarten),
- ▶ Neue Planungsinstrumente, Betriebsprozesse und technische Gestaltungselemente zur Flexibilisierung der Wasserwirtschaft als Vorbereitung auf sich ändernde Rahmenbedingungen,
- ▶ 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),
- ▶ Ganzheitliches Asset Management unter Berücksichtigung von Green Assets und Non-Assets-Solutions,
- ▶ Schnellere/bessere Implementierung / Akzeptanz von Innovation in Asset Management (z. B. Demo-/ Clusterprojekte, Schulungsmethoden, Wissensmanagement),
- ▶ Methoden und Modelle zur Erhöhung der Akzeptanz der Anwendung von Asset Management, Anreize für die Teilnahme von kleinen, mittleren und großen Unternehmen.

### **Energiesysteme**

- ▶ Erhöhung der (elektrischen) Energieeffizienz wasserwirtschaftlicher Aggregate (i), Prozesse (ii) und Betriebsweisen (iii). Dabei benötigt jedes der drei Elemente unterschiedliche Optimierungsansätze,
- ▶ Möglichkeiten zur sicheren Nutzung bzw. Rückgewinnung von thermischer Energie im Bereich Abwasserentsorgung als auch in der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung und Wasserverteilung. Entwicklung dynamischer Modelle zur energetischen Bilanzierung in der Wasserwirtschaft,
- ▶ Optionen zur Speicherung bzw. Nutzung volatiler Stromproduktion in wasserwirtschaftlichen Einheiten (Management und Verbindung nachhaltiger Energieversorgungssysteme).

Übergreifend wird Bedarf an Untersuchungen zum bestehenden gesetzlichen und ökonomischen Rahmen für alle vorstehend genannten Forschungsthemen hinsichtlich Anreize, Erschwernisse und Barrieren identifiziert. ■

# Nutzungskonkurrenzen bei Grund- und Oberflächenwasser im gesellschaftlichen Kontext

## PROBLEMDARSTELLUNG

In Deutschland wird eine zuverlässige (durchgängig „365 / 7 / 24“) auf höchstem Niveau funktionierende Trinkwasserversorgung, Siedlungsentwässerung und Abwasserentsorgung als selbstverständlich angesehen. Hinzu kommen aus der Gesellschaft weitergehende Ansprüche an Wasser und Gewässer für Freizeit und Erholung (Baden, Angeln, Wassersport und andere Nutzungen) sowie als strukturierendes und ästhetisches Element im urbanen Raum und der offenen Landschaft. Ferner bestehen hohe gesellschaftliche Erwartungen an wasserbezogenen Natur- und Umweltschutz, nicht zuletzt vorgegeben durch die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). Im Vergleich mit anderen (auch europäischen) Ländern steht Deutschland mit dem Qualitätsniveau des wasserwirtschaftlichen Handelns in nahezu allen Bereichen zwar gemeinsam mit nur wenigen anderen Ländern weltweit auf einem Spitzenplatz, dies wird allerdings in der öffentlichen Wahrnehmung und Diskussion oftmals außer Acht gelassen.

Begleitet wird dies von einer hochsensiblen öffentlichen Wahrnehmung hygienischer und gesundheitlicher Risiken durch Verunreinigungen und Störungen im Wasserkreislauf, und dem Wunsch nach einem risikolosen System der Wasserwirtschaft auch hinsichtlich Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit, Überflutungsschutz sowie ästhetischer Anforderungen von Bevölkerung und Medien. Dabei werden Nutzungskonkurrenzen und -konflikte aufgrund der teilweise divergierenden Ansprüche und Erwartungen in der Regel nicht thematisiert – oftmals aufgrund einseitiger, priorisierender Nutzungsansprüche auch negiert. Eine

solche gesellschaftliche Erwartungshaltung mit konkurrierenden Ansprüchen kann ein System, welches noch dazu die natürlichen Ressourcen nachhaltig bewirtschaften muss und auf Kostenakzeptanz angewiesen ist, konsensual oder zumindest mit breiter Akzeptanz nur erfüllen, wenn diese potenziellen Konflikte sowohl strategisch als auch operativ systematisch berücksichtigt werden.

