

TEXTE

86/2021

Abschlussbericht

Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie

von:

Teresa Geidel, Thomas Dworak, Dr. Guido Schmidt, Dr. Magdalena Rogger, Christine Matuschek
Fresh Thoughts Consulting GmbH, Wien

Dr. Jeanette Völker
sconas. Science. Consulting. Aquatic Systems, Kassel

Prof. Dr. Dietrich Borchardt
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 86/2021

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 21 222 0
FB000577

Abschlussbericht

Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie

von

Teresa Geidel, Thomas Dworak, Dr. Guido Schmidt,
Dr. Magdalena Rogger, Christine Matauschek
Fresh Thoughts Consulting GmbH, Wien

Dr. Jeanette Völker
sconas. Science. Consulting. Aquatic Systems, Kassel

Prof. Dr. Dietrich Borchardt
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Fresh Thoughts Consulting GmbH
Hütteldorfer Straße 215/19
1140 Wien
Österreich

Abschlussdatum:

Juni 2021

Redaktion:

Fachgebiet FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Corinna Baumgarten

Publikationen als PDF:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung:

Die vielfältigen Aufgaben der Wasserwirtschaft sind durch Klimawandel, Globalisierung, diffuse Stoffeinträge und den demografischen Wandel unterschiedlichen Herausforderungen ausgesetzt. Um auch im Jahr 2050 und darüber hinaus den Zugang zu qualitativ hochwertigem Trinkwasser zu sichern und andere Nutzungsformen von Grund- und Oberflächengewässern zu erhalten sowie eine Übernutzung der Wasserressourcen zu vermeiden, ist konsequentes und strategisches Handeln erforderlich. Dies ist in der Nationalen Wasserstrategie adressiert.

Dieses Dokument stellt den fachlich-wissenschaftlichen Hintergrund zur Nationalen Wasserstrategie zu ausgewählten Schwerpunkten zusammen und dokumentiert die vorhandenen Erkenntnisse zum aktuellen Gewässerzustand zur nachhaltigen und gewässerverträglichen Nutzung von Wasserressourcen mit Blick auf qualitative und quantitative Fragestellungen. Dabei werden insbesondere die Bezüge zur Flächennutzung herausgearbeitet. Dies führt zu diversen Herausforderungen und Zielkonflikten, kann aber auch als Chance durch Synergien genutzt werden.

Die Darstellung der Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie orientiert sich an den 10 strategischen Themen der Nationalen Wasserstrategie. Die in diesem Dokument aufgeführten wissenschaftlichen Erkenntnisse bilden die Basis der strategischen Ziele, Handlungserfordernisse und Aktionen der Nationalen Wasserstrategie.

Abstract:

The diverse tasks of water management are exposed to different challenges due to climate change, globalization, diffuse pollution and demographic change. Consistent and strategic action is needed to ensure access to high-quality drinking water in 2050 and beyond, to preserve other uses of groundwater and surface water, and to avoid overexploitation of water resources. These issues are addressed in the National Water Strategy.

This document compiles the technical-scientific background information on selected issues of the National Water Strategy and summarises the existing knowledge on the current state of water for the sustainable use of water resources concerning qualitative and quantitative issues. In particular, the references to land use are elaborated. This leads to various challenges and conflicting goals but can also be used as an opportunity through synergies.

The presentation of the technical information is based on the 10 strategic themes of the National Water Strategy. The scientific findings listed in this document form the basis of the strategic goals, action requirements and actions of the National Water Strategy.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Zusammenfassung.....	8
Hintergrund und Einleitung.....	14
Wissenschaftliche Hintergrundinformationen.....	17
1.1 Bewusstsein für die Ressource Wasser stärken.....	17
1.2 Wasserinfrastrukturen entwickeln	20
1.3 Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufe verbinden	29
1.4 Risiken durch Stoffeinträge minimieren	33
1.5 Den naturnahen Wasserhaushalt managen – Zielkonflikten vorbeugen	38
1.6 Gewässerverträgliche und klimaangepasste Flächennutzung im urbanen und ländlichen Raum realisieren	50
1.7 Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln	54
1.8 Meeresgebiete (Nord- und Ostsee) intensiver vor stofflichen Einträgen vom Land schützen	57
1.9 Leistungsfähige Verwaltungen stärken, Datenflüsse verbessern, Ordnungsrahmen optimieren und Finanzierung sichern	63
1.10 Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen.....	76
Quellenverzeichnis	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bausteine der Nationalen Wasserstrategie	15
Abbildung 2:	Abweichungen vom Referenzwert des Grundwasserstandes 1971–2000 (UBA, 2019e)	41
Abbildung 3:	Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper in Deutschland	42
Abbildung 4:	Jährliche Anzahl der Tage mit Bodenfeuchtwerten unter 30 % nFK für Winterweizen auf schwerem Boden (sandiger Lehm, links) bzw. Leichtem Boden (lehmgiger Sand, rechts)	43
Abbildung 5:	Überblick über die OECD Grundsätze zur Wasser-Governance	65
Abbildung 6:	Verwaltungsaufbau in der Wasserwirtschaft in Deutschland (BMU & UBA [Hrsg.], 2017)	66

Zusammenfassung

Die ausgewählten fachlich-wissenschaftlichen Schwerpunkte zur Nationalen Wasserstrategie umfassen Informationen zum Zustand, Herausforderungen und Anforderungen in der deutschen Wasserwirtschaft, um zukunftsgerecht für Mensch und Umwelt sorgen zu können. In Anlehnung an die Struktur der Nationalen Wasserstrategie bietet dieses Dokument in 10 Kapiteln umfassende Informationen zum natürlichen Zustand von Süß- und Salzwasser sowie des Managements der Nutzungsformen von Wasser als Ressource – auch unter den veränderten Herausforderungen aufgrund des Klimawandels.

Die Bereitstellung von Trinkwasser und viele andere Nutzungsformen von Wasser werden in Deutschland grundsätzlich als selbstverständlich wahrgenommen und nur wenige Menschen sind sich des hohen Aufwands bewusst, der etwa hinter der Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Trinkwasser steht. Die Herausforderungen der Wahrnehmung der Ressource Wasser und der Mangel an flächendeckender Information zum Thema Wasser wird in Kapitel 1 „Bewusstsein für Wasser stärken“ beschrieben. Bewusstseinsbildung für den Wert des Wassers, ob zum Trinken, als Freizeitoption oder für die Bewässerung von Feldern für die Landwirtschaft werden in diesem Kapitel thematisiert.

Kapitel 2 „Wasserinfrastrukturen weiterentwickeln“ geht auf die Notwendigkeit des Ausbaus der Infrastruktur und der Neuerung von bestehender Infrastruktur für die verschiedenen Anforderungen der Wasserwirtschaft ein. Unter Berücksichtigung der Herausforderungen Klimawandel, demographischer Wandel und verstärkter Schadstoffeinträge wird die Relevanz von zukunftsgerechter Infrastruktur zur Wasserver- und Abwasserentsorgung und der Daseinsvorsorge – etwa dem Hochwasser- und Gewässerschutz – vorgestellt. Die Zunahme von Extremereignissen wie Starkregen und Dürre und die Minderung der Ökosystemleistungen stellen die Wasserwirtschaft vor neue Herausforderungen, sowohl bei Binnengewässern als auch beim Küstenschutz. In diesem Kapitel wird der Bedarf zur sektorübergreifenden Planung betont, da viele Sektoren von einer ausreichenden Wasserverfügbarkeit abhängen, beispielsweise auch der Transportsektor.

Die Abhängigkeiten können auch Verknüpfungspunkte darstellen, wenn durch innovative Maßnahmen in mehreren Bereichen positive Effekte erzielt werden. Diese Synergien, etwa durch Maßnahmen zur Energiegewinnung und -einsparung, oder der Nutzung des im Abwasser enthaltenen Phosphors sowie weiterer Stoffe, bieten Möglichkeiten, Wasser effektiver zu nutzen. Durch intelligente Systeme soll die effiziente (Rück-)Gewinnung von Energie, Wasser und Wertstoffen mit und durch andere Sektoren vorangetrieben werden. Die Umstellung der Energiegewinnung hin zu erneuerbaren Energien verändert die Wassernutzung und stellt Herausforderungen besonders während der Umstellungsphase dar. Das Kapitel 3 „Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufe verbinden“ stellt Herausforderungen und Lösungswege aus dem Bereich vor.

Im Kapitel 4 „Risiken durch Stoffeinträge begrenzen“ wird der Zustand der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Küstengewässer vorgestellt. Belastungen durch Nährstoffeinträge, Mikroplastik, Pflanzenschutzmittel und Biozide, sowie durch Arzneimittel und Antibiotikaresistenzen sind teilweise in hohen Konzentrationen im Wasser nachweisbar und nur schwierig aus dem Wasser zu entfernen. Natürliche Bewohner und Prozesse der aquatischen Ökosysteme nehmen dadurch Schaden, aber auch Bodenfunktionen

und angrenzende Prozesse werden negativ beeinflusst. Die diffusen Quellen für Stoffeinträge sind teilweise schwer zu identifizieren und zu kontrollieren. Je nach Nutzungsart des Wassers hat eine verminderte Wasserqualität unterschiedliche Auswirkungen.

Kapitel 5 „Den naturnahen Wasserhaushalt managen – Zielkonflikten vorbeugen“ stellt die Bedeutung eines naturnahen Wasserhaushalts und die Auswirkungen von Wasserentnahmen und Landnutzung auf die Grundwasserneubildung und den Wasserhaushalt dar. Die naturnahe Gestaltung des Gewässerverlaufs und integrierte Flächennutzung für den Gewässerschutz sind bedeutsam, um das Risiko von Schäden durch Dürre und Starkregen zu verringern, sowie weiteren Zielkonflikten vorzubeugen. Erhöhter Wasserbedarf bei Trockenheit verschiedener Sektoren steigern den Druck auf die Wasserressourcen und kann zu Konkurrenzsituation führen. Mangelnde Quantität und Qualität des Wassers verstärken den Druck weiter.

Kapitel 6 „Gewässerverträgliche und klimaangepasste Flächennutzung im urbanen und ländlichen Raum realisieren“ stellt die Anforderungen von Flächennutzung mit Blick auf den Gewässerschutz und den Klimawandel dar. Flächen im ländlichen Raum beeinflussen den Wasserkreislauf und -haushalt z.B. durch das Vorhandensein intakter Wälder. Gleichzeitig prägt die Landnutzung den Wasserhaushalt, etwa durch Drainagen oder einen gesteigerten Bewässerungsbedarf auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Nachhaltige Anbaumethoden, die ökologische Standards respektieren, kommen auch dem Zustand von Gewässern und dem Grundwasser zugute. Städte hingegen stehen aufgrund der zunehmenden Verdichtung und Versiegelung vor der Herausforderung, dennoch die Prinzipien der wassersensiblen Stadtentwicklung zu etablieren. Zusätzlich gibt es diverse Bereiche, in denen Abhängigkeiten und Kooperationen von Land und Stadt sichtbar werden, z.B. bei der Naherholung oder der Wasserversorgung. Auch hier ist eine nachhaltige und integrierte Bewirtschaftung der Ressource Wasser entscheidend.

Kapitel 7 „Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln“ erfasst die Art und Weise wie Flächen im Rahmen der Bestimmungen für Gewässerbewirtschaftung genutzt werden. Die Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) und die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) sowie zahlreiche weitere Programme der Länder und des Bundes sind auf den Schutz von (aquatischen) Ökosystemen ausgerichtet. Dieses Kapitel blickt auf die Herausforderungen der Gewässerentwicklung und der Verbesserung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern.

Kapitel 8 „Meeresgebiete (Nord- und Ostsee) intensiver vor stofflichen Einträgen vom Land schützen“ stellt die unterschiedlichen Quellen der Verschmutzung vor, welche die Nord- und Ostsee belasten. Die Stoffe, die zum größten Teil aus landbasierten Eintragsquellen stammen und über Flüsse in die Meere gelangen, gilt es schon an der Quelle zu unterbinden und strikte Monitoring- Vorgaben an Übergängen zwischen Land- und Meer zu etablieren. Dabei kann es sich von Nährstoffen bis Plastik um verschiedene Stoffeinträge handeln, die die Flora und Fauna der Meeresökosysteme stark beeinträchtigen. Das Kapitel ordnet die Belastungen ein und nennt die diversen, bestehenden Abkommen zum Meeresschutz.

Die Bedeutung von Governance-Fragen spielt in Kapitel 9 „Leistungsfähige Verwaltungen stärken, Datenflüsse verbessern, Ordnungsrahmen optimieren und Finanzierung sichern“ eine zentrale Rolle. Das Kapitel arbeitet heraus, dass eine zukunftsgerichtete Wasserwirtschaft nur mit entsprechenden Ressourcen und durch gute Planung möglich ist. Abstimmungen über

Entscheidungen und Beschlüsse werden innerhalb einer Ebene oder verschiedener Ebenen (Kommunen, Regionen, Länder) gefällt und unterscheiden sich meist von hydrologischen Systemgrenzen (Wasser- und Gewässereinzugsgebiete). Dieses Kapitel zeichnet auf, wie Aufgabengebiete und Kapazitäten der Verwaltung variieren und schließt damit, dass diese häufig von einem Mangel an Fachpersonal und finanziellen Mitteln betroffen sind. Da die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen häufig hohe Kapitalinvestition für jahrzehnte-lange Projekte einschließen ist die Finanzierung kompliziert und teuer. Die Grundsätze des Verursacherprinzips und der Herstellerverantwortung werden als Möglichkeit vorgestellt, die bestehenden Finanzierungsinstrumente zu ergänzen, um die Kosten der Produktentsorgung fairer aufzuteilen.

In Kapitel 10 „Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen“ wird der Blick von den Wasservorkommen in Deutschland auf die globalen Wasserressourcen erweitert. Durch den globalen Wasserkreislauf und viele grenzüberschreitende Flüsse und Meere, müssen gemeinsame Lösungen gefunden werden, um langfristig den Zugang zu Wasserressourcen zu sichern. Die Auswahl an Produkten, unser Handeln und Umgang mit Wasserressourcen hat auch Auswirkungen über die Landesgrenze hinweg. Ca. 70 % des deutschen Wasserfußabdrucks gehen auf die Nutzung von Wasserressourcen im Ausland zurück. Bei Konsumententscheidungen von Produkten sollte der Aspekt der Wassersintensität und -auswirkungen in der Produktbeschreibung, oder über den Preis reflektiert werden, um besonders wasserarme Regionen nicht zusätzlich durch bewässerungsintensive Produktion für den Export auszutrocknen. In diesem Kapitel wird außerdem über Wasser als Menschenrecht, die Ausweitungen von Zugang zu Wasser- und Sanitärversorgung sowie Wasser als Teil der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen gesprochen.

Die Wertschätzung, auch im internationalen Rahmen, die durch Kapitel 10 vermittelt wird, schließt den Kreis zu dem ersten Kapitel zur Wertschätzung von Wasser. Durch einen integrierten Ansatz beim Wasserressourcenmanagement und der sektorübergreifenden Beteiligung von Akteur*innen können Nutzungskonkurrenzen vermindert und der Zustand aquatischer Ökosysteme verbessert werden. Die Handlungsbereiche, die bis 2050 durch Maßnahmen unterstützt, erhalten und verändert werden müssen, sind im Detail in diesem Dokument aufgeführt und ergänzen die Forderungen und Aktionen der nationalen Wasserstrategie.

Summary

The selected technical and scientific issues of the National Water Strategy include information on future challenges and requirements for water management. Following the structure of the National Water Strategy, this document offers, in ten chapters, comprehensive information on the state of ground and surface waters and the management of the various water uses, also under challenges due to climate change.

In Germany, the provision of drinking water and many other uses of water are taken for granted. Only a few people are aware of the high effort that is behind the supply of high-quality drinking water. The challenges of perceiving and appreciating this, as well as the lack of nationwide information on the topic of water, are described in Chapter 1, "Raising awareness of water as a resource". Raising awareness of the value of water, whether for drinking, as a recreational option or for irrigation are addressed in this chapter.

Chapter 2, "Developing water infrastructures" addresses the need to expand and renew existing infrastructure to meet the various needs of water management. Taking into account the challenges of climate change, demographic change and increased pollutant inputs, the relevance of future-oriented infrastructure for water supply and wastewater disposal, services of general interest, such as flood protection and water pollution control is presented. The increase in extreme events such as heavy rainfall and droughts and the degradation of ecosystem services pose new challenges for water management, both for inland waters and coastal protection. This chapter emphasizes the need for cross-sector planning, as many sectors depend on sufficient water availability, such as the dependency of the transportation sector.

The interdependencies can also represent linkage points when innovative measures achieve positive effects in several sectors. These synergies, for example through measures, to generate and save energy, or to use the phosphorus contained in wastewater as well as other substances, offer opportunities to exploit synergies. Intelligent systems are to be used to promote the efficient (re)generation of energy, water and recyclables with and by other sectors. The transition of energy production to renewable energy is changing water use and poses challenges, especially during the transition phase. Chapter 3 "Connecting water, energy, and materials cycles" presents these challenges and possible solutions.

Chapter 4 "Minimizing risks from substance inputs" presents the status of surface waters, groundwater and coastal waters. Pollution from nutrient inputs, microplastics, pesticides and biocides, as well as from pharmaceuticals and antibiotic resistances, can sometimes be detected in relevant concentrations and are difficult to remove from the water. Aquatic ecosystems are damaged as a result, but soil functions and adjacent processes are also negatively affected. Diffuse pollution is often difficult to identify and control. Decreased water quality has different impacts depending on the type of water use.

Chapter 5 "Managing the natural water balance - preventing conflicting objectives" presents the importance of a natural water balance and the effects of water withdrawals and land use on groundwater recharge. Natural watercourse design and integrated land use for water conservation are significant in reducing the risk of damage from drought and heavy rainfall, as well as preventing other conflicting objectives. Increased water demand from different sectors during drought increases pressure on water resources and can lead to competition. Chapter 6, "Realizing water-compatible and climate-adapted land use in urban and rural areas" presents

the requirements of land use concerning water conservation and climate change. Land in rural areas influences the water cycle and balance, for example, through the presence of intact forests. At the same time, land use influences the water balance, for example through drainage or an increased need for irrigation on agricultural land. Sustainable farming methods that respect ecological standards also benefit the condition of water bodies and groundwater. Cities, on the other hand, face the challenge of establishing the principles of water-sensitive urban development due to increasing densification and sealing. In addition, there are various areas in which dependencies and cooperation between the state and the city become apparent, e.g. in local recreation or water supply. Here, too, sustainable and integrated management of water as a resource is crucial.

Chapter 7, "Further development of sustainable water management," captures the way land is used under the provisions for water management. The Water Framework Directive (EU WFD) and the Flora-Fauna-Habitat Directive, as well as numerous other state and federal programs, are designed to protect (aquatic) ecosystems. This chapter looks at the challenges of watercourse development and improving hydromorphological characteristics of flowing waters.

Chapter 8, "Protecting marine areas [the North Sea and Baltic Sea] more intensively from inputs from the land" presents the various sources of pollution affecting the North Sea and Baltic Sea. The substances, most of which originate from land enter the seas via rivers, must be prevented at the source and strict monitoring requirements must be established at transitions between land and sea. This can involve a variety of inputs, from nutrients to plastics, that severely impact the flora and fauna of marine ecosystems. The chapter classifies the pressures and identifies the various existing marine conservation agreements.

The importance of governance issues plays a central role in Chapter 9, "Strengthening effective administrations, improving data flows, optimizing regulatory frameworks, and securing funding". This chapter elaborates that future-oriented water management is only possible with appropriate resources and through good planning. Coordinated decisions and resolutions are made within one level or different levels (municipalities, regions, states) and usually differ from hydrological system boundaries (water and water catchment areas). This chapter shows how areas of responsibility and capacities of the administration vary and that they are often affected by a lack of specialized personnel and financial resources. Because water management actions often involve high capital investment for decade-long projects, funding is complicated and expensive. The principles of polluter pays and producer responsibility are presented as a way to complement existing financing tools to more fairly share the costs of product use and disposal.

Chapter 10, "Protecting global water resources" expands the view from water resources in Germany to the global perspective. Due to the global water cycle and many transboundary rivers and oceans, joint solutions must be found to secure long-term access to water resources. The choice of products, our actions and the handling of water resources also have an impact across national borders. Approximately 70% of the German water footprint is due to the use of water resources abroad. When making consumption decisions about products, the aspect of water intensity and impact should be reflected in the product description, or via the price, to avoid placing an additional burden on, particularly water-scarce regions through irrigation-intensive production for export. This chapter also summarizes information on water as a human right, the expansions of access to water and sanitation, and water as part of the United Nations Sustainable Development Goals.

The appreciation, including in the international context, conveyed by Chapter 10 closes the loop to the first chapter in which the public's appreciation of water was addressed. An integrated approach to water resource management and the cross-sectoral participation of stakeholders can reduce competition for use and improve the condition of aquatic ecosystems. The areas of action that need to be supported, maintained and changed by 2050 are listed in detail in this document and complement the demands and actions of the national water strategy.

Hintergrund und Einleitung

Mit dem Nationalen Wasserdiallog ging die Bundesregierung die Herausforderungen an, die sich zukünftig im nachhaltigen Umgang mit den Wasserressourcen stellen. Klimawandel, demografische Entwicklungen, Landnutzungsänderungen, technologische Neuerungen und verändertes Konsumverhalten bringen umfassende Veränderungen mit sich, die nicht allein durch sektorale oder lokale Maßnahmen bewältigt werden können. Zudem hat sich Deutschland auf europäischer (z. B. EU- Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)) und auf internationaler Ebene dem nachhaltigen Schutz der Ressource Wasser verpflichtet wie sie in den Nachhaltigkeitszielen der 2030 Agenda (Vereinte Nationen, 2015) („Ziele für nachhaltige Entwicklung“, SDGs) festgehalten sind. Auch setzte die Bundesregierung mit dem Nationalen Wasserdiallog Empfehlungen zur zivilgesellschaftlichen Beteiligung wichtiger Akteur*innen bei der Entwicklung und Umsetzung von politischen Maßnahmen um, die im Rahmen der Wasserdekade der Vereinten Nationen (VN) (2018–2028) vereinbart wurden.

Im Nationalen Wasserdiallog wurden die wesentlichen zukünftigen Entwicklungen der Wasserwirtschaft und der angrenzenden Wirtschaftsbereiche auf nationaler Ebene diskutiert. Gemeinsam mit den beteiligten Akteur*innen aus Wirtschaft, Verwaltung, Praxis, Interessensvertretungen und Wissenschaft wurden wesentliche Herausforderungen, Leitlinien und Ziele identifiziert sowie Aktionen und Aktionsfelder entwickelt (BMU & UBA, 2020). Alle diese Bausteine wurden darauf ausgerichtet, mit den sich ändernden Bedingungen umgehen zu können und damit die deutsche Wasserwirtschaft langfristig zukunftsfähig zu gestalten. Die Diskussionen fokussierten dabei auf die Zeitspanne bis 2030 für das Ergreifen von entscheidenden Maßnahmen mit einem Ziel- und Wirkhorizont bis zur Mitte des Jahrhunderts (2050) (BMU & UBA, 2020).

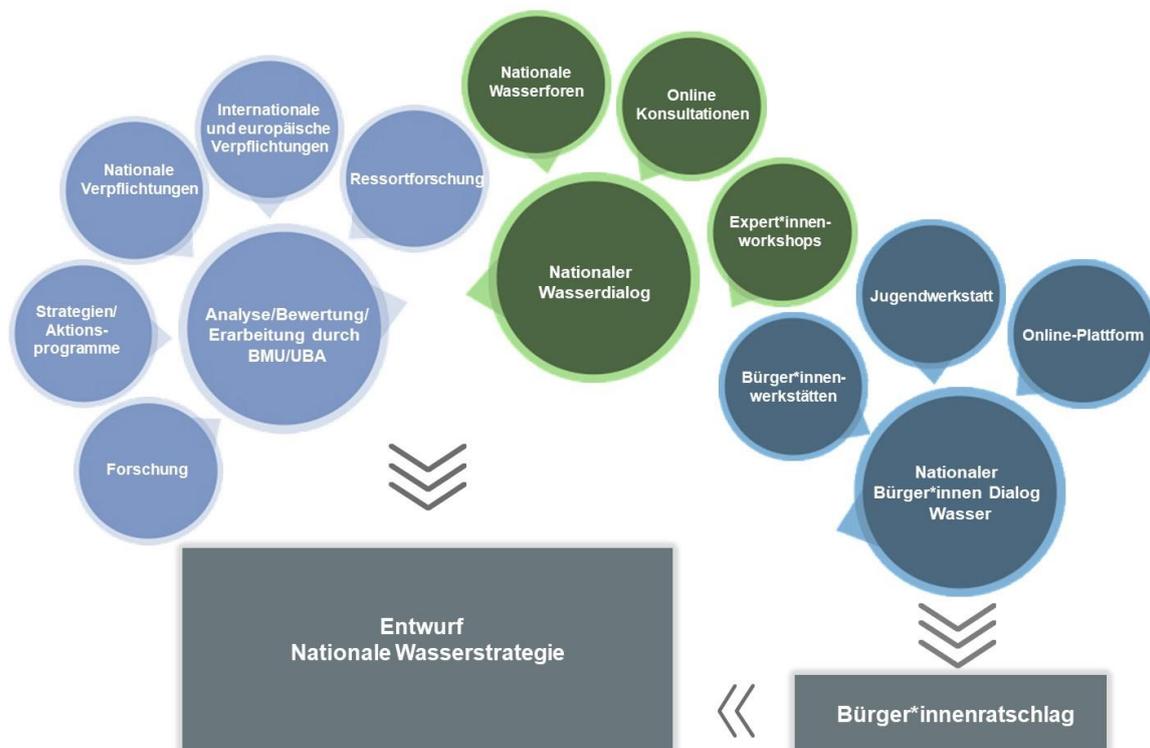
Der Nationale Wasserdiallog als Dialogprozess war gekennzeichnet durch eine offene und konstruktive Diskussion, die auf die Erarbeitung von Positionen, die die Mehrheit der Teilnehmer*innen mittragen konnten, ausgerichtet war. Der Nationale Wasserdiallog war entlang zentraler Zukunftsthemen (Cluster) organisiert. Diese waren:

- ▶ Vernetzte Infrastrukturen (Cluster 1),
- ▶ Risikofaktor Stoffeinträge (Cluster 2),
- ▶ Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Cluster 3),
- ▶ Gewässerentwicklung und Naturschutz (Cluster 4) und
- ▶ Wasser und Gesellschaft (Cluster 5).

Die Ergebnisse des Nationalen Wasserdiallogs sind im Abschlussdokument „Kernbotschaften, Ergebnisse und Dokumentation des Nationalen Wasserdiallogs“ veröffentlicht. Sämtliche Unterlagen zum nationalen Wasserdiallog, finden sich dauerhaft auf den BMU – Internetseiten unter <https://www.bmu.de/wasserdiallog>.

Das BMU hat die Ergebnisse aus dem Nationalen Wasserdiallog, wie in der unten stehenden Abbildung dargestellt, als wesentlichen inhaltlichen Beitrag für die Erarbeitung einer Nationalen Wasserstrategie mit dem Zeithorizont 2050 genutzt¹.

Abbildung 1: Bausteine der Nationalen Wasserstrategie



Quelle: Eigene Darstellung, Fresh Thoughts GmbH

In der Nationalen Wasserstrategie sind Visionen und Ziele bis zum Jahr 2050 beschrieben. Daneben sind wesentliche Aktionen benannt, die von Bund, Länder und Kommunen, aber auch von Akteuren aus Wasserwirtschaft, Industrie und der Landnutzung in den kommenden Jahren vorrangig umgesetzt werden sollten, damit die erforderlichen Entwicklungen für die Realisierung der Visionen und Ziele bis 2050 eingeleitet werden. Darauf aufbauend, werden bis 2030 schrittweise weitere Maßnahmen wirksam werden müssen. Dieser Bericht stellt die wissenschaftlichen Hintergründe für die einzelnen Kapitel der Strategie dar.

Der hier vorliegenden ausgewählten Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie umfassen wissenschaftliche Informationen zum Zustand, Herausforderungen und Anforderungen in der deutschen Wasserwirtschaft, und bilden die wissenschaftliche Basis für die Nationale Wasserstrategie. In Anlehnung an die Struktur der Strategie bietet dieses Dokument in zehn Kapiteln dabei einen umfassenden Überblick über die deutsche Wasserwirtschaft und präsentiert wesentliche Fakten und aktuelle Daten rund um den Zustand

¹ Dadurch haben das Abschlussdokument sowie weitere Diskussionspapiere aus dem Nationalen Wasserdiallog auch Bezüge zum vorliegenden Bericht „Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie“. Der Bericht baut auf diesen bestehenden Erkenntnissen auf und stellt sie mit Blick auf die Nationale Wasserstrategie strukturiert zusammen.

unserer Gewässer, Gewässerschutz, Wasserversorgung und –entsorgung sowie Verwaltungs- und Finanzierungsstrukturen. Mit diesem Bericht wurde eine Zusammenschau an Informationen und ein Überblick über die wissenschaftlichen Arbeiten und die Berichterstattung in diesem Themenbereich geschaffen.

Wissenschaftliche Hintergrundinformationen

1.1 Bewusstsein für die Ressource Wasser stärken

Die gesellschaftlichen Ansprüche an Wasser sind vielfältig. In vielen Fällen geht es dabei um Abwägungen zwischen verschiedenen Nutzungen. Damit Wasser sachgerecht und sparsam verwendet wird und der Umgang mit den Gewässern nachhaltig erfolgt, ist eine hohe gesellschaftliche Wertschätzung notwendig.

Sowohl das Nachhaltigkeitsziel 6 „Sauberes Wasser und Sanitär-Einrichtungen“ als auch das Nachhaltigkeitsziel 14 „Leben unter Wasser“ der UN-Agenda 2030 befassen sich substantziell mit Wasser als globalem Gut und mit den Problemfeldern, die mit seiner Nutzung durch den Menschen verbunden sind. Dennoch scheint gegenwärtig kein kohärentes und zeitgemäßes, d. h. den neuen Herausforderungen angepasstes, gesellschaftliches Bewusstsein (Wulff, 2003) zum und im Umgang mit Wasser zu existieren. Wasser kommt für die meisten Menschen in Deutschland selbstverständlich und in hoher Qualität aus dem Wasserhahn.

Laut einer Umfrage der Europäischen Kommission (Europäische Kommission, 2012) in den europäischen Mitgliedstaaten zur Einschätzung gewässerbezogener Problematiken sagten 46 % der Befragten in Deutschland aus, dass die Wasserqualität in Gewässern (Wasserverschmutzung und Verbau) ein ziemlich bis sehr ernstes Problem darstellt. 42 % der Befragten meinten, dass die Wasserqualität in den letzten 10 Jahren besser geworden sei. 62 % sagten aus, dass für sie Veränderungen der Ökosysteme und 58 %, dass der Klimawandel besonders bedrohlich sei. Diese Beobachtung wird von einer Studie des BMU und UBA 2018 aufgegriffen, in der verschiedene Aspekte des Umweltbewusstseins in der deutschen Bevölkerung beleuchtet werden. In dieser Studie wird deutlich, dass Menschen weiterhin um die von Wasser abhängigen Ökosysteme und Arten besorgt sind. Der Rückgang der Biodiversität bei Pflanzen und Tieren wird von 63% als sehr großes Problem wahrgenommen (UBA, 2018f). In Bezug auf die Wasserressourcen ist erkennbar, dass Bürger*innen eine Verantwortung bei der Landwirtschaft sehen. Für 56% der Befragten stellt die Belastung von Trinkwasser durch Gülle und Überdüngung ein besonders großes Problem dar. Die Beeinträchtigung der Bodenqualität, etwa durch Überdüngung oder Monokulturen, stufen 53% als großes Problem ein. Für die künftige Landwirtschaft ist 45 Prozent der Befragten Umwelt- und Klimaschutz besonders wichtig (UBA & BMU, 2018).

Bewusstseinsbildende Maßnahmen

Laut der oben genannten Studie der EU-Kommission haben 77 % der Befragten in Deutschland in den letzten zwei Jahren Wasser im häuslichen Gebrauch eingespart und / oder umweltfreundliche Produkte (z.B. Putzmittel) verwendet. Über 60 % gaben an, dass sie Pestizide und Düngemittel im Garten vermeiden, Regenwasser auffangen und ökologisch erzeugte Produkte konsumieren. Nahezu 90 % entsorgen Reste von Chemikalien nicht in der häuslichen Toilette. In den Haushalten wird laut der Umfrage noch zu wenig unternommen, um Wasser effizient zu nutzen (54 %). Ähnliche Umfrageergebnisse zeigen sich für die Sektoren Landwirtschaft und Industrie (Europäische Kommission, 2012). Allerdings bestehen nach wie vor Wissensdefizite in der Bevölkerung, die zu großen Unsicherheiten in der Bevölkerung, aber auch zu mangelnder Akzeptanz von Maßnahmen führen können (BMU & UBA, 2020). 70 % der Befragten wünschen mehr Informationen über die ökologischen Folgen des Wasserverbrauchs

und halten Information für die effektivste Maßnahme zur Verringerung der Problematiken. Vor 2012 hatten über 90 % der Befragten keinerlei Informationen zu den Bewirtschaftungsplänen gemäß EU-WRRRL bzw. haben noch nie etwas davon gehört, obwohl die Richtlinie seit 2000 gilt und die ersten Pläne 2008 angehört wurden (Europäische Kommission, 2012).

In einer Befragung durch Statista von 2015 empfanden 36% der Menschen die Trinkwasserqualität in Deutschland als sehr gut, 48,9% empfanden die Qualität als gut (Statista, 2015). 85% der Menschen in Deutschland sind mit dem Preis-Leistungs-Verhältnis von Trinkwasser zufrieden. Wenn es um die Kosten von Trinkwasser geht, sind viele Befragte nur bedingt auskunftsfähig. Die meisten antworten auf die Frage „Was kostet ein Liter Trinkwasser im Durchschnitt?“ mit „weiß ich nicht“. Für die Bevölkerung in Deutschland bewegt sich der Preis pro m³ im Durchschnitt brutto bei 1,75 € (Statista, 2020). Die Studie „Qualität und Image von Trinkwasser in Deutschland“ zeigt, dass der Preis teilweise sehr deutlich überschätzt werden. Über 40 % der Befragten wissen nicht, was sie für Wasser bezahlen. Davon gibt fast jeder Zweite an, sich nicht um die Wasserrechnung zu kümmern. Ca. 30 % gaben an, ihre Wasserrechnung nicht zu verstehen, und ebenfalls 30 % bemängeln die Aufschlüsselung in ihrer Nebenkostenabrechnung. Gleichzeitig wird das Preis-Leistungs-Verhältnis von 45 % der Befragten als „sehr gut“ oder „gut“ bezeichnet. Fast 82 % der befragten Verbraucher*innen halten dieses Verhältnis für mindestens angemessen. Nur 2,4 % der Befragten bewerten das Preis-Leistungs-Verhältnis als explizit schlecht (VKU, 2017).

Im Zuge der Right2Water-Initiative (offiziell bezeichnet als „Wasser und sanitäre Grundversorgung sind ein Menschenrecht! Wasser ist ein öffentliches Gut und keine Handelsware!“), die 2013 erfolgreich die erforderliche Anzahl an Unterstützungsbekundungen sammelte, bewirkte diese den Rückzug eines umstrittenen Gesetzesvorschlags der EU-Kommission, Wasser in eine Konzessionsrichtlinie mit einzubeziehen. Mehr als 1,2 Millionen der geleisteten Unterschriften kamen aus Deutschland, was ein hohes Maß an Interesse und ein breites Verständnis für Wasser als öffentliches Gut beweist (Right2Water, 2014; Europäische Kommission, 2014).

Die Information der breiten Öffentlichkeit zu umweltrelevanten Themen oder Problematiken nehmen auch in der wasserwirtschaftlichen Praxis einen immer höheren Stellenwert ein. Die Informationsverbreitung ist zum Teil rechtsverbindlich, wie etwa die Öffentlichkeitsbeteiligung bei den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen (Art 14 WRRRL) der EU-WRRRL oder die Information der Bürger*innen zur Trinkwasserqualität. Auch wird die interessierte Öffentlichkeit auf zahlreichen Internetseiten über die Umweltsituation regional, national und global informiert. Die Informationen werden dabei über unterschiedliche Kommunikationswege weitergegeben: Internet, Social Media, Flyer, Broschüren (Printmedien) etc.