Alarmierend erscheint, dass bei der Bewirtschaftung der Gewässer nach den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) im mittlerweile zweiten Bewirtschaftungszyklus zwar Maßnahmen mit hohem Mitteleinsatz umgesetzt wurden und auch weiterhin werden, die Zielerreichung „guter (chemischer und ökologischer bzw. mengenmäßiger) Zustand“ aufgrund eines nur lückenhaften Prozessverständnisses für Gewässersysteme allerdings oftmals verfehlt wird. Hinzu kommt, dass Fragen der Zahlungs- und Unterstützungsbereitschaft, der Kostenzuordnung zu Nutzungen und zur Inanspruchnahme des Wasserschatzes, der Verteilungs- und Verursachergerechtigkeit sowie der Generationengerechtigkeit der langfristig zu finanzierenden Infrastruktur und der natürlichen Ressource bei Bürgerinnen und Bürgern und Entscheidungsträgern kontrovers diskutiert werden – wenn sie denn überhaupt thematisiert werden können. Insbesondere die auf Freiwilligkeit und Kooperationswillen basierenden Maßnahmen stoßen an enge Grenzen, und die Wasserwirtschaft steuert dadurch auf einen gravierenden Konflikt mit den verbindlichen politisch-rechtlichen Vorgaben zu.

Dabei ist die Ausrichtung der eigenen Nutzung auf wasserwirtschaftliche Ziele oder sogar die Bereitschaft

zur Einschränkung der Nutzung äußerst gering. Dies ist in besonderem Maße bei der Landwirtschaft der Fall. Dabei ist deren Einfluss auf den chemischen und ökologischen Zustand der Oberflächengewässer und den chemischen Zustand des Grundwassers signifikant. Eine Trendwende ist nicht in Sicht. So setzt sich z. B. die zunächst positive Entwicklung der Nitratkonzentrationen in den Oberflächengewässern und im Grundwasser im ersten Bewirtschaftungszyklus nach EU-WRRL in vielen Regionen nicht fort, teilweise kehrte sich der Trend um. Die zunehmende, intensive Flächennutzung für Energiepflanzenanbau als Folge politischer Weichenstellungen und struktureller Veränderungen im Energie- und Agrarmarkt leistet einen weiteren Beitrag zum N-Eintrag in das Grundwasser. Die Energiewirtschaft hat auch direkt auf unterschiedliche Weise einen zum Teil erheblichen Einfluss auf die Beschaffenheit von Gewässern, z. B. aufgrund der Nutzung von Oberflächenwasser für Kühlzwecke.