Wie für die meisten Menschen in Deutschland ist auch für Schüler*innen die Verfügbarkeit von Wasser eine Selbstverständlichkeit. Allerdings gibt es immer weniger natürliche Gewässer im unmittelbaren Lebensumfeld und vielfach Tendenzen zu immer größerer Entfremdung zur natürlichen Umwelt (Natursoziologie, 2016). Obwohl es bereits eine Vielzahl von Initiativen und Bildungsmaterialien gibt, wie z. B. die Initiative „Wasser macht Schule“ (Wasser macht Schule, 2020), die der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. für Schüler*innen, Lehrkräfte und Eltern entwickelt hat oder die Initiative „Klasse Wasser“ (Berliner Wasserbetriebe, o.D.) der Berliner Wasserbetriebe, decken die Bildungsangebote nicht alle

Aspekte ab, bzw. werden nicht flächendeckend angeboten. Dies gilt auch für Aktivitäten seitens des Bundesumweltministeriums oder des Umweltbundesamts.

Das Wissensdefizit zu Wasserthematiken kann zu mangelnder Akzeptanz von Maßnahmen oder sogar zu Widerständen in der Bevölkerung führen, wenn Hintergründe nicht verstanden und abgelehnt werden. Zudem sind – wie oben gezeigt – sowohl die einzuhaltenden rechtlichen Vorgaben im Gewässerschutz, als auch der Wert des Wassers und die Kosten für Trinkwasser und die Abwasserentsorgung oftmals nicht bekannt oder von Interesse. Auch über den vorsorgenden Hochwasserschutz (z.B. Rückhalt von Niederschlagswasser, Aufforstung) und die Möglichkeiten, selbst zum Schutz beitragen zu können (z.B. Meiden gefährdeter Gebiete, bauliche Maßnahmen am Eigentum), bestehen erhebliche Wissensdefizite in der Bevölkerung (BBK, 2015). Hinzu gesellt sich das Vergessen von Hochwasserereignissen bereits nach kurzer Zeit.

Trotz der umfangreichen zur Verfügung stehenden Informationen bestehen nach wie vor Wissensdefizite in der Bevölkerung, beispielsweise zur Gewässerökologie, zu Auswirkungen des Klimawandels und zu kommunalen oder industriellen Einleitungen in die Gewässer oder Einträgen von Stoffen aus Landnutzung, Luft und Industrie (BMU & UBA, 2020).

Die mangelnde Präsenz von wasserrelevanten Themen im Bildungs- und Ausbildungsbereich führt dazu, dass wasserwirtschaftliche Berufe kaum als Möglichkeit wahrgenommen werden und Fachkräftemangel auftritt (Siehe Kapitel 9: Verwaltungen stärken).

Die Auswirkungen des eigenen Verhaltens und Konsums auf Gewässerbelastungen, beispielsweise durch die Verwendung und Entsorgung von schadstoffhaltigen Produkten oder Medikamenten und die Inanspruchnahme der verfügbaren Wasserressourcen, etwa durch den Konsum wasserintensiv hergestellter Güter, sind vielen Menschen nicht bekannt (UBA, 2018c).

Um den Wasserverbrauch entlang von Handels- und Lieferketten bei der Herstellung und Bereitstellung von Produkten sichtbar zu machen, kann das Konzept des Wasserfußabdrucks genutzt werden: Dieser Indikator quantifiziert, wie viel Wasser für den gesamten Prozess bis hin zum fertigen Produkt eingesetzt wurde. Damit wird über den direkten Wasserverbrauch auch die indirekte Menge an Wasser für die Herstellung des Produkts und die Schritte entlang der Lieferkette erfasst (virtuelles Wasser). Der Wasserfußabdruck wird unterteilt in „Grünes Wasser“ – natürlich vorkommendes Boden- und Regenwasser, welches von Pflanzen aufgenommen und verdunstet wird –, „Blaues Wasser“ – Grund- oder Oberflächenwasser, das zur Herstellung eines Produktes genutzt wird und nicht mehr in ein Gewässer zurückgeführt wird – und „Graues Wasser“ – die Wassermenge, die nötig wäre, um Gewässerverschmutzung wieder auszugleichen (UBA, 2018c). Diese Unterteilung, zusammen mit der lokalen Wasserverfügbarkeit, ist wichtig für die Bewertung des Wasserfußabdrucks (ebd.). So ist vor allem der Einsatz von „blauem Wasser“ in Regionen mit Wasserknappheit kritisch (UBA, 2021e). Bestehende rein volumetrische Wasserfußabdrücke für Produkte sind daher nur begrenzt aussagekräftig.

Entsprechend wurden die Konzepte des „Virtuellen Wassers“ (Allan, 1996, 1998) bzw. des „Wasserfußabdrucks“ (Hoekstra et al., 2012a) in den letzten Jahren durch verschiedene Methoden der Wirkungsabschätzung ergänzt (Forin et al., 2020; TU Berlin, 2020).

Nach Berechnungen des Water Footprint Networks (Hoekstra et al. 2012b) beträgt Deutschlands gesamter Wasserfußabdruck rund 117 Milliarden Kubikmeter Wasser pro Jahr. Dies entspricht einem täglichen Verbrauch von mehr als 3.900 Litern pro Einwohner*in, während der durchschnittliche, direkte Verbrauch pro Einwohner bei 127 Litern liegt (Statista, 2019). Knapp 70% entfallen auf die externe, ca. 30% auf die interne Wassernutzung (Hoekstra et al., 2012b). Aktuell wird der Wasserfußabdruck Deutschlands einschließlich der Herkunftsländer neu bestimmt, um die Kritikalität der in Deutschland virtuell konsumierten Blauwasserressourcen aus dem Ausland anhand von Charakterisierungsfaktoren zu bewerten (UBA, 2021).

Für die Ermittlung des Wasserfußabdrucks liegt seit 2014 die Norm der Internationalen Organisation für Normung (ISO) DIN EN ISO 14046 „Umweltmanagement – Wasser-Fußabdruck – Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien“ (ISO, 2014) vor, anhand derer auch Unternehmen ihren Wasserfußabdruck errechnen, mögliche Auswirkungen ermitteln und daraufhin entsprechende Maßnahmen für eine nachhaltige und effizientere Wassernutzung ableiten können.

1.2 Wasserinfrastrukturen entwickeln

Infrastrukturen spielen eine wesentliche Rolle, um Wassernutzungen zu ermöglichen und Dienstleistungen bereitzustellen. Deutschland hat eine große Anzahl von Wasserinfrastrukturen, um etwa die (Trink)-Wasserversorgung und die Abwasserbehandlung und -entsorgung für Haushalte, öffentliche Gebäude, das produzierende Gewerbe, Industrie und Bergbau sowie die Nutzung durch die Energiegewinnung, den Transport durch die Schifffahrt, die Mineralwasserabfüllung sowie Sport und Freizeiterholung zu ermöglichen. Die Instandhaltung und Anpassung von Infrastrukturen für die Wasserwirtschaft sind auch für die Bereiche Hochwasserschutz, Küstenschutz, Landwirtschaft und Naturschutz unabdingbar (UBA, 2017c; BMVI, 2017).

Um die Wasserinfrastrukturprojekte zukunftsgerecht und gewässerträglich zu gestalten, müssen die Defizite, insbesondere die Überalterung der heutigen Infrastrukturen, anerkannt werden. Maßgeschneiderte Modernisierungsstrategien legen die Grundlage für Maßnahmen, wie etwa die Planung der überörtlichen Wasserversorgungsinfrastrukturen (Vernetzung von Versorgungsgebieten, Fernwasserversorgungen, Speicher). Dabei berücksichtigen sie Synergiepotenziale mit Energieversorgung (gemeinsame Nutzung von Speicherinfrastrukturen), Grundwasseranreicherung, Wasserrückhalt- und Hochwasserschutzkonzepte und Abflussmanagement für Oberflächengewässer sowie Potenziale der Wasserwiederverwendung.

Wasserver- und Abwasserentsorgung

Die mengenmäßig wichtigsten anthropogenen Wassernutzungen in Deutschland sind die Wasserentnahmen des verarbeitenden Gewerbes, der öffentlichen Wasserversorgung, der Energieversorgung, des Bergbaus und der Landwirtschaft. Diese Nutzergruppen haben im Jahr 2016 zusammen rund 24 Milliarden m³ Wasser aus den Grund- und Oberflächengewässern entnommen (UBA, 2020f); circa 5 Mrd. m³ hiervon als Wasser für die öffentliche Wasserversorgung und circa 19 Mrd. m³ durch die nicht-öffentliche Wassergewinnung für andere Nutzungsarten. Die Wasserentnahmen der öffentlichen Wasserversorgung, des Bergbaus, des verarbeitenden Gewerbes, der Energieversorgung und der Landwirtschaft in Deutschland insgesamt sind seit dem Jahr 1991 zumindest bis 2016 rückläufig (UBA, 2020e). In

der Industrie wird das Wasser zum Wärmemanagement mit entsprechend hohem Kühlwasseranteil und als Prozesswasser genutzt. Die Energieversorgung nutzt gegenwärtig mehr als die Hälfte der Wasserentnahmen in Deutschland, überwiegend zur Kühlung. Die Reduzierung der Wasserentnahmen liegt u. a. an der Kreislaufführung von Wasser in der Industrie, an der Reduzierung von Kühlwasser für Kraftwerke und Einsparungen bei der öffentlichen Wasserversorgung (UBA, 2020c). Durch den Umbau des Energiesystems (Kohleausstieg, Förderung erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmesektor, Ausstieg aus der Atomenergie) wird eine deutliche Reduzierung der Kühlwasserentnahmen um 50–60 % bis 2030 und 70–85 % bis 2050 erwartet (DBU, 2019).

Die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser und die Entsorgung von Abwasser sind die zentralen Aufgaben der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur. Jährlich werden circa 5 Mrd. m³ Wasser für die öffentliche Wasserversorgung entnommen (UBA, 2020f). Praktisch die gesamte Bevölkerung in Deutschland, sowie öffentliche Einrichtungen und viele Betriebe, sind an diese Infrastruktur angeschlossen (die Länge der Abwasserkanalnetze beträgt 594.335 km (Stand: 2016) (Destatis, 2018), die des Trinkwassernetzes ca. 540.000 km) (Att et al., 2021). An die Trinkwassernetze sind 99 % und an Abwasserbehandlungsanlagen 97 % der Bevölkerung angeschlossen (BMU & UBA, 2017). Das Trinkwasser wird weitgehend aus Grund- und Quellwasser gewonnen, aber auch Uferfiltrat, angereichertes Grundwasser, See-, Talsperren- und Flusswasser werden als Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung genutzt (Destatis, 2018). Die Betriebe der Getränke- und Lebensmittelwirtschaft haben einen geringeren Anteil an der Gesamtverwendung von Wasser in Deutschland (Größenordnung von rd. 1 % im Vergleich zur öffentlichen Trinkwasserversorgung), aber der Anteil aus privatwirtschaftlich genutzten Wasservorkommen am menschlichen Verzehr in Form von Getränken und Lebensmitteln liegt bei mehr als 25 % (Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V., 2020).

Grenzwertüberschreitungen im Trinkwasser durch Nitrate (UBA, 2019i), Pestizide und Schwermetalle (UBA, 2020c) sind in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen (UBA, 2015b). Sie kommen nur noch im Einzelfall vor und werden dort durch Technikinvestitionen der Wasserversorger vermindert. Allerdings nehmen Nachweise (durch verfeinerte Analysekapazitäten) und Einträge von relevanten Spurenstoffen aus beispielsweise kosmetischen und pharmazeutischen Produkten oder Industriechemikalien im Rohwasser (Grund- und Oberflächenwasser) und von Mikroverunreinigungen in verschiedenen Kompartimenten des Wasserkreislaufs zu und werden von Versorgern, Verbraucher*innen sowie von den Medien als zunehmendes Risiko betrachtet. Diese Risiken können zusätzliche kostenintensive Maßnahmen im Rahmen der Infrastruktur für die Trinkwasseraufbereitung erfordern (Deutscher Bundestag, 2012; Bundesrat, 2019).

In Deutschland werden jährlich knapp 5 Mrd. m³ Abwasser durch die öffentliche Abwasserentsorgung behandelt. Hinzu kommen ca. 5 Mrd. m³ Niederschlags- und Fremdwasser; 99,99 % davon in den rund 9.105 öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen (UBA, 2019b). Es gibt sowohl Trenn- als auch Mischwassersysteme, bei denen unbehandeltes Niederschlagswasser und Mischwasserüberläufe aufgrund der Einträge von Schadstoffen und Krankheitserregern insbesondere bei Starkregen Herausforderungen darstellen (Kreikenbaum, 2004). Die dreistufige Abwasserbehandlung ist für die Reduzierung von Nährstoffen optimiert, weshalb schwer abbaubare Schadstoffe (z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Spurenstoffe) sowie Schwermetalle nicht vollständig eliminiert werden (BMU & UBA, 2017). Hierzu sind eine Vielzahl an Maßnahmen möglich. Beispielsweise die Reduzierung bereits

an den Quellen oder technische Verfahren, um die Einträge nachträglich zu entfernen (UBA, 2018e).

Die Infrastrukturen brauchen weitere Investitionen, um ihre Funktionsfähigkeit zu erhalten. Laut einer Umfrage der DWA (2020) sind z. B. 7 % der Kanalnetze älter als 100 Jahre; Sanierungsbedarf ist häufig schon bei 30 Jahre alten Kanälen gegeben (Berger et al., 2015), auch wenn dieses von Material, Bauweise, Belastungssituation und Instandhaltung abhängt. Für die Kosten der Instandhaltung und Erneuerung von Rohrleitungen und weiterer Infrastruktur der Wasserversorgung in Deutschland wird geschätzt, dass ein Anstieg an Kosten entsteht und durch neue Finanzierungsmodelle oder -kombinationen getragen werden muss, wie in Kapitel 1.9 näher beschrieben wird.

Fernversorgungsnetze

Fernversorgungsnetze ermöglichen die Verteilung von Wasser in Gebiete, die ihren Wasserverbrauch nicht durch ortsnahe Wasserentnahmen decken können. Zum Ausgleich wird über Fernleitungen Wasser von sogenannten „Wasserüberschussgebieten“ in „Wassermangelgebiete“ transportiert.

Ein Beispiel für die Relevanz von Fernversorgungsnetzen ist die Bodensee-Wasserversorgung mit Trinkwasser für Menschen in großen Teilen Baden-Württembergs. Durch einen Anstieg des Wasserbedarfs wurde ein Leitungssystem zur Wasserverteilung vom Bodensee relevant. Seit 1958 werden Menschen in der Region so mit Trinkwasser versorgt, organisiert durch den Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung. Heute sind es insgesamt 183 Verbandsmitglieder (149 Kommunen und 34 Wasserversorgungszweckverbände), die an die Fernversorgung mit Wasser aus dem Bodensee angeschlossen sind und ca. 4 Millionen Menschen in 320 Kommunen werden auf diesem Weg in Baden-Württemberg mit Trinkwasser versorgt (Bodensee Wasserversorgung, 2021).

Quer- und Längsbauwerke in Gewässern

Ein naturbelassenes Fließgewässer ist stromaufwärts und stromabwärts, aber auch quer zum Strom bis in die begleitenden Auen für wandernde Gewässerorganismen frei passierbar und es findet dem Gefälle folgend ein ungehinderter Transport von festen und gelösten Stoffen statt. Diese freie Passierbarkeit wird unter dem Begriff „Durchgängigkeit“ zusammengefasst. In unserer Kulturlandschaft wird die Durchgängigkeit der Fließgewässer durch technische Bauwerke wie Stauanlagen, Wehre oder Deiche unterbrochen. Diese dienen beispielsweise der Wasserkraftnutzung, der Schifffahrt, der Trinkwassergewinnung, der Bewässerung, der Sohlenstützung, dem Hochwasserschutz oder der Erholung. Derzeit ist von einem Bestand von mindestens 190.000 Querbauwerken in Deutschland auszugehen (UBA 2015a, 2017c; AMBER 2020). Größerer Querbauwerke wie Talsperren verändern Fließgewässer nachhaltig. Ein Stausee gilt nach der WRRL als erheblich veränderte (Fließgewässer-) Wasserkörper.

Bezogen auf das gesamte deutsche Fließgewässernetz wird die Durchgängigkeit der Flüsse demzufolge an fast jedem zweiten Fließkilometer durch ein technisches Bauwerk beeinflusst (UBA, 2017c). Um die Bewirtschaftungsziele der EU-WRRL erreichen zu können, planen die Bundesländer und der Bund die Durchführung von mindestens 18.000 Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit an Querbauwerken (LAWA, 2019a).

Es ist nachgewiesen, dass die Wasserwirtschaft durch eine gewässerverträgliche Infrastruktur gestützt wird, die direkt oder indirekt den Erhalt des natürlichen Lebensraums Wasser und der dazugehörigen Prozesse ermöglicht (UBA, 2017c). Bei Modernisierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen hat die Verknüpfung und Wiedervernetzung der Gewässerlebensräume eine hohe Priorität. Dazu ist die Instandhaltung des Netzes Natura 2000 zu stärken, insbesondere der länderübergreifende Biotopverbund auszubauen (v. a. Bäche, Flüsse, Auen). Infrastruktur, die dem Schutz von Grund- und Oberflächengewässer dient sowie einen günstigen Erhaltungszustand der Arten und Lebensräume der Still- und Fließgewässer fördert, sollte mehr Beachtung finden: „Die Synergiewirkungen sind vielfältig. Intakte Gewässer und Auenlandschaften erbringen neben ihrem ökologischen Wert gleichzeitig einen bedeutenden gesellschaftlichen Nutzen als sogenannte „grüne Infrastrukturmaßnahmen“ zur Stärkung der Ökosystemleistungen – z.B. auch durch den Rückbau von Längsbauwerken – und wirken sich positiv auf den Rückhalt von Wasser (vorsorgender Hochwasserschutz) und Nährstoffen in der Aue, die Erosionsminderung, die Grundwasserneubildung sowie auf den Rückhalt von Treibhausgasen aus.“ (Bundesprogramm Blaues Band Deutschland, 2017).

Die Neuzulassung, Änderung oder Anpassung der Zulassung von Wasserinfrastrukturen oder deren Nutzungen ist auch unter Aspekten der Gewässerwiedervernetzung zu überprüfen. Die Prüfung der Verträglichkeit mit den Zielen der EU-WRRL und der FFH-Richtlinie ist essenziell.

Wasserkraftanlagen

In Deutschland werden gegenwärtig etwa 8.300 Wasserkraftanlagen betrieben, von denen circa 7.300 in das öffentliche Stromnetz einspeisen (Recherche Umweltbundesamt nach Theobald, 2011; GdWS 2017; MULE 2017; MULNV 2017; Reiss et al. 2017; SMUV 2017; TMUEN 2017; MELUND SH 2018; ML 2018; SMUL 2018; BNA 2019; LfU 2020; Richter & Linnenweber, 2021). Mit einem Anteil von 95 Prozent dominieren kleine Wasserkraftanlagen (Leistung < 1 Megawatt) den Bestand, wohingegen die 436 großen Anlagen (Leistung ≥ 1 Megawatt) 86 Prozent der Jahresarbeit aus Wasserkraft stellen (Keuneke, 2019). Die Gesamtzahl beinhaltet auch 31 Pumpspeicherkraftwerke, von denen 28 in Betrieb sind (BDW, o.D.).

Laufwasserkraftwerke sind grundlastfähig. Speicher- und v.a. Pumpspeicherkraftwerke tragen zur Bereitstellung von Regelernergie bei (Vollmer et al., 2012; Zdrallek, 2018). Günstige Bedingungen für die Wasserkraftnutzung finden sich in den abfluss- und gefällereichen Regionen der Mittelgebirge, der Voralpen und der Alpen sowie an allen größeren Flüssen. Über 80 Prozent des Wasserkraftstromes werden daher im Süden Deutschlands in Bayern und Baden-Württemberg erzeugt.

Die Wasserkraftnutzung in Deutschland blickt auf eine lange Tradition zurück. Der Wasserkraftanlagenpark in Deutschland weist zudem ein hohes Alter auf. Umfrageergebnisse im Rahmen der Erstellung der EEG-Erfahrungsberichte zeigen, dass 75 Prozent der Anlagen eine erstmalige Inbetriebnahme im Zeitraum zwischen 1887 und 1999 hatten. Die Mehrzahl der Anlagen (57 Prozent) mit einer Leistung größer 1 Megawatt („große Anlagen“) hat die durchschnittliche Nutzungsdauer von 60 Jahren überschritten (Fichtner, 2003; Anderer, Keuneke & Massmann, 2019). Die Betriebsgenehmigungen sind teilweise dauerhaft (sog. Altrechte) oder über lange Zeiträume erteilt (100 Jahre).

An alten und nicht erneuerten Anlagen besteht in der Regel ein technischer Modernisierungsbedarf, mit dem ein zusätzliches Energiegewinnungspotenzial verbunden sein

kann. Laut BMU (2010) werden gegenwärtig von dem bestehenden Potenzial etwa 80 % (20,9 TWh Regelarbeitsvermögen) genutzt. Ein weiterer Leistungszuwachs kann in erster Linie durch die Modernisierung oder die Leistungssteigerung an bereits bestehenden Wasserkraftanlagen erreicht werden. Fluss-Strom-Anlagen (Flussstrom Innovation, 2020) können innovative Ansätze bieten, aber die Energiegewinnung ist gering, und es gibt nur wenige geeignete große Binnengewässer in Deutschland (Anderer, Keuneke & Massmann, 2019).

Von Bedeutung sind die Auswirkungen der Wasserkraftnutzung für das Erreichen der Umweltziele beim Gewässer- oder Naturschutz und für die Fischerei. Mit der Erschließung eines Gewässers für die energetische Nutzung sind verschiedene Eingriffe in das Gewässer und die Landschaft verbunden, die Auswirkungen auf die abiotischen Umweltbedingungen haben und in der Folge die biologische, physikalische und chemische Funktionsfähigkeit der betroffenen Fließgewässer- und Auenökosysteme beeinträchtigen können. Als besonders wesentlich werden die Behinderung der Durchgängigkeit der Fließgewässer für Organismen und Feststoffe, die Schädigung von Organismen durch den Turbinenbetrieb und am Kraftwerksrechen sowie Lebensraumveränderungen infolge des Gewässeraufstaus und durch ungenügende Mindestwasserabflüsse in den Ausleitungsstrecken erachtet (UBA, 1998; UBA, 2001; Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2013; Seliger & Zeiringer 2018; Landesfischereiverband Bayern e.V., 2020). Im Rahmen der Umsetzung der EU-WRRL wird die Energiegewinnung aus Wasserkraft an 33 Prozent der Fließgewässer bzw. 45.000 Kilometern Fließstrecke von den Bundesländern daher als signifikante Belastung eingestuft. Im Ergebnis der Gewässerbewertung wurden der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial in dieser Fließgewässerstrecke zu 95 Prozent verfehlt und die Bewirtschaftungsziele der WRRL damit nicht erreicht (LAWA, 2016). Einige dieser Umweltwirkungen lassen sich durch geeignete Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit (WHG §34 Fischaufstieg), zum Fischschutz und Fischabstieg (WHG §35), zur Mindestwasserführung (WHG §33) oder zur hydromorphologischen Verbesserung verringern. Allerdings stößt die Umsetzung dieser im Wasserhaushaltsgesetz vorgesehenen Maßnahmen zur Verringerung der Umweltwirkung an ihre wirtschaftlichen Grenzen, je geringer die Stromproduktion der Wasserkraftanlage ausfällt. Dies kann zu Konflikten und interessenabhängig zu Problemen bei der Akzeptanz der Wasserkraftnutzung führen.

Das Fortbestehen von Rechten bei Wasserkraftanlagen ist unter anderem dafür verantwortlich, dass der Anlagenbestand in Bezug auf die Minderungsmaßnahmen nach WHG (§§ 33 bis 35) höchst modernisierungsbedürftig ist (UBA, 2021d). Für zahlreiche – vor allem große – Anlagen beträgt die Zulassungsdauer über 100 Jahre. In der Vergangenheit wurden auch unbefristete Zulassungen erteilt. Demzufolge werden zwei Drittel der Kleinwasserkraftanlagen in Deutschland auf Basis von unbefristeten Altrechten betrieben (STMUV, 2017; Theobald, 2011, berechnet auf Basis von 50% des Anlagenbestandes). Demgegenüber sind Genehmigungen, die nach dem Jahr 2000 erteilt wurden, i.d.R. auf 25 bis 50 Jahre befristet (Heimerl, 2005; Anderer, Keuneke & Massmann, 2019). Nach dem Ablauf einer Zulassung muss für die Fortsetzung der Gewässerbenutzung ein neuer Genehmigungsantrag gestellt werden, wodurch die Anforderungen an die Anlage und ihren Betrieb an die jeweils aktuelle Rechtslage angepasst werden können. In den nächsten Jahren und insbesondere zwischen den Jahren 2025 bis 2035 laufen viele der befristeten wasserrechtlichen Genehmigungen aus. (Heimerl, 2005; Keuneke, 2019). Die Modernisierungsrate durch auslaufende Rechte ist jedoch auch in Anbetracht der hohen Zahl von Altrechten nicht ausreichend, um das geltende Recht bis zum Jahr 2027, dem

Zeitpunkt an dem die Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie erreicht werden sollen, im Anlagenbestand umzusetzen (BMU, 2018). Die Notwendigkeit der gewässerökologischen und technischen Modernisierung des Wasserkraftanlagenparks bleibt daher auch auf längere Sicht bestehen. Davon betroffen ist auch die Zielerreichung für die FFH-Richtlinie.

Wasserkraftanlagen und deren Effizienzsteigerung sowie die Vergütung von Strom aus Wasserkraft können nur gefördert werden, wenn die Anforderungen des WHG (§§27 ff., 33–35) umgesetzt sind. Das Umweltbundesamt und das Bundesamt für Naturschutz stehen dem Neubau von Kleinwasserkraftanlagen wegen des ungünstigen Verhältnisses, einer geringen regenerativer Stromerzeugung zu oft negativen Auswirkungen auf die Fließgewässerdynamik der Gewässer-Auen-Verbindung und der Grundwasserverhältnisse kritisch gegenüber (UBA, 1998; UBA, 2001; BfN, 2017).

Maßnahmen für den Hochwasserschutz

Hochwasser sind natürliche Ereignisse. Sie werden allerdings oft in ihrem Verlauf durch den Menschen beeinflusst und so in ihren negativen Auswirkungen verstärkt. Durch Versiegelung von Flächen und Übernutzung von Böden, kann weniger Wasser versickern und größere Mengen an Wasser fließen an der Oberfläche ab, sodass höhere Schäden entstehen. Eingriffe, wie das Abschneiden von Altarmen und Überschwemmungsflächen durch ufernahe Deiche in den vergangenen Jahrhunderten, schränken die Fähigkeit des Wasserrückhalts und der Wasseraufnahme ein. (UBA, 2011).

Die Hochwasservorsorge wird durch den Bau und die Unterhaltung von Hochwasserschutzanlagen sowie durch die Sicherung und Wiederherstellung von Rückhalteflächen angegangen. Wasserwirtschaftliche Anlagen und infrastruktureller Hochwasserschutz sind zumeist so bemessen, dass sie Hochwasser mit einer definierten Wiederkehrzeit standhalten (z. B. HQ₁₀₀ bezeichnet ein Hochwasser, welches theoretisch einmal in 100 Jahren auftritt). Durch Veränderungen des Hochwasserverhaltens auf Grund des Klimawandels könnte das bisherige Bemessungshochwasser zukünftig häufiger erreicht oder überschritten werden. Das Schutzniveau bestehender Anlagen würde also sinken (MUKE BW, 2013).

Für den Hochwasserschutz wurden in der Vergangenheit diverse technisch geprägte (oder gebaute, „graue“) Wasserinfrastrukturen wie Talsperren oder Einrichtungen des technischen Hochwasserschutzes, wie Deiche und gesteuerte Polder erbaut. Im Laufe der letzten Jahre haben auch naturnahe oder natürliche („grüne“ und „blaue“) Infrastrukturen, z. B. Flussläufe, Gewässerentwicklungskorridore, Überschwemmungs- und Versickerungsflächen, und die Kombination von technischen und naturnahen Infrastrukturen zunehmend an Bedeutung gewonnen, insbesondere hinsichtlich ihres Beitrages zur nachhaltigen Bewirtschaftung des Wasserhaushaltes und zum Umgang mit Extremereignissen (BfN, 2017). Diese verschiedenen Infrastrukturen sind oft vielfältig miteinander vernetzt, sowohl strukturell als auch funktionell (u. a. hydrogeologisch).

Nur noch rund ein Drittel der ehemaligen Überschwemmungsflächen von Flüssen können bei großen Hochwasserereignissen überflutet werden. An den Strömen Rhein, Elbe, Donau und Oder sind an vielen Abschnitten gerade noch 10 bis 20 Prozent der ehemaligen Auen für Überflutungen erreichbar (BMU, 2015; BfN, 2021). Im Bericht zur Renaturierung von Auen 2015 wird festgehalten: „Die Rückgewinnung von Überschwemmungsflächen ist eines der wichtigsten

Ziele bei der Auenrenaturierung, und das nicht nur an den großen Flüssen, sondern auch an den vielen kleineren Zuflüssen und Bächen.” (BMU, 2015). Trotz wissenschaftlichem Konsens, dass die Bereitstellung von Flächen für Auen für deren Funktionen essentiell ist, schreitet die Auenrenaturierung nur langsam voran. Die Vergrößerung der überflutbaren Flussauen stieg im Betrachtungszeitraum von 1983 bis 2020 um rund 1,5 Prozent, schöpft aber noch nicht das berechnete Potenzial in einer Größenordnung von einigen zehntausend Hektar für die Wiederanbindung von Auenflächen aus. Aufgrund der großen Verluste in der Vergangenheit kann bei großen Hochwasserereignissen nach wie vor nur rund ein Drittel der ehemaligen Überschwemmungsflächen (morphologische Aue) an Flüssen überflutet werden (BfN, 2021).

Mittlerweile ist, auch aufgrund von Hochwasserkatastrophen, ein erhöhtes Verständnis zwischen Ober- und Unteranliegern entstanden, sodass sowohl lokale Schutzmaßnahmen ergriffen werden, aber auch so hingehend geplant wird, dass Flüssen insgesamt mehr Raum geboten wird. Dabei liegt Hochwasserschutz grundsätzlich in der Verantwortung der Länder, nicht des Bundes. Der Bund unterstützt aber die Umsetzung von überregional wirksamen Maßnahmen durch das Nationale Hochwasserschutzprogramm (LAWA, 2014). Daher variieren Modelle und Kriterien zur Wirkungsabschätzung von Hochwasserschutzmaßnahmen (BfG, 2020).

Maßnahmen für den Küstenschutz

Entlang der 12.000 km² Küstenniederungen der deutschen Nord- und Ostseeküste sind 1.471 km Küstenhauptdeiche erbaut. Durch den Anstieg des Meeresspiegels, der in den letzten 100 Jahre etwa 0,15 bis 0,20 m betrug, gewinnen die Deiche an Bedeutung und sind mit anderen Maßnahmen zunehmend wichtig. Mit regionalen Unterschieden wird angenommen, dass der Wasserstand an der deutschen Nord- und Ostseeküste Ende dieses Jahrhunderts zwischen 0,61 m und 1,10 m (Medianwert 0,84 m) im Vergleich zu 1990 steigen wird. Dadurch werden Sturmwasserstände in Zukunft deutlich höher ausfallen und der Meereswasserspiegel wird über das Jahr 2100 weiterhin deutlich ansteigen. Verschiedene Szenarien, wie das RCP8.5-Szenario sagen Anstiege des Meeresspiegels um mehrere Meter für die Zeit ab 2100 voraus, und auch wenn der exakte Anstieg und deren Auswirkungen nicht genau vorausgesagt werden können, ist es dennoch wichtig, die notwendigen Anpassungen die von den Küstenländern vereinbart worden sind schon jetzt in allen Planungen zu berücksichtigen (UBA, 2017c; LAWA, 2020b).

Wasserstraßen

Das deutsche Binnenwasserstraßennetz hat derzeit eine Länge von etwa 7.350 km (Binnenschifffahrt-Online, 2020). Der Klimawandel wird in Deutschland spürbare Auswirkungen auf die Gewässersysteme und die daran gebundene Infrastruktur haben, auch auf die Wasserstraßen. Die Schifffahrt auf den Binnenwasserstraßen wird durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässersysteme ebenfalls betroffen. Eine Folge sind Veränderungen im Abflussgeschehen. Faktoren und Randbedingungen bei der Unterhaltung und dem Ausbau der Wasserstraßen müssen mitgeplant werden, um die Einschränkungen der Tauchtiefen und der schiffbaren Tage zu verringern. Forschungsprogramme, wie das von der BMVI eingeleitete Ressortforschungsprogramm von 2007 untersuchen die Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt (KLIWAS, 2015), um adäquate Anpassungsoptionen zu identifizieren. Die Quantifizierung von Klimafolgen für Entwurf und Bemessung von

Wasserbauwerken im Kontext mit hydraulischen und morphologischen Fragen ist ein drängendes Forschungsthema, um vorbeugende Maßnahmen einzuleiten (KLIWAS, 2015).

Investitionsentscheidungen zur Erneuerung und Ausbau von Infrastrukturen müssen diese Auswirkungen miteinbeziehen, um die von einer langen Nutzungsdauer geprägte, gebaute Infrastruktur zukunftsfähig zu gestalten. Dies gilt auch, um die negativen Auswirkungen auf die Wirtschaft zu minimieren: der Hafenbetrieb, die Lagerwirtschaft und die Industrie, die von den Massentransporten per Wasserweg angewiesen sind (LAWA, 2017).

Das BMVI hat 2007 ein Ressort-Forschungsprogramm zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt und der Entwicklung von Anpassungsoptionen (KLIWAS) initiiert. Durch diese angewandte Vorlauforschung wurden erste Werkzeuge und Instrumente (Modellketten), insbesondere für langfristige Klima- und Gewässerprojektionen, entwickelt, die die Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler und lokaler Ebene für Planer und Entscheider belastbarer abbilden und die nun sukzessive operationalisiert, verstetigt und kontinuierlich erweitert werden (KLIWAS, 2015).

Die Folgen des demografischen Wandels

Der demografische Wandel in Deutschland hat zur Folge, dass die Gesellschaft zunehmend älter wird. Der Trend einer niedrigen Geburtenrate besteht seit den 1970er-Jahren und wird durch Zuwanderung von Menschen aus dem Ausland relativ kompensiert, mit starken regionalen Variationen (Destatis, 2021). Der Trend der Landflucht und der Bevölkerungsrückgang prägen in der Wasserwirtschaft hauptsächlich die Anforderungen der Wasserver- und Abwasserentsorgung.

Die Effizienz städtischer Infrastrukturen ist grundsätzlich von der Bevölkerungsdichte abhängig, insbesondere bei raumbezogener, technischer Infrastruktur wie Wasserver- und Abwasserentsorgung, sodass in schrumpfenden Gebieten deshalb mit Effizienzverlusten zu rechnen ist (Hillenbrand et al., 2009). Infrastrukturen sind häufig durch hohe Kapitalintensität und lange Nutzungsdauer von Infrastrukturteilen gekennzeichnet. Dadurch ist eine vorausschauende Planung unumgänglich, wie am Beispiel Abwasserentsorgung und den sich veränderten Umweltbedingungen zu erkennen ist. Wenn Anlagen zur Abwasserbehandlung nur geringe oder mittlere Auslastungen haben, werden technische oder betriebliche Anpassungen notwendig. Aufgrund der hohen Fixkostenanteile im Bereich der Wasserinfrastruktur sowie des höheren spezifischen Betriebsaufwands (Hillenbrand et al., 2009) fallen oft höhere einwohnerbezogene Kosten an.

Die Folgen des Klimawandels

In Deutschland ist in den nächsten Jahrzehnten mit temporären Beeinträchtigungen der Roh- und Trinkwasserqualität zu rechnen. Extremereignisse, wie längere Trockenperioden oder starke Hochwasser werden zukünftig sowohl häufiger als auch mit höherer Intensität auftreten (Karthe et al., 2017). Im Falle extremer Niederschlagsereignisse und Hochwasser kann die Rohwasserqualität durch Belastungseinträge zeitweise stark reduziert werden (z. B. in Folge von Mischkanalisationsüberläufen oder durch Einschwemmung tierischer Fäkalien aus der Landwirtschaft). Gebiete, in denen Oberflächenwasser (z. B. aus Talsperren) die Grundlage der Wasserversorgung bildet, sind dadurch besonders gefährdet. Parallel können langanhaltende Trockenperioden die Abflussmengen in Oberflächengewässern deutlich reduzieren. Die Folge

ist, dass der relative Anteil von Kläranlagenabläufen in Gewässern ansteigt (UBA, 2018d), was ebenfalls erhöhte Konzentrationen von nicht erwünschten Stoffen zur Folge hat.

Die Herausforderungen durch den Klimawandel und die Überalterung variieren je nach Region und unterscheiden sich außerdem zwischen städtischen und ländlichen Regionen. Laut Karthe et al. (2017) sollten Entwicklungen und Auswirkungen von energiepolitischen Entscheidungen mitgedacht werden. Die verschiedenen Faktoren sind dynamisch und hängen in starkem Maße voneinander ab, sodass den komplexen Problemen entsprechend begegnet werden muss. Zusätzlich wird Planung erfordert, um physikalische Gegebenheit (z. B. Salzwasserintrusion in einen Süßwasseraquifer) mit gesellschaftlichen Fragestellungen (z. B. Bevölkerungsentwicklung, technologischer Fortschritt und rechtliche Rahmenbedingungen) parallel anzugehen. Um sich umfassend mit dem klimatischen und demografischen Wandel auseinanderzusetzen, ist eine integrative, interdisziplinäre Betrachtung erforderlich (Karthe et al., 2017).

Digitalisierung

Ein weiterer wichtiger Punkt für die nachhaltige Entwicklung der deutschen Wasserwirtschaft ist das Vorantreiben der Digitalisierung. Die Arbeitsdefinition einer UBA-Studie 2019 beschreibt: „Wasserwirtschaft 4.0 beinhaltet die Nutzung von Digitalisierung und Automatisierung in Verwaltung, Planung und allen physikalisch-chemischen Prozessen zum Schutz und der nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser, zur Versorgung von Haushalten, Industrie und Landwirtschaft und zum Schutz vor wasser- und gewässerbedingten Risiken.“ Trotz der dafür nötigen, sich überschneidenden und in viele verschiedene Bereiche übergreifenden systematischen Veränderungen und Voraussetzungen, können die grundsätzlichen Anforderungen dieser Entwicklung durch die Definition festgehalten werden. In der Praxis werden bei der Wasserver- und Abwasserentsorgung, beim Hochwasserschutz und bei der Kopplung von Sektoren durch Modellierung und Automatisierung verschiedene Prozesse modernisiert. Ziel ist es, die Effizienz und Effektivität bestehender Prozesse zu verbessern und neue Prozesse einzuleiten, die Nutzung von Synergien zu ermöglichen und verschiedene Sektoren zu verkoppeln. Diverse Koordinationsmöglichkeiten wie Arbeitsgruppen (z. B. LAWA) und Koordinierungskreise (z. B. der Lenkungsgruppe der Präsidenten der Landesumweltämter) nehmen an der Kopplung neuer, technischer Prozesse mit Verwaltungsprozessen teil und treiben diese voran, insbesondere auf kommunaler Ebene. Dies würde die engere Zusammenarbeit von wasserwirtschaftlicher Planung und deren Umsetzung erleichtern. Einzelne Komponenten der Wasserwirtschaft 4.0 sind unterschiedlich weit entwickelt. Konkrete, auch in der Praxis bereits umsetzbare 4.0-Anwendungen im Bereich der Anlagensteuerung, bei Starkregenereignissen (UBA, 2021i) oder im Bereich der behördlichen Kontrolle und Überwachung (z. B. zur Reduzierung von Stoffeinträgen in Gewässer) werden noch nicht ausgeschöpft (UBA, 2019c).

Der Stadtumbau erfordert aber auch Augenmaß, da die Bestandsinfrastruktur zu großen Teilen weiter nutzbar ist. Auch die Erweiterung der IT-Infrastruktur und die damit einhergehenden Veränderungen müssen angegangen werden (Difu, 2017).

Es ist nicht immer möglich, bei allen Maßnahmen den vielfältigen Anforderungen gleichzeitig dienen zu können, weil zum Beispiel durch die Einführung von besseren oder ergänzenden Behandlungsverfahren im Bereich Abwasser und Trinkwasseraufbereitung neue Infrastruktureinheiten und ein höherer Energieaufwand erforderlich sind. Deshalb ist es umso

wichtiger anzuerkennen, dass Infrastrukturen häufig durch hohe Kapitalintensität und lange Nutzungsdauer von Infrastruktureinheiten gekennzeichnet sind. Dadurch ist eine vorausschauende Planung unumgänglich, um technische oder betriebliche Anpassungen ernst zu nehmen, oder höhere spezifische und einwohnerbezogene Kosten aufgrund des hohen Fixkostenanteils im Bereich der Wasserinfrastruktur sowie aufgrund des spezifischen Betriebsaufwands zu ermöglichen (Hillenbrand et al., 2009). Kontinuierliche Investitionen, wie im Kapitel 1.9 im Detail erklärt wird, wirken dem Veralten und Wertverfall von bestehender Infrastruktur entgegen und ermöglichen neue, intelligentere Infrastrukturkonzepte.

1.3 Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufe verbinden

Zwischen Wasser und Energie gibt es viele Schnittstellen, z.B. die Nutzung von Energie, um Wassermanagementsysteme zu bewirtschaften, die Nutzung von Energie bei der Verwendung von Wasser (Endnutzer), und die Nutzung von Wasser zur Energiegewinnung. In der Energieversorgung (primär zur Kühlung) werden gegenwärtig über 50 % der gesamten Wasserentnahmen in Deutschland genutzt (UBA, 2020f). Mit zunehmendem Umbau der Energieversorgung hin zu regenerativen Energien im Strom- und Wärmesektor und dem Ausstieg von Kohle- und Atomenergie wird eine deutliche Reduzierung der Kühlwasserentnahmen um 50–60 % bis 2030 und 70–85 % bis 2050 erwartet. Der Energiebedarf der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung liegt bei etwa 1,5 % des Gesamtprimärenergieverbrauchs (Bormann et al., 2020).

Energieeffiziente Wassergewinnung kann im Bereich Pumpen, Brunnen und Brunnengalerien etwa durch neue Techniken, andere Prozesse und Verfahren (Pinnekamp et al., 2017), und Wartung oder Veränderungen im Management erreicht werden. Bei der Warmwassererzeugung können Solarkollektoren zur Wassererwärmung (und für andere Nutzungen wie etwa Heizungsunterstützung) angewandt werden.

Verschiedene Maßnahmen wie Gebäudekühlung, Brauchwasserbereitstellung, Bewässerung von Gärten sowie Dach- und Fassadenbegrünungen können kombiniert und durch intelligente Systeme unterstützt werden, um die Synergien besser zu nutzen. Administrative und operative Hürden müssen gezielt abgebaut werden (Difu, 2017). Die strenge Auslegung des Anschluss- und Benutzungszwangs für zentrale Infrastrukturen ist als ein Beispiel dieser Hürden zu nennen. Bei dieser kommunalrechtlichen Bestimmung wird durch die Satzung verfügt, dass Grundstücke an die örtliche Wasserversorgung angeschlossen werden. Wasserversorger*innen haben sogar ein rechtliches Monopol, wodurch hauptsächlich große Industriekunden daran gehindert werden, ihren betrieblichen Bedarf über eigene Brunnen abzudecken. Dies hat zur Folge, dass durch die zweckgebundene Versorgung in einem Bereich kaum bereichsübergreifende Synergien genutzt werden können (Bundeskartellamt, 2016).

Unterirdische Wärme- und Kältespeicherung

Für die Transformation der Wärme- und Kälteversorgung auf erneuerbare Energiequellen im Zuge der Energiewende werden neue Methoden und Techniken zur Energiespeicherung benötigt. Grundwasserleiter haben ein großes Potenzial zur thermischen Speicherung. Technisch gesehen erfolgt die Wärmespeicherung im Untergrund mittels Erdwärmesonden oder durch Einspeisung von erwärmtem Wasser in Aquifere, sie wird in Deutschland aus unterschiedlichen Gründen bislang nur in begrenztem Umfang realisiert. Regenerativ erzeugte Energie aus fluktuierenden oder auch aus anderen Quellen kann sowohl kurzfristig als auch

saisonal in Form von Wärme gespeichert werden. Gegenüber obertägigen Speicherbehältern oder -becken lassen sich im Untergrund deutlich größere und kostengünstigere Speicher errichten. In der Zukunft kann Wärme aus der Gebäudeklimatisierung, die im Rahmen des anstehenden Klimawandels zunehmen wird, sowie Prozesswärme und Abwärme in unterirdischen saisonalen Wärmespeichern zwischengespeichert werden, um beispielsweise den Wärmebedarf im Winter decken zu können (AG Hydrologie Kiel, 2017).

Die thermische Nutzung von Grundwasser kann jedoch in Konkurrenz mit einer wasserwirtschaftlichen Nutzung und dem Schutz ökologischer Funktionen stehen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Temperaturänderungen Einfluss auf die mikrobiologische Aktivität und Mineralausfällungen haben können. Besonders für eine Nutzung saisonaler Wärme- und Kältespeicher heißt das, Bedingungen zu schaffen, die erstens dem Schutz des Grundwassers nicht zuwiderlaufen und zweitens eine energetische Nutzung des Untergrunds ermöglichen, um umweltfreundlich und nachhaltig Energie zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung dafür sind ein Wärmemanagement und Raumordnung (UBA, 2015c) im städtischen Untergrund im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Steigerung der Energieeffizienz bei Kläranlagen

Kläranlagen bieten ein hohes Potenzial Energie einzusparen und CO₂-Emissionen für die Strombereitstellung zu reduzieren. Gegenwärtig werden die Einsparpotenziale allerdings noch nicht ausreichend umgesetzt (UBA, 2021f). Besonders vielversprechend sind die Umrüstung auf eine energiesparendere Belüftung der Belebungsbecken sowie der Einsatz energieeffizienter Pumpen und Rührwerke. Sie sind Hauptansatzpunkte für die energetische Optimierung.

Allerdings ist anzumerken, dass die städtische Wasserwirtschaft nur einen sehr geringen Teil der Gesamt-Energienutzung Deutschlands ausmacht, aber die Energiegewinnung und -einsparung in der Abwasserbehandlung auf lokaler Ebene hohe Potenziale für Effizienzgewinne und Kosteneinsparungen aufweisen. „Die geförderten Projekte [des Förderschwerpunktes „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ im Umweltinnovationsprogramm] haben gezeigt, dass Stromeinsparungen in der Größenordnung von 10 bis 20 % möglich sind und die einwohnerspezifische Stromerzeugung aus Faulgas sogar im Mittel um 45 % gesteigert werden konnte, ohne dass es zu Verschlechterungen der Reinigungsleistung kam. Die Stromeinsparungen wurden vor allem im Bereich der Maschinenteknik und Prozess-Steuerung der biologischen Reinigungsstufe erzielt, aber auch durch Vernetzung und Einsatz künstlicher Intelligenz. Maßgeblich für die Effizienzsteigerung waren weniger der Einsatz völlig neuer Verfahren als vielmehr die Optimierung und innovative Kombination bekannter und neuartiger Verfahren mit Blick auf Energieeffizienz und Ressourcenschutz“ (Haber Kern & Retamal Pucheu, 2020).

Weitere Maßnahmen zur CO₂-Neutralität können getroffen werden, wie z. B. Kofermentation und Nutzung von Solar- und Windenergie. Durch den in Power-to-Gas-Anlagen freigesetzten Sauerstoff kann die Behandlungsleistung erhöht bzw. bei Ozonierung in der 4. Reinigungsstufe eingesetzt werden, wie zum Beispiel in Rheinland-Pfalz (SWT, 2013).

Neue technische Verfahren zur zusätzlichen Behandlungsleistung von Kläranlagen können auch dazu führen, dass sich der Stromverbrauch erhöht. So zeigt sich, dass durch den Einbau der vierten Reinigungsstufe der Energiebedarf der Anlagen um durchschnittlich 5–30% erhöht wird, aber je nach Anlage auch um 50 % steigen kann. Effizienzgewinne können diesen erhöhten

Stromverbrauch allerdings ausgleichen (BMU & UBA, 2020). Bislang sind 28 Kläranlagen um eine vierte Reinigungsstufe ergänzt worden, in Bau/Planung befinden sich weitere 56 (LAWA, 2020a).

Im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms unterstützt das Bundesumweltministerium innovative Projekte zur Erreichung der Energieeffizienz auf Kläranlagen (BMU, 2017a). Zudem unterstützte das BMBF im Rahmen der ERWAS-Fördermaßnahme (BMBF, o.D.) zwölf Verbundforschungsvorhaben (Projektlaufzeit 2014–2017) mit über 80 Institutionen aus Wissenschaft und Praxis für Lösungsansätze für einen effizienteren und sparsameren Umgang mit Energie sowie Wege für eine bessere Nutzung vorhandener Ressourcen zur Energieerzeugung in der Wasserwirtschaft zu finden.

Abwasserwärmenutzung in Gebäuden

Mit dem Ableiten des Abwassers aus Gebäuden in die Kanalisation geht Wärme verloren. Diese kann mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen zur effizienten Wärmeversorgung (Wasser und Heizung) von Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden oder öffentlichen Einrichtungen beitragen. Die Wärme kann dem Abwasser entweder direkt im zu beheizenden Gebäude, im Abwasserkanal oder aus dem behandelten Abwasser auf der Kläranlage entzogen werden. Das Verfahren lässt sich auch „umkehren“ und kann zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden. Bei entsprechenden Voraussetzungen sind Anlagen zur Abwasserwärmenutzung bereits heute wirtschaftlich konkurrenzfähig. Bei der Planung von Heizungsanlagen mit regenerativer Energie sollte die Möglichkeit der Nutzung von Abwasserwärme einbezogen werden (BMU, 2017a).

Abwasser aus Kläranlagen als Rohstoff und Energiequelle

Abwasser ist eine Rohstoff- und Energiequelle. Energiegewinnung aus Abwasser kann auf verschiedenen Wegen erfolgen: a) Nutzung der Wärme des städtischen und industriellen Abwassers (EAWAG, 2004), b) Energiegewinnung durch Vergärung des Klärschlammes und der anschließenden Nutzung des entstehenden Klärgases, wie z. B. beim Ruhrverband (Ruhrverband, o. D.) und c) die Verbrennung von Klärschlamm (Schnell et al., 2018). Weitere Technologien sind in der Entwicklung, z. B. bio-elektrochemische Brennstoffzellen (IWR, 2020). Die energetische Nutzung des Klärgases ist auf zahlreichen Anlagen bereits etabliert. Zur Nutzung der Wärme gibt es Initiativen von Forschung, Abwasserentsorgern und aus der Privatwirtschaft. Der Entzug von Wärme aus dem Abwasser darf aber nicht dazu führen, dass die Reinigungsziele nicht erreicht werden können (z. B. liegen die Grenzwerte für die Stickstoffelimination aus dem Abwasser bei 12 °C); bei einem solchem Risiko können Wärmeentnahmen auch hinter den Reinigungsprozess geschaltet werden.

Die Stromerzeugung durch Faulgasgewinnung und -verwertung ist ein weiterer wichtiger Aspekt, um CO₂-Emissionen von Kläranlagen zu senken. Im Jahr 2015 waren in Deutschland etwa 1.250 Kläranlagen mit Faultürmen zur Faulgasgewinnung ausgestattet und erzeugten 1.395 Gigawattstunden Strom. Damit kann bereits heute etwa ein Drittel des gesamten auf Kläranlagen verbrauchten Stroms durch die Faulgaserzeugung gedeckt werden. Die Energiegewinnung aus Abwasser (Klärgas) verzeichnet einen Aufwärtstrend (Destatis, 2020a) von 1–2 % jährlich.

Aus dem nach der Faulung anfallenden Faulwasser kann Ammonium/Ammoniak zur Düngerherstellung (z. B. Ammoniumsulfat) gestrippt, d. h. ausgetrieben werden. Bei diesem Prozess können ca. 90 % des vorhandenen Ammoniums/Ammoniaks aus dem Faulwasser z. B. in Dünger umgewandelt und der Landwirtschaft zur Verfügung gestellt werden (Haberkern & Retamal Pucheu, 2020).

Derzeit bleiben die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe noch häufig ungenutzt. Phosphor und Stickstoff können beispielsweise zur Herstellung von Dünger verwendet werden. Prozesswasser aus der Schlammbehandlung ist auf einer Abwasserbehandlungsanlage am besten für die Anwendung von Verfahren zur Stickstoff-Rückgewinnung geeignet. Bei den Technologien sind die Verfahren Luftstrippung, Membrandestillation und Magnesiumammoniumphosphat-Fällung bereits großtechnisch einsetzbar. Die Kosten dafür können jedoch derzeit noch für kein Verfahren durch die generierten Erlöse abgedeckt werden. Hinsichtlich der ökologischen Bewertung zeigte sich, dass der Einsatz von Chemikalien und die thermische Energie die größten Anteile an den Treibhausgas-Emissionen verursachen. Bei einer umfassenden Betrachtung eines neuartigen Kläranlagenkonzeptes könnte die Stickstoff-Rückgewinnung gemeinsam mit einer erweiterten Vorklärung zur Erhöhung des Biogasertrages Anwendung finden (Garstenauer, 2018). Abgesehen von Stickstoffrückgewinnung, kann auch Phosphor als wertvoller Nährstoff aus der Abwasserwirtschaft genutzt werden, etwa für die Produktion von Dünger. Dies könnte da zuführen, die jährlichen Phosphorimporte um etwa die Hälfte einzusparen (UBA, 2017b). Die Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung - AbfKlärV) setzt schadstoffseitige Anforderungen an die Verwertung von Klärschlämmen, um diese für landwirtschaftlich genutzte Böden tauglich zu machen. Die Verordnung schreibt außerdem Vorgaben zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen und Klärschlammverbrennungsaschen fest. Betreiber*innen von Abwasserbehandlungsanlagen und Klärschlammverbrennungsanlagen sind spätestens ab dem Jahr 2029 verpflichtet, unter bestimmten Bedingungen Phosphorrückgewinnung zu betreiben (BMJV, 2017).

Eine Weiterentwicklung und Implementierung geeigneter Phosphor-Rückgewinnungstechniken aus Abwasser bzw. Klärschlamm oder Klärschlammmasche, als auch von Stickstoff (Ammoniak), trägt zur Ressourcenschonung und zu einer nachhaltigen Abwasserwirtschaft bei (UBA, 2017b). Erste Verfahren mit hohen, den kommenden gesetzlichen Anforderungen genügenden Rückgewinnungsquoten sind in der großtechnischen Umsetzung (vergl. Klärschlammverordnung). Gleichzeitig könnten somit Nährstoffeinträge in die Gewässer, also z. B. in Flüsse und ins Meer, verringert werden. Des Weiteren kann das Abwasser als Wärme- und Kältequelle verwendet werden.

Das mit Abstand höchste Einsparpotenzial liegt bei der Belüftung (UBA, 2021f), die mit der heute verfügbaren Technik einen spezifischen Verbrauchswert von 10 kWh/(E*a) bzw. 40 % des Gesamtverbrauchs einer optimierten Kläranlage erreicht.

In Hinsicht auf den Klimawandel und das Anstreben von Dekarbonisierung in allen Bereichen besteht Unsicherheit, was die Zukunft der Gaswirtschaft und der Flexibilität von Energiequellen angeht, das beschränkt die Planung der Abwasserwirtschaft (UBA, 2021f). Dabei weisen Klärwerke mit Hinsicht auf die Stromerzeugung aus den Blockheizkraftwerken als auch ihren Stromverbrauch, ein recht hohes Maß an Flexibilität auf (UBA, 2021j). Mithilfe von einem Ausbau an Aggregatoren und einer engeren Abstimmung mit anderen Bereichen, kann die

Abwasserwirtschaft einen Beitrag zur Energieproduktion und zum weiteren Umstieg auf erneuerbare Energien leisten.

Die Studie (UBA, 2021f) hält fest, dass zurzeit aufgrund von fehlenden Messausstattungen zu selten Energiekennzahlen aus kommunalen Klärwerken gesammelt und übermittelt werden, was die Umsetzung von Maßnahmen lähmt. Ein weiterer Hinderungsgrund für den Ausbau der Synergien ist die Dauer der Umsetzung: Eine vollständige Umsetzung erkannter Optimierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Austauschzyklen in der Maschinen- und Elektrotechnik nimmt etwa 10 Jahre in Anspruch.

Wasserwiederverwendung

Die Nutzung von aufbereitetem Wasser kann eine alternative Wasserquelle darstellen und zu einer Schonung begrenzter Wasserressourcen beitragen. In Ländern mit Wasserknappheit ist die Wasserwiederverwendung (Water Reuse) schon gängige Praxis (Pistocchi et al., 2017). Mindestanforderungen für die Aufbereitung von kommunalem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung werden seit 2020 durch die EU-Verordnung 2020/741 (Europäische Kommission, 2020b) geregelt, die 2023 Gültigkeit erlangen wird.

Um mögliche Risiken durch abwasserbürtige Schadstoffe und Krankheitserreger zu erfassen und zu vermeiden, ist ein systematisches Risikomanagement erforderlich, wie es auch durch die EU-Verordnung vorgesehen ist.

Neben der landwirtschaftlichen Bewässerung bestehen Potenziale für weitere Anwendungen, wie bspw. für die Bewässerung von Grünflächen und Parks.

1.4 Risiken durch Stoffeinträge minimieren

Zustand der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Küstengewässer

Die Belastung der Gewässer mit anthropogenen Stoffeinträgen ist in Deutschland in den letzten Jahrzehnten zum Teil deutlich zurückgegangen. Sie ist aber immer noch so hoch, dass der „gute chemische Zustand“ und der „gute ökologische Zustand“ der Oberflächengewässer in Deutschland gemäß der EU-WRRL flächendeckend verfehlt werden. Der chemische Zustand in Oberflächengewässern wird anhand von europaweit einheitlich geregelten Anforderungen bewertet. Diese umfassen Umweltqualitätsnormen für 45 prioritäre Stoffe (Richtlinie 2013/39/EU) zur Bewertung des chemischen Zustands und Umweltqualitätsnormen für flussgebietspezifische Schadstoffe für die Bewertung des ökologischen Zustands sowie den Grenzwert für Nitrat nach der Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG).

Grund für die flächendeckenden Zielverfehlungen in den Oberflächengewässern ist die Überschreitung der Normen von anthropogen verursachten und ubiquitär vorkommenden Stoffen (insb. Quecksilber, bromierte Diphenylether). Die Zustandsbewertung war deswegen 2015 deutlich schlechter als noch 2009, als diese Stoffe noch nicht in die Bewertung eingingen. Auch Heptachlor, Perfluoroktansäure (PFOA), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Tributylzinn (TBT) verursachen in zahlreichen Oberflächenwasserkörpern Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen. Die flächendeckende Zielverfehlung des chemischen Zustands in den Oberflächengewässern resultiert aus erhöhten Quecksilberkonzentrationen, die u.a. bei der Verbrennung fossiler Energieträger in die Atmosphäre gelangen und sich ausbreiten. Durch Auswaschung gelangen Schadstoffe auf Boden-

und Wasseroberflächen (atmosphärische Deposition)², reichern sich im Sediment an und gelangen so in die Nahrungskette; Quecksilber konnte im Muskelfleisch von Fischen nachgewiesen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass in allen Flussgebieten die Konzentrationen erhöht waren (BMU & UBA, 2016).

Beim Grundwasser gelten ebenfalls europaweit einheitliche Normen. So schreibt die EU-Grundwasserrichtlinie (EU-GWRL) für Nitrat, Pflanzenschutzmittel, Biozide und deren relevante Metaboliten verbindliche Umweltqualitätsnormen und für elf weitere Substanzen die Festlegung nationaler Schwellenwerte vor. In Deutschland verfehlen gemäß den zweiten Bewirtschaftungsplänen der WRRL 35 % der Grundwasserkörper den „guten chemischen Zustand“ entsprechend der EU-WRRL, vor allem wegen zu hoher Nitratkonzentrationen, die überwiegend aus der Landwirtschaft stammen. Von den als „schlecht“ eingestuften Grundwasserkörpern verfehlen knapp 74 % die Bewirtschaftungsziele wegen zu hoher Nitratkonzentrationen. In 23 % der Grundwasserkörper, die den „guten chemischen Zustand“ verfehlen, werden steigende Trends von Schadstoffkonzentrationen ermittelt. Lediglich 4 % der Grundwasserkörper im „schlechten chemischen Zustand“ zeigen hingegen eine Trendumkehr und 33 % der Messstellen eine Abnahme der Nitratkonzentrationen. Für 74 % aller Grundwasserkörper in einem „schlechten chemischen Zustand“ kann keine, beziehungsweise nur eine ungesicherte Trendaussage getroffen werden, da nicht überall ausreichend lange Zeitreihen über Nähr- und Schadstoffgehalte vorliegen (BMU & UBA, 2016).

Auch die Küstengewässer von Nord- und Ostsee weisen flächendeckend nicht den guten Zustand auf (siehe dazu Kapitel 1.8).

Nährstoffe

Die Belastung der Gewässer ist sehr heterogen und hängt von natürlichen Faktoren (z. B. geogene Hintergrundbelastung und Hydrogeologie) und von den menschlichen Nutzungen ab. So sind Oberflächenwasserkörper vielfach noch erheblich mit den Nährstoffen Phosphor und Stickstoff belastet, die in unterschiedlichen Anteilen aus punktuellen (kommunale Kläranlagen) und diffusen Quellen (vorrangig aus der Landwirtschaft) stammen.

Der kontinuierliche Eintrag von Nährstoffen aus Kläranlagen belastet die Gewässer insbesondere in Zeiten eines geringen Abflusses. Von den Stickstoffeinträgen in die Oberflächengewässer verursacht die Landwirtschaft fast 80 % und trotz sinkender Düngemengen (Statista, 2020) hinterlässt die deutsche Landwirtschaft jährlich im Durchschnitt einen Überschuss von rund 90 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (UBA, 2019f). Auch beim Phosphor stammt die Hälfte der Einträge von landwirtschaftlichen Flächen, da der Phosphoreintrag aus Kläranlagenabläufen durch die Behandlung des Abwassers deutlich verringert wurde (UBA, 2017a). Hohe Nährstoffeinträge finden sich insbesondere in Regionen mit hohem Tierbesatz und einem Überschuss an Gülle. Überbetriebliche Güllekooperationen und überregionale Gülletransporte können den Nährstoffanfall nicht ausreichend reduzieren (UBA, 2019i).

² Die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe (EU) 2016/ 2284 soll hier zu einer deutlichen Reduktion bestimmter Luftschadstoffe führen. Diese umfassen: Stickstoffoxiden (NO_x), flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan), (NMVOC), Schwefeldioxid (SO₂), Feinstaub (PM) und Ammoniak (NH₃). Der Ausstoß von anderen industriellen Schadstoffen ist zudem über die Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU geregelt.

Gewässerrandstreifen dienen der Verbesserung der ökologischen Funktionen von Oberflächengewässern und insbesondere zur Verminderung von Stoffeinträgen aus angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen bzw. diffusen Quellen (WHG §38). Weniger als 40 % der Gewässer an landwirtschaftlich genutzten Flächen waren 2010 mit dauerhaft bewachsenen Randstreifen ausgestattet. Gewässerrandstreifen sind für den Erhalt und die Verbesserung der ökologischen Funktionen von Oberflächengewässern essentiell. Mit Daten aus 11 Bundesländern, die gemeinsam mehr als 90% der Oberflächengewässer an Landwirtschaftsflächen umfassen, wurde errechnet, dass 2016 ein leichter Anstieg auf 47,1% zu verzeichnen ist, weil die Gebiete mit einer Randstreifenbreite von mindestens 5 Metern um 9,4% gestiegen sind. Allerdings ist dieser Fortschritt von 2016 nur eine Annäherung an den Zielerreichungsgrad von 80%, der für 2018 angestrebt wird (BMEL, 2020a).

Einträge von Nitrat aus der Landwirtschaft verursachen zudem Grenzwertüberschreitungen im Grundwasser. Laut des Nitratberichtes 2020 vom BMU zeigt sich, dass für die Mittelwerte der Anteil der schwach bzw. stark abnehmenden Messstellen mit 36,7 % gegenüber dem Anteil von 23,6 % der Messstellen mit schwach bzw. stark zunehmenden Nitratkonzentrationen überwiegen (BMEL [Hrsg.], 2020b). Auch die Küstengewässer und Meere sind von Nährstoffüberschüssen betroffen, die vorrangig über die Zuflüsse aber auch über die Luft eingetragen werden (siehe Kapitel 1.8).

Pflanzenschutzmittel und Biozide

In Regionen mit intensiver Landwirtschaft finden sich häufig hohe Belastungen mit Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln, darunter zugelassene Stoffe (z. B. Chloridazon), aber auch solche, die mittlerweile keine Zulassung mehr haben (z. B. Chlorpyrifos, Diuron, Isoproturon).

2019 wurden 288 Wirkstoffe in 932 zugelassenen Pflanzenschutzmitteln eingesetzt (UBA, 2021f). Seit 2006 werden zwischen 30.000 und 35.000 t Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in der deutschen Landwirtschaft pro Jahr eingesetzt (UBA, 2018a). Pflanzenschutzmittel wirken toxisch auf Organismen, die Kulturpflanzen schädigen können. Allerdings ist die Wirkung der meisten Mittel nicht auf diese Organismen beschränkt. Es können auch andere Tier- und Pflanzenarten geschädigt werden und somit nachteilige Auswirkungen auf die Ökosysteme resultieren, wie beispielsweise das flächendeckende Bienensterben, der Insektenrückgang (z.B. Seibold et al. 2019) und die ausbleibende Wiederbesiedlung landwirtschaftlich geprägter Gewässer durch den erhöhten Einsatz von Pestiziden.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde durch automatisierte Beprobung nach Regenereignissen und Bewertung des Organismenbestandes klar, dass Abtragsereignisse von Pestiziden erhebliche Wirkungen auf die Organismen kleiner Gewässer in der Agrarlandschaft haben. Es wurde festgestellt, dass 26 % aller untersuchten Fließgewässer die aus Sicht der Zulassung akzeptablen Konzentrationen (englisch: regulatory acceptable concentrations, kurz RAC) überschreiten (Schäffer et al., 2018). Neuere Messungen im Zeitraum von 2018/2019 belegen dies sogar für mehr als 70% der Kleingewässer (UFORDAT, 2021). Damit verfehlt der Zustand der Kleingewässer das in der Zulassung von PSM angestrebte Schutzniveau für Gewässer, was 2009 durch die europäische Richtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden (Richtlinie 2009/128/EG) festgeschrieben wurde. Dies zeigt, wie notwendig Monitoringsysteme sind, die insbesondere Konzentrationen nach Regenereignissen erfassen.

Hinsichtlich der Schadstoffeinträge in den Wasserkreislauf und deren Rückstandsbelastung aus der Landwirtschaft zeigen sich auch Bürger*innen in Deutschland besorgt. Laut einer Umfragestudie des BMU/UBA (2018) erachten 63 % der Befragten den Rückgang der Artenvielfalt bei Pflanzen und Tieren sowie die Umweltbelastungen durch Pflanzenschutzmittel als sehr große Probleme. 56 % sehen eine Belastung von Gewässern und Trinkwasser durch „Überdüngung/Gülle“. Es hat sich aber auch gezeigt, dass ein Großteil der Befragten mehr Informationen wünschen, um das Risiko von Schadstoffen im Gewässer besser einschätzen zu können (siehe hierzu auch Kapitel 1.1).

Gemäß der europäischen Richtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden (Richtlinie 2009/128/EG) sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, nationale Aktionspläne zu verabschieden, die quantitative Vorgaben, Ziele, Maßnahmen, Zeitpläne und Indikatoren zur Verringerung der Risiken und Auswirkungen der Verwendung von Pestiziden in der Agrarlandschaft beinhalten. Ein Ziel des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von PSM (NAP) ist es, die Belastung von Oberflächengewässern soweit zu verhindern bzw. zu reduzieren, dass das in der Zulassung von PSM angestrebte Schutzniveau für Gewässer auch tatsächlich erreicht wird (UBA, 2019m).

In urbanen Gebieten kommen Belastungen der Gewässer hinzu, die aus Anwendungen von Bioziden resultieren können, beispielsweise aus der Anwendung von antibakteriellen Putz- und Desinfektionsmitteln, Holzschutzmitteln bis hin zum Mückenspray und Ameisengift.

Bei ungenügendem Rückhalt in kommunalen Kläranlagen gelangen Biozide über das Abwasser in Gewässer (UBA, 2020h). Aber auch ablaufendes Niederschlagswasser führt Stoffe mit sich, die zum Beispiel aus Häuserfassaden (Fassadenanstriche) ab- und ausgewaschen werden. Vor allem heftige Starkregenereignisse können dazu führen, dass in Mischkanalisationen im Schmutzwasser und Niederschlagswasser mitgeführte Biozide über Mischwasserentlastungen ohne vorherige Behandlung in die Gewässer eingetragen werden.

Arzneimittel und Antibiotikaresistenzen

Arzneimittel sind unverzichtbare Bestandteile der Gesundheitsversorgung von Menschen und Tieren. Arzneimittelrückstände in Gewässern führen zu einem Zielkonflikt zwischen dem Schutz der Gesundheit einerseits sowie dem Schutz von Umwelt und Trinkwasser andererseits.

In Deutschland sind über 2.500 Wirkstoffe im Bereich der Humanarzneimittel zugelassen, von denen etwa die Hälfte nach den aktuellen Bewertungskriterien der Europäischen Arzneimittelagentur EMA relevant für eine Umweltprüfung ist (UBA, 2018i).

Arzneimittelrückstände gelangen über das Abwasser in die Gewässer, denn viele Wirkstoffe können in den Kläranlagen nicht zurückgehalten werden. Unter Berücksichtigung der zunehmenden Alterung der Bevölkerung ist zukünftig davon auszugehen, dass der Medikamentenverbrauch steigen wird. In den letzten Jahren seit 2009 hat sich bereits gezeigt, dass der Medikamentenverbrauch um durchschnittlich 2,6 % pro Jahr gestiegen und laut Prognose bis zum Jahr 2045 um weitere 43% bis über 65 % ansteigen wird (UBA, 2018e, Civity [Hrsg.], 2018). In der Tiermedizin wurden 2019 in Deutschland 670 t Antibiotika an Tierärzte abgegeben (Wallmann et al, 2020).

Neben den Human- und Tierarzneimittelstoffen finden sich auch immer häufiger antibiotikaresistente Keime in den Oberflächengewässern, die ebenfalls kontinuierlich durch das

Abwasser in die Gewässer oder durch die Aufbringung von Klärschlamm oder Gülle auf und in den Boden gelangen. Dort fördern Antibiotikarückstände und andere Schadstoffe wie z. B. Schwermetalle die Selektion resistenter Organismen, sodass die Umwelt heute als Reservoir für Antibiotikaresistenzen betrachtet werden muss (UBA, 2018g, Nguyen, et al, 2019). Aus der Umwelt können Antibiotikaresistenzen auf Menschen und Tiere übertragen werden beispielsweise durch den Kontakt mit Gewässern oder mit Gülle oder Klärschlamm behandelten Böden. Zu Übertragungswegen und deren Wirkungen bestehen jedoch weitreichende Wissenslücken (Civity [Hrsg.], 2018).

Weitere Mikroverunreinigungen

Neben den bereits genannten Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und Arzneimitteln gibt es noch eine Reihe anderer organischer Mikroverunreinigungen anthropogenen Ursprungs wie z.B. Chemikalien (unter REACh), Wasch- und Reinigungsmittel oder Kosmetika, die in den Gewässern zu Problemen führen können (UBA 2018e). Als Beispiel sind hier Weichmacher, Flammenschutzmittel, UV-Filter, Konservierungsmittel, Reinigungsmittel, wie Bisphenol A, Nonylphenol oder Benzotriazol zu nennen. Unter REACh gibt es derzeit (Stand: 31.03.2021) 98.218 Registrierungen von 15.272 Unternehmen für 22.513 Stoffe (ECHA, 2021).

Rückstände von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und anderen Chemikalien können schon in geringen Konzentrationen Wirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben. Diese Mikroverunreinigungen werden zunehmend in unseren Gewässern nachgewiesen. Ein frühzeitiges Gegensteuern ist u.a. zum Schutz der Trinkwasserressourcen erforderlich (UBA 2018e). Die Vielfalt der Eintragspfade erschwert eine einzige Lösung, die für alle Mikroverunreinigungen gleichermaßen effizient ist. Somit stoßen auch staatliche Regulierungen hier an Grenzen. Diese Erkenntnis führte zur Etablierung des „Spurenstoffdialogs“, in dessen ersten Phasen ein gemeinsames Problembewusstsein und eine Vorgehensweise zur Reduzierung der Einträge entwickelt wurden (vgl. Ergebnisprotokolle des Stakeholderdialogs Phase 1 (BMU, 2017b) und Phase 2 (BMU, 2019a)).