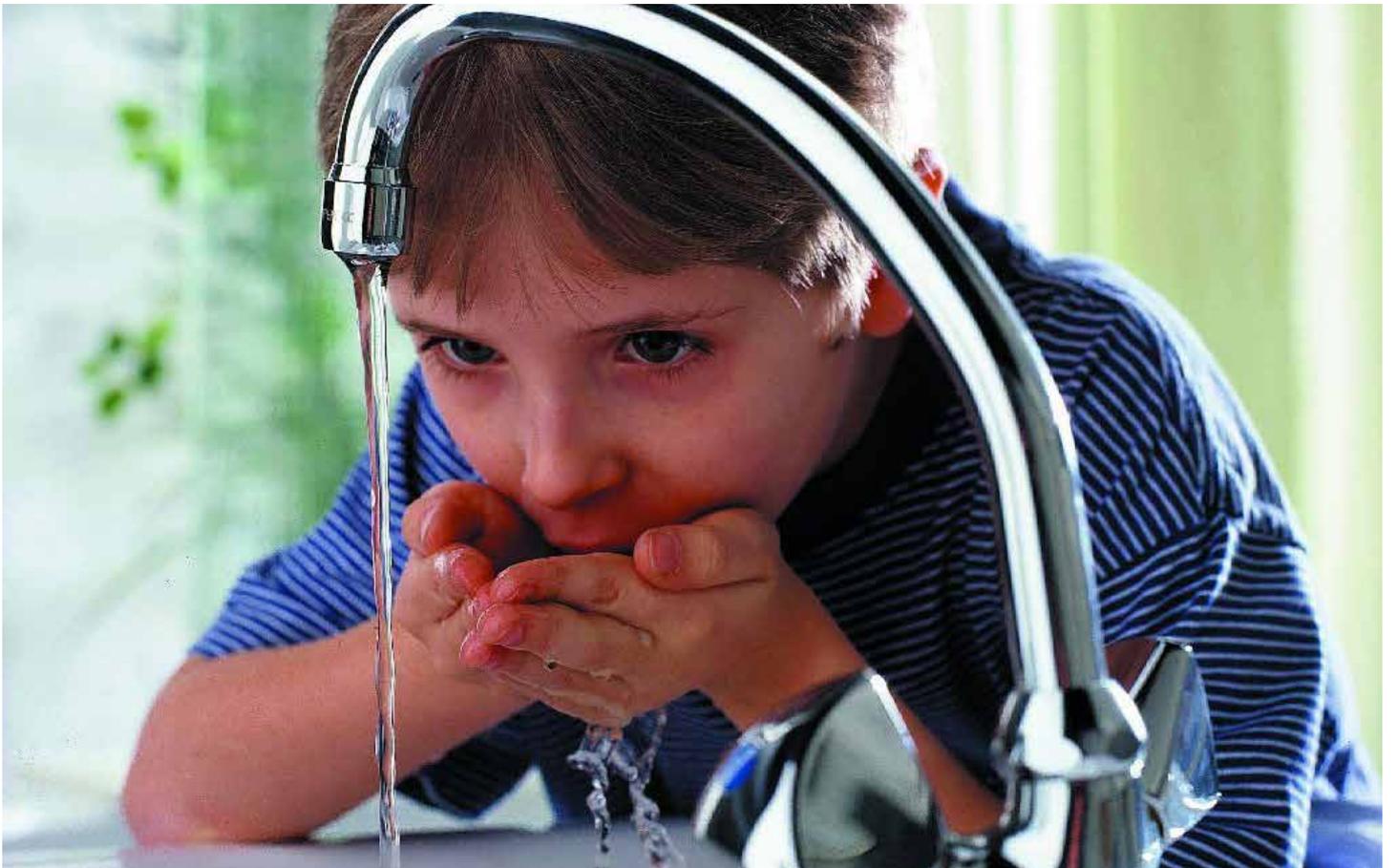
Kontakte mit Landwirten zeigen, dass diese ihren signifikanten N-Eintrag oftmals anzweifeln. Oftmals ist mangelnde Akzeptanz als Hinderungsgrund einer substanziellen Verbesserung festzustellen. Neben Stickstoff spielen aber auch diffuse Einträge von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie Veterinärarzneimitteln (u.a. Antibiotika) aus der Landwirtschaft eine Rolle. Darüber hinaus verursacht die intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung von Gewässerrandstreifen, Aueflächen und Flächen im direkten Einzugsgebiet von Oberflächengewässern über strukturelle Defizite sowie Stoffeintrag nach Erosion infolge ackerbaulicher Nutzung und Beweidung vielfach erhebliche Störungen des ökologischen Zustands.

## FORSCHUNGSBEDARF

In diesem Problemfeld erscheint der Forschungsbedarf drängend und es bedarf der Bearbeitung in gezielt ausgerichteten FuE-Vorhaben in einem stark interdisziplinär ausgerichteten Ansatz (Wasserwirtschaft, Natur-, Ingenieur- und Agrarwissenschaften, Stadt- und Raumplanung, Rechtswissenschaften, Wirtschafts-, Sozial- und Kommunikationswissenschaften, Politikwissenschaften etc.) unter ausdrücklicher Einbeziehung von Praxispartnern aus Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Interessenverbänden. Folgende Punkte bedürfen dabei einer systematischen Bearbeitung:

- ▶ 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 Ökosystemdienstleistungen, Umwelt- und Ressourcenkosten oder sonstige ökonomische Verfahren; Messung der Nachhaltigkeit wasserwirtschaftlicher Systeme).
- ▶ Verbesserte Konzepte zur Einbindung und Beteiligung nicht-staatlicher Akteure an Diskurs und Umsetzung wasserwirtschaftlicher Entscheidungen; Ansätze zur Verbesserung von Verbindlichkeit und Stringenz in Umsetzung und Zielerreichung von auf Freiwilligkeit und Kooperation beruhenden Maßnahmen.
- ▶ Verbesserte Instrumente zur Kommunikation über wasserwirtschaftliche Entscheidungen und Maßnahmen, ihre Kosten/Nutzen Relation und ihren Beitrag zur Erfüllung gesellschaftlicher Erwartungen.
- ▶ Langfristig „gerechte“ Finanzierungssysteme, auch unter stärkerer Einbeziehung externer Nutzergruppen.
- ▶ 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 etc.; Darstellung von Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Vollzugs in aufbau- und ablauforganisatorischer Hinsicht.
- ▶ Diskussion des zukünftigen Rollenverständnisses und der Rollenverteilung aller Beteiligten in einem sich ändernden gesellschaftlichen Umfeld (Politik und Verwaltung, Akteure, relevante gesellschaftliche Gruppen, NGO's und Fachvereinigungen, Lobbygruppen, Einzelne etc.).
- ▶ Modelle und Verfahren zur Verbesserung des Prozessverständnisses von Gewässersystemen bei verschiedenen Nutzungsoptionen und bei (Renaturierungs-)Maßnahmen an Gewässern unter Berücksichtigung biologischer, morphodynamischer, stofflicher, anthropogener Faktoren; Weiterentwicklung zu hybriden, dynamischen Prognosemodellen und zu differenzierten Bewertungsverfahren für Grundwasser und Oberflächengewässer sowie für den Gewässerzustand zur Quantifizierung von Einflussgrößen und Ableitung von Handlungsoptionen für entsprechende Zielvorgaben; Verdeutlichung der