Mikroplastikpartikel

Mikroplastikpartikel (<1 mm) befinden sich in Kosmetika, Hygieneartikeln, Textilien und werden in der Industrie genutzt. Inwieweit die Menge und/oder aus den Partikeln freiwerdende Stoffe umweltschädliche Wirkungen ausüben, ist bislang mit Ausnahme geregelter Additive (wie z.B. einiger Weichmacher) noch weitgehend ungeklärt. Laut einer Studie des UBA (UBA 2020g), tragen vor allem der Reifenabrieb und dessen Auswaschung von den Straßen zu einem Eintrag in die Gewässer bei. Auch der Baubereich sowie Landwirtschafts- und Gartenbaubereiche sind Eintragsquellen. Plastik im Meer als Plastikmüll benötigt Jahrhunderte für den Abbau. Laut UN-Umweltprogramm treiben mittlerweile durchschnittlich 13.000 Plastikmüllpartikel auf jedem Quadratkilometer Meeresoberfläche. Schätzungen zufolge zirkulieren 250 Millionen Teile im Mittelmeer (UBA, 2017e). Plastikmüll gefährdet Meereslebewesen, die es mit Nahrung verwechseln und verschlucken, sich darin verheddern und stranguliert werden. Bei der Zersetzung geben Kunststoffe giftige und hormonell wirksame Zusatzstoffe wie Weichmacher ab, die in den Organismus gelangen können.

Erosion

Ein weiteres relevantes Problem kann aus der Bodenerosion und der daraus resultierenden Feststoffbelastung mit Feinsedimenten resultieren. Diese beeinträchtigen einzeln oder als multiple Stressoren die ökologische Gewässerqualität und fördern die Eutrophierung vieler Binnengewässer, der Übergangs- und der Küstengewässer (UBA, 2019f).

Wasser als Trinkwasserressource

Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel und Tierarzneimittel können potenziell auch das Trinkwasser gefährden. Diese Stoffe können über Oberflächenabfluss, Drainage oder Drift in Oberflächengewässer oder über Versickerung in das Grundwasser gelangen.

Sowohl Grundwasser als auch Oberflächengewässer werden direkt und indirekt für die Trinkwassergewinnung genutzt. Bei allen Wasserversorgungsanlagen stehen bei der Überschreitungshäufigkeit mikrobiologische Parameter an erster Stelle, gefolgt von Eisen, Mangan, Trübung und pH-Wert. Meist lassen sich Überschreitungen dieser Parameter auf plötzliche Veränderungen in der Boden- oder Wasserbeschaffenheit, landwirtschaftlich bedingte Stoffeinträge (Pflanzenschutzmittel) oder im Bereich der Trinkwasseraufbereitung zurückführen. Überschreitungen des Grenzwertes für Nitrat im Trinkwasser von 50 Milligramm pro Liter (mg/l) sind seit 1999 fast verschwunden. Lag die Überschreitungsrate 1999 noch bei 1,1 %, so war sie 2004 bereits auf 0,13 %, ab 2007 auf fast 0 % gesunken (Bartel et al., 2010). Dies wird v. a. durch einen höheren Aufbereitungsaufwand in der Wasseraufbereitung erreicht.

Im Grundwasser überschritten im Zeitraum von 2016 bis 2018 26,7 % aller untersuchten Grundwassermessstellen des EU-Nitratmessnetzes im Mittel den europaweit geltenden Schwellenwert für Nitrat in Höhe von 50 mg/l. Im vorherigen Berichtszeitraum (2012–2015) betrug dieser Anteil noch 28,2 %. An weiteren 9,5 % lagen die Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 50 mg/l (BMEL [Hrsg.], 2020b). Das Qualitätsziel der Nitratrichtlinie in Höhe von 50 mg/l Nitrat wurde damit noch immer nicht vollständig erreicht.

Wasserversorger versuchen bereits heute, das Wasser mit unterschiedlichen Maßnahmen zu schützen, indem sie die darüber liegenden Flächen selbst pachten, Brunnen verlagern oder belastetes mit unbelastetem Wasser mischen. Diese Kosten fließen bereits heute in den Trinkwasserpreis mit ein. Wenn die Nitratreinträge in bestimmten Gebieten nicht bald sinken und ein Ausweichen nicht mehr möglich ist, müssen betroffene Wasserversorger zu teuren Aufbereitungsmethoden greifen, um das Rohwasser von Nitrat zu reinigen. Dies kann die Trinkwasserkosten um 55 bis 76 Cent pro Kubikmeter erhöhen. Das entspricht einer Preissteigerung von 32 bis 45 Prozent. Eine vierköpfige Familie müsste dann bis zu 134 € im Jahr mehr bezahlen (UBA, 2017e).

1.5 Den naturnahen Wasserhaushalt managen – Zielkonflikten vorbeugen

Der Zustand des Wasserhaushalts ist entscheidend für das Funktionieren von Ökosystemen und deren natürlichen Prozessen. Ein naturnaher Wasserhaushalt ermöglicht den Fortbestand diverser Arten.

Der Wasserhaushalt hängt von ausreichend nachfließendem Wasser ab. Die natürliche Balance aus Versickerung, Verdunstung und Oberflächenabfluss sind die grundlegenden Prozesse für den Wasserhaushalt. Beim Versickern wird das Niederschlagswasser gespeichert und in den

Bodenpassagen durch wichtige Mineralien angereichert. Die Verdunstung hat positive Auswirkungen auf das Klima. So können im urbanen Bereich Maßnahmen wie Gebäudebegrünungen eine erhöhte Verdunstung unterstützen (UBA, 2014; LAWA, 2019b).

Der Oberflächenabfluss ergänzt die wichtigen Funktionen für die Wasserhaushaltsbilanz, indem das Wasser, das nicht versickert, oder verdunstet, in Oberflächengewässer abfließt (Risa, 2021). Der Oberflächenabfluss von Regenwasser wird durch die Versiegelung von Flächen verstärkt und steigert die Gefahr von Überflutungen. Mit zunehmendem Versiegelungsgrad von Oberflächen und dem dadurch resultierenden stärkeren Abfluss von Regenwasser, ist der natürliche Wasserhaushalt gestört. Wenn es zu Starkregen kommt, besteht bei einer flächendeckenden Versiegelung von Böden ein erhöhtes Risiko, dass die Infrastruktur zur Ableitung der Niederschläge nicht ausreicht und es zu Überflutungen kommt. Zusätzlich verhindert die Versiegelung die natürliche Grundwasserneubildung; dies betrifft insbesondere Städte. In Städten kommt es bei zu starker Versiegelung zu Hitzeinseln, da u.a. das Regenwasser nicht mehr versickern und verdunsten kann, so dass natürliche Kühlungseffekte ausfallen (OECD, 2015; UBA, 2019l).

Durch die zunehmende Versiegelung von Böden und eine Verdichtung, gerade im urbanen Raum, werden wichtige Bodenfunktionen, die Infiltrationskapazität und die Grundwasserneubildung eingeschränkt. Zurzeit werden in Deutschland täglich 56 ha un bebauter Boden verbaut oder in Flächen mit anderweitiger Nutzung umgewandelt. Ziel der Bundesregierung gemäß der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist es, den Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr bis 2030 auf deutlich unter 30 ha pro Tag zu reduzieren (UBA, 2021i).

Der Abfluss von Wasser ist ein integraler Teil des funktionierenden Wasserhaushalts, der den Zustand und die Verfügbarkeit von Wasser bestimmt. Das Abflussgeschehen von Fließgewässern wird in Deutschland maßgeblich durch die Menge an Regenwasser bestimmt. In wärmeren Monaten wird auch die Verdunstung mit eingerechnet und beobachtet. Der Winter und das Frühjahr sind von hohen Mittelwasserabflüssen geprägt, während im Sommer bis zum späten Herbst niedrige Abflüsse herrschen und es mehr Verdunstung gibt. Insbesondere in südlichen Regionen Deutschlands ist in den Wintermonaten Wasser auch in Schnee gebunden, der durch die Schneeschmelze im Frühjahr das Volumen des Abflusses weiter steigert (UBA, 2020f).

Deutschland ist traditionell ein wasserreiches Land und der Wassernutzungsindex liegt seit dem Jahr 2004 unter der Wasserstressmarke von 20 % (UBA, 2020f). Die erneuerbaren Wasserressourcen umfassen in Deutschland im langjährigen Mittel 188 Mrd. m³. In einzelnen Jahren können sie aber deutlich darunterliegen, z. B. mit 119 Mrd. m³ im Jahr 2018. Der Wassernutzungsindex zeigt eine kontinuierliche Abnahme seit dem Jahr 1991 (zumindest bis 2016) aufgrund der sinkenden Entnahmen (UBA, 2020f).

Bei Betrachtung der Zeitreihe für den mittleren Abfluss seit den 1960er-Jahren zeigt sich für das hydrologische Winterhalbjahr von Anfang November bis Ende April zwar ein leichter Rückgang, es handelt sich aber nicht um einen statistisch signifikanten Trend. Im hydrologischen Sommerhalbjahr, das heißt, von Anfang Mai bis Ende Oktober, lässt sich hingegen bereits ein signifikant abnehmender Trend beobachten. Die sommerlichen Wasserverfügbarkeiten hingegen sind deutlich verändert: In den Sommerhalbjahren zeigt sich seit 1961 ein signifikanter Rückgang der mittleren Abflusshöhe an 80 über die Flussgebiete in Deutschland verteilten Messstellen (Bronstat & Engel, 2011). Dieser ist Folge abnehmender

Sommerniederschläge und einer temperaturbedingt höheren Verdunstung in diesen Monaten. Diese Entwicklung lässt den Rückschluss zu, dass sich Veränderungen der prinzipiellen Wasserverfügbarkeit im Winter- und Sommerhalbjahr bereits abzeichnen (UBA, 2019g).

Bisher tritt in Deutschland flächendeckend kein Wasserstress auf. Trotz des insgesamt ausreichenden Wasserdargebots gibt es jedoch regionale Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit (UBA, 2020e). Sollte sich das Wasserdargebot infolge klimatischer Änderungen verringern, hätte dies bei gleichbleibenden Entnahmen negative Auswirkungen auf den Wassernutzungsindex (Deutscher Bundestag, 2019). In diesem Fall ist mit einer Zunahme der Konkurrenz um Wassermengen zu rechnen.

Durch die Häufung und die steigende Intensität von Dürreperioden werden die natürlichen Funktionen von Gewässern eingeschränkt und es kann vorübergehend zu Engpässen im Wasserdargebot kommen, insbesondere durch niedrige Grundwasserstände (WWF, 2019).

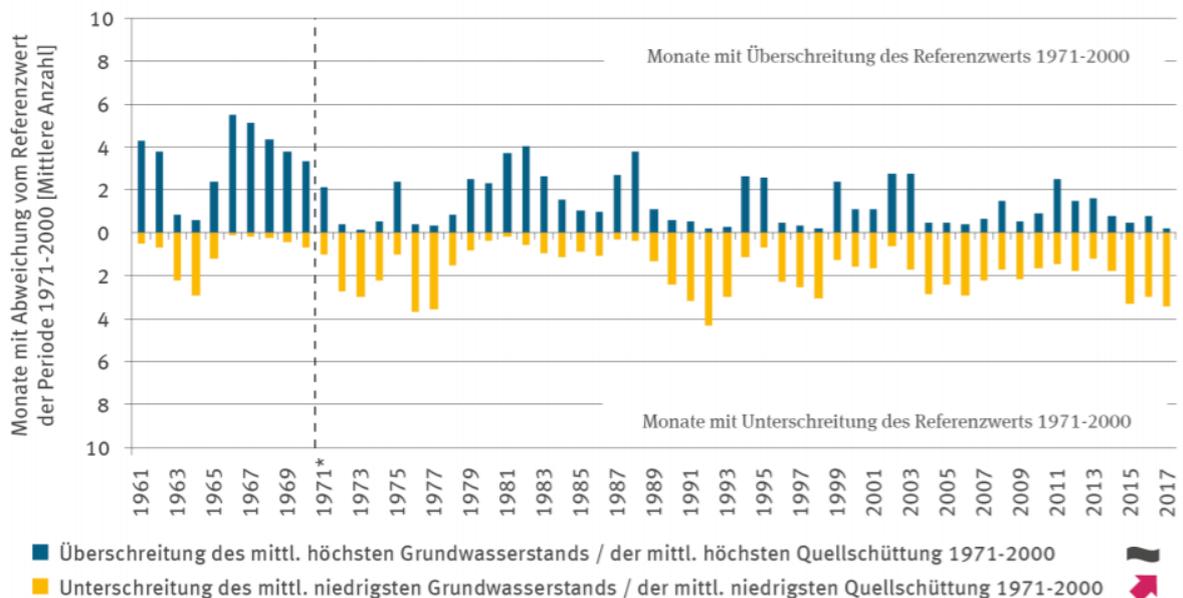
Außerdem führen starke Eingriffe in den natürlichen Lauf des Wassers durch den Menschen dazu, dass ökologische Prozesse und der natürliche Wasserhaushalt gestört werden. Wasserentnahmen, Drainagen, Gewässerausbau und die umfangreiche Versiegelung von Flächen führen zu einer Überprägung und beeinträchtigen den natürlichen Wasserhaushalt; der naturferne Ausbau von Fließgewässern führt zu erhöhten und schnelleren Abflüssen, steigert die Hochwassergefahr, wirkt der Wasserrückhaltung entgegen und beeinträchtigt die Ökologie und natürliche Dynamik von Fließgewässersystemen (UBA, 2020a).

Ein naturnaher Wasserhaushalt ist für die Gewässerentwicklung und den gewässerbezogenen Naturschutz eine wesentliche Grundlage und wird explizit im Wasserhaushaltsgesetz aufgeführt. In der Bewertung der EU-WRRRL wird der Wasserhaushalt jedoch bislang kaum berücksichtigt. Ein Bewertungsverfahren zur Klassifizierung befindet sich derzeit in einem Praxistest (UBA & Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2014).

Grundwasser schützen und Neubildung ermöglichen

Den Wasserhaushalt naturnah zu managen, heißt auch aktiv Grundwasser zu schützen. Die Überwachung des Grundwasserzustands und Vermeidung von schadhaften Einträgen sind wichtig, damit die Qualität und Quantität des Grundwassers langfristig gesichert sind. Die Grundwasserneubildung und der Stand des Grundwassers hängen von verschiedenen Faktoren des Wasserzuflusses und der Bodenbeschaffenheit ab (UBA, 2020d). Durch intensives Monitoring mithilfe der bundesweit verteilten 136 Grundwassermessstellen werden die Stände genau beobachtet. Es wird deutlich, dass in Gebieten mit verstärkter Verdunstung und kombiniert mit geringen Niederschlägen auch der Grundwasserspiegel niedrig ist. Die Anzahl an Monaten mit unterdurchschnittlich niedrigen Grundwasserständen stieg in den letzten Jahren an:

Abbildung 2: Abweichungen vom Referenzwert des Grundwasserstandes 1971–2000 (UBA, 2019e)



* Erweitertes Messstellenkollektiv ab 1971

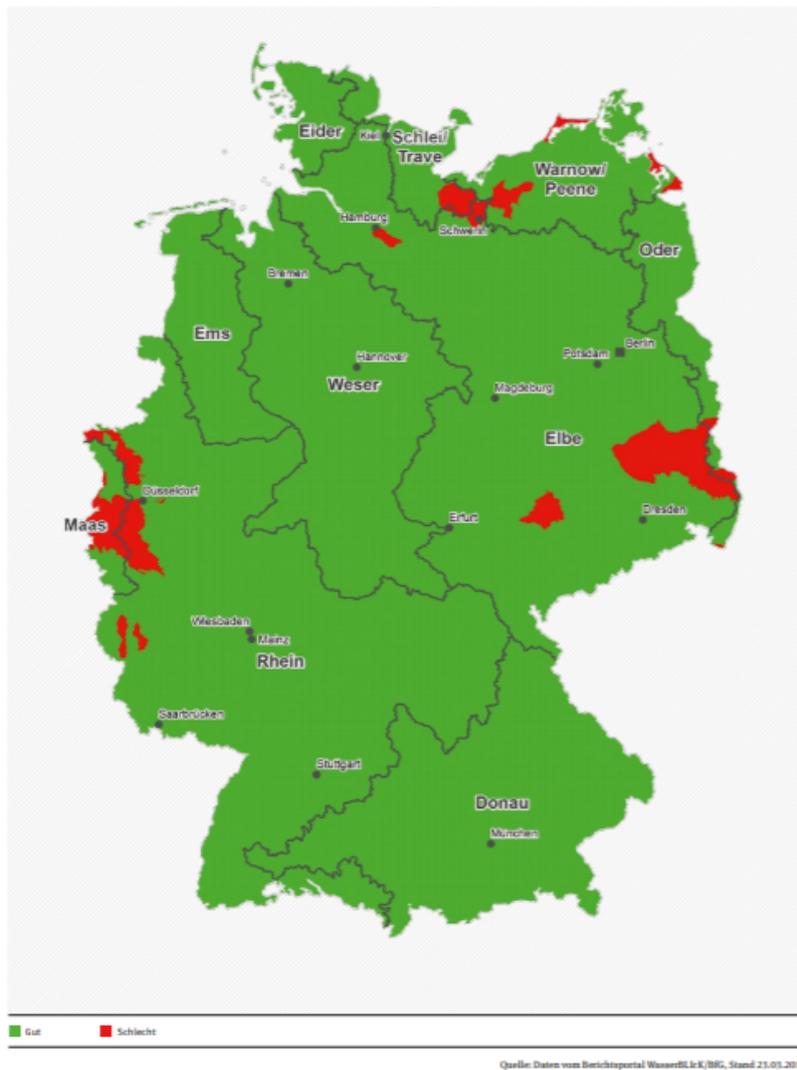
Datenquelle: Grundwassermessnetze der Länder

Quelle: Grundwassermessnetze der Ländern

Steigende Temperaturen sind Auslöser für eine insgesamt höhere potenzielle Verdunstung mit der Folge, dass weniger Wasser versickern und ins Grundwasser infiltrieren kann. Die Jahre mit niedrigen Gesamtniederschlagsmengen nehmen zu; die verminderten Wasser-Einträge sind unmittelbar im Grundwasserstand bemerkbar, mit regionalen Unterschieden. Diese Zustände werden sich mindestens zeitweilig durch die Auswirkungen des Klimawandels verstärken (UBA, 2019e; Datenquelle: Grundwassermessstände der Länder). Vor allem über mehrere Jahre hintereinander auftretende Niederschlagsdefizite führen zu sinkenden Grundwasserständen oder verringerten Quellschüttungen.

Grundwasservorkommen sind die wichtigste Trinkwasserressource Deutschlands (ca. 70 % des Trinkwassers stammen aus Grundwasser) (UBA, 2020c). Außerdem speist das Grundwasser Bäche, Flüsse und Seen und hat somit in regenarmen Zeiten einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität und Menge der Oberflächengewässer (UBA, 2012).

Abbildung 3: Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper in Deutschland



Quelle: UBA, 2020; Daten vom Berichtportal WasserBLICK/BfG, Stand 23.03.2016

Mengenmäßig befinden sich die Grundwasserkörper (GWK) in Deutschland in einem guten Zustand (siehe Abbildung 3). Entsprechend der Auswertungen des 2. Bewirtschaftungszyklus hat die Umsetzung der EU-WRRL nur etwa 4 % aller Grundwasserkörper in Deutschland einen „schlechten mengenmäßigen Zustand“ (Stand 2015). In diesen 4 % der Grundwasserkörper ist die Wasserentnahme größer, als Grundwasser neu gebildet wird (Deutscher Bundestag, 2019). Abbildung 3 zeigt die Lage dieser Grundwasserkörper; sie befinden sich in den Bundesländern Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Sachsen-Anhalt, und sind vor allem durch den Tagebau/Bergbau bedingt.

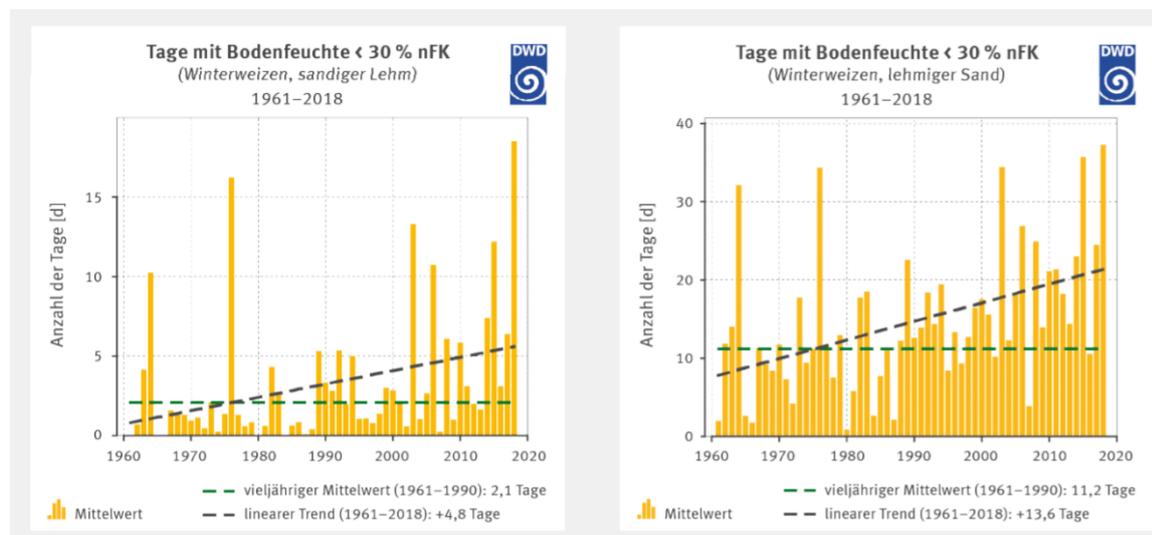
Darüber hinaus ist anzumerken, dass über die gesamte Zeitreihe (1961–2017) betrachtet deutlich wird, dass im Mittel aller betrachteten Messstellen vor allem in der zurückliegenden Dekade vermehrt extrem niedrige Grundwasserstände bzw. geringe Quellschüttungen aufgetreten sind. Die Anzahl von Monaten im Jahr, in denen die langjährig (d. h. über die Jahre 1971 bis 2000) gemittelten niedrigsten Grundwasserstände bzw. Quellschüttungen unterschritten wurden, hat seit 1961 signifikant zugenommen (UBA, 2019d).

Aufgrund der zu erwartenden Zunahme an trockenen und heißen Sommern kann es regional zu einer Abnahme der Grundwasserneubildung kommen und damit auch zu einer Zunahme der Konflikte um die konkurrierende Nutzung der bestehenden Grundwasservorkommen. Bereits heute ist die Grundwasserneubildung in Teilen Thüringens, Sachsen-Anhalts und Sachsens sowie Brandenburgs vergleichsweise niedrig (Deutscher Bundestag, 2019). Von Schleswig-Holstein über die Altmark (Norden von Sachsen-Anhalt) bis in den Norden Brandenburgs (Prignitz bis Oderbruch) sowie am Oberrhein und in Teilen von Hessen und Nordthüringen waren die Wasserspeicher der Böden aufgrund der Dürre 2018 zu Beginn des Jahres 2019 nicht ausreichend gefüllt (UBA, 2020e).

Bodenfeuchte als relevanter Parameter im naturnahen Wasserhaushalt

Durch den Klimawandel gab es in den Sommern von 2017 und 2018 in Deutschland nur geringe Mengen an Regenwasser. Als Ergebnis waren die Böden vielerorts bis in die tiefen Bodenschichten von Dürre gezeichnet. Abgesehen von einer erhöhten Waldbrandgefahr sind im Fall von Bodentrockenheit und niedrigem Wasserstand die Funktionen von Organismen der Ökosysteme gefährdet. Die Anzahl an Tagen mit geringer Bodenfeuchte bei leichten als auch schweren Böden hat seit 1961 signifikant zugenommen (UBA, 2019j), siehe Abbildung 4:

Abbildung 4: Jährliche Anzahl der Tage mit Bodenfeuchtwerten unter 30 % nFK für Winterweizen auf schwerem Boden (sandiger Lehm, links) bzw. Leichtem Boden (lehmgiger Sand, rechts)



Quelle: UBA, 2019e; Datenquelle: Grundwassermessstände der Länder

Die Bodentrockenheit führt langfristig auch zu einer geringeren Wasserspeicherkapazität der Böden, sodass Wasser schlechter aufgenommen wird und weniger versickert. Es sind gezielte Maßnahmen erforderlich, um die natürlichen Funktionen der Gewässerprozesse zu ermöglichen, etwa die Funktion der Selbstreinigungskraft von Gewässern (UBA, 2020a).

Landwirtschaftlich genutzte Böden haben eine veränderte Kapazität der Wasseraufnahme und geringere Wasserspeicherungsfähigkeit. Die Mechanisierung von landwirtschaftlichen Aktivitäten wie Bodenbearbeitung, -pflege und Ernte hat in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zugenommen und haben zur Verdichtung der Böden geführt. In den letzten 50 Jahren ist es dadurch zu einer Zunahme an Bodenschadverdichtung und Bodenerosion gekommen. Zusätzlich hat die wirtschaftliche Anbaufolge Druck auf den Zustand von Böden ausgeübt. In der Vergangenheit haben Bestimmungen, wie das Bodenschutzgesetz (BodschG, 1998) und in der Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) die Einhaltung des „Guten landwirtschaftlichen Ökologischen Zustands“ (GLÖZ) durch einen Fokus auf die Vorsorge versucht die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Die Verbesserung der Bodenstruktur soll durch die Verringerung der Bodenverdichtung, der Bodenabträge und durch höhere Bodenbedeckung gewährleistet werden (UBA, 2020i).

46 % der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland sind versiegelt. Durch die Bodenversiegelung wird die Wasserdurchlässigkeit des Bodens eingeschränkt, wodurch Regenwasser nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen versickern kann. Dadurch steigt auch das Risiko, dass bei starken Regenfällen die Kanalisation oder die Oberflächengewässer im urbanen Raum die oberflächlich abfließenden Niederschläge nicht fassen können und es somit zu örtlichen Überflutungen kommt. Außerdem gehen durch die Versiegelung verschiedene Bodenfunktionen verloren (UBA, 2020b). Zurzeit werden in Deutschland täglich 56 ha un bebauter Boden bebaut oder in Flächen mit anderweitiger Nutzung umgewandelt. Ziel der Bundesregierung gemäß der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist es, den Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr bis 2030 auf deutlich unter 30 ha pro Tag zu reduzieren (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, 2021).

Nutzungskonkurrenzen und Zielkonflikte

Aufgrund der Dürresommer der letzten Jahre und der potenziellen Zunahme von Extremereignissen ist es erforderlich, sich mit Nutzungskonflikten zu beschäftigen (LAWA, 2017) und nach möglichst effizienten und nachhaltigen Lösungsansätzen zu suchen. Hilfreich kann hierbei auch ein Blick auf die Theorie der Nutzungsprioritätensetzung in anderen Staaten sein, auch wenn Unterschiede bestehen bezüglich geografischer und klimatischer Verhältnisse und der Verwaltungsstrukturen.

Die LAWA kommt in ihrem Abschlussbericht „Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel“ (IWW, 2019) zu dem Schluss, dass aus der vorliegenden Literatur ein überregionales Muster von Konflikten abgeleitet werden kann, welches aus der unterschiedlichen Betroffenheit heraus entsteht. Für den Nordosten Deutschlands sowie in anderen Landesteilen mit einer negativen klimatischen Wasserbilanz werden mehr Konflikte zwischen Wasserwirtschaft und der Landwirtschaft durch Trockenheit erwartet. Im Nordwesten wird u.a. im Bereich der Küste eine zunehmende Versalzung des Grundwassers durch einen steigenden Meeresspiegel und gleichzeitig steigende Wasserentnahmen erwartet. Im Süden und Osten wird u.a. das veränderte Abflussverhalten der Fließgewässer eine Rolle spielen.

Im Nationalen Wasserdialog wurden die wesentlichen Nutzungskonflikte sowie die regionalen Ausprägungen und die sektorspezifischen Reaktionen auf Niedrigwasser und Dürre³ diskutiert. Die verschiedenen Nutzungskonflikte können sich überlappen und dabei die Konfliktsituation verschärfen, und individuell oder kombiniert v. a. negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie und die Ökosystemleistungen haben (BMU & UBA, 2020).

Konkurrenz um Wassermengen

Die Wasserentnahmen von Grundwasser oder Oberflächenwasser können untereinander in Konkurrenz stehen. Dies betrifft sowohl die Konkurrenz für denselben Nutzungstyp als auch zwischen verschiedenen Wassernutzungstypen (öffentliche Wasserversorgung, landwirtschaftliche Bewässerung, Naturschutz/ökologischer Mindestwasserabfluss, Mindestabfluss/grundwasserabhängige Ökosysteme, Lebensmittelwirtschaft, Wasserbedarf der Industrie) (Deutscher Bundestag, 2019).

Die für den Bergbau notwendigen Wasserentnahmen beeinflussen die für andere Nutzer lokal verfügbaren Grundwasserressourcen, was wiederum zu Konfliktsituationen führen kann. Angesichts des Ausstiegs aus der Braunkohleförderung wird diese Konkurrenz sich in Zukunft verringern, aber noch längerfristig für den Wasserhaushalt der betroffenen Gebiete von Bedeutung sein.

Bei Niedrigwasserverhältnissen können die Wasserentnahmen aus Flüssen auch zu Konflikten mit der Schifffahrt (Schifffahrtsstraßen) und der Energiewirtschaft sowie dem ökologischen Mindestabfluss führen. Auf kleineren Gewässern oder unterhalb von Talsperren können solche Situationen auch mit Sport und Erholung konkurrieren.

Letztendlich können Änderungen im Wasserabfluss auch zu Änderungen im Erosions- und Sedimentationsverhalten der Gewässer führen, welches wiederum Auswirkungen auf verschiedene Nutzungen haben kann (BMU & UBA, 2020).

Konkurrenz um Grundwasservorkommen

Ein bedeutsamer Nutzungskonflikt, der den mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper negativ beeinflusst, ist der Braunkohletagebau. Um diesen zu ermöglichen, musste der Grundwasserspiegel großflächig abgesenkt werden. Selbst nach Ende der bergbaulichen Aktivitäten wird es noch Jahrzehnte dauern, bis sich der natürliche Grundwasserspiegel wieder einstellt (BMU, 2017c), zum Beispiel in der Lausitz (Gendries, 2012).

Die landwirtschaftliche Bewässerung macht derzeit laut öffentlicher Angaben nur einen geringen Teil der Wasserentnahmen in Deutschland aus und betrug im Jahr 2016 etwa 1,25 % der Gesamtentnahmen, wobei Entnahmen ohne wasserrechtliche Erlaubnis oder konkrete Messungen diese Zahl signifikant erhöhen können. In der Kartoffel- und Gemüseproduktion sowie für Sonderkulturen und nachwachsende Rohstoffe zur „bio-energetischen“ Verwertung reicht das Regenwasser allein in aller Regel nicht aus. Um auf solchen Flächen hohe Qualitäten

³ Das UBA hat dazu ein Forschungsvorhaben zu Niedrigwasser und Dürre auf den Weg gebracht, um diese Konflikte besser zu verstehen (FKZ 3719 48 206 0 "Niedrigwasser, Grundwasserneubildung und Dürre – Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Situation in Deutschland, der Klimaprojektionen und der bereits existierenden Maßnahmen und Strategien), sowie weitere Projekte, wie das Projekt Wadklim und UFORDAT

und Produktionsmengen zu erzielen, ist zukünftig eine zusätzliche Bewässerung erforderlich (UBA, 2019g).

Im Jahr 2018 konnte man sehen, welche Folgen das Ausbleiben von Niederschlag für die Landwirtschaft haben kann. In einigen Regionen gab es Ernteverluste zwischen 50 und 70 % bis hin zu Totalausfällen. Hinzu kamen drohende Feldbrände, welche die Bauern zu Noternten zwangen (WWF, 2019). Trockenheit und Hitze führten zur Vertrocknung von Grasflächen und sorgten dadurch wiederum für Probleme in der Futtermittelversorgung (BMEL, 2018). Laut dem Deutschen Bauernverband (DBV) entstanden für die Landwirte insgesamt Schäden in Höhe von etwa 2,5 Mrd. € (DWD, 2019a).

Dies kann auch zu einer Verschärfung bestehender Wasserkonflikte führen, wie beispielsweise den konkurrierenden Nutzungsansprüchen der mittelhessischen Wasserlieferregionen und dem prosperierenden Rhein-Main-Gebiet (Harting, 2016).

Bei einer Zunahme der Frequenz derartiger Dürreereignisse (Gömann et al., 2015) wird sicher auch die Nachfrage für landwirtschaftliche Bewässerung steigen, die damit in direkter Konkurrenz zur Trinkwasserversorgung stehen kann. In Folge der Dürre 2018 wurde beispielsweise das Kontingent für die landwirtschaftliche Bewässerung in Niedersachsen für das Jahr 2019 beschränkt, um eine ausreichende Trinkwasserversorgung sicherzustellen (Hagmann, Mader, 2019). Weitere Lösungsansätze stellen aber auch Änderungen in der Art und Weise der Viehhaltung, dem Anbau von Früchten mit besserer Toleranz gegenüber Trockenheit sowie sachgerechter Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser (Water Reuse) dar.

Konkurrenzen durch Niedrigwasserereignisse

Besonders in den Jahren 2018 und 2019 haben die trockenen Wetterverhältnisse (DWD, 2019b), zu kritischen Pegelständen geführt (BFG, 2019). In der Folge kam es zu Einschränkungen von Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern wie beispielsweise in Südbrandenburg (Rundfunk Berlin-Brandenburg, 2019) oder im Landkreis Fulda (Landkreis Fulda, 2019).

Schiffe konnten nicht vollständig beladen werden und teilweise musste der Schiffsverkehr komplett eingestellt werden (WWF, 2019). Auch auf dem Rhein, der wichtigsten Wasserstraße Deutschlands, kam es zu extrem niedrigen Pegelständen und somit zu einer Einschränkung des Schiffsverkehrs (Beenen, 2018). Der eingeschränkte Warenverkehr drosselte wiederum die Produktion von Industrieunternehmen wie BASF und ThyssenKrupp, da die Rohstofflieferung behindert wurde (WWF, 2019).

Kraftwerke waren aufgrund von Kühlwasserengpässen (inklusive der angestiegenen Wassertemperatur) gezwungen, ihre Leistungen zu reduzieren. Beim Kernkraftwerk Philippsburg in Baden-Württemberg wurde 2018 die Leistung beispielsweise um bis zu 10 % verringert (Handelsblatt, 2018). Ebenso kam es zu einer reduzierten Stromerzeugung bei vielen Wasserkraftwerken (Beenen et al., 2018). Für die aquatischen Lebensgemeinschaften kann es bei Niedrigwasser und hohen Lufttemperaturen zu einer starken Belastung durch die Erwärmung des Wassers kommen. Niedrige Wasserstände bedeuten auch, dass die Schadstoffkonzentrationen steigen und dass aufgrund der höheren Wassertemperaturen die Löslichkeit von Sauerstoff abnimmt (UBA&BMU, 2017). Es kann zu Sauerstoffmangel im Gewässer kommen. 2018 kam es daher zu einem massenhaften Sterben von Fischen (Deutsche

Welle, 2020). Dies zeigt die Notwendigkeit der Festlegung ökologisch basierter Mindestwasserabflüsse auf (LAWA, 2019a).

Infolge des Klimawandels könnte es zukünftig häufiger zu derartigen Extremereignissen kommen (Gömann et al., 2015), und damit auch häufiger zu Nutzungskonflikten beim Umgang mit Niedrigwasserereignissen. Um die Belastungen für die Gewässer und die aquatischen Lebensgemeinschaften zu begrenzen, können u. a. Nutzungsbeschränkungen notwendig werden, soweit sich die Nutzungen nicht verändert haben. So kann z. B. davon ausgegangen werden, dass die Wasserentnahme des Energiesektors in den kommenden Jahren durch die Stilllegung von Kohlekraftwerken und die damit verbundene Nutzung von Kühlwasser entscheidend reduziert wird (DBU, 2019). Eine angepasste Steuerung von Talsperren kann eine Entlastung sowohl bei Hochwasserereignissen als auch bei Niedrigwasser erreichen (BMU & UBA, 2017).

Flächennutzungskonkurrenzen

Es gibt eine Reihe von Situationen, in denen verschiedene Ansprüche an oder Nutzungen von Flächen, die an die Gewässer angrenzen, in Konkurrenz stehen. Je nach Intensität und Ausrichtung der Nutzungen und Funktionen lassen sich diese untereinander vereinbaren, was zu Multifunktionsflächennutzungen führen kann (z. B. Hochwasserschutz, Badegewässer), oder sie stehen unvereinbar im Widerspruch zueinander (BMU & UBA, 2020).

Flächennutzungskonflikte können durch unterschiedliche und nicht immer kompatible Anforderungen an dieselben Flächen entstehen. Dabei sind manche Belange gut miteinander zu vereinbaren (multifunktionale Flächen), andere hingegen schließen sich aus und schlagen sich in eklatanten Nutzungskonflikten nieder. Direkte Nutzungskonkurrenzen kann es zwischen Landwirtschaft, Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung, Schifffahrt, Energiegewinnung durch Wasserkraft, Forstwirtschaft, Trassen für Wasserfernleitungen, Kies- und Sandabbau (Rohstoffgewinnung), Siedlungs-, Energie-, Industrie- und Verkehrsflächen mit den Zielen der ökologischen Gewässerentwicklung, Freizeit- und Erholung sowie dem Naturschutz geben. Dazu gehören auch die Erhaltung und Reaktivierung von Feuchtgebieten und Mooren aufgrund ihrer Bedeutung für die Biodiversität, der Regulation des Landschaftswasserhaushaltes und als Quelle oder Senke für Treibhausgase (UBA, 2017c).

Über die direkte Nutzung hinaus, kann es Konflikte um die Funktionen der Flächen geben, da sie die Nutzung einschränken können. Dies gilt z. B. für Hochwasserschutzflächen⁴ (z. B. Überschwemmungsgebiete, Retentionsflächen) auf denen das Bebauen eingeschränkt oder untersagt ist und – je nach Frequenz und Intensität des Hochwassers – auch für die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. Die Beschränkung der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit kann sich weiterhin durch die Ausweisung von Wasserschutzgebieten, Trinkwasservorrang- und Trinkwasservorbehaltsgebieten ergeben. Andererseits kommt es bei der Umsetzung der EU-WRRL zu Flächennutzungskonkurrenzen zwischen der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft, da die Landwirtschaft eine naturnähere gewässermorphologische

⁴ Es wurde im Rahmen der Online Konsultation im Zuge des Nationalen Wasserdialoges darauf hingewiesen, dass für die Lösung von Ziel- und Nutzungskonflikten auch die bestehenden naturschutzfachlichen und artenschutzrechtlichen Ausgleichsregelungen für Maßnahmen des Hochwasserschutzes, die der Landwirtschaft zusätzliche Flächen entziehen, kontraproduktiv seien. Hier seien dringend Anpassungen notwendig, um künftig Nutzungskonflikte zu entschärfen. Außerdem dürfe es keine bauliche Überplanung von Hochwasservorrang- und Schutzgebieten durch die Kommunen mehr geben, um nicht zusätzliche Nutzungskonflikte zu schaffen und bestehende zu verschärfen.

Gestaltung (Uferentfesselung) und vor allem eine durchgehende Beschattung der Gewässer (Gewässerrandstreifen) über ganz weite Gewässerstrecken verhindert. Bei den Funktionskonflikten gibt es aber auch positive Erfahrungen, wie verschiedene Funktionen auf einer Fläche integriert werden können (BMU & UBA, 2020).

Nutzungskonflikte können sich auch auf rechtlich bestehende Anforderungen beziehen. So steht der laut Wasserhaushaltsgesetz einzuhaltenen fünf Meter breite Gewässerrandstreifen zur Reduzierung der Schad- und Nährstoffe in die Gewässer in Nutzungskonkurrenz zu den landwirtschaftlichen Flächen. Unterschiedliche Regelungen in den Landesgesetzgebungen zu Restriktionen und Erlaubnissen innerhalb dieses Bereichs fördern diese Konflikte.

Ein Flächennutzungskonflikt entsteht auch durch die zunehmende Bodenversiegelung, da für den Wasserhaushalt wichtige natürliche/naturnahe Oberflächen der Nutzung entzogen werden.

Zudem kann es räumlich entfernte Konflikte um die Flächennutzung geben, wie zwischen Oberliegern und Unterliegern an Flüssen, z. B. um die Flächenzuordnung für den Hochwasserrückhalt oder bei der Ausweisung von Wasserschutzgebieten zwischen städtischen und ländlichen Räumen.

Konflikte aufgrund der Wasserqualität durch sinkende Wassermengen

Die Grundwasserqualität kann durch überhöhte Rohwasser-Fördermengen beeinträchtigt werden, wodurch sich deutliche Absenktichter entwickeln, die einen Zustrom von stärker belastetem Wasser aus höheren Bodenschichten verursachen. Schadhafte sowie mischverfilterte Brunnenfassungen können zu direkten Kurzschlüssen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken führen und damit die Qualität des geförderten Rohwassers beeinträchtigen (siehe z. B. Projekt Grundwasserschutz Hohenthann, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (o.D.).

Ein langjähriger Nutzungskonflikt, der die Grundwasserkörper in Deutschland betrifft, ist die Verunreinigung des Grundwassers durch die Landwirtschaft, was sich direkt auf die Trinkwassergewinnung auswirken kann (UBA, 2017c). Das führt dazu, dass gerade in Gebieten, in denen es bei trockeneren Verhältnissen zu Wasserknappheit kommen kann, bei zu hoher landwirtschaftlicher Düngung möglicherweise nicht auf zusätzliche örtliche Grundwasserressourcen zugegriffen werden kann, da bei diesen die Nitratwerte zu hoch sind (UBA, 2020a). Zudem ist die Belastung der Gewässer durch Stoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung auch in Hinblick auf die ökologische Intaktheit der unmittelbar betroffenen Ökosysteme problematisch.

Unzureichend behandeltes Abwasser kann in abflussschwachen Gewässern oder bei flächendeckend versiegelten Flächen im urbanen Raum signifikante Belastungen in umliegenden Gewässern verursachen, vor allem bei Niedrigwasserverhältnissen. Vor allem in den heißen Sommermonaten mit niedrigen Abflüssen können die sensiblen Lebensgemeinschaften der Flussoberläufe durch behandeltes Abwasser aus Anlagen mit nur drei Behandlungsstufen beeinträchtigt werden (Brettschneider et al., 2018). Der relative Anteil von Klarwasser in den Flüssen hängt direkt vom Abflussregime ab, welches sich im Zuge des Klimawandels in vielen Fließgewässern Deutschlands deutlich verändern kann (UBA, 2018h).

Eine Studie zum relativen Anteil des Klarwassers in den Flüssen (UBA, 2018d) zeigt, dass bereits unter der derzeitigen Situation bei Niedrigwasserabflussregimen in vielen Oberflächengewässern in Deutschland Klarwasseranteile von > 10–20 % auftreten, in etlichen Teileinzugsgebieten über weite Strecken auch von > 20–30 % (z. B. Elbe/Saale, Weser, Mittelrhein) und von > 30–50 % (z. B. Abschnitte des Mains, der Ems, der Weser und der Havel sowie die rechtsseitigen Zuflüsse des Rheins) oder sogar von 60–80 % (z. B. Erpe Berlin) (Schaper et al., 2019). Inwieweit diese Klarwasseranteile einen Einfluss auf die örtliche Trinkwassergewinnung haben, hängt von den standortspezifischen Eigenschaften ab: Zur Risikoabschätzung müssen die spezifischen Bedingungen der Bodenpassage genau untersucht werden, und die Dynamik des gesamten Einzugsgebiets beachtet werden (UBA, 2018h).

Im Zuge des Klimawandels wird der Anteil an behandeltem Abwasser in den Oberflächengewässern zunehmen und somit qualitativ sowohl für den ökologischen und chemischen Zustand des Gewässers als auch für die Trinkwasserversorgung eine noch größere Rolle spielen.

Maßnahmen eines naturnahen Managements von Oberflächengewässern

Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, kurz FFH-Richtlinie, ist eine Naturschutz-Richtlinie der EU, die konkrete Anforderungen stellt, um Fauna und Flora zu schützen. Die FFH-Richtlinie fordert einen „günstigen Erhaltungszustand“ der Schutzgüter; die allermeisten wasserabhängigen Lebensräume und Arten befinden sich derzeit in einem ungünstigen, zumeist schlechten Zustand (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, 2012).

Zusammen mit der Wasserrahmenrichtlinie ist die FFH-Richtlinie ein wichtiger Bestandteil der Orientierung und Umsetzung von Maßnahmen, die die Herstellung des Wasserhaushaltes beeinflussen. Die Planung mit der FFH-Richtlinie sichert einen (annähernd) naturnahen Wasserhaushalt für alle wasserabhängigen Lebensraumtypen und bestimmt, dass erhebliche Beeinträchtigungen unzulässig sind (Verschlechterungsverbot)(UBA, 2017c).

An den großen Flüssen in Deutschland existieren an vielen Abschnitten nur noch 10–20 % der ehemaligen Auen (BfN, 2021). Ein großer Teil der deutschen Bach- und Flussauen sind als Natura-2000-Gebiete ausgezeichnet – ein Beispiel für die positiven Effekte der engen Abstimmung zwischen Wasserwirtschaft und Naturschutz. Es gibt diverse Synergiepotenziale von Wasser- und Naturschutzstrategie und -zielen, insbesondere beim Hochwasser- und Auenschutz, sowie bei Biotopen (UBA, 2019k). Entsprechende Maßnahmen zur Wiederherstellung, oder Sicherung von Gewässern, Ufern, Auen und naturnahen Moorflächen sind sowohl bedeutsam für Fauna und Flora im aquatischen Lebensraum, stärken aber auch den natürlichen Wasserhaushalt von Grund- und Oberflächengewässern.

Naturnahe Maßnahmen wie der Rückbau von versiegelten Flächen, die Förderung von Regenwasserbewirtschaftung oder die Wasseraufbereitung von Rohwasser (das Rohwasser mit naturnahen Methoden z. B. Uferfiltration, Langsandsandfiltration und künstliche Grundwasseranreicherung aufzubereiten) können helfen, den natürlichen Wasserhaushalt und die Gewässerökologie zu stärken (UBA, 2020e).

Die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung ermöglicht die Steigerung der Grundwasserneubildung und hat den Vorteil, dass das Überflutungsrisiko auf natürliche Weise verringert wird. Versickerungsmulden reinigen das Wasser schon im Oberboden, wenn

Schadstoffe von Mikroorganismen zersetzt werden. Außerdem kann sie zur Reduzierung von Stoffeinträgen in Gewässern dienen. Die Reduzierung und der Rückbau von versiegelten Flächen ist in diesem Zusammenhang die ergiebigste Maßnahme. Wenn die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Raum eingeplant wird, können Grünflächen, Straßenbäume und Dachbegrünung als Zwischenspeicher für das Wasser dienen und sorgen für eine rasche Rückführung in den natürlichen Wasserkreislauf (UBA, 2019). Zusätzlich können solche Flächen Möglichkeiten für unterschiedliche Freizeitwecke bieten.

1.6 Gewässerverträgliche und klimaangepasste Flächennutzung im urbanen und ländlichen Raum realisieren

Eine gute Flächennutzung durch die Land- und Forstwirtschaft ermöglicht die Herstellung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen auch zur energetischen Nutzung. Durch eine begrenzte Anzahl an Flächen, verschiedenen Nutzungsinteressen und dem Klimawandel stehen Flächen häufig in Konkurrenz. Auch kann die intensive Nutzung von Flächen etwa durch langjährigen Anbau von nur wenigen Kulturen und der übermäßige Einsatz von Düngemitteln den Böden langfristig schaden. Die Auswirkungen des Klimawandels verstärken den ohnehin schon bestehenden Druck auf die Landnutzungssysteme. Die Wasserressourcen stehen im Zusammenhang mit der Nutzung von Flächen diversen Herausforderungen gegenüber.

Landwirtschaft und Flächennutzung

52 % der Fläche Deutschlands – das entspricht 18,1 Mio. Hektar (ha) – werden landwirtschaftlich genutzt (DESTATIS, 2019). Ein Großteil davon ist Ackerland (12 Mio. ha). Knapp 5 Mio. ha werden als Dauergrünland genutzt. 2018 gab es in Deutschland rund 275.392 Landwirtschaftsbetriebe (Destatis, 2020b), in denen etwa 940.000 Personen beschäftigt waren (also rund 1,1 % der deutschen Erwerbstätigen) (Destatis, 2020c), 52 % davon allerdings im Nebenerwerb (BMEL, 2020b). Der Anteil der Betriebe, die ihre Erzeugnisse im Sinne der ökologischen Landwirtschaft produzierten, lag 2018 bei rund 12 % (BMEL, 2020). Die deutsche Landwirtschaft trägt zu einem Selbstversorgungsgrad von rund 93 % bei, wobei bei Kartoffeln, Milchprodukten und Fleisch deutliche Exportüberschüsse bestehen (BMI, 2019).

Durch den Klimawandel verändert sich der Wasserhaushalt im ländlichen Raum (UBA, 2019d). Für den Niederschlag werden Änderungen der Niederschlagsmengen und in der jahreszeitlichen Verteilung prognostiziert. Es ist insbesondere eine Veränderung in Bezug auf Starkregenfälle zu erwarten, die regional zu Überflutungen, Sturzfluten oder zu Flusshochwasser führen. Starkregenereignisse können auf Grund von erhöhter Erosion und Auswaschung die Gewässerqualität lokal stark beeinträchtigen.

Die Landwirtschaft bewirtschaftet viele Flächen, die für den Hochwasserschutz wichtig sind. So sind diese Flächen sowohl in ihrer Funktion als Hochwasserrückhalteräume (Polder) als auch durch ihr Wasseraufnahmevermögen wichtig. Die Erfahrungen aus den Hochwasserereignissen der letzten Jahrzehnte führten zu einem breiten politischen Konsens, dass zukünftig noch größere Anstrengungen im Hochwasserschutz erforderlich sind, insbesondere im Hinblick auf überregional wirksame, präventive Schutzmaßnahmen. Um genau diese Maßnahmen zu fördern, wurde das nationale Hochwasserschutzprogramm des Bundes und der Länder (NHWSP) geschaffen (BMU, 2014). Für einen Sonderrahmenplan „Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes“ in der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des

Küstenschutzes“, stellt der Bund für raumgebende Maßnahmen des NHWSP (Deichrückverlegungen, Polder und andere große Hochwasserrückhalteanlagen), nach 20 Mio. € im ersten Jahr (2015) jährlich 100 Mio. € den Ländern zur Verfügung, die nach dem Grundgesetz für den Hochwasserschutz zuständig sind. Mit Mitteln aus dem Sonderrahmenplan „Präventiver Hochwasserschutz“ kann auch der Erwerb von Flächen für den Hochwasserschutz gefördert werden (BMEL, 2020).

Wie bereits zuvor angesprochen, stellt der Bewässerungsbedarf in Trockenzeiten eine Herausforderung für das Management der landwirtschaftlichen Flächen dar und übt Druck auf die Wasserressourcen aus. Bodentrockenheit und Starkregen führen infolge der damit verbundenen Verwehungen oder Abschwemmungen von fruchtbarem Boden, Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aber zunehmend auch zu Schäden und stofflichen Belastungen in den Oberflächengewässern. Dies erhöht die Bedeutung von an den naturnahen Wasserhaushalt angepassten Landnutzungskonzepten (BMU & UBA, 2020).

Die Landwirtschaft ist hauptverantwortlich für die diffuse Belastung des Grundwassers und der Oberflächengewässer durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel, wie in Kapitel 1.4 beschrieben wurde. Die Auswirkungen der Belastung beschränken die Flächennutzung langfristig (BMU, 2008).

Eine regional ausgerichtete, nachhaltige Landwirtschaft orientiert sich an den Standortfaktoren, integriert Wasserspeicher und gewährleistet die Grundwasserneubildung. Landwirtschaftliche Flächen werden so bewirtschaftet, dass sie die Ziele des Gewässer-, Natur-, Hochwasserschutzes sowie des Klimaschutzes unterstützen. Durch nachhaltige Landwirtschaftsformen wird das ökologische Gleichgewicht der Oberflächengewässer bewahrt oder wiederhergestellt und Gewässerstrukturen werden stärker berücksichtigt (BMU & UBA, 2017).

Eine extensive Bewirtschaftung von Auen und Gewässerrändern, die vorrangig dem Gewässerschutz dient, ist mit Genehmigung und Auflagen möglich. Dafür sollten notwendige Mehrfachnutzungen von landwirtschaftlichen Flächen für Zwecke des Gewässer-, Natur-, Hochwasserschutzes sowie des Klimaschutzes, der Sicherung der Trinkwassergewinnung und der landwirtschaftlichen Produktion koordiniert werden. Geeignete Bewirtschaftungsmechanismen und Prioritäten ermöglichen es, die Funktionsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten (UBA, 2019j).

Flächen für Wälder

Aktuell sind rund 11,4 Mio. ha, knapp ein Drittel der Gesamtfläche Deutschlands mit Wald bedeckt. Waldökosysteme unterstützen die Qualität und Quantität des Grundwassers und Oberflächengewässern. Durch Funktionen wie dem Speichern von Wasser, der Anreicherung des Wassers mit Mineralien und der natürlichen Reinigung von Stoffen wie Nitrat, spielt der Wald eine wichtige Rolle beim nachhaltigen Gewässerschutz (BEL, 2021).

In Deutschland sind 276.067 ha organische Böden bewaldet, von diesen gelten 213.675 ha (77,4 %) als drainiert und 62.393 ha (22,6 %) als nicht drainiert. Die Entwässerung, z. B. durch oberirdische Grabensysteme wurde in der Vergangenheit umgesetzt, um den Anbau bestimmter Baumarten zu ermöglichen. Durch die steigenden Temperaturen und geringeren Niederschlag wird allerdings der Wasserrückhalt negativ beeinflusst und erschwert die Grundwasserneubildung (Ökoinstitut, 2020).

Im Wasserkreislauf hat der Wald in Deutschland als wichtiger Wasserspeicher eine besondere Bedeutung. Durch eine Kombination an Interzeption (Verdunstung von der Blattoberfläche), der Evaporation (Verdunstung vom Waldboden) und der Transpiration über die Blattstomata zusammen können bis zu 70 % des jährlichen Gesamtniederschlags an die Atmosphäre zurückgegeben werden (Markart& Kohl, 2009). Außerdem sind Wälder wichtige Lebensräume und ermöglichen Artenvielfalt.

Mischwälder und Laubwälder sind besonders durch ihre Eigenschaften hervorzuheben, als Ökosysteme Lebensräume zu schaffen und zum guten Zustand der Oberflächen- und Grundwasser beizutragen. Hier ist die Verdunstung und somit das gesamte Wasserrückhaltevermögen höher und trägt auch zum Hochwasserschutz bei. Der Schutz und die nachhaltige Betreuung und Neupflanzung von Laubwäldern hilft außerdem die naturschutzfachlich wertvollen Moore und andere Feuchtlebensräume zu erhalten (Ökoinstitut, 2020).

Die Nutzung der Wälder, auch für Freizeitaktivitäten, wird priorisiert. Dadurch liegt die Wertschätzung und Verbindung von Menschen zu Wäldern in Deutschland sehr hoch. Doch der Zustand der Wälder ist besorgniserregend. Die Waldzustandserhebung (BMEL, 2020) hat herausgefunden, dass der Kronenzustand über alle Baumarten betrachtet seit 1984 noch nie in einem so schlechten Zustand wie im Jahr 2019 war. Die durch den Klimawandel verursachten anhaltenden Dürreperioden werden in den kommenden Sommern in einigen Regionen niedrige Grundwasserstände bewirken.

Der Klimawandel und die damit erwartete Häufung und Verschärfung von Witterungsextremen, wie Hitze und Trockenheit sind eine der bedeutendsten Herausforderungen für die Forstwirtschaft. Die Auswirkungen auf den Wald sind insofern gravierend, als sich die Klimaveränderungen in einer bisher nicht gekannten Geschwindigkeit vollziehen. Können sich Wälder an diese Umweltänderungen nicht anpassen, wird nicht nur der einzelne Baum geschwächt, sondern das gesamte Waldökosystem gestört (UBA, 2019h).

Zum nachhaltigen Managen des Waldes greifen Bewirtschaftungspläne und Schutzmaßnahmen. Nachhaltige Forstwirtschaft kann die natürlichen Funktionen von Wäldern unterstützen und trägt zum nachhaltigen Gewässerschutz bei. Förster*innen können entscheidend zur Gesundheit der Wälder beitragen. Das Bundeswaldgesetz schreibt vor, dass die Forstwirtschaft aufgrund der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes gefördert werden soll (BWaldG § 41).

Maßnahmen, die die Grundwasserneubildung, den Wasserrückhalt in der Fläche und den regionalen Wasserhaushalt stärken, sollen weiterhin ein fester Bestandteil der nachhaltigen Forstwirtschaft sein und können helfen, landwirtschaftliche Nutzflächen natürlich zu be- und entwässern. Der Schutz der Gewässerränder (bzw. die auflagengebundene nachhaltige extensive Nutzung), die Anlage von Niederschlagsspeichern (Tümpeln, Weihern, Löschteiche) sowie die Wiedervernässung von Moorböden und Feuchtgebieten sind einige von vielen Maßnahmen, die als sinnvoll erachtet werden (Öko Institut, 2020).

Der Erhalt und die Mehrung von Wäldern ist darüber hinaus eine wichtige Aufgabe für Klimaschutz und -anpassung, sie sind darin und darüber hinaus unabdingbar für die Regen- und Grundwasserbildung, den Wasserrückhalt und den relativen Ausgleich von Extremtemperaturen.

Der städtische Raum

Wasser hat eine bedeutsame Rolle in der Stadtgestaltung und Stadtentwicklung, unter anderem bei der Versorgung mit Trink- und Nutzwasser, der Entsorgung von Abwasser, der Vermeidung von sensiblen Flächennutzungen in Hochwasserrisikogebieten, den möglichen Schäden bei sinkenden oder steigenden Grundwasserständen, der Kühlung des Stadtklimas im Sommer, sowie als Gestaltungselement der Stadtnatur. Etwa 45 % der Siedlungs- und Verkehrsflächen sind in Deutschland aktuell versiegelt, das heißt: bebaut, betoniert, asphaltiert, gepflastert oder anderweitig befestigt (UBA, 2020f).

In den deutschen Städten steigt der Versiegelungsgrad immer noch an (Umweltministerium BaWü, 2013), welcher zu einer geringeren Niederschlagsverdunstung, punktuell hohen Abflussmengen und geringer Grundwasserneubildung führt.

Besonders gefährdet durch die klimawandelbedingte Zunahme von Starkregenereignissen sind städtische Ballungszentren, in denen kleine Wasserkreisläufe Abhilfe schaffen können. Zur Anpassung an klimabedingt veränderte innerstädtische Hochwasserereignisse können Rückhalteflächen gesichert und die Siedlungsentwicklung gesteuert werden; zusätzliche technische Lösungen sind mobile Schutzelemente. Auch alle Hausbesitzer*innen können mit der technischen Ausgestaltung ihres Wohnumfeldes zur Schadensreduzierung beitragen (UBA, 2016a). Deshalb sind Maßnahmen für die Stadtentwicklung wichtig, die die zunehmend hohen Temperaturen und Trockenheit berücksichtigen.

Die Ziele einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung sind: den Wasserkreislauf auch im urbanen Raum dem des unbebauten Zustands anzugleichen (UBA, 2019n), die Stoffeinträge in die Gewässer zu reduzieren, gleichzeitig die Entwässerungssicherheit der Städte (Überflutungsschutz) zu gewährleisten und positive Effekte der Stadtklimatisierung zu erzielen. Zur Erreichung dieser Ziele steht für den Umgang mit Regenwasser ein breites Spektrum unterschiedlicher Maßnahmen zur Verfügung, wie beispielsweise die Vermeidung von Regenabflüssen durch Entsiegelung, Versickerung und Verdunstung sowie Regenwassernutzung oder eine wassersensible Stadtentwicklung („Prinzip Schwammstadt“) mit innerstädtischen Flächen wie Straßen, Parkplätzen oder öffentliche Plätzen als temporäre Wasserspeicher (UBA, 2017d).

Stadt-Land Abhängigkeit und Kooperation

Die Beziehungen und der Austausch zwischen Stadt und Land sind seit jeher vielfältig: Menschen pendeln, Waren, Dienstleistungen und Verkehr fließen vom Land in die Stadt und umgekehrt. Für die Wasserversorgung von Städten wird oft Wasser aus den (Grund)Wasservorkommen im Umland gefördert. Abwasser des Umlands urbaner Räume wird oft in den Städten gereinigt.

Diese Vernetzungen und Abhängigkeiten zwischen Stadt und Land sind oft funktionell und konfliktlos, können aber auch zu Nutzungskonkurrenzen um die Ressource Wasser führen; sowohl zwischen verschiedenen Wassernutzern, z. B. Landwirtschaft, öffentliche Wasserversorgung, als auch mit räumlichem Bezug zwischen Stadt und Land (BMU & UBA, 2020). Dies betrifft vor allem die Flächennutzung, denn konkurrierende Raumbedarfe und Flächeninteressen können zwischen Stadt und Umland bei der Lebensmittel- oder Energieproduktion, dem Hochwasserrisikomanagement (Retentionsflächen) und dem Schutz

von Wasserschutzgebieten entstehen (UBA, 2019). Das städtische Umland ist darüber hinaus häufig beliebtes Naherholungsgebiet der städtischen Bevölkerung.

Aufgrund dieser Abhängigkeiten ist die engere Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen regionalen Verwaltungen eine der zukünftigen Herausforderungen. Dies bestätigen auch internationale Organisationen. So betont die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) im Jahre 2015 die Wichtigkeit der Koordinierung des städtischen Wassermanagements mit dem Umland (OECD, 2015). Dabei nennt die OECD drei wesentliche Herausforderungen für das Wassermanagement: der zunehmende Wettbewerb um Wasservorräte, die Hochwasserrisiken und den Schutz der Gewässerqualität.

Die Verbindungen zwischen Stadt und Land erfordern, dass zusätzlich zur Siedlungswasserinfrastruktur weitere relevante technisch geprägte (oder gebaute, „graue“) Infrastrukturen, z. B. Talsperren, Brunnen und Wasserstraßen oder Einrichtungen des technischen Hochwasserschutzes, wie Deiche und gesteuerte Polder, wichtiger als Wasserinfrastrukturen zu berücksichtigen sind. Im Laufe der letzten Jahre haben auch naturnahe oder natürliche („grüne“ und „blaue“) Infrastrukturen, z. B. Flussläufe, Gewässerentwicklungskorridore, Überschwemmungs- und Versickerungsflächen, zunehmend an Bedeutung gewonnen. Sie erbringen wichtige Ökosystemleistungen mit positiven Effekten für Stadt und Land. Zentral ist ihr Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung und zur naturnahen Gestaltung des regionalen Wasserhaushaltes sowie zum Umgang mit Extremereignissen. Die verschiedenen Wasserinfrastrukturen sind vielfältig strukturell und funktionell (u. a. geologisch) miteinander vernetzt (UBA, 2019c; UBA, 2017c).

Sowohl für den ländlichen Raum als auch Ballungszentren kommt es zu Flächennutzungskonkurrenzen und gegensätzlichen Entwicklungen bei Visionen von moderner Stadtentwicklung. Für den Wasserkreislauf und für natürliche Kühlung von Städten im Sommer, ist es unabdingbar, naturnahe Lösungen (sogenannte „nature-based solutions“) aber auch technischen Verfahren zur Verdunstung, Versickerung und Speicherung von Regenwasser anzuwenden, die Raum brauchen. Gleichzeitig werden Städte immer weiter verdichtet, sodass Wasser nicht versickern und verdunsten kann, sondern abfließt.

1.7 Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln

Natürliche Gewässer sind ein wichtiger Bestandteil des Naturschutzes und bei den Anstrengungen zum Erhalt der Biodiversität. Intakte Flusslandschaften und ihre Auen gehören zu den artenreichsten Lebensräumen in Mitteleuropa (IPBES, 2019). Der Zustand der hydromorphologischen Komponenten Abflussgeschehen, Feststofftransport und Gewässermorphologie und ihre Auswirkungen sind durch die Kultivierung der Fluss- und Auenlandschaften gravierend verändert und oft nachhaltig gestört. Dies führt zu einer unzureichenden Gewässerstruktur, fehlenden Lebensräumen für die Tier- und Pflanzenwelt oder zu einer fehlenden Durchgängigkeit der Gewässer durch Querbauwerke, die die Fließgewässer in Deutschland maßgeblich beeinträchtigen. Die Gewässerstrukturklassen geben Aufschluss über den Grad der Veränderung der Gewässer (6 Stufen von unverändert bis vollständig verändert) (UBA, 2017c).

Über 91,8 % aller Oberflächengewässer verfehlen derzeit den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial gemäß EU-WRRL (UBA, 2017c). Ein wesentlicher Grund hierfür sind die fehlenden Lebensräume für Flora und Fauna. Um diese wiederherzustellen oder neu zu

schaffen, gibt es zahlreiche Vorschläge und konkrete Maßnahmen durch die EU-WRRL, allerdings scheitert die Umsetzung häufig an fehlenden Flächen. Die Flächenverfügbarkeit ist zur räumlichen Entfaltung von Flüssen und Bächen essenziell, sodass die Gewässerentwicklung und der Schutz und Aufbau von Auen gemeinsam gedacht werden müssen. Sie können auch dazu dienen, dass die Folgen von häufigeren und verstärkten Dürre- und Starkniederschlagsereignissen ausgeglichen werden (UBA, 2021b; UBA, 2021c). An den großen Flüssen in Deutschland existieren an vielen Abschnitten nur noch 10–20 % der ehemaligen Auen (BfN, 2021).

Die Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) bestimmt federführend die Gewässerentwicklung. Der Auenschutz wird durch die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) sowie zahlreiche Programme der Länder und des Bundes bestimmt. Um beide Richtlinien erfolgreich umzusetzen ist eine nachhaltige Gewässerentwicklung unabdingbar, die zahlreiche Synergiefelder der Gewässerentwicklung und des Naturschutzes miteinander verknüpft. So beinhalten die Maßnahmenprogramme zur Umsetzung der EU-WRRL zahlreiche hydromorphologische Maßnahmen, die auch dem Naturschutz zugutekommen.

Naturnahe Lebensräume

Die Hydromorphologie spielt für die Gewässerentwicklung eine wesentliche Rolle. Hierzu zählen beispielsweise der Lebensraum für aquatische Organismen, das Abflussverhalten im Längsverlauf eines Fließgewässers, die Vernetzung zur Aue und zum Grundwasserkörper oder das Kieslückensystem als wesentlicher Ort von Stoffumsetzungsprozessen (Selbstreinigungskraft). Hydromorphologische Veränderungen sind neben Beeinträchtigungen durch Schad- und Nährstoffe die wesentlichen Ursachen für die Verfehlung des von der EU-WRRL geforderten guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potenzials der Gewässer in Deutschland (UBA, 2015a). Das umfasst die morphologischen (gewässerstrukturellen) Veränderungen (z. B. durch Gewässerausbau, technischen Hochwasserschutz, Landwirtschaft und Schifffahrt) und die daraus resultierende fehlende eigendynamische Gewässerentwicklung, die fehlende Durchgängigkeit aufgrund von Querbauwerken und den veränderten Wasserhaushalt. Eine Studie zum Zwischenstand der Umsetzung der Maßnahmen gemäß EU-WRRL zeigt, dass in 60 % der Wasserkörper mit den bis 2015 geplanten Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur noch nicht begonnen wurde, so dass weiterhin erhebliche Anstrengungen notwendig sind. Dies trifft ebenso für fast 70 % der Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit und auf 55 % der Maßnahmen für die Verbesserung des Wasserhaushaltes zu (LAWA, 2019c). Die unzureichende Umsetzung hydromorphologischer Maßnahmen zur Erreichung der nach EU-WRRL geforderten Umweltziele wird auch im 2020 publizierten Umweltgutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen detailliert beleuchtet (SRU, 2020).

In Deutschland sind über 80 % der bewerteten Fließgewässer (diese umfassen mehr als 60.000 km) hinsichtlich der Gewässerstruktur „deutlich“ bis „vollständig verändert“. Eine Vielzahl der Querbauwerke in den Flüssen verhindert die lineare Passierbarkeit für die Fischfauna und etwa ein Viertel der Gewässer weist einen veränderten Wasserhaushalt durch Entnahmen (z. B. Wasserkraft und Kühlzwecke) oder zu geringe Wasserabgaben über Querbauwerke auf (UBA, 2017b). Die Folgen sind defizitäre Lebensräume für die Tier- und Pflanzenwelt, eine verminderte Selbstreinigungskraft der Gewässer aufgrund einer fehlenden natürlichen Abfluss- und Sedimentdynamik sowie ein gestörtes Landschaftsbild durch begradigte und verbaute

Gewässer. So weisen 80 % der FFH-Lebensraumtypen der Still- und Fließgewässer sowie 65 % der in der FFH-Richtlinie aufgeführten Fischarten nicht den geforderten „günstigen Erhaltungszustand“ auf; bei 43 % der Lebensraumtypen ist der Zustand „schlecht“ (BfN, 2019)⁵.

Hochwasser und Auen

Im Jahr 2002 verursachte das Hochwasser im Elbe- und Donaueinzugsgebiet einen wirtschaftlichen Schaden in Höhe von rund 11,6 Mrd. €. Beim Hochwasser in 2013 beliefen sich die Schäden auf knapp 8 Mrd. € (DKKV, 2015). Wegen des Klimawandels wird erwartet, dass Starkregen- und Hochwasserereignisse weiter zunehmen. Renaturierung und Wiederherstellung der Auen als Flächen zum Wasserrückhalt ergeben daher auch ökonomisch Sinn. Eine Kosten-Nutzen-Analyse für Deichrückverlegungen an der Elbe ergab, dass die Investitionskosten durch einen dreimal so hohen Nutzen für Hochwasserschutz, Erholung und Naturschutz sowie Gewässerreinigung aufgewogen werden. Die Natur wirkt aus ökonomischer Sicht wie ein Kapitalbestand, ähnlich dem Sach- und Humankapital. Aus diesem „Kapital“ fließen „Dividenden“ in Form von Ökosystemleistungen. Es geht also in Zukunft darum, dieses Kapital nicht zu verzehren, sondern es muss erhalten und – wo erforderlich – wiederhergestellt werden (TEEB DE, 2018).

Auen sind natürliche Überschwemmungsflächen. Bei Überflutung können Hochwasser abgeschwächt und Schäden durch Hochwasser verhindert oder verringert werden. So führte die Deichrückverlegung in der Lenzener Elbtalau durch eine Erhöhung der Überflutungsfläche von 420 ha zu einer Minderung der Wasserpegel um bis zu 49 cm während der großen Hochwasser 2011 und 2013 (BfN, 2020). Das nationale Hochwasserschutzprogramm umfasst beispielsweise Deichrückverlegungen als eine von drei zentralen Maßnahmenkategorien und setzt bewusst auf die Nutzung von Synergien u. a. mit der Gewässerentwicklung und dem Naturschutz (BMU, 2014).

2009 konnten nur noch rund ein Drittel der ehemaligen Überschwemmungsflächen von Flüssen mit Einzugsgebieten über 1000 km² bei großen Hochwasserereignissen überflutet werden (BfN & BMU, 2018). Das Potenzial für eine naturnahe Gewässer- und Auenentwicklung ist hoch, wobei hier auch die Flächenverfügbarkeit und die zunehmende Flächenkonkurrenz zu berücksichtigen ist (Destatis, 2019).

Etwa zwei Drittel der betrachteten Gewässer eignen sich für eine naturnahe Gewässer- und Uferentwicklung, etwa ein Viertel für eine naturnahe Auenentwicklung und bei etwa einem Fünftel der betrachteten Gewässer besteht ein hohes Potenzial für die Wiederanbindung der Altauen an die Überflutungsdynamik des Flusses (BfN, 2018).

Für die Umsetzung der Ziele müssen entsprechende Rahmenbedingungen bestehen. Die Ziele der Gewässerentwicklung sind multifunktional. Sie umfassen neben der Ästhetik der Gewässerlandschaften die naturnahe Wiederherstellung von Gewässern als intakte und funktionsfähige Ökosysteme und die Berücksichtigung der Auen als natürliche Retentionsflächen – damit verbunden ist die Unterstützung eines naturnahen Hochwasserschutzes, der aquatischen und terrestrischen Biodiversität sowie die Integration weiterer Belange des Allgemeinwohls, wie Naturschutz und unterschiedliche Nutzungen durch

⁵ Die Bezugsgröße für die Prozentangaben ist die Summe der Einzelbewertungen für die Gewässer-LRT bzw. Fischarten in den einzelnen biogeografischen Regionen (atlantisch, kontinental, alpin), da es keine Gesamtbewertung für ganz Deutschland gibt.

den Menschen, z. B. für Freizeit und Erholung. Diese Ziele bedeuten eine nachhaltige Entwicklung sowie kontrollierte Ausgestaltung, Nutzung und Bewirtschaftung der Gewässer, wobei die Gewässer nicht primär an die Nutzungen anzupassen sind; vielmehr sind sie unabhängig davon als Bestandteile des Naturhaushaltes zu schützen und zu entwickeln (LAWA, 2006).