Zusammenhänge sowohl für die jeweiligen Fachleute als auch für Entscheidungsträger und breite Öffentlichkeit.

- ▶ 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 Clusterung, eines Rankings und Priorisierung von Handlungsoptionen/Maßnahmen unter definierten Randbedingungen (insbesondere den vorhandenen und zukünftigen Strukturen); Ansätze für zielgerichtete Maßnahmen, deren Ausprägung und Vermittlung an Beteiligte der betroffenen Nutzergruppen.
- ▶ 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.
- ▶ Charakterisierung und Quantifizierung des Abbaubzw. Eliminationsvermögens bestimmter Stoff(-gruppen) im Grundwasserleiter (insbesondere Nitrat); Erforderliches Eliminationsvermögen bei definierten Eintragsfrachten und -mustern, um eine bestimmte, nutzungsspezifische Konzentration im Wasserkörper einzuhalten; langfristige Prognose der Entwicklung; nachhaltige Bewirtschaftungsstrategien in Wassergewinnungsgebieten; Maßnahmen und Kosten für den langfristigen Erhalt des Eliminationsvermögens des Grundwasserleiters; Relation dieser Aufwendungen zu den ggf. durch aufbereitungs-technische Lösungen verursachten Kosten.
- ▶ 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.
- ▶ Denkbare innovative nutzungsspezifische und wasserwirtschaftliche (ingenieurtechnische) Maßnahmen und ihre Weiterentwicklung mit Schwerpunkt z. B. auf innovative agrartechnische Maßnahmen zum Problemfeld Landwirtschaft; Etablierung von solchen Maßnahmen (z. B. „fachliche Praxis“).
- ▶ Wirksamkeit und Effizienz der bisherigen Instrumente zur Umsetzung von Maßnahmen am Beispiel der Landwirtschaft; Festlegung von Randbedingungen für die Durchführung einer Evaluierung; Ableitung von Haupthinderungsgründen (finanzielle Einbußen, politischer und administrativer Rahmen, mangelnde Akzeptanz und Transparenz, unterschiedliches Werteverständnis und unzureichende Vermittlung von Umweltzielen, unklare Wirkmechanismen und Prognosen der Zielerreichung von Maßnahmen, Entscheidungsstrukturen und soziale Bedingungen in der Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, etc.).
- ▶ 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; Ermittlung der zu erwartenden Akzeptanz und Akzeptanzförderung.
- ▶ Mögliche Standorte und Rahmenbedingungen für Leuchtturm-, Pilot- und Demonstrationsvorhaben.
- ▶ Ableitung von wasserwirtschaftlichen Konsequenzen und strategischem und operativem Handlungsbedarf – auch bei verschiedenen Nutzergruppen. ■

# Stoffe, Krankheitserreger, Partikel

## PROBLEMDARSTELLUNG

Die Wasserwirtschaft definiert die eigenen Ziele und Ansprüche insbesondere aus der Bedeutung des wasserwirtschaftlichen Kreislaufs für die menschliche Gesundheit. Dies hat trotz nutzungsbezogener sowie mittlerweile auch umwelt- und naturbezogener Zielvorgaben höchste Priorität. Daneben nimmt ebenso der Schutz der Ökosysteme einen zentralen Stellenwert ein.

Die Ansprüche der Menschen an Wasser und Gewässer verändern deren Wertstellung und das Problembewusstsein. Heute gilt ein ständig funktionierendes, nahezu risikoloses System als selbstverständlich. Weitergehende Ansprüche kommen im öffentlichen Bewusstsein weniger aus den Bereichen Gesundheit oder Wasser als Lebensmittel, sondern eher aus Freizeit und Erholung (Baden und andere Gewässerbenutzungen) oder Gestalten des Wohn- und Lebensumfelds durch Wasser in der Stadt und der offenen Landschaft.