Der Schutz dieser wertvollen Auen-Ökosysteme wird auch in der neuen Biodiversitätsstrategie im Rahmen des European Green Deal (Europäische Kommission, 2020b) der Europäischen Kommission adressiert. Im Rahmen der Biodiversitätsstrategie für 2030 (Europäische Kommission, 2020a) ist vorgesehen:

- ▶ 30 % der europäischen Landes- und Meeresfläche sollen als geschützte Gebiete ausgewiesen werden; 1/3 davon als hochgradig geschützt.
- ▶ Keine Verschlechterung geschützter Lebensräume und Arten bis 2030 sowie ein positiver Trend um mindestens 30 %.
- ▶ Mehr als 10 % Erhöhung biodiverser Landschaftsbilder.
- ▶ Größere Anstrengungen, um Süßwasserökosysteme und natürliche Funktionen von Flüssen wiederherzustellen.
- ▶ Wiederherstellung von mindestens 25.000 km frei fließende Gewässer - Rückbau vorrangig nicht mehr benötigter Querbauwerke und Renaturierung von Auen und Feuchtgebieten.
- ▶ Die Mitgliedstaaten überprüfen die Wasserentnahme- und Aufstau-Genehmigungen, um den ökologischen Mindestabfluss wiederherzustellen und zu erhalten.
- ▶ Schwerpunkt auf der Umsetzung und Durchsetzung der EU-Umweltvorschriften einschließlich der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie, die bis 2027 erreicht werden sollen.
- ▶ 50 % Reduzierung der Verwendung und des Risikos von Pestiziden bis 2030
- ▶ 50 % Reduzierung der Nährstoffbelastung
- ▶ 20 % Reduzierung der Verwendung von Düngemitteln
- ▶ Ermöglichen von Aktionen für transformative Veränderungen wie die Förderung naturbasierter Lösungen.

Der Mangel an Umsetzung von bestehenden Maßnahmen hängt häufig mit fehlenden Ressourcen zusammen. Platzmangel ist eine weitere nennenswerte Barriere, die der nachhaltigen Gewässerentwicklung im Weg steht (siehe auch Kapitel 1.9). Diese hindernden Faktoren müssen durch ein ganzheitliches, integriertes Vorgehen mit klaren gewässerpolitischen Zielen in und durch diverse Sektoren umgesetzt werden (Schröder, 2020).

1.8 Meeresgebiete (Nord- und Ostsee) intensiver vor stofflichen Einträgen vom Land schützen

Die Küstenbundesländer Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern sowie die Stadtstaaten Hamburg und Bremen verfügen über insgesamt 2.389 km Küstenlinie entlang der Nord- und Ostsee. Die naturräumlichen Dynamiken von Nord- und Ostsee unterscheiden

sich dabei grundlegend: Die Lebensräume der Nordseeküste aus vorgelagerten Inseln und Halligen, Wattenmeer, Flachwasserbereichen und Marschland sind von den Gezeiten stark geprägt. Die Ostsee dagegen ist ein fast geschlossenes Meer mit geringer Wasseraustauschrate und ohne nennenswerten Tidenhub; sie ist charakterisiert durch eine stark strukturierte Küste mit zahlreichen Buchten, Inseln und Halbinseln sowie großen Flachwasserbereichen. Die Verbindung zur Nordsee ist für die Ostsee sehr wichtig, da unregelmäßige Wassereinträge Salz und sauerstoffreiches Wasser zuführen (UBA, 2018b).

Bewertungen des Zustands von Nord- und Ostsee

Für die Bewirtschaftungspläne der EU-WRRL wurde der ökologische Zustand der Übergangs- und Küstengewässer der Nordsee und Ostsee anhand der biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten und Makrozoobenthos bewertet:

Gemäß WRRL wurden in der Nordsee von den 29 Wasserkörpern 15 als „mäßig“, 12 als „unbefriedigend“ und zwei Wasserkörper als „schlecht“ eingestuft. An der Ostsee wurden in Bezug auf den „guten ökologischen Zustand“ von den 45 Wasserkörpern 15 als „mäßig“, 15 als „unbefriedigend“ und 15 als „schlecht“ eingestuft. Insgesamt wurde der gute ökologische Zustand gemäß EU-WRRL in Nord- und Ostsee verfehlt (UBA, 2017c).

Der schlechte Umweltzustand wurde in Bewertungen im Rahmen der MSRL bestätigt (Meeresinfo MSRL, 2018.). Die Bewertung zeigte außerdem, dass die Kontamination durch Schadstoffe, die Anreicherung mit Nährstoffen und organischem Material sowie die biologischen Störungen zu hohe Werte aufweisen und negative Auswirkungen auf Ökosysteme haben. Insbesondere die bewerteten Biotoptypen, das Phytoplankton, die Makrophyten und Seegräser, die am Meeresboden lebenden Tiere, die Meeressäuger, die Fischfauna und die Seevögel leiden unter dem schlechten Umweltzustand (UBA, 2017c).

Belastungen der Meeresgewässer haben oft ihren Ursprung an Land. Sie werden durch Einträge von Nährstoffen und organischem Material v. a. aus der Landwirtschaft hervorgerufen. Auch Regionen, die weiter von der Küste entfernt sind, können für die Verschmutzung der Meere mitverantwortlich sein, denn über die Flüsse sind die Meere mit dem Landesinneren verbunden. Auch über die Luft können Stickstoffverbindungen und schädliche Stoffe in die Meere gelangen. Deshalb ist es zwingend erforderlich, dass Akteure von Land- sowie Meeresschutz noch enger zusammenarbeiten. Abgesehen von Nähr- und Schadstoffen beeinflusst die Zunahme von Abfall, insbesondere langlebige Kunststoffe, die ökologischen Prozesse des Lebensraums Meer (UBA, 2018b; BMU & UBA, 2017).

Eutrophierung von Nord- und Ostsee

Eutrophierung, die durch übermäßige Nährstoffeinträge hervorgerufen wird, ist eine große ökologische Herausforderung in der Nord- und Ostsee. Sie führt zu einer Reihe von negativen Auswirkungen auf die marinen Ökosysteme durch übermäßige oder toxische Algenblüten, Sauerstoffmangel, sowie Beeinträchtigungen von auf dem Boden lebenden Tieren und Wasserpflanzen (UBA, 2017c).

In Messungen im Rahmen der EU-WRRL ist die Eutrophierung der ausschlaggebende oder ausschließliche Grund dafür, dass die Küstengewässer der Nord- und Ostsee gemäß WRRL nicht in einem „guten ökologischen Zustand“ sind. Kein einziger Wasserkörper war 2015 in „gutem“

oder „sehr gutem“ Zustand. In den Küstengewässern der deutschen Ostsee waren 34 % der Wasserkörper in einem mäßigen Zustand, 32 % wurden als befriedigend und 34 % als schlecht bewertet. In den Küsten- und Übergangsgewässern der Nordsee wurden nur 7 % der Wasserkörper als schlecht bewertet, 41 % waren in unbefriedigendem und 52 % in mäßigen Zustand (LAWA, 2016).

Von den 24 Ostseezuflüssen erreichten im Messzeitraum 2011–2015 nur drei Flüsse den Bewirtschaftungszielwert für Gesamtstickstoff und drei Flüsse den fließgewässerspezifischen Orientierungswert für Gesamtphosphor (UBA, 2018b, BLANO, 2018a). Bei den neun bewerteten Nordseezuflüssen im Bewertungszeitraum 2011–2015 erreichte nur der Rhein den Bewirtschaftungszielwert für Gesamtstickstoff. Den fließgewässerspezifischen Orientierungswert für die Gesamtphosphorkonzentrationen erreichen der Rhein, die Eider, Treene, Arlau, Miele und der Bongsieler Kanal. Die größte Überschreitung zeigen für Stickstoff die Ems und für Phosphor die Elbe. (BLANO, 2018b).

Schadstoffe

Schadstoffe in den Meeren sind auf verschiedene Quellen zurückzuführen. Die vom Land kommenden Schadstoffe, die über Flüsse ins Meerwasser gelangen, haben ihren Ursprung meist in diffusen Quellen, wie der Landwirtschaft, aus Mischwasserüberläufen, Niederschlagsabflüssen sowie aus Kläranlagen, die Rückstände von Bioziden und Pflanzenschutzmitteln, Konsumprodukten, Körperpflegemitteln und Arzneimitteln nicht zurückhalten können. Eine weitere diffuse Quelle sind Schwermetalle und POPs (Persistant Organic Pollutants) aus Industrieanlagen, die überwiegend in der Vergangenheit verwendet wurden und bis heute Flusssedimente, Flussmündungen (Ästuar) und marine Sedimente belasten (UBA, 2017c).

Ein weiterer großer Teil der Schadstoffe gelangt über die Atmosphäre und als direkte Einleitungen der Industrie entlang der Küsten von Ost- und Nordsee in die Meere. Parallel tragen ins Meer mündende Flüsse Schadstoffe ein und geben Schifffahrt und Offshore-Industrie Schadstoffe ab. Die atmosphärischen Einträge sind auf Verkehr, Verbrennungsanlagen und Seeschifffahrt zurückzuführen. So sind 60 % der Cadmium-, 84 % der Blei- und 79 % der Quecksilber-Depositionen auf Regionen außerhalb ihrer Einzugsgebiete zurückzuführen (HELCOM, 2010).

In dem zweiten „State of the Baltic Sea“ Report von HELCOM (2018) für den Zeitraum 2011–2016 wird festgestellt, dass die Belastung aller Gebiete der Ostsee mit Schadstoffen Anlass zur Sorge gibt (HELCOM, 2018). In einer vorherigen Studie über den Umweltzustand der Ostsee wurde deutlich, dass die Konzentrationen der Schadstoffe PCB, Blei, Quecksilber, Cäsium-137, DDT/DDE, TBT, Benzo[a]anthracen und Cadmium dabei am häufigsten ausschlaggebend für den unzureichenden Zustand sind (HELCOM, 2010). Seitdem sind die Zuflüsse dieser Schadstoffe in die Ostsee stark gesunken, aber die Konzentrationen bleiben weiter hoch (UBA, 2017a).

Ubiquitäre Stoffe wie Quecksilber und Stoffgruppen, wie polybromierte Diphenylether (PBDE) überschreiten die Umweltqualitätsnormen flächendeckend und auch Blei, Cadmium, polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Perfluorooctansulfonat (PFOS) und Tributylzinn (TBT) zeigen Überschreitungen (MSRL Artikel 8, 9 & 10).

Mikroplastik in den Meeren, auch in der Nord- und Ostsee, hat in den vergangenen Jahren mehr Aufmerksamkeit erlangt. Sogenanntes primäres Mikroplastik aus Produkten, oder aus sekundären Quellen wie z. B. durch Reifenabrieb ist weit verbreitet und schadet der Umwelt. Meereslebewesen können nachhaltig und bis hin zum Tod geschädigt werden. Während der Zersetzung geben Kunststoffe zudem giftige und hormonell wirksame Zusatzstoffe, wie Weichmacher oder Flammschutzmittel an die Meere ab, die auch von Organismen aufgenommen werden (UBA, 2018b). Zudem können sich Schadstoffe an Kunststoffpartikel anlagern und so bioverfügbar werden.

Laut der aktuellen Zustandsbewertung der deutschen Nord- und Ostseegewässer gemäß der MSRL aus dem Jahr 2018 ist Mikroplastik in allen Bereichen (Wasser, Sedimente, Meereslebewesen) anzutreffen. Die Flüsse sind auch hier der Haupteintragspfad. Kunststoffe zersetzen sich – teilweise über Jahrhunderte – in kleinste Teile und werden zu Mikroplastik, das sich in Sedimenten und in der Wassersäule anreichert und schädliche Auswirkungen auf marine Biota hat.

Vereinbarungen und Maßnahmen zum Schutz der Meeresgewässer und Anforderungen für die Zukunft

Die Tatsache, dass Meere ein wesentlicher Teil des Wasserkreislaufs sind, bedeutet im Umkehrschluss, dass zahlreiche Maßnahmen zum Gewässerschutz an Land – insbesondere mit Blick auf Fließgewässer – wie auch Maßnahmen zum Schutz weiterer Umweltmedien Auswirkungen auf die Meeresökosysteme haben. Die erhöhten Nährstoffeinträge aus direkten Einträgen sowie über Flüsse und die Atmosphäre müssen verringert werden, sodass der gute Umweltzustand erreicht und dauerhaft erhalten werden kann. Dabei sind auch mögliche Ferntransporte in und aus benachbarten Regionen zu berücksichtigen. Das kann zu höheren Anforderungen an die erforderlichen Reduktionen führen.

Verschiedene Beschlüsse und Vereinbarungen auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene versuchen die Einträge in die Nord- und Ostsee zu reduzieren. Das grundlegende völkerrechtliche Vertragswerk, das VN-Seerechtsübereinkommen (UNCLOS), zahlreiche Konventionen und Übereinkommen auf Ebene der Vereinten Nationen wie z. B. MARPOL (IMO) oder LC/LPLP (IMO), sind Grundlage eines wirkungsvollen supra- oder internationalen Meeresschutzes. Zudem sind politisch-globale Vereinbarungen wie insbesondere die 2030 Agenda, Resolutionen der Umweltversammlung der Vereinten Nationen (UNEA) und einschlägige Entscheidungen der G7- und G20-Staatenlenker relevant.

Das Nachhaltigkeitsziel (Sustainable Development Goal, SDG) 14 der 2030 Agenda legt einen Aufgabenkatalog zum nachhaltigen Umgang mit den Meeresökosystemen fest. Das Unterziel SDG 14.1 adressiert ausdrücklich stoffliche Belastungen und Meeresmüll. Hinsichtlich der stofflichen Belastungen ist der Meeresschutz auch unter diesem Regime abhängig von den Erfolgen bei der Reduzierung mehrheitlich landbürtiger (aber auch auf See erfolgender) Einträge. Derzeit ist die Zielerreichung aber erheblich durch menschliche Einflüsse gefährdet (World Bank, 2020).

Deutschland ist seit Anfang der 70er-Jahre des letzten Jahrhunderts Vertragsstaat der Regionalkooperationen zum Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebiets (HELCOM) sowie des Nordostatlantiks (OSPAR). Die jeweiligen Anliegerstaaten beider Meere arbeiten zusammen, um gemeinsam abgestimmte und vereinbarte Maßnahmen zum Schutz der Meeresgewässer, die die Küstengewässer einschließen, umzusetzen, mit dem Ziel, einen guten Umweltzustand für alle Meeresgewässer zu erreichen.

Deutschland hat die Ziele der OSPAR- und HELCOM-Strategien erreicht. Die Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer im deutschen Ostsee-Einzugsgebiet (Flussgebiete Warnow/Peene, Schlei/Trave und Oder) verringerten sich zwischen 1983–1987 und 2012–2014 um 65 % von 63.000 t/a auf 22.200 t/a Stickstoff. Die Phosphoreinträge gingen in diesem Zeitraum um 78 % von 3.600 t/a auf 800 t/a Phosphor zurück. Die Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer im deutschen Nordsee-Einzugsgebiet (Flussgebiete Elbe, Weser, Ems und Eider) verringerten sich zwischen 1983–1987 und 2012–2014 für Stickstoff um über 50 % von 804.038 t/a auf 353.400 t/a und für Phosphor um mehr als 70 % von 67.164 t/a auf 17.540 t/a (BMU & UBA, 2017).

Zum Erreichen des guten Zustands der Ostsee in Bezug auf Eutrophierung hat HELCOM im Ostseeaktionsplan nationale Nährstoffeintragsgrenzwerte (Nutrient Input Ceilings; NICs) für jeden HELCOM Vertragsstaat in jedes Ostseebecken festgelegt (Helcom, o.D. a). Die NICs beinhalten wasserseitige (direkte küstennahe Punktquellen und Einleitungen aus Flüssen),

luftgebundene (atmosphärische Deposition aus einem Land oder einer Gruppe von Ländern) und grenzüberschreitende (Einträge über Flüsse durch ein anderes Land) Nährstoffeinträge. Weiterhin wurden auch NICs für Schifffahrt und für Staaten festgelegt, die keine HELCOM Vertragsstaaten sind. Die Summe aller nationalen Nährstoffeintragsgrenzwerte für ein Ostseebecken entspricht dem maximal zulässigen Eintrag (Maximum Allowable Input; MAI) für dieses Ostseebecken. Die Nährstoffeintragsgrenze für das deutsche Ostseeinzugsgebiet in die gesamte Ostsee beträgt 59.479 Tonnen Gesamtstickstoff und 452 Tonnen Gesamtphosphor. Im Vergleich zu den Nährstoffeinträgen aus dem deutschen Einzugsgebiet im Jahr 2017 ergeben sich für Deutschland eine ausstehende Reduktion der Einträge um 8.985 Tonnen an Gesamtstickstoff und 185 Tonnen an Gesamtphosphor (HELCOM, o.D. b).

Diese Reduzierungen waren jedoch bei Weitem nicht ausreichend, um den guten Zustand der Meeresgewässer gemäß den Vorgaben von OSPAR, HELCOM und der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) zu erreichen. Die von Deutschland zur Umsetzung der MSRL gesetzten Umweltziele sehen vor, dass die Einträge von Nährstoffen, Schadstoffen und Abfall (Fokus Kunststoffe) über die Flüsse weiter zu reduzieren sind (UBA, 2017a).

Die MSRL bietet seit 2008 den rechtsverbindlichen Rahmen für einen EU-weit kohärenten und regional koordinierten Meeresschutz. Der räumliche Anwendungsbereich der MSRL umfasst alle Meeresgewässer und zielt darauf ab, jegliche Einträge in die Meeresumwelt (von Land und auf See) zu verhindern und zu verringern. Sie schafft auch den rechtlichen Rahmen für nationale Maßnahmen. Ihre Umsetzung in nationales Recht erfolgte, ohne weite konkretisierende oder auf Operationalisierung gerichtete Ergänzung formal durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG).

Mit einem ganzheitlichen, integrativen Ansatz sollte das Ziel eines guten Zustands der Meeresumwelt spätestens 2020 und dessen Erhalt darüber hinaus erreicht werden (UBA, 2017c). Um den „guten Umweltzustand“ gemäß MSRL zu erreichen, bedarf es adäquater Maßnahmen zur Senkung der anthropogenen Belastungen. Diese Maßnahmen wurden, den Vorgaben der MSRL entsprechend, in den 2016 veröffentlichten Maßnahmenprogrammen verankert (Meeresinfo MSRL, 2018).

Auch die EU-WRRL spielt eine Rolle, um insbesondere landbasierte Einträge ins Meer zu verhindern. Für die flussbürtigen Einträge von Nähr- und Schadstoffen soll die Fortschreibung der Maßnahmenprogramme für den 3. Bewirtschaftungszyklus (2021–2027) der WRRL zu einer Zustandsverbesserung beitragen. Belastungen aus der landwirtschaftlichen Nutzung sollen durch die novellierte Düngeverordnung zur Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie und der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen weiter reduziert werden.

Deutschland hat in der Novelle der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) der EU-WRRL von 2016 erstmals Bewirtschaftungszielwerte für die Jahresmittelwerte von Gesamtstickstoff für die in die Nord- und Ostsee einmündenden Flüsse festgelegt, die sich an den Meeresschutzzielen ausrichten. Sie werden an den jeweiligen Süßwassermessstellen am Übergabepunkt limnisch/marin gemessen und müssen dort eingehalten werden. Das Monitoring des Gesamtstickstoffs ist Teil der regelmäßigen Erfassung von diversen Stoffeinträgen.

Für Schadstoffe, Gesamtphosphat und Plastik inklusive Mikroplastik, die über die Flüsse ins Meer eingetragen werden, liegen hingegen derzeit weder national noch auf EU-Ebene konkrete Eintragsziel- oder Grenzwerte für den Übergabepunkt limnisch-marin vor. Es fehlt an einer

quantifizierten Abschätzung, welche Reduktionen und entsprechende Maßnahmen in den Flussgebieten erforderlich sind, um zu einem guten Zustand der Meeresgewässer beizutragen (UBA, 2017c).

Der Aufbau eines Routinemonitorings von Kunststoff- und Mikroplastikeinträgen muss vorangetrieben werden, um die Konzentrationen umfassend zu erfassen und Zielwerte zur Reduzierung der Einträge festzulegen.

Maßnahmen zur Minderung der Einträge o.g. Stoffe bzw. Stoffgruppen in Nord- und Ostsee sind vor allem in den Flussgebieten zu ergreifen. Um entsprechende Maßnahmen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL bestimmen zu können, bedarf es geeigneter Orientierungswerte am Übergabepunkt limnisch-marin für eine Begrenzung der Einträge, die die Erreichung des Guten Zustands gemäß MSRL erlaubt.

Durch Forschungsvorhaben sollen solche Orientierungswerte wissenschaftlich ermittelt, anschließend mit den Akteuren der Binnen- und Küstenländer abgestimmt und perspektivisch in die Oberflächengewässerverordnung aufgenommen werden, um damit Vorgaben für die Bewirtschaftung der Flussgebiete im Sinne des Meeresschutzes zu regeln.

Durch Forschungsvorhaben zur wissenschaftlichen Ermittlung des aktuellen Zustands und aktive Prozesse für alle Akteure der Binnen- und Küstenländer sollen Orientierungswerte identifiziert und in die Oberflächengewässerverordnung aufgenommen werden, um damit Vorgaben für die Bewirtschaftung der Flüsse im Sinne des Meeresschutzes zu regeln. Dazu sollte auch die Nitratrichtlinie ergänzt werden, etwa durch ein Bund-Länder-Monitoring zur Düngeverordnung, um Phosphor-Einträge in Fließgewässern zu begrenzen und deren Einträge in die Meere zu überwachen.

1.9 Leistungsfähige Verwaltungen stärken, Datenflüsse verbessern, Ordnungsrahmen optimieren und Finanzierung sichern

Die vom nationalen und europäischen Gesetzgeber vorgegebene Instrumentarium in der Wasserwirtschaft erweitern sich ständig und führt zu neuen Aufgaben in der Verwaltung (SRU, 2007). Eine funktionierende Wasserwirtschaft die Erreichung eines guten Zustandes gemäß WRRL hängen somit auch von der administrativen Kapazität der Verwaltung und passenden Finanzierungsinstrumenten ab.

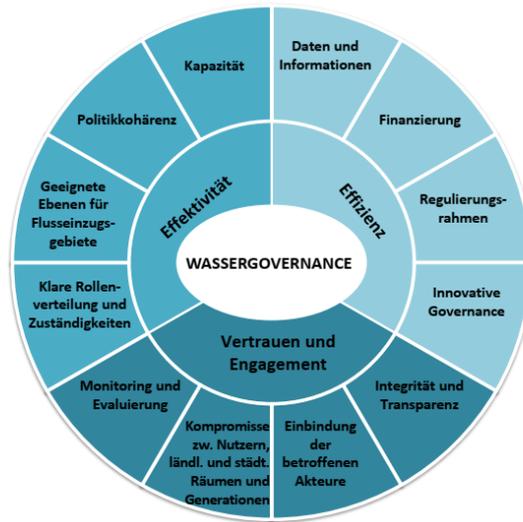
Relevanz von Governance für die Wasserwirtschaft

Nicht nur in Deutschland, sondern weltweit ist das, was man häufig als „Wassersektor“ oder „Wasserwirtschaft“ umschreibt, durch eine Reihe von Merkmalen gekennzeichnet. Die erfolgreiche Umsetzung wasser- und gewässerpolitischer Ziele ist stark von der Organisation und dem Funktionieren der Governance-Strukturen, zumeist in einem Mehrebenensystem (Multi-Level-Governance), abhängig. Zu diesen spezifischen Merkmalen gehören (BMU & UBA, 2020):

- ▶ Wasserressourcen und Gewässer sind das verbindende Glied unterschiedlicher Sektoren (Gesundheit, Landwirtschaft, Energie, Umwelt, Raumplanung, Regionalentwicklung) auf sehr unterschiedlichen geografischen und zeitlichen Skalen.
- ▶ Typischerweise divergieren hydrologische Systemgrenzen (Wasser- und Gewässereinzugsgebiete) in denen geschützt und bewirtschaftet werden muss von den administrativen Einheiten (Kommunen, Regionen, Länder), in denen die Gesetze und Strukturen dafür existieren.
- ▶ Die Betroffenheit einer Vielzahl gesellschaftlicher Gruppen sowie öffentlicher und privater Stakeholder, die in Politikformulierung, Entscheidungsfindung und Projektumsetzungen eingebunden werden müssen.
- ▶ Die hohe Kapitalintensität und quasi monopolistische Struktur von Teilen der Wasserwirtschaft, die eine Koordinierung über das Regulierungsregime über verschiedene Ebenen erforderlich machen.
- ▶ Die Verteilung von komplexen und ressourcenintensiven Verantwortlichkeiten auf unterschiedlichen Entscheidungs- und Verwaltungsebenen, die zu einer starken wechselseitigen Abhängigkeit zwischen diesen verschiedenen Ebenen und damit zu einem hohen vertikalen wie horizontalen Abstimmungs- und Kooperationsbedarf führt.

Die OECD hat im Jahr 2015 Grundsätze zur Wasser-Governance vorgelegt, die im Rahmen der „OECD Water Governance Initiative“ mit breiter Beteiligung von Regierungen, öffentlichen und privaten Institutionen sowie Non-Profit-Organisationen erarbeitet und vom Ministerrat der OECD begrüßt wurden. Den Grundsätzen zufolge sollten die (mehr oder weniger formellen, komplexen und kostspieligen) Wasser-Governance-Systeme entsprechend den zu bewältigenden Herausforderungen gestaltet werden. Aus diesem Ansatz folgt, dass die „Form“ der Wasser-Governance auf die „Funktionen“ der Wasser-Governance abgestimmt sein sollte (OECD, 2020). Die folgende Grafik gibt einen Überblick der Grundsätze.

Abbildung 5: Überblick über die OECD Grundsätze zur Wasser-Governance



Quelle: OECD, 2018

Diese Grundsätze und das inzwischen hierzu entwickelte Indikatorenset (OECD, 2018) sollen Staaten helfen, ihre Governance-Strukturen systematisch zu überprüfen und den Herausforderungen entsprechend weiter zu entwickeln und anzupassen. Einige OECD-Staaten haben dies bereits selbst organisiert (z. B. Norwegen) oder durch gemeinsam mit der „OECD Water Governance Initiative“ organisierte Peer Reviews oder nationale Dialoge (z. B. Niederlande, Argentinien, Peru) umgesetzt.

Nationale Regelungen

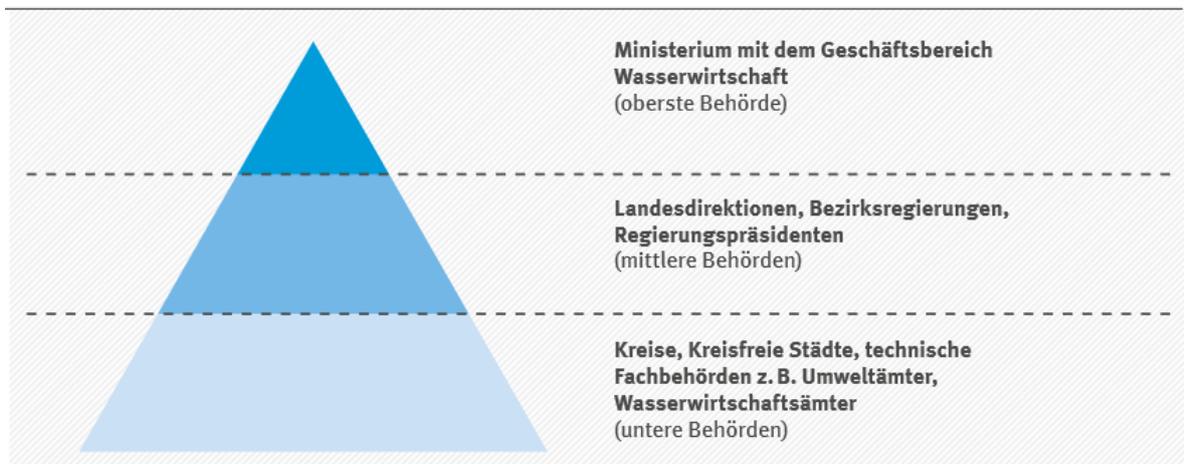
Die Wasserwirtschaft in Deutschland ist vielschichtig organisiert und die staatlichen Aufgaben sind auf Bund, Länder und Kommunen verteilt.

Der Vollzug wasserwirtschaftlicher Regelungen ist Aufgabe der Bundesländer und Kommunen (Ausnahme: Management der Bundeswasserstraßen). In den meisten Bundesländern ist die Wasserwirtschaftsverwaltung dreistufig aufgebaut; einige haben zwei Stufen ohne Mittelinstanz (Abbildung 6).⁶

⁶ Das Bundesland Bayern folgt einer anderen Struktur mit 17 Wasserwirtschaftsämtern als technische Fachbehörden auf der unteren staatlichen Verwaltungsebene für die Unterstützung und Beratung der Regierungen und Kreisverwaltungsbehörden beim Vollzug der wasserwirtschaftlichen Aufgaben.

Abbildung 6: Verwaltungsaufbau in der Wasserwirtschaft in Deutschland (BMU & UBA [Hrsg.], 2017)

Dreistufiger Verwaltungsaufbau in der Wasserwirtschaft



Quelle: BMU & UBA

Grundsätzlich sind die Steuerung der Wasserwirtschaft und die Durchführung der übergeordneten Verwaltungsverfahren Aufgabe der Ministerien. Ihnen obliegen auch die Landesgesetzgebung und die Aufsicht gegenüber den mittleren und unteren Wasserbehörden. Die mittleren Behörden befassen sich mit der regionalen wasserwirtschaftlichen Planung und mit bedeutenden wasserrechtlichen Verfahren. Die unteren Wasserbehörden sind für eine Vielzahl von Aufgaben zuständig, beispielsweise für die Überwachung von Gewässern, die Gestattung von Gewässerbenutzungen, die Durchführung von Gewässer- und Deichsauen, Genehmigungen sowie Bußgeld- oder Entschädigungsverfahren zuständig (BMU & UBA, 2020).

Unterstützt wird die Wasserwirtschaft zudem von Landeszentralbehörden, z. B. den Landesämtern für Umweltschutz, für Wasserwirtschaft und für Wasser und Abfall. Ihnen obliegen fachliche Aufgaben, wie die Gewässerkunde, die Gewässerüberwachung, die wasserwirtschaftliche Planung, die Fachberatung und die Erarbeitung technischer Leitlinien. Üblicherweise sind diese Landeszentralbehörden den obersten Behörden, also den Ministerien, direkt unterstellt (BMU & UBA, 2020).

Die Kommunen haben beim Vollzug der Umweltgesetze von Bund und Ländern wichtige Aufgaben im Umweltschutz zu erfüllen. Sie gestalten mit ihren Entscheidungen die örtliche Lebenswelt der Bürger*innen. Die Daseinsvorsorge ist Teil der kommunalen Selbstverwaltung. Sie umfasst u. a. die Organisation der Wasserversorgung, also die Versorgung der Allgemeinheit mit Trink- und Brauchwasser, sowie die Abwasserentsorgung. Zur Deckung der hierbei anfallenden Kosten erheben die Kommunen von den Benutzern Abgaben (Beiträge und Gebühren) (BMU & UBA, 2020).

Auch die Wasser- und Bodenverbände und Zweckverbände nach Bundes- und Landesgesetzen erfüllen zentrale Aufgaben der Daseinsvorsorge. Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, Gewässerunterhaltung, Hochwasserschutz und Sturmflutsicherheit wird von diesen Verbänden als Körperschaften des öffentlichen Rechts in Selbstverwaltung als Teil der mittelbaren Staatsverwaltung wahrgenommen (BMU & UBA, 2020).

Weitere wichtige Aufgaben der Kommunen sind die Unterhaltung von kleineren Gewässern (in einigen Bundesländern) und die Bauleitplanung. Im Rahmen der Bauleitplanung können die Kommunen im Rahmen ihrer begrenzten finanziellen und personellen Ausstattung entscheidende Beiträge z. B. zur Hochwasservorsorge und zum Grundwassermanagement leisten (BMU & UBA, 2020).

Mit Blick auf die sich stetig wandelnden ökologischen, technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gewinnen interkommunale Kooperationsprojekte als modernes und zukunftsfähiges Modell an Bedeutung (SRU, 2007). Mit der Demografie-Entwicklung verändern sich zudem die Anforderungen an die kommunale Infrastruktur und die öffentliche Daseinsvorsorge. Der Bericht der Kommission „Gleichwertige Lebensverhältnisse“ hebt die Förderung der Startphase interkommunaler Zusammenarbeitsprojekte als eine Maßnahme zur Stärkung der kommunalen Daseinsvorsorge vor dem Hintergrund demografischer Veränderungen hervor (BMI, 2019). Die Kooperation von Kommunen findet bereits in unterschiedlichen Bereichen, wie dem Tourismus, dem Klimaschutz oder der Digitalisierung statt. Die Nutzung von Synergieeffekten ist Ausdruck kommunaler Selbstverwaltung und eines verantwortungsbewussten Umgangs mit personellen und finanziellen Ressourcen. Es gibt viele gute Gründe, gemeinsam und partnerschaftlich die vorhandenen Aufgaben zu erfüllen und den erwünschten oder erforderlichen Standard zu halten oder zu erhöhen (Portal zur Interkommunalen Zusammenarbeit, 2020).

Angesichts der Fülle der Herausforderungen im Wassersektor, deren Lösungsansätze häufig weit über das eigene Zuständigkeitsgebiet hinausreichen und nicht selten hoch spezialisierte Fachkräfte erfordern, die immer schwerer zu gewinnen sind, werden Verwaltungskooperationen in Deutschland zunehmend häufiger eingegangen. Dabei sind unterschiedliche Formen der Zusammenarbeit der öffentlichen Verwaltung (Kommunale, Mittel- oder Fachbehörden) oder von Gebietskörperschaften zwecks Lösung gemeinsamer Aufgaben (etwa der Daseinsvorsorge) denkbar. Die Vorteile von Verwaltungskooperationen für die Wasserwirtschaft (BMU & UBA, 2020):

- ▶ Heterogene Strukturen können vereinheitlicht, die Betriebsleistungen standardisiert und die Leistungen durch Synergieeffekte insgesamt wirtschaftlicher erbracht werden.
- ▶ Verwaltungskooperationen helfen, räumliche und strukturelle Grenzen zu überwinden. Sie ermöglichen es auch, die unterschiedlichen Stärken der beteiligten Kooperationspartner gezielt zu nutzen.

Die Potenziale dieser Bündelungsmöglichkeiten sind in der öffentlichen Verwaltung noch nicht ausgeschöpft. Eine Möglichkeit der Bündelung von Verwaltungsdienstleistungen besteht in dem sogenannten „Shared Service Ansatz“. Dieser Organisationsansatz fokussiert auf die Schnittmenge von Zentralität und Dezentralität: „Shared“ verbindet die Vorteile dezentraler mit den Vorteilen zentraler Elemente in einer Organisation (Ax, 2020).

Neben den Möglichkeiten der Bildung vernetzter und intersektoraler Governance-Strukturen bestehen weitere Herausforderungen – auch im Management von spezifischen Problemen – wie beispielsweise beim Hochwasserschutz, denn viele Städte und Gemeinden in Deutschland sind immer häufiger von Hochwasser- und/oder Überflutungen in Folge von Starkregen-Ereignissen betroffen. Es wird erwartet, dass die Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse weiter steigen. An den im Rahmen des kommunalen Daseinsvorsorge-Auftrags bereitgestellten

Infrastruktursystemen und -einrichtungen können bei Hochwasserereignissen immense Schäden auftreten. Eine Beeinträchtigung dieser Einrichtungen, beispielsweise Gemeindestraßen, Abwasserkanäle und Elektrizitätswerke, hat zur Folge, dass betroffene Gemeinden wichtige Grundversorgungsaufgaben, also ihre Aufgaben im Rahmen der Daseinsvorsorge, nicht mehr wahrnehmen können. Insofern ist es von herausragender Bedeutung, das Hochwasserrisikomanagement noch viel stärker auf die Vorsorge zu fokussieren und den kommunalen Hochwasserschutz weiter auszubauen, denn Hochwasser können zwar nicht gänzlich vermieden, aber in ihren Wirkungen stark abgemildert werden (UBA, 2016b).

Fachkräftemangel und Bildung

Die Wasserbranche befürchtet, dass künftig eine bedeutende Anzahl von Arbeitsplätzen mit interdisziplinär oder speziell ausgerichteten Anforderungen nicht besetzt werden kann, da auf dem Arbeitsmarkt keine entsprechend qualifizierten Fachkräfte zur Verfügung stehen („Fachkräfteengpass“ oder „Fachkräftelücke“). Die Gründe sind vielfältig und reichen von nicht erstrebenswerten oder unbekanntem Berufsbildern und Ausbildungsangeboten, abweichenden Gehaltsvorstellungen bis zu unzureichender Ausbildung. Die gesamte deutsche Wirtschaft – und in besonderem Maße die Wasserbranche – befindet sich an der Schwelle eines äußerst dynamischen Prozesses hinsichtlich der in Kürze ausscheidenden Vielzahl an Fachkräften aus dem Erwerbsleben. Die Wasserwirtschaft (in Unternehmen und Behörden) sollte eine langfristige Personalplanung unter Berücksichtigung der zu erwartenden Knappheit erarbeiten und geeignete Maßnahmen daraus ableiten. Nur so können genügend qualifizierte Fach- und Führungskräfte für die Wasserbranche gewonnen werden (BMU & UBA, 2020).

Auch im Bereich der Bildung ist Deutschland föderativ aufgebaut, woraus eine vielschichtige schulische, universitäre, außeruniversitäre und betriebliche Ausbildung resultiert. Ein Beispiel für diese Vielschichtigkeit sind die Forschungseinheiten der Wasserforschung. Nach aktuellen Einschätzungen gibt es in Deutschland 451 Organisationseinheiten in 152 Einrichtungen, die einen Schwerpunkt im Bereich Wasserforschung in verschiedenen Disziplinen haben (Hydrologie, Hydrogeologie, Meteorologie, Limnologie, Wasserchemie, Bodenforschung, Ingenieurwissenschaften, Wasserrecht, Wasserpolitik, Ökonomie und einige mehr) (UFZ [Hrsg.], 2012). Die Liste der Fachbereiche und Organisationen, in denen Wasser eine wichtige Rolle spielt, zeigt, dass es sich bei „Wasser“ um ein „Megathema“ der Umweltforschung handelt, gleichzeitig ist die „Community“ aber eher kleinteilig und zersplittert organisiert. Dies erweist sich zunehmend als Risiko oder Hinderungsfaktor, um große inter- und transdisziplinäre Herausforderungen der Wasserwirtschaft in der notwendigen Breite anzugehen (z. B. das Thema Klimawandel und Wasser). Dadurch ergibt sich auch ein Handlungsbedarf im Hinblick auf die zu vermittelnden Kompetenzen an die Studierenden (BMU & UBA, 2020).

Neben der akademischen Ausbildung spielt vor allem die Ausbildung von Fachkräften in der Wasserwirtschaft eine wichtige Rolle. Hier übernehmen beispielsweise DWA und DVGW eine wichtige Aufgabe und schulen Personal in zahlreichen Bildungsangeboten in den vier wasserrelevanten Umwelttechnik-(UT)-Berufen (Fachkraft für Wasserversorgungstechnik, Fachkraft für Abwassertechnik, Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft, Fachkraft für Rohr-, Kanal- und Industrieservice) sowie im Bereich Wasserbauer/-in und Fachkraft für Wasserwirtschaft (GIZ, 2016). Herausforderungen in diesem Bereich sind ein zunehmender Mangel an Fachkräften generell, sowie ein sich ständig änderndes Anforderungsprofil an die Fachkräfte. Diese Änderungen ergeben sich durch Änderungen in der Wasserwirtschaft (bedingt

u.a. durch den Einfluss des Klimawandels und der demografischen Entwicklung), aber auch durch eine stetig zunehmende Digitalisierung (Heidebrecht, Opitz, Lenz& Höcherl, 2018). Durch die Digitalisierung entstehen teilweise anspruchsvollere Arbeitsaufgaben, sodass die IT-Kompetenz der Facharbeiter*innen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Dies erfordert ein Anpassen der Lernmethoden und Lernmaterialien. Des Weiteren ist auch eine Neuordnung der UT-Berufe ein Thema (Heidebrecht, Opitz, Lenz& Höcherl, 2018).

In der landwirtschaftlichen Aus- und Fortbildung sind bei allen Bildungsgängen die umweltgerechte Landbewirtschaftung und der verantwortungsbewusste Umgang mit der Natur ein erklärtes Bildungsziel. In den allgemeinen Formulierungen der Ausbildungsordnung (BMJV, 1995) sind Begriffe wie „Umweltschutz, umweltverträglich, nachhaltig“ an verschiedenen Stellen formuliert. Im Ausbildungsrahmenplan (Anlage zur VO) sind die im Ausbildungsberufsbild (§ 4) formulierten inhaltlichen Bereiche detailliert nach Kompetenzen aufgeschlüsselt, die in einer Berufsausbildung unter den einzelnen fachlichen Bereichen mindestens zu vermitteln sind. In Bezug auf den Gewässerschutz sind hier unter dem Bereich „Umweltschutz, Landschaftspflege“ auch die Umsetzung von Vorgaben des geltenden Wasser-, Boden- und Naturschutzrechts angeführt. Ergänzend bzw. vertiefend zur betrieblichen Ausbildung wird das Thema Umweltschutz, Nachhaltigkeit (inkl. Gewässerschutz) in den Bundesländern auch bei der überbetrieblichen Ausbildung (praktisch und theoretisch) vermittelt. Die Lehrgänge sind regional sehr unterschiedlich konzipiert und werden nach den dort jeweils gegebenen Bedingungen ausgelegt (BMU & UBA, 2020).

Auch im Berufsschulunterricht werden für Gewässerschutz relevante fachtheoretische Inhalte in allen Bundesländern vermittelt. Bundesweit abgestimmte Grundlage für den methodischen und inhaltlichen Rahmen der konkreten Ausgestaltung des Berufsschulunterrichts ist der von der Kultusministerkonferenz am 27.10.1994 beschlossene Rahmenlehrplan für den Berufsschulunterricht. Auch hier sind an verschiedenen Stellen für die einzelnen Ausbildungsabschnitte gewässerschutzrelevante Formulierungen enthalten. Diese werden durch die Berufsschulen allerdings mit teils erheblichen regionalen (inhaltlichen, zeitlichen, methodischen) Unterschieden umgesetzt (BMU & UBA, 2020).

Bei der beruflichen Fortbildung (z. B. Meisterprüfungen, Fachagrarwirt-Prüfungen) gibt es im Unterschied zur Berufsausbildung keine detaillierten inhaltlichen Vorgaben für die Umsetzung. In den Fortbildungsverordnungen sind lediglich die allgemeinen und fachlichen Prüfungsanforderungen vorgegeben. Bei allen Prüfungen sind jedoch immer auch Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Tierschutz zu beachten. In den regionalen Vorbereitungslehrgängen spielen im Regelfall jedoch umweltschutzrelevante Inhalte (inkl. Nachhaltigkeit, Gewässerschutz, Biodiversität etc.) eine deutlich zunehmende Rolle.

Digitalisierung

Wie schon in Kapitel 1.2 in Bezug auf die Infrastruktur, ist die Digitalisierung auch für Verwaltungsaufgaben ein notwendiger Schritt, um die Wasserwirtschaft zu stärken. Die Wasserwirtschaft wird in den nächsten Jahrzehnten stark von der digitalen Transformation geprägt sein und profitieren. Die Anpassung des rechtlichen Rahmens (Umweltinformations-Richtlinie, Richtlinie über offene Daten & die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors, INSPIRE-Richtlinie, Europäische Datenschutzgrundverordnung und Online Zugangsgesetz), sowie der politischen und administrativen Rahmen (New Green Deal, Digital

Europe, Weißbuch zur Künstlichen Intelligenz, Europäische Datenstrategie, Digital Single Gateway, Nationale eGovernment-Strategie, Daten- und Digitalagenden des Bundes und der Länder) werden übergreifend ermöglichen, dass Daten- und Informationsflüsse der unterschiedlichen wasserwirtschaftlichen Aspekte effektiver werden. Diese Neuerungen sind gleichzeitig Herausforderung und Chance für die Verwaltungen, um die Koordination zu stärken, Nutzungsdefizite auszugleichen und geeignete Ansätze für Big Data zu entwickeln (UMK Ad hoc-AG, Umwelt und Digitalisierung, 2020).

Finanzierungsbedarfe

Sowohl permanente Instandhaltungskosten für eine funktionierende Wasserver- und Abwasserentsorgung als auch einmalige Kapitalinvestitionen für gebaute Infrastruktur müssen geleistet werden, um die wasserwirtschaftliche Infrastruktur zukunftsgerecht aufzustellen. Ebenso kostet die Erreichung Ziele der WRRL Geld. Gleichzeitig unterliegen die Verwaltungen einem finanziellen Einspardruck (SRU, 2007). Folgenden Kostenfaktoren konnten ermittelt werden:

- ▶ Im Jahr 2016 lag die Höhe der Investitionen für Abwasserversorgung bei 4,9 Milliarden Euro (BDEW, 2019), während sie für die Wasserversorgung im gleichen Jahr bei 2,6 Milliarden Euro lag (BDEW, 2021).
- ▶ Deutschlandweit wird von Experten ein Investitionsrückstand der Kommunen im Bereich Wasser und Abwasser wahrgenommen, dessen Ausmaß im KfW-Kommunalpanel 2017 auf etwa 9,5 Mrd. € geschätzt wird, mit steigender Tendenz (KfW, 2018).
- ▶ Allein für Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung im Trinkwasser werden Kosten in der Bandbreite von bis zu 580 bis 767 Millionen (Mio.) € pro Jahr geschätzt (Oelmann et al. 2017).
- ▶ Die vierte Reinigungsstufe bei der Aufbereitung von Wasser würde bei einer Einführung in allen Anlagen, die mehr als 5000 Menschen dienen, insgesamt ca. 1,2 Billionen Euro pro Jahr kosten. Weil die Reinigungsstufe hauptsächlich durch die gesteigerte Konzentration von pharmazeutischen Erzeugungen notwendig ist, könnte das Verursacherprinzip greifen, sodass die Anlagen teilweise von pharmazeutischen Firmen bezahlt werden (OECD, 2020).
- ▶ Eine neue Studie der OECD zur Wasserver- und Abwasserentsorgung beziffert die Pro-Kopf-Ausgaben in den letzten Jahren auf knapp unter 300 € jährlich und schätzt, dass Deutschland zur Erfüllung der Verpflichtungen der Trinkwasser- und Abwasser-Richtlinien bis 2030 mit rund 25 % Mehrinvestitionskosten (etwa 500 € pro Kopf/Jahr) zu rechnen hat, diese aber handhaben kann (OECD, 2020).
- ▶ Im dritten EU-WRRL Maßnahmenprogramm sind für den Bereich Kommunen, Haushalte, Landwirtschaft und Industrie, Schifffahrt usw. Tausende Maßnahmen geplant, für deren Umsetzung vorrangig die Länder zuständig sind. In den Jahren 2010 bis 2021, also in den ersten beiden Bewirtschaftungszeiträumen, sind nach einer Abschätzung der LAWA bereits fast 27 Mrd. Euro aufgebracht worden. Bis zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele in allen Wasserkörpern sind in den nächsten Jahren schätzungsweise Kosten von zusätzlich ca. 35 Mrd. Euro erforderlich (Deutscher Bundestag, 2021). Die Finanzierung der Maßnahmen ist zum Teil durch die Kommunen und Gemeinden selbst zu tragen. In Anbetracht der

finanziellen Ausstattung der Städte, Kommunen und Gemeinden wird die Umsetzung von EU-WRRL-Maßnahmen erschwert.

- ▶ Für die Umsetzung von hydromorphologischen Renaturierungsmaßnahmen werden in den kommenden sechs Jahren acht Milliarden Euro investiert. Weitere 15 Mrd. werden folgen. Dies unterstreicht, dass sich der Gewässerschutz in unserer Industrie-, Agrar- und Dienstleistungsgesellschaft als ein kontinuierlicher und ambitionierter Prozess weiter etabliert (UBA, 2021a). Am Beispiel der Gewässerrenaturierung lässt sich erkennen, dass Finanzierungsinstrumente vorhanden sind, aber bessere Synergien genutzt werden sollten. Häufig steht für Geldgebende die Wasserrenaturierung mit anderen möglichen Projekten der Wasserwirtschaft oder anderen Bereichen in Konkurrenz, sodass es zu keiner flächendeckenden Finanzierung im Bereich der Wasserinfrastruktur kommt.
- ▶ Hochwasserschutz ist nach der Kompetenzverteilung des Grundgesetzes Ländersache. Nach den verheerenden Hochwassern im Juni 2013 im Elbe- und Donaugebiet wurde von der Umweltministerkonferenz (UMK) am 24. Oktober 2014 das Nationale Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) beschlossen. Das NHWSP ist ein Programm des vorbeugenden Hochwasserschutzes, das prioritäre und überregional wirksame Maßnahmen enthält. Es wurde von Fachleuten des Bundes und der Länder erarbeitet. Im Rahmen des GAK-Sonderrahmenplans „Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes“ stellt der Bund den Ländern derzeit jährlich bis zu 100 Millionen Euro für Raum gebende Maßnahmen (Deichrückverlegungen, Flutpolder und andere Rückhaltemaßnahmen) zur Verfügung.
- ▶ Im Rahmen der Berichtspflicht unter der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie wurden von den Ländern 25.023 Maßnahmen an die EU-Kommission gemeldet (Europäische Kommission, 2019b). Angaben zu den Kosten wurden allerdings keine gemacht.
- ▶ Der Sonderrahmenplan „Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels“ stellt 25 Mio. Euro pro Jahr für den Küstenschutz zur Verfügung.

Bestehende Finanzierungsinstrumente

Nutzerfinanzierte Entgelte

In der Öffentlichkeit wird häufig der Begriff „Wasserpreis“ als Oberbegriff für alle Entgelte verwendet, die Kunden für die Trinkwasserversorgung entrichten. Es muss dabei aber zwischen öffentlich-rechtlichen Entgelten („Beiträge“; „Gebühren“) und privatrechtlichen Entgelten („Preisen“) unterschieden werden (VKU, 2014). Die Gebührenbildung in Deutschland ist über die Kommunalabgabengesetze (KAG) und Gemeindeordnungen (GO) der Länder geregelt. Hiernach gelten im Wesentlichen Prinzipien des öffentlichen Finanzgebarens, wie das Äquivalenzprinzip (Verhältnismäßigkeit), das Kostendeckungsprinzip, das Kostenüberschreitungsverbot, der Gleichbehandlungsgrundsatz sowie die Durchführung nach betriebswirtschaftlichen Grundsätzen. Für die Kalkulation der Wasserpreise bestehen in der Regel keine speziellen gesetzlichen Vorgaben; in der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes die für die Gebührenkalkulation geltenden Prinzipien auch auf die Kalkulation von Preisen entsprechend anzuwenden. Vereinzelt regeln dies auch die KAG (BDEW, 2018). Für den Bereich der Abwasserbehandlung werden ausschließlich öffentlich-rechtliche Entgelte in Form von Beiträgen und Gebühren erhoben.

Wasserentnahmeentgelte

Wasserentnahmeentgelte beziehen sich auf die Abgaben, die für Entnahme von Wasser aus Grund- und Oberflächengewässern zu entrichten sind. Eingeführt wurden die Wasserentnahmeentgelte einerseits zur Lenkung des vorsorgenden Ressourcenschutzes, d.h. die Gebühren refinanzieren die Erhaltung und Verbesserung der Gewässer, aus denen Wasser entnommen wird, und andererseits, um dem Prinzip der Kostendeckung laut Art. 9 der EU-WRRL gerecht zu werden. Demnach decken die Abgaben die Kosten für den Verwaltungsaufwand und können, soweit die restlichen Einnahmen zweckgebunden für die Verbesserung der Gewässerzustände verwendet werden, einen Beitrag zu Erreichung des „guten Zustands“ der Gewässer leisten (Römer, 2019).

In Deutschland erheben derzeit 13 von 16 Bundesländern Wasserentnahmeentgelte. In Bayern, Hessen und Thüringen wurden bislang keine derartigen Regelungen eingeführt.

Die Landesregelungen differieren insbesondere in der Höhe der zu entrichtenden Abgabe, in den Ausnahmen von der Entgeltspflicht und hinsichtlich eventueller Ermäßigungs- oder Verrechnungsmöglichkeiten. Unterschiede bestehen auch in der Verwendung der erzielten Einnahmen. In mehr als der Hälfte der 13 Bundesländer gibt es eine Zweckbindung der Mittel zur Finanzierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerzustände nach Abzug der Kosten für den Verwaltungsaufwand. In den übrigen Bundesländern gibt es keine direkte Zweckbindung, sondern Sollvorschriften oder ein teilweises Vorsehen der Gelder zum Zwecke der Verbesserung der Gewässerqualität (Römer, 2019).

In den meisten Bundesländern gibt es auch Ausnahmen oder Entgeltminderungen für den Fall, dass das entnommene Wasser wieder dem Gewässer zurückgeführt wird. Meist sind bestimmte Bereiche der Wirtschaft (z. B. Landwirtschaft, Bergbau) von der Zahlung der Abgaben ausgenommen.

Schon früher hat es Forderungen zu einer bundesgesetzlichen Regelung für Wasserentnahmeentgelte, die die Länder zur Erhebung von Wasserentnahmeentgelten nach vergleichbaren Maßstäben verpflichten würde, gegeben. Gegebenenfalls wäre dies erneut zu prüfen.

Abwasserabgabe

Ein weiteres ökonomisches Instrument ist die Abwasserabgabe. Sie ist in Deutschland eine Abgabe für die Einleitung von Abwasser in ein Gewässer und wird durch die Bundesländer erhoben. Die Abwasserabgabe ist als Lenkungsabgabe ausgestaltet: Sie kann mit Investitionen in die Abwasserreinigung verrechnet werden und je niedriger der eingeleitete Schadstoffeintrag ist, desto geringer fällt die Abgabe aus. Ihr Ziel ist es, wirtschaftliche Anreize zu schaffen, die Leistungsfähigkeit von Kläranlagen und Regenwasserbehandlung zu verbessern und abwasserarme oder abwasserlose Produktionsverfahren verstärkt einzuführen. Das Aufkommen der Abwasserabgabe ist für Maßnahmen zweckgebunden, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen (§ 13 des Abwasserabgabengesetzes – AbwAG –). Die für diese Legislaturperiode angestrebte Novellierung des Abwasserabgabengesetzes musste verschoben werden. Die Diskussion um wesentliche Regelungselemente wird fortgeführt.

Wie der Sachverständigenrat Umwelt festgestellt hat, tragen Gebühren und Entgelte gegenwärtig nur in vergleichsweise geringem Maße zur Finanzierung von Umweltschutzmaßnahmen bei. Angesichts knapper Haushaltskassen und der Zunahme von öffentlichen Aufgaben im Umweltschutz kann eine stärkere Nutzer- und Verursachieranlastung der Verwaltungskosten zur finanziellen Entlastung des Staates und zur langfristigen Sicherstellung einer adäquaten Aufgabenwahrnehmung des Staates beitragen. Eine nutzergerechte Kostenanlastung durch Gebühren ist insbesondere dort möglich und vorteilhaft, wo die durch Umweltschutzdienstleistungen entstehenden Kosten dem Gebührenschuldner direkt zugerechnet werden können. Gleichzeitig können Umweltschutzgebühren ein nicht zu unterschätzendes Lenkungspotenzial im Zusammenhang mit der Bereitstellung öffentlicher Güter haben und zur Vermeidung negativer Umwelteffekte beitragen. Die existierenden Finanzierungs- und Lenkungspotenziale von Gebühren sind bis heute noch nicht ausgeschöpft (SRU, 2007).

Umwelt- und Ressourcenkosten

Eine Reihe weiterer Abgaben und Zahlungen, die bundesweit oder landesspezifisch zur Anwendung kommen, werden in einigen Bewirtschaftungsplänen als Instrumente zur Internalisierung von Umwelt- und Ressourcenkosten bezeichnet. Bei den Umwelt- und Ressourcenkosten handelt es sich um sämtliche Kosten, die auf Basis einer wirtschaftlichen Analyse bezogen auf die Umwelt und natürliche Ressourcen ermittelt werden. Wassernutzer haben wiederum nach dem Verursacherprinzip einen angemessenen Beitrag zur Deckung entsprechender Umwelt- und Ressourcenkosten zu leisten.

Förderungen

Die Förderung des "Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums" (B MEL, 2020) wird in den Mitgliedstaaten der EU über eigene Programme umgesetzt. Dieses Programm beinhaltet auch Förderungen für zahlreiche wasserwirtschaftliche Maßnahmen in der Landwirtschaft.

Für die Gewässerrenaturierungen gibt es viele Finanzierungsinstrumente und Förderungen (siehe Abbildung unten) (UBA, 2021b), die kombiniert werden können. Zudem können Ausgleichsmaßnahmen (Naturschutz) und Finanzierungsbeiträge von Akteuren mit gleich gerichteten Interessen (z. B. Hochwasserrisikomanagement, Naturschutz, Fischerei, Wasserversorgung, Stiftungen) genutzt werden.

Es ist allerdings anzumerken, dass die bestehenden Finanzierungsprogramme der Länder für EU-WRRL-Maßnahmen für die anvisierten Maßnahmenträger eher selten einen Anreiz darstellen, freiwillig EU-WRRL-Maßnahmen umzusetzen. Aufgrund der aktuellen Gesetzeslage müssen die Maßnahmenträger immer durch Eigenanteile, Personalleistung, Zinsen oder die persönliche Arbeitsbelastung einen Beitrag zur Finanzierung leisten. Hürden der Umsetzung von Maßnahmen sind aktuell weniger die insgesamt zur Verfügung stehenden Finanzmittel als eher das Aufbringen von Eigenanteilen, aufwendige Antragsverfahren, Zusammenführen mehrerer Finanzierungen oder eine mühsame und zeitintensive Abwicklung. Insbesondere die Vorfinanzierung beschränkt die Maßnahmengröße auf die Höhe der vorhandenen liquiden Mittel eines Maßnahmenträgers, seine Risikobereitschaft und/oder die Verfügbarkeit von Krediten bis zur Auszahlung der genehmigten Fördermittel. Dies hindert insbesondere kleine Maßnahmenträger an der Umsetzung teurer Maßnahmen (Schröder, 2020).

Um einen passenden Instrumentenmix etablieren zu können, der allen Ansprüchen der fairen Finanzierung in der Wasserwirtschaft gerecht wird, braucht es mehr Aufklärung, eine zentrale Erfassung einzelner Stoffe zur getrennten Entsorgung, Umsetzung von Maßnahmen im Einklang mit EU-Regulierungen, konkrete Prüfung der Vorschläge aus dem Spurenstoffdialog sowie Abgabenregelungen im Vorsorgebereich.

Verursacherprinzip

Bei Fragen zur wasserwirtschaftlichen Infrastruktur und deren Finanzierung, wird seit Jahren das Verursacherprinzip und dessen Umsetzungsmöglichkeiten diskutiert. Im Zuge der Online-Konsultation zeigt sich, dass die Teilnehmer*innen des Nationalen Wasserdialogs das in der Umweltpolitik verankerte Verursacherprinzip anerkennen. Sie haben aber unterschiedliche Sichtweisen zu dessen konkreter Ausgestaltung. Auf konsensuale Vorschläge für die weitere konkrete Ausgestaltung des Verursacherprinzips im Gewässerschutz konnten sich die Beteiligten am Wasserdialog nicht einigen. Es war weder eine Verständigung bei der konkreten Benennung von Verursachern (wie Industrie, Landwirtschaft oder Trinkwassernutzer) noch eine Einigung auf geeignete Auswahl von kosteneffizienten Instrumenten zur Implementierung des Prinzips möglich. Daher stellt der Abschlussbericht an dieser Stelle nur den aktuellen Stand der Rechtslage dar.

Das Verursacherprinzip wurde zunächst im Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaften für den Umweltschutz von 1973 mit dem Hinweis verankert, dass es einer weiteren Ausdifferenzierung bedarf: *„Um dem Entstehen von Verzerrungen im Handels- und Investitionsbereich vorzubeugen, empfiehlt es sich, unbeschadet der Anwendung der einschlägigen Bestimmungen der Verträge, das Verursacherprinzip genau zu definieren und die Modalitäten seiner Anwendung einschließlich der Ausnahmen auf Gemeinschaftsebene festzulegen.“* (Dokument 41973X1220, 1973, Kapitel 1 B, Absatz (7)). Die genaue Definition erfolgte dann in der Empfehlung des Rates 75/436/Euratom, EGKS, EWG vom 3. März 1975 (s. u. bei relevanten Vorschriften).

Das Verursacherprinzip wurde in Folge im Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union Art. 191 (2) verankert. Dort heißt es: *„Die Umweltpolitik der Union zielt unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gegebenheiten in den einzelnen Regionen der Union auf ein hohes Schutzniveau ab. Sie beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung, auf dem Grundsatz, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen, sowie auf dem Verursacherprinzip“* (engl.: polluter pays principle). Im deutschen Umweltrecht bildet das Verursacherprinzip mit dem Vorsorgeprinzip und dem Kooperationsprinzip die sog. Prinzipientrias.⁷

„Polluter pays principle“ wird im Deutschen im Allgemeinen mit „Verursacherprinzip“ übersetzt. Jedoch wird das Verursacherprinzip in der juristischen Fachliteratur (z. B. Kloepfer, 2016) durchaus weiter als lediglich reines Kostenzurechnungsprinzip verstanden. Somit geht der Begriff „Verursacherprinzip“ über die Bedeutung von „polluter pays principle“ hinaus, da er sich nicht nur auf die monetären Aspekte des Umgangs mit Umweltbelastungen bezieht, sondern

⁷ Das Bundesverwaltungsgericht weist darauf hin, dass Prinzipien rechtsverbindliche Wirkung nicht aus sich selbst heraus haben, sondern immer nur insoweit, als sie in der jeweiligen gesetzlichen Regelung konkret zum Ausdruck gebracht sind. Dennoch haben die allgemeinen Prinzipien Bedeutung als konzeptionelle Leitlinien des Gesetzgebers und als Auslegungshilfen und zum Ausfüllen von Regelungslücken.

weitere Aspekte, wie etwa Haftungsfragen oder Kompensationen, mit umfasst. Es besagt demnach, dass grundsätzlich derjenige, der die Umweltbeeinträchtigungen verursacht (hat), für die Beseitigung oder Verringerung in die Pflicht genommen werden soll. Es soll also der „Umweltstörer“ als materiell Verantwortlicher die Kosten für die Vermeidung, Beseitigung oder den Ausgleich von Umweltbelastungen tragen sowie Adressat von entsprechenden Verboten, Geboten und Auflagen sein.

Die Ausgestaltung des Prinzips stößt dann auf Schwierigkeiten, wenn unterschiedliche Kausalketten (summierte Immissionen, synergetische Wirkungen, Langzeitwirkungen) und verschiedene Verursacher für eine Umweltbelastung in Betracht kommen. Wenn eine konkrete Auswahlentscheidung zu treffen ist, reicht der Verweis lediglich auf das Verursacherprinzip nicht aus. Die konkrete Heranziehung oder Nichtheranziehung eines Verursachers ist somit eine politische Entscheidung, die dem Entscheidungsspielraum des Gesetzgebers unterliegt. Diese politische Entscheidung hat sich an verschiedenen Faktoren zu orientieren: Wie eine möglichst hohe Umweltqualität erreicht werden kann, welche Lösung als wirtschaftlich und verwaltungstechnisch günstig (Transaktionskosten) erscheint, ob die Auswahl für die Betroffenen zumutbar ist, welche rechtlichen Schranken im Einzelfall bestehen, und wie hoch die politischen Durchsetzungschancen sind (vgl. Kloepfer, 2016).

Geht man von einer pragmatisch am Ergebnis orientierten (also finalen) Definition aus, kann als Verursacher derjenige gelten, der die Umweltbelastung (mit)verursacht hat und (am besten) in der Lage ist, sie entsprechend den staatlichen Zielvorstellungen abzustellen. Das Verursacherprinzip besagt hingegen nicht, dass jeder materiell Verantwortliche in die Pflicht genommen werden müsste (Kloepfer, 2016). Es kann somit durchaus gerechtfertigt sein, einen Teil der Kosten für Umweltschutzmaßnahmen (aus Effizienzgründen) der Allgemeinheit aufzuerlegen. Dies wird auch als Gemeinlastprinzip bezeichnet. Auch sozial- und wirtschaftspolitische Überlegungen können zu einem Vorzug des Gemeinlast- vor dem Verursacherprinzip führen. Aus volkswirtschaftlichen Effizienzgründen können die Lasten zur Vermeidung oder Verringerung eines Umweltproblems auch selektiv einer bestimmten Gruppe zugewiesen werden (Ansatz des cheapest-cost-avoider).

Herstellerverantwortung

Eine besondere Ausprägung hat das Verursacherprinzip im europäischen Kreislaufwirtschaftsrecht erfahren. Hier ist die sog. erweiterte Herstellerverantwortung ausdrücklich adressiert, die im deutschen Recht durch die im § 23 KrWG (2020) adressierte Produktverantwortung umgesetzt wird (s. u. bei relevanten Vorschriften). Konkrete Umsetzungsbeispiele für die Produktverantwortung sind u. a. das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG), das Verpackungsgesetz (VerpackG) sowie die Verpackungsverordnung.

Im Referentenentwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit vom 5. August 2019 (S. 56) heißt es: *„Die Produktverantwortung der §§ 23 ff. KrWG ist ein zentraler Eckpfeiler des auf dem Verursacherprinzip beruhenden Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Die Produktverantwortung des § 23 KrWG, die der unionsrechtlichen Regelung der „erweiterten Herstellerverantwortung“ des Artikel 8 AbfRRL entspricht und diese bei der Novellierung der*

Richtlinie 2008/98/EG maßgeblich geprägt hat, legt wesentliche Grundlagen für die Vermeidung und die hochwertige, ressourceneffiziente Verwertung von Abfällen.“

Auch der im Rahmen des Düngerechts eingerichtete Klärschlammmentschädigungsfonds kann als Beispiel für die erweiterte Herstellerverantwortung gesehen werden. Aus dem Fonds werden die durch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen entstehenden Schäden an Personen und Sachen sowie sich daraus ergebende Folgeschäden ersetzt. Die Fondsfinanzierung erfolgt über Beiträge, die von allen Herstellern von Klärschlämmen, soweit diese den Klärschlamm zur landwirtschaftlichen Verwertung abgeben, zu leisten sind.

In Zusammenhang mit der Hersteller-/Produktverantwortung ist auch die REACH-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (EG 1907/2006) zu erwähnen. Diese wichtige EU-Rechtsvorschrift zu Chemikalien zielt darauf ab, den Schutz menschlicher Gesundheit und der Umwelt zu verbessern, Alternativen zu Tierversuchen zu fördern sowie den freien Verkehr von Stoffen im Binnenmarkt zu gewährleisten und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit und Innovation der chemischen Industrie in der EU zu stärken.

Im Einklang mit dem Verursacherprinzip wurde mit der REACH-Verordnung die Beweislast der Industrie auferlegt, die somit für die Sicherheit chemischer Stoffe in der gesamten Lieferkette verantwortlich ist.

Instrumente zur Umsetzung des Verursacherprinzips sind ordnungsrechtliche Regelungen, Regelungen zur Haftung für Umweltschäden, Abgabenregelungen, öffentliche und private Maßnahmen zum strategischen Umweltmanagement wie Umwelterklärungen, Umweltinformations- und Auditierungssysteme sowie die Förderung privatwirtschaftlichen Umweltschutzes etwa durch Selbstverpflichtungen im Rahmen von Branchenübereinkommen.

1.10 Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen

Der Wert des Wassers ist als ererbtes globales Gut in seiner ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Bedeutung, unter anderem als Nahrungsmittel, Lebensraum, Schlüsselfaktor bei der Klimaanpassung und als Wirtschaftsfaktor, verankert. Die Natur erbringt zahlreiche Ökosystemleistungen, von denen unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden abhängen und die Grundlage für unsere wirtschaftliche Entwicklung sind. Hierzu zählen Leistungen wie die Bereitstellung sauberer Luft und sauberen Wassers ebenso wie der Schutz vor Hochwasser und ein gesundes Klima in Städten.

Zurzeit leben etwa 2 Milliarden Menschen in Regionen mit hoher Wasserknappheit (VN, 2018). Gemäß Prognosen der Vereinten Nationen wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,7 Mrd. Menschen (und auf 10,9 Mrd. bis 2100) anwachsen. Gleichzeitig ändert sich auch die Lebensweise vieler Menschen. Beides führt zu einem gesteigerten Wasserverbrauch (VN Water, 2019). Neben Bevölkerungswachstum und Steigerung der Nachfrage steigern die Auswirkungen des Klimawandels und Veränderung und Intensivierung von Agrarwirtschaft und anderen Produktionsabläufen den Nutzungsdruck auf die globalen Wassersysteme. Vom globalen, steigenden Trend der Urbanisierung gehen weitere Herausforderungen aus, etwa zum Thema Abwasser, da zunehmend große Mengen an Wasser unbehandelt in die Umwelt abgegeben werden. Seit 2011 benennt das Weltwirtschaftsforum jährlich die globale Wasserkrise als eine der größten Risiken für Wirtschaft, Umwelt und Frieden auf der Welt (WEF, 2019).

Mit 17 globalen Zielen zur nachhaltigen Entwicklung deckt die Agenda 2030 eine Vielzahl von Themen ab. Das sechste Nachhaltigkeitsziel (SDG 6) der Agenda 2030 berücksichtigt sowohl den Zugang zu einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser und angemessener Sanitärversorgung als auch den Gewässerschutz. Dazu gehört die langfristige Wasserverfügbarkeit, die effiziente Wassernutzung und die Förderung eines Wasserressourcenmanagements. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie berücksichtigt seit 2016 die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele. Für das SDG 6 sind die Indikatoren „Phosphor in Fließgewässer“ und „Nitrat im Grundwasser“ enthalten. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie wurde zuletzt im März 2021 weiterentwickelt (Deutsche Bundesregierung, 2021).

Für die internationale Umsetzung stellten die Vereinten Nationen 2021 fest, dass die Staatengemeinschaft noch nicht auf dem Weg ist das nachhaltige Entwicklungsziel für Wasser (SDG 6) zu erreichen (VN Water, 2020). So zeigt sich u.a. im Zusammenhang mit der COVID 19 Pandemie, dass weltweit 3.Mrd. Menschen keine ausreichenden Möglichkeiten zum Händewaschen haben (VN, 2020).

Wasser als Grundlage allen Lebens

Der globale Wasserkreislauf ist ein geschlossenes System, dessen komplexe Prozesse und Funktionen voneinander abhängig sind, sodass Veränderungen in einer Region sich auf das System insgesamt auswirken und in ständiger Wechselwirkung stehen. Ein guter Zustand der globalen Grund- und Oberflächengewässer ist unabdingbar für diverse natürliche Prozesse und Voraussetzung für Ökosystem(-leistungen), als auch eine intakte Biodiversität. Die Auswirkungen von Trockenheit und zunehmenden Extremereignissen wirken sich negativ auf die globalen Süßwassersysteme aus, deren Artenvielfalt deutlicher abnimmt, als die von terrestrischen Gebieten. Die Übernutzung von Wasser, die Abänderung der Fließprozesse, Verschmutzung, die (Zer-)Störung von Lebensräumen und das Vordringen invasiver Arten sind Entwicklungen, die den natürlichen Zustand von Gewässern stören (Dudgeon et al., 2005). Deshalb gilt es die globalen Wasserressourcen zu schützen und die vom Menschen verursachten Stress- Faktoren weitestgehend zu minimieren. Der Klimawandel wird den natürlichen Wasserkreislauf intensivieren, die Verdunstung verändern und negative Auswirkungen auf die globalen Ökosysteme haben. Sowohl stehende als auch Fließgewässer und die darin enthaltenen Arten stehen in diversen Regionen unter Druck und können sich nicht immer an die sich schnell verändernden Bedingungen anpassen (Gozlan et al., 2019). Das Zurückbauen von künstlicher Bebauung entlang von Wasserläufen und die Vermeidung von belastenden Einträgen sind wichtige Schritte, um die fortschreitenden, negativen Konsequenzen des menschlichen Eingriffs in die Wasser- Umwelt abzuwenden (UBA, 2017a).