Trotz des unbestritten hohen Niveaus der technischen Verfahren und gesetzlich-organisatorischen Rahmgebung in Deutschland treten gelegentlich wasserbürtige Krankheiten oder Probleme auf. Neben Bakterien sind Viren und Parasiten (z. B. Zerkarien) von Bedeutung. Neobiota in und am Wasser können Krankheiten hervorrufen (z. B. Photodermatitis). Schließlich ist die Resistenzbildung gegen Antibiotika eine Herausforderung auch im Wasserkreislauf.

Auch viele Chemikalien zählen zu anthropogen verursachten Spurenstoffen, die sich in unserem Wasserkreislauf wiederfinden. Spurenstoffe sind in aquatischen Systemen mit den heutigen Analysemethoden nahezu überall nachweisbar und stellen ein potentiell Risiko für Wasserqualität und Ökosysteme dar. Unter dem Begriff Spurenstoffe werden sowohl Arzneimittelrückstände als auch Haushalts- und Industriechemikalien, Pestizide und Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel subsumiert. Zunehmend stehen außerdem Nano- und Mikroplastikpartikel im Fokus. Spurenstoffe beeinträchtigen in ihrer Gesamtheit, aber mit unterschiedlicher Relevanz, die Beschaffenheit unserer Gewässerökosysteme. Das Wissen über humantoxikologische Wirkungen ist noch weiter zu vertiefen. Das Vorkommen sowie das Verständnis von Wirkung und Verhalten dieser Stoffe und ihrer Transformationsprodukte als Einzelsubstanzen sowie als Summe im Stoffgemisch sind daher von hoher Priorität. In Zukunft sollte ein Hauptaugenmerk auf der proaktiven und integralen Bewertung inklusive nachhaltiger Vermeidungsstrategien liegen.

Die anstehenden Forschungsthemen bedürfen eines breiten interdisziplinären Ansatzes mit Wasserwirtschaftlern, Natur- und Sozialwissenschaftlern, Stadt- und Raumplanern, Juristen sowie insbesondere Medizinern und Hygienikern mit einer umsetzungs- und praxisorientierten Ausrichtung bei der Bearbeitung.

## FORSCHUNGSBEDARF

### Allgemeiner Forschungsbedarf zur Charakterisierung des Risikos durch Stoffe, Krankheitserreger und Partikel:

- ▶ Methoden zur Bestimmung von Handlungsbedarfen vor Ort, z. B. mit Hilfe von geeigneten Indikatorsubstanzen oder Gruppenparametern,
- ▶ Wirkung der Stoffe in der Umwelt:
  - Monitoring- und Bewertungskonzepte,
  - Wirkungsanalytik: Methoden und Konzepte zur Erfassung von Mischungstoxizitäten; wirkungsbezogene Analytik in Oberflächengewässern und Grundwasser,
  - In silico-Methoden (Computersimulationen) und Toxikophoren-Ansatz zur Abschätzung toxischer Potentiale (Toxikophor = funktionelle Molekülgruppen mit bestimmten physikochemischen und biochemischen Merkmalen, auf deren Basis eine mögliche toxische Wirkung abgeleitet wird),
- ▶ Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf: Ausbreitung, Eintrag und Entstehung von mikrobiellen Antibiotikaresistenzen in Abwasser, Oberflächengewässern und Grundwasser,
- ▶ Entwicklung von Modellen und Methoden zur Vorabprüfung von umweltrelevanten Eigenschaften neuerer Stoffe (proaktiver Ansatz).

### Forschungsbedarf zur Charakterisierung des Risikos durch bestimmte Stoffe, Krankheitserreger und Partikel:

- ▶ Neue Konzepte und Methoden zur Priorisierung von Spurenstoffen,
- ▶ Expositionspfade von Spurenstoffen für Mensch und Umwelt,
- ▶ Neue Spurenstoffe und Transformationsprodukte:
  - Analytische Identifizierung von Quellen neuer Spurenstoffe und Transformationsprodukte in der aquatischen Umwelt.



- ▶ Pestizide, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Veterinärpharmaka und deren Transformationsprodukte:
  - Klärung der komplexen Transformationsprozesse,
  - Entwicklung von Prognosemodellen für einzelne Stoffgruppen,
  - Erforschung punktueller Quellen (z. B. Bewertung von Emissionen von Pestizid-/Biozidquellen aus urbanen Räumen),
  - Bewertung der Exposition und Wirkung für Ökosysteme und Menschen,
- ▶ Mikroplastik:
  - Ausarbeitung analytischer Methoden,
  - Erforschung von Vorkommen und Quellen sowie Transport und Wirkung von Mikroplastikpartikeln,
  - Stoffstrombilanzen für Mikroplastik für Abwasser und Klärschlamm inklusive Stoffsenken und Verbleib der Stoffe,
  - Belastung der Gewässer durch Mikroplastik aus Mischwasserüberläufen und Kläranlagenabläufen,
- ▶ Verwertung von Gülle und Gärrückständen oder Abwasserverregnung sowie Verregnung von gereinigtem Abwasser:
  - Belastung der Böden,
  - Aufnahme von Spurenstoffen in Pflanzen,
- ▶ Hygiene / Krankheitserreger:
  - Identifikation der Elemente und Systeme im wasserwirtschaftlichen Kreislauf, die potenziell risikobehaftet und/oder anfällig für das Auftreten und die Verbreitung von Krankheiten sind,
  - Krankheitserreger in Trinkwasser-Hausinstallationen,
  - 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,
  - Bestimmung der Randbedingungen, die ein erhöhtes Risiko für die Verbreitung von Krankheiten durch den wasserwirtschaftlichen Kreislauf bergen,
  - Entwicklung von Vorgaben (z. B. Raumplanung, Stadtplanung, etc.), die es zu beachten gilt,
  - Auswirkung zukünftiger Entwicklungen (Demografie, Klimawandel, Sozio-Ökonomie, Landwirtschaft, etc.) auf hygienische Fragen des Wasserkreislaufs,
  - Weiterentwicklung von Zielvorgaben für die Wasserwirtschaft in Hinblick auf Hygiene,
  - Fragen der Keim- und Bakterienbelastung von fließenden und stehenden Gewässern.

### **Allgemeiner Forschungsbedarf zum Management des Risikos durch Stoffe, Krankheitserreger und Partikel:**

- ▶ Non Target-Analytik als Methode zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von z. B. Abwasserreinigungsverfahren und zur Gewässerüberwachung,
- ▶ Auswirkungen von zusätzlichen (dezentralen) Rückhaltmethoden: Großskalige Strategien zur Verbesserung der Wasserqualität (z. B. Einzugsgebietsebene),
- ▶ Elimination von Stoffen, Krankheitserregern und Partikeln:
  - Zielgerichtete Elimination im Rahmen der Abwasserbehandlung unter Berücksichtigung der Bildung von Transformationsprodukten,
  - Entwicklung von Methoden, Verfahren und Parametern zur Bewertung von verfügbaren / innovativen Techniken,
  - Beurteilung (technische Reife, Praxistauglichkeit, etc.) von verfügbaren und/oder innovativen technischen Verfahren zur entsprechenden Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung,
  - Entwicklung von Maßnahmen zur Steuerung der Einführung von innovativen Techniken,
- ▶ Bestimmung von Rahmenbedingungen für die Organisation und Durchführung von Leuchtturm-, Pilot- oder Demonstrationsprojekten,
- ▶ Modellprojekte und -regionen für erfolgreiche Umsetzungsprojekte in der Praxis, um die Möglichkeiten, Maßnahmen und Erfolge exemplarisch darzustellen.

### **Forschungsbedarf zum Management des Risikos durch bestimmte Stoffe, Krankheitserreger und Partikel:**

- ▶ Entwicklung von Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verminderung der Emission von Spurenstoffen, einschließlich PSM und Pestizide,
- ▶ Hygiene / Krankheitserreger:
  - Entwicklung von geeigneten Verfahren für die Abwasserreinigung zur Wiederverwendung in Gewerbe und Landwirtschaft unter hygienischen Gesichtspunkten,
  - Entwicklung von Verfahren, die eine stabile und sichere Leistung ohne Folgeprobleme (z. B. Nebenprodukte) bieten,
  - Identifikation von Bereichen außerhalb der Wasserwirtschaft, in denen Weiterentwicklungen erforderlich sind (medizinische Diagnostik, Risikobewertung und -kommunikation, etc.). ■

### DWA

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

Tel.: +49 2242 872-0  
Fax.: +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  
Fax.: +49 2242 872-135  
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  
Fax.: +49 228 9188-990  
E-Mail: [info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

### Kontakt

Dr.-Ing. Wolfgang K. Walter  
Referent Technologie und Innovationsmanagement  
Tel.: +49 228 9188-727  
Fax.: +49 228 9188-92832  
E-Mail: [walter@dvgw.de](mailto:walter@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)