Die Verschlechterung des Zustands von Gewässern nimmt insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern immer weiter zu. Gewässerbelastende Praktiken sollten vermieden und Abwassereinleitungen minimiert werden. Dafür ist es wichtig, durch gezielten Wissens- und Datenaustausch auf Augenhöhe ein globales System der Kooperation zu Wasser aufzubauen und dort zu unterstützen, wo Mittel und Ressourcen zur Umsetzung von Datenerhebung und wasserschonenden Maßnahmen besonders gering sind. In den Konzepten zu Gewässerschutz sollte auch besonderes Augenmerk auf die Sicherung der Rechte lokaler Bevölkerungen, vulnerabler Gruppen und Minderheiten gelegt werden, die momentan überproportional stark unter Gewässerverschmutzung und unzureichendem Zugang zu Wasser leiden (Filčák, Szilvasi& Škobla, 2018).

Auch marine Ökosysteme sind betroffen und stehen vor diversen Herausforderungen, die von der Erwärmung und Versauerung der Ozeane über Vermüllung und veränderte CO₂-Konzentrationen bis zu dem Rückgang von Arten und schrumpfenden Fischbestände gehen. So divers und komplex die Herausforderungen sind, umso wichtiger ist es den Schutz und die Koordination des globalen Wasserkreislaufs- und der Wasservorkommen um die negativen Auswirkungen zu minimieren (Luypaert, 2020). Die Integration verschiedener Disziplinen und aller gesellschaftlichen Bereiche ist wichtig, damit das Wasserressourcenmanagement möglichst viele Vorteile im Umweltschutz und für die Gesellschaft erzielen kann. Dazu sollten Daten erhoben, zugänglich angeboten und professionell analysiert werden, damit die Planung von Maßnahmen auf aktuellen Daten fußt (UBA, 2017c). Außerdem ist die Umsetzung sowohl technischer Innovationen als auch naturbasierter Ansätze und traditionellen Wissens gezielt zu unterstützen (UBA, 2019c).

Immer mehr Menschen leben in Städten und urbanen Ballungszentren. Szenarien prophezeien, dass 68 % der globalen Bevölkerung 2050 in Städten leben wird (VN, 2018). Dieser Trend stellt neue Anforderungen und Herausforderungen an die urbane Wasserversorgung, die Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser und an das Abwassermanagement (McDonald et al., 2014).

Städte haben selten ausreichende lokale Quellen, um die Menschen und sozio-ökonomischen Aktivitäten der Ballungsräume zufriedenzustellen. Die Nutzung von Oberflächen- oder Grundwasservorkommen aus anderen Regionen ist daher oft unerlässlich und bedarf vorsichtiger Planung, damit die gesamte Region langfristig und nachhaltig die Wasserressourcen erhält (McDonald et al., 2014).

Die globale wirtschaftliche Verflechtung bedeutet, dass Deutschland auch von der Verfügbarkeit und Qualität von Wasser in anderen Ländern abhängig ist (Arto, Andreoni, Rueda-Cantucho, 2016). Der in Kapitel 1 vorgestellte Wasserfußabdruck, der die Menge an Wasser widerspiegelt, die für die Produktion und Bereitstellung eines Produkts gebraucht wird, ist besonders wichtig mit Blick auf die globalen Wasserressourcen. Deutschland importiert viele Produkte, die durch intensive Wassernutzung im Ausland hergestellt wurden. Von dem Gesamtwasserverbrauch in Deutschland entfallen knapp 70% auf die externe Wassernutzung (Aldaya et al., 2011). Dadurch ist die Verfügbarkeit von Produkten in Deutschland nicht nur von der Verfügbarkeit von Wasserressourcen abhängig, sondern trägt auch eine Verantwortung im wasserschonenden Umgang mit Wasser im Ausland, insbesondere wenn Wasser in Regionen verbraucht sind, die unter Wasserstress oder -mangel leiden (Steen-Olsen et al., 2012).

Nachhaltige Wasserwirtschaft kann zur Reduzierung von Treibhausgasen und dem Schonen von Ressourcen beitragen. Als konkretes Beispiel ist das Nutzen von Trinkwasser aus der Leitung dem Konsum von Flaschenwasser vorzuziehen. Die Trinkwasserqualität in Deutschland ist durch die gründliche Aufbereitung und konsequente Qualitätschecks durch die Wasserversorge hervorragend. Trinkwasser aus der Leitung spart Energie, Wasser und Kosten für Verbraucher*innen und entlastet die globalen Ressourcen (UBA, 2019a; a tip: tap, 2020). Für die Treibhausgasreduktion sind allerdings Schutz und Wiederanlage von Feuchtgebieten und Wäldern wesentlich bedeutender.

Faire und nachhaltige Finanzierungsmechanismen

Maßnahmen für Gewässerschutz und nachhaltige Planung von Wassernutzung sind zurzeit unterfinanziert, weil ein großer Teil des Budgets für Notmaßnahmen verwendet wird, wie etwa zur Katastrophenbewältigung. Ein wichtiges Thema zur Bereitstellung von Wasser in Entwicklungs- und Schwellenländern wird immer stärker in den Fokus gerückt: Water and Sanitation (WASH) ist ein fest verankerter Begriff, der den Wasser-Sektor der vergangenen Jahre prägte und sich bemüht, die Wasser- und Sanitärversorgung auf der Welt zu verbessern. Die Kombination aus Maßnahmen für menschliche Grundbedürfnisse und die Verfügbarkeit von Wasser hat zurecht viel Aufmerksamkeit und Unterstützung erlangt und es wird weiter erforderlich sein, diesen Bereich gezielt zu fördern. Öffentliche Budgets auf nationaler Ebene für Wasser- und Sanitärversorgung sind in den vergangenen Jahren gestiegen, und auch das finanzielle Volumen von staatlicher Entwicklungshilfe für WASH wurde von 2015 bis 2019 weltweit um 1,5 Milliarden US\$ aufgestockt (GLAAS Report, 2019). Gleichzeitig haben Bereiche des Gewässerschutzes proportional nur sehr wenig Aufmerksamkeit und finanzielle Mittel erhalten. Auch Maßnahmen zur rechtzeitigen Anpassung an den Klimawandel können nur bedingt ausgeführt werden. Insbesondere die Erneuerung von erbauter Infrastruktur und hohe, langfristige Investitionen erfordern deutlich mehr Geld, als zurzeit dafür bereitgestellt wird (VN Water, 2021).

Kooperation für globales Wassermanagement

Die Herausforderungen zur nachhaltigen Verfügbarkeit und Qualität der weltweiten Wasserressourcen können nicht ohne gemeinschaftliche Anstrengungen aller Staaten überwunden werden. Wasser ist ein Allgemeingut. Die globale Wasserkrise kann daher nicht allein auf nationalstaatlicher Ebene gelöst werden.

Die Vereinten Nationen bieten den geeigneten Rahmen zum gemeinsamen Austausch und der Zusammenarbeit aller Mitgliedstaaten für ein nachhaltiges Management der weltweiten Wasserressourcen. Es gibt allerdings keine einzelne Organisation der Vereinten Nationen, die für Wasserthemen zuständig ist. Vielmehr findet sich Wasser als Querschnittsthema in zahlreichen Entscheidungsprozessen und Entwicklungsmaßnahmen der Vereinten Nationen. Auch wenn dies dem holistischen Charakter des Wasserthemas gerecht wird, erschwert dies grundlegend die politische Konsensfindung der Mitgliedstaaten als auch eine kohärente und den Herausforderungen der globalen Wasserkrise angepasste Unterstützung der Vereinten Nationen für insbesondere Schwellen- und Entwicklungsländer.

Wasser als Menschenrecht

Im Jahr 2010 erkannten die Generalversammlung sowie der Menschenrechtsrat der Vereinten Nationen erstmals das Menschenrecht auf sauberes Trinkwasser als Teil des verbindlichen Völkerrechts an. Dieses wurde im Jahr 2015 durch das Menschenrecht auf Sanitärversorgung erweitert und wird oft in Kombination (Water and Sanitation (WASH)) benannt. Im Jahr 2015 beschlossen die 193 Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen auch die Ziele der 2030 Agenda für nachhaltige Entwicklung. Das Ziel 6: Sicherstellung der Verfügbarkeit und des nachhaltigen Managements von Wasser und Sanitärversorgung für alle. In Bezug auf Gewässerschutz als lebenswichtige Grundlage verabschiedeten die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen 2017 auf der dritten Versammlung des Umweltprogramms (UNEP) eine Resolution für den Kampf gegen Wasserverschmutzung und den Schutz und die Wiederherstellung wasserbasierter Ökosysteme.

Die Ziele Zugang zu sauberem Trinkwasser und Sanitärversorgung sowie deren nachhaltiger Bewirtschaftung werden von Regierungen als auch durch Akteure aus der Privatwirtschaft und der Zivilgesellschaft vorangetrieben. Trotzdem hat zurzeit jeder dritte Mensch weltweit keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser, weit über die Hälfte der Weltbevölkerung (rund 4,2 Mrd. Menschen) lebt ohne adäquate Sanitärversorgung (VN Water, 2019).

Die Zahl der Menschen, die unter Bedingungen von Wasserstress oder hoher bis extremer Wasserknappheit leben, steigt und führt teils dazu, dass Menschen wegen extremer Wasserknappheit ihre Heimat verlassen müssen. Die Migrationsströme sind überwiegend von wasserarmen in wasserreiche Länder zu beobachten (Warziniack, 2013). Wegen des Klimawandels verstärken sich diese Entwicklungen. Der Meeresspiegelanstieg drängt Migrationsströme von Küstenregionen gen landesinnere Regionen (Podesta, 2019) und Einträge von Salzwasser verunreinigen Süßwasserressourcen (Hauer et al., 2019).

Das Ziel 6 der Nachhaltigkeitsagenda, dass die universale Verfügbarkeit und das nachhaltige Management von Wasser und Sanitärversorgung bis zum Jahr 2030 vorsieht, ist gemäß den Angaben der Vereinten Nationen mit den jetzigen internationalen Bemühungen nicht zu erreichen. Das Entwicklungssystem der Vereinten Nationen kann nur schwer einen Beitrag zur Umkehrung dieser Prognose leisten. Mit 32 VN-Organisationen, Programmen und Fonds, die im Wassersektor intervenieren, ist die institutionelle und programmatische Wasserlandschaft der Vereinten Nationen stark zersplittert. Der Koordinierungsmechanismus für die Aktivitäten im Wassersektor (VN-Wasser) verfügt nur über ein schwaches Mandat und kann nicht in die programmatische Ausgestaltung der einzelnen Organisationen eingreifen.

Laut einer vom VN-Generalsekretär beauftragten Analyse von 2017, wird die überragende Mehrheit des VN-Budgets für Wasser im Bereich der Not- und Übergangshilfe eingesetzt (UNICEF, UNOPS, UNRWA, UNHCR). Die zur Verfügung gestellten Mittel für weitere Unterziele des Ziels 6 der 2030 Agenda, wie z. B. integriertes Wasserressourcenmanagement und die Verbesserung von Wassernutzungseffizienz sowie für eine nachhaltige Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser und Sanitärversorgung (z. B. durch Unterstützung bei der Entwicklung und Anwendung normativer Prozesse und armutsorientierter Dienstleistungsmodelle) sind verschwindend gering. Daraus wird deutlich, dass das Entwicklungshilfesystem der Vereinten Nationen nicht an die notwendigen Bedarfe zur Erreichung des Nachhaltigkeitsziels 6 sowie zukünftiger Herausforderungen angepasst ist. Abhilfe schaffen könnte hier nur ein übergeordneter, kontinuierlicher Austausch der VN-Mitgliedstaaten, der einen politischen Konsens sowohl zu den globalen Herausforderungen im Wassersektor als auch zur Stärkung der Koordinierung und Effizienzsteigerung der Hilfe des VN-Systems etablieren könnte.

Die schlechte Bilanz der Umsetzung des Nachhaltigkeitsziels 6 stellt eine grundlegende Gefahr für die Erreichung und langfristige Sicherung anderer Nachhaltigkeitsziele (z. B. Ziel 1: Armut, Ziel 2: Hunger, Ziel 3: Gesundheit, Ziel 5: Gleichberechtigung der Geschlechter) und damit der gesamten 2030 Agenda dar. Auch nationale Zielsetzungen zur Klimaanpassung im Rahmen der Paris Erklärung und Zielsetzungen globaler Vereinbarungen wie der Biodiversitätskonvention, der New Urban Agenda oder zum Ausbau erneuerbarer Energien (IRENA-Statut) sind erheblich gefährdet.

Hauptherausforderung ist die institutionelle Zersplitterung der Vereinten Nationen im Wasserbereich. Dies erschwert eine kohärente, abgestimmte, in sich komplementäre und an den

Bedürfnissen der VN-Mitgliedstaaten orientierte Antwort der Vereinten Nationen sowohl auf globaler Ebene als auch auf Ebene ihrer Regional- und Landeskoordination. Für übergeordnete Abstimmungen der Mitgliedstaaten und die Formulierung politische Orientierungen zur Bekämpfung der globalen Wasserkrise gibt es in den Vereinten Nationen kein geeignetes Format. Vielmehr können Entscheidungen nur in den Steuerungsgremien der einzelnen Organisationen, Programmen und Fonds mit überaus heterogenen Entscheidungsgrundlagen fallen. Auch die VN-Generalversammlung und die High-Level Political Fora sind für einen umfassenden Austausch der Mitgliedstaaten zur globalen Wasserkrise in ihrer Gesamtheit und einer notwendigen Konsensfindung ungeeignet. So können Resolutionen der VN-Generalversammlung beispielsweise immer nur einzelne, spezifische Aspekte behandeln. Das Format der High-Level Political Fora (HLPF), das einen zwischenstaatlichen Dialog zu Ziel 6 der 2030 Agenda lediglich alle 3–4 Jahre für insgesamt 3 Stunden und erst am Ende der Verhandlungen der HLPF Ministererklärungen erlaubt, ist ebenfalls bei Weitem nicht ausreichend.

Des Weiteren sollten bestehende Abkommen und Bestimmungen aktualisiert und umgesetzt werden. Das „Übereinkommen über das Recht der nicht schiffahrtlichen Nutzung internationaler Wasserläufe“ (Bundesanzeiger, 2006) oder das „Übereinkommen zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen“ (Beschluss 95/308/EG, 1992) dienen als relevante Basis für weitere Gespräche und Verhandlungen, um gemeinsame Strategien im Sinne der globalen Ressource Wasser zu entwickeln.

Wasserpolitische Zielsetzungen sollten sektorenübergreifend mitgedacht werden. Dazu sollte die Nutzung von Wasser und Auswirkungen auf Wasser in weiteren Bereichen berücksichtigt werden. Das Kombinieren und Einbinden von wasserschonenden Regulierungen in Dokumente wie die Klimarahmenkonvention, die Biodiversitätskonvention, das Ramsar-Übereinkommen und die verschiedenen Übereinkommen zum Umgang mit Chemikalien hilft, diese Ziele weiter zu verankern und ins Bewusstsein zu rufen. Gleichzeitig sollten auch Akteure aus der Industrie, sowie aus dem Agrar-, Bergbau-, Transport- und Handelsbereich stärker miteinbezogen werden. In Beratungs- und Entscheidungsprozessen ist auch an die Wasserressourcen zu denken, auch, um das Risiko zu minimieren, dass Maßnahmen auf lange oder kurze Sicht gewässerschädliche Auswirkungen haben. Die Wasserqualität und Verfügbarkeit kann durch stärkere Kommunikation und Transparenz sektorenübergreifend langfristiger und nachhaltiger geplant werden (UBA, 2017c).

Quellenverzeichnis

a tip: tap e.V. [Hrsg.] (2021): Wasserwende - Trinkwasser ist Klimaschutz. Online verfügbar unter: <https://atiptap.org/projekte/wasserwende/>.

AG Hydrologie Kiel [Hrsg.] (2017): ANGUS-Projekt. Online verfügbar unter: <https://www.angus-projekt.de/de>.

Aldaya, M.; Chapagain, A.; Hoekstra, A.; Mekonnen, M. (2011): The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard. Earthscan. DOI: 10.4324/9781849775526.

Allan, J.A. (1996): Water Use and Development in Arid Regions: Environment, Economic Development and Water Resource Politics and Policy. In: Review of European Community and International Environmental Law 5.2, S. 107–115. ISSN: 0962-8797, 1467-9388. DOI: 10.1111/j.1467-9388.1996.tb00258.x. URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9388.1996.tb00258.x>

Allan, J.A.– (1998): Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. In: Ground Water 36.4, S. 545–546. ISSN: 0017-467X, 1745-6584. DOI: 10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x. URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>

AMBER (2020): Amber Barrier Atlas download am 27.04.2021.
<https://amber.international/european-barrier-atlas/>

Anderer, Pia; Keuneke, Rita; Massmann, Edith (2019): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II d: Wasserkraft. Wissenschaftlicher Bericht. Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH, consentec GmbH, FICHTNER Water & Transportation GmbH (FWT).

Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e. V. (DBVW), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein (DVGW), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) (2021): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2020

Arto, I.; Andreoni, V.; Rueda-Cantuche, J., (2016): Global use of water resources: A multiregional analysis of water use, water footprint and water trade balance. In: Water Resources and Economics (15), S. 1-14. DOI: 10.1016/j.wre.2016.04.002.

Ax, T. (o.D.): Bündelung von Prozessen als organisatorische Alternative zum klassischen Outsourcing. InterKomm.eu, Neckargemünd. Online verfügbar unter: <https://interkomm.eu/buendelung-von-prozessen-als-organisatorische-alternative-zum-klassischen-outsourcing>.

Bartel, H.; Dieter, H. H.; Feuerpfeil, I.; Grummt, H. J.; Grummt, T.; Hummel, A.; Konietzka, R.; Litz, N.; Rapp, T.; Rechenberg, J.; Schaefer, B.; Schlosser, F. U.; Vigelahn, L. (2010): Rund um das Trinkwasser: Ratgeber im Auftrag des Umweltbundesamtes. Stand 2016, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_rund_um_das_trinkwasser_ratgeber_web_0.pdf.

Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (o.D.): Projekte Hohenthann – Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber (2018-2022). Online verfügbar unter:

https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw_gefaehrdung_schutz/gwschutz_landwirtschaft/projekte_hohenthann/index.htm.

Beenen, J. (2018): Der Rhein trocknet aus. Süddeutsche Zeitung, München. Online verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/duerre-der-rhein-trocknet-aus-1.4177072>.

Berliner Wasserbetriebe (o.D.): klassewasser.de. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.klassewasser.de/>.

Berger, C.; Falk, C.; Hetzel, F.; Pinnekamp, J.; Roder, S.; Ruppelt, J. (2015): Zustand der Kanalisation in Deutschland: Ergebnisse der DWA-Umfrage 2015. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Online verfügbar unter:

https://de.dwa.de/files/media/content/03_THEMEN/Entw%C3%A4sserungssysteme/Kanalu_mfrage/Zustand%20der%20Kanalisation%202015.pdf.

BDEW (2018): Neue BDWE-Studie zur Diskussion über Gewässerbelastungen: Deutschlandweite 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen würde Abwassergebühren um 17 % erhöhen. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/deutschlandweite-4-reinigungsstufen-klaeranlagen-wuerde-abwassergebuehren-um-17-prozent-erhoehen/>.

BDEW (2019): Abwasserdaten Deutschland Strukturdaten der Abwasserentsorgung. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Ansicht_bdew_broschuere_abwasserdaten.pdf

BDEW (2021) Branchenbild der Deutschen Wasserwirtschaft. Online verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/WEB_brachenbild_dt_wasserwirtschaft_2020_DIN_A_4_24062020_NEU.pdf

Binnenschiffahrt-online.de (2020): Wasserstraßen bleiben im Fokus. Online verfügbar unter <https://binnenschiffahrt-online.de/2020/03/haefen-wasserstrassen/13619/>

BEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2021): Wasserwerk Wald. Online verfügbar unter: <https://www.waldkulturerbe.de/wald-und-forstwirtschaft-in-deutschland/waldwirtschaft/bedeutung-der-waldwirtschaft/wasserwerk-wald/#:~:text=Das%20Grundwasser%20unter%20einem%20Wald,deutschen%20Wasserschutzgebiete%20liegen%20im%20Wald>

Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke (BDW) e.V. (o.D.): Wasserkraft in Zahlen - Installierte Leistung und Stromproduktion. Online verfügbar unter: <https://www.wasserkraft-deutschland.de/wasserkraft/wasserkraft-in-zahlen.html>.

BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde [Hrsg.] (2019): Ist die Zeit des Niedrigwassers abgelaufen? (12. Update, 10.10.2019). Koblenz. Online verfügbar unter:

https://www.bafg.de/DE/07_Nachrichten/Archiv/2019/BfG_Niedrigwasserbericht_191010.pdf;jsessionid=8369A318535D9EDAA28FD8CA76EC8B2B.live11312? blob=publicationFile

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2020): Beratungs- und Modellierungsdienst NHWSP/eNHWSP. Online verfügbar unter:

https://www.bafg.de/DE/04_Kunden/BMU/NHWSP/nhwsp_node.html;jsessionid=CABF4FBFF413A00764026F756BFA8872.live11291#doc2162078bodyText3

BfN – Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.] (2017): Bundeskonzept grüne Infrastruktur. Grundlagen des Naturschutzes zur Planung des Bundes. Online verfügbar unter:

https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/bkgi/Dokumente/BKGI_Broschuere.pdf

BfN - Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.] (2019): Nationaler Bericht 2019 gemäß FFH-Richtlinie. Online verfügbar unter: <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/berichte-monitoring/nationaler-ffh-bericht/berichtsdaten.html>

BfN – Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.] (2021): Auenzustandsbericht 2021: Flussauen in Deutschland. Online verfügbar unter: Online verfügbar unter:

https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/wasser/Dokumente/AZB_2021/AZB_2021_bf.pdf

BfN – Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.] (2021): Auenzustandsbericht 2021: Flussauen in Deutschland. Online verfügbar unter: Online verfügbar unter:

https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/wasser/Dokumente/AZB_2021/AZB_2021_bf.pdf

BfN – Bundesamt für Naturschutz und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): Naturbewusstsein 2017 Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt.

BLANO (2018a) Indikatorblatt Nährstoffkonzentration am Übergabepunkt limnisch-marin (Ostsee), Hintergrunddokument zu: BMU (Hrsg.), Zustand der deutschen Ostseegewässer 2018. Online verfügbar unter: https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht_Ostsee_2018.pdf

BLANO (2018b): Indikatorblatt Nährstoffkonzentrationen am Übergabepunkt limnisch-marin (Nordsee), Hintergrunddokument zu: BMU (Hrsg.), Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018, https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht_Nordsee_2018.pdf, aktualisiert 2020

BMBF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung [Hrsg.] (o.D.): Verbundprojekte. Berlin. Online verfügbar unter: <https://bmbf.nawam-erwas.de/verbundprojekte>.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2018): Erntebericht 2018. Berlin.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2020a): Indikatoren und Deutscher Pflanzenschutzindex: Anteil von Gewässern mit dauerhaft bewachsenen Gewässerrandstreifen an Oberflächengewässern in Agrarlandschaften. Online verfügbar unter: <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher->

[pflanzenschutzindex/deutscher-pflanzenschutzindex/anteil-von-gewaessern-mit-dauerhaft-bewachsenen-gewaesserrandstreifen-an-oberflaechengewaessern-in-agrarlandschaften/?L=0](#)

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2020b): Landwirtschaft verstehen - Fakten und Hintergründe. Berlin. Online verfügbar unter:

https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Landwirtschaft-verstehen.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2020c):

Sonderrahmenplan: Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.bmel.de/DE/themen/laendliche-regionen/foerderung-des-laendlichen-raumes/gemeinschaftsaufgabe-agrarstruktur-kuestenschutz/gak-sonderrahmenplan-hochwasserschutz.html>.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2021): Förderung des ländlichen Raumes. Berlin. Online verfügbar unter:

https://www.bmel.de/DE/themen/laendliche-regionen/foerderung-des-laendlichen-raumes/foerderung-des-laendlichen-raumes_node.html.

BMI – Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat [Hrsg.] (2019): Unser Plan für Deutschland – Gleichwertige Lebensverhältnisse überall. Schlussfolgerungen von Bundesminister Horst Seehofer als Vorsitzendem sowie Bundesministerin Julia Klöckner und Bundesministerin Dr. Franziska Giffey als Co-Vorsitzenden zur Arbeit der Kommission „Gleichwertige Lebensverhältnisse“. Berlin.

BMJV – Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (1995): Verordnung über die Berufsausbildung zum Landwirt/zur Landwirtin. Online verfügbar unter:

https://www.gesetze-im-internet.de/lwausbv_1995/LwAusbV_1995.pdf.

BMJV – Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG). Online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BBodSchG.pdf>

BMJV – Bundesamt für Justiz [Hrsg.] (2009): Wasserhaushaltsgesetz. Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/

BMJV – Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2017): Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (BWaldG). Online verfügbar unter:

<https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/>

BMJV – Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV). Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/OGewV.pdf

BMJV – Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2020): Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und

Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung - AbfKlärV). Online verfügbar unter:

https://www.gesetze-im-internet.de/abfkl_rv_2017/BJNR346510017.html

BMJV – Bundesamt für Justiz [Hrsg.] (2020): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. Online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/>.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2008): Grundwasser in Deutschland. 1. Auflage. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3642.pdf>.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2014): Nationales Hochwasserschutzprogramm. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/download/nationales-hochwasserschutzprogramm/>

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2015): Den Flüssen mehr Raum geben - Renaturierung von Auen in Deutschland. Online verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/auen_in_deutschland_bf.pdf

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2017a): Ziele, Gefährdungen und Überwachung. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewaeser/grundwasser/grundwasserschutz-ziele-gefaehrungen-und-ueberwachung/>.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2017b): Policy Paper „Empfehlungen des Stakeholder-Dialogs „Spurenstoffstrategie des Bundes“ an die Politik zur Reduktion von Spurenstoffen in die Gewässer. Online verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaeser/spurenstoffstrategie_policy_paper_bf.pdf.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (o. D.): Umsetzung der Europäischen Meeresstrategie- Rahmenrichtlinie (MSRL) in Deutschland: MSRL Artikel 8, 9 und 10 – Zustandsbewertungen der Nord- und Ostsee. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html>.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): Bericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) für den Petitionsausschuss des Deutschen Bundestages zur Umsetzung der §§ 33 bis 35 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – derzeitiger Stand und Perspektive für ökologische Verbesserungen bei Wasserkraftanlagen. Juni 2018.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [Hrsg.] (2019): Ergebnisse der Phase 2 des Stakeholderdialogs „Spurenstoffstrategie des Bundes“ zur Umsetzung von Maßnahmen für die Reduktion von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/download/ergebnisse-der-phase-2-des-stakeholder-dialogs-spurenstoffstrategie-des-bundes/>

BMU & UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt [Hrsg.] (2016): Die Wasserrahmenrichtlinie - Deutschlands Gewässer 2015. Bonn. Dessau-Roßlau.

BMU & UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Berlin. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_2017_web_aktualisiert.pdf.

BMU & UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2018>.

BMU & UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020): Abschlussdokument Nationaler Wasserdialo. Kernbotschaften, Ergebnisse und Dokumentation des Nationalen Wasserdialo. Berlin.

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2017): Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung. Online verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/moro-praxis/2017/moro-praxis-10-17-dl.pdf?_blob=publicationFile&v=2.

BNA – Bundesnetzagentur (2019): Marktstammdatenregister. Auswertung des Registers durch das ZSW Baden-Württemberg. Zugriff am 15. Februar 2019. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html;jsessionid=F68354DE8042158224AE13C9BC04E00C.

Bodensee Wasserversorgung (2021): Wasserversorgung Bodensee. Online verfügbar unter: <https://www.bodensee-wasserversorgung.de/startseite.html>

Bormann, H.; Gramlich, E.; Müller, F.; Schröder, M.; Vodegel, S.; Sievers, M. (2020): Keine Energie ohne Wasser – Zukunftsszenarien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA). 1. Auflage. Hennef 2020, S. 43, mit Daten aus DESTATIS, 2018. Online verfügbar unter: <https://webshop.dwa.de/de/dwa-report-keine-energie-ohne-wasser-6-2020.html>.

Brettschneider, D.; Harth, F.; Misovic, A.; Oetken, M.; Schulte-Oehlmann, U.; Oehlmann, J. (2018): Einfluss kleiner Kläranlagen auf kleine Fließgewässer am Beispiel des Rambachs in Hessen. In: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 11 (9).

Bronstat, A.; Engel, H. (2011): Veränderungen der Abflüsse. Online verfügbar unter: https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/warnsignalklima/Warnsignal_Klima_Kap3.1_3.1.5_Engel.pdf

Bundesanzeiger Verlag [Hrsg.] (2006): Gesetz zu dem Übereinkommen über das Recht der nichtschiffahrtlichen Nutzung internationaler Wasserläufe. Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter: <https://www.un.org/Depts/german/uebereinkommen/ar51229-dbgbl.pdf>.

Bundeskartellamt (2016): Bericht über die großstädtische Trinkwasserversorgung in Deutschland, online verfügbar unter:

<https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Wasserbericht-2016.pdf? blob=publicationFile&v=3>

Bundesprogramm Blaues Band Deutschland [Hrsg.] (2017): Fachliche Grundlagen zum Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“. Online verfügbar unter:

<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/WS/blau-es-band-fachstudie.pdf? blob=publicationFile>

civity Management Consultants [Hrsg.] (2018): Arzneimittelverbrauch im Spannungsfeld des demografischen Wandels. Online verfügbar unter:

https://civity.de/asset/de/sites/3/2018/05/arzneimittelstudie_final_20171218.pdf

DBU – Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.] (2019): Keine Energie ohne Wasser- Zukunftsszenarien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Online verfügbar unter:

https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-32804_01-Hauptbericht.pdf.

DESTATIS (2018): Umwelt – Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Strukturdaten zur Wasserwirtschaft. Fachserie 19, Reihe 2.1.3, S. 20. Online verfügbar unter:

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Publikationen/Downloads-Wasserwirtschaft/wasserwirtschaft-2190213169004.pdf? blob=publicationFile>.

DESTATIS (2019): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei- Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Fachserie 3 Reihe 5.1.

DESTATIS (2020a): Qualitätsbericht – Jahreserhebung über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas. Online verfügbar unter:

<https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Energie/gewinnung-verwendung-abgabe-klargas-j-073.html>.

DESTATIS (2020b): Landwirtschaftliche Betriebe insgesamt und Betriebe mit ökologischem Landbau nach Bundesländern 2016 Agrarstrukturerhebung 2016: totale Ergebnisse. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/oekologischer-landbau-bundeslaender.html>.

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/oekologischer-landbau-bundeslaender.html>.

DESTATIS (2020c): Arbeitskräfte in landwirtschaftlichen Betrieben 2016. Online verfügbar unter:

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/arbeitskraefte-bundeslaender.html>.

DESTATIS (2021): Demografischer Wandel. Online verfügbar unter:

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/inhalt.html>

Deutsche Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Weiterentwicklung 2021). Online verfügbar unter:

<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bcd8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf#page=270>

Deutscher Bundestag (2012): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dorothea Steiner, Nicole Maisch, Birgitt Bender, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/10914 – Anthropogene Spurenstoffe in der Umwelt

Deutscher Bundestag (2019): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Bettina Hoffmann, Steffi Lemke, Oliver Krischer, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/12713 – Mengenmäßiger Grundwasserzustand und Nutzungskonkurrenzen. Online verfügbar unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/127/1912713.pdf>.

Deutscher Bundestag (2021): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Dr. Bettina Hoffmann, Lisa Badum, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/25751 – Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland

Deutscher Bundesrat (2019): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss: Strategischer Ansatz der Europäischen Union für Arzneimittel in der Umwelt COM(2019) 128 final. Drucksache 115/19 (Beschluss)

Deutsche Welle (2020): Hitzesommer: tote Fische, verschwundene Flüsse. Bonn. Online verfügbar unter: <https://www.dw.com/de/hitzesommer-tote-fische-verschwundene-fl%C3%Bcsse/a-44979913>.

Difu – Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH [Hrsg.] (2017): Wasserinfrastrukturen für die zukunftsfähige Stadt; Beiträge aus der INIS-Forschung. Berlin. S.27 ff. Online verfügbar unter: <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/240075>

DWA (2020): Merkblatt DWA-M 114 – Abwasserwärmenutzung. Online verfügbar unter: https://de.dwa.de/files/media/content/03_THEMEN/Entwaesserungssysteme/Kanalumfrage/Zustand-der-Kanalisation-2020.pdf.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2019a): Trockenheit nimmt (k)ein Ende? Offenbach. Online verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2019/9/23.html.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2019b): Klima-Presskonferenz 2019 des Deutschen Wetterdienstes.

DKKV [Hrsg.] (2015): Das Hochwasser im Juni 2013 – Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. In: DKKV-Schriftenreihe 53, Bonn.

Dudgeon, D.; Arthington, A.; Gessner, M.; Kawabata, Z.; Knowler, D.; Lévêque, C.; Naiman, R.; Prieur-Richard, A.; Soto, D.; Stiassny, M.; Sullivan, C., (2005): Freshwater biodiversity – importance, threats, status and conservation challenges. In: Biological Reviews, 81(02), S. 163.

ECHA (2021): REACH Registration Statistics – abgerufen am 03.05.2021: https://echa.europa.eu/documents/10162/23557847/registration_statistics_en.pdf/58c2d7bd-2173-4cb9-eb3b-a6bc14a6754b

Europäische Gemeinschaft (1973): Erklärung des Rates der Europäischen Gemeinschaften und der im Rat Vereinigten Vertreter der Regierungen der Mitgliedstaaten vom 22. November 1973

über ein Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaften für den Umweltschutz. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A41973X1220>.

Europäische Kommission (2012): Attitudes of Europeans towards water -related issues. Report. Online verfügbar unter:

https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_344_en.pdf.

Europäische Kommission (2014): MITTEILUNG DER KOMMISSION über die Europäische Bürgerinitiative „Wasser und sanitäre Grundversorgung sind ein Menschenrecht! Wasser ist ein öffentliches Gut, keine Handelsware“. Online verfügbar unter:

<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-177-DE-F1-1.Pdf>

Europäische Kommission (2014): Grundwasserrichtlinie: Richtlinie 2014/80/EU zur Änderung von Anhang II der Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/gesetz/richtlinie-201480eu-zur-aenderung-von-anhang-ii-der-richtlinie-2006118eg-zum-schutz-des-grundwass/>

Europäische Kommission (2019a): COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT – Second River Basin Management Plans – Member State: Germany. Brüssel. Online verfügbar unter:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=SWD:2019:41:FIN&qid=1551205988853&from=EN>.

Europäische Kommission (2019b): COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT – First Flood Risk Management Plans -Member State: Germany. Brüssel. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=SWD:2019:63:FIN&qid=1551266318610&from=EN>.

Europäische Kommission (2020a): EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives - COM/2020/380 final. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX:52020DC0380>

Europäische Kommission (2020b): Ein europäischer Grüner Deal - Erster klimaneutraler Kontinent werden. Online verfügbar unter: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de

Fichtner (2003): Gutachten zur Berücksichtigung großer Laufwasserkraftwerke im EEG. Endbericht i.A. des BMU.

Filčák, R.; Szilvasi, M.; Škobla, D.; (2018): No water for the poor: the Roma ethnic minority and local governance in Slovakia. In: Ethnic and Racial Studies 41:7, S. 1390-1407. DOI: 10.1080/01419870.2017.1291984.

Fluss-Strom Innovationsforum (o.D.): Regenerative und grundlastfähige Energiegewinnung aus Flusswasserkraft frei fließender Gewässer ohne Staustufen und Perspektiven der Weiterentwicklung der „Kleinen Wasserkraft“ aus vorhandenen Querbauwerken. Online verfügbar unter: <http://www.flussstrom.de/innovationsforum/index.html>.

Forin, Silvia et al. (2020). Organizational Water Footprint - Analyzing Water Use and Mitigating Water

Garstenauer, T. (2018): Bewertung von Verwertungspfaden für Stickstoff in Abwasserstoffströmen und Anwendung der Ergebnisse zur Beurteilung neuartiger Kläranlagenkonzepte. Technischen Universität Graz. Online verfügbar unter: https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/SWW/3_Unterseite_Lehre/4_Masterarbeiten/MA_Garstenauer.pdf.

GdWS - Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt. 30.11.2017. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

Gendries, S. (2021): Welche Folgen hat der Braunkohle-Ausstieg in der Lausitz für die Wasserwirtschaft? (Gastbeitrag). In: LebensraumWasser. Online verfügbar unter: <https://www.lebensraumwasser.com/16948/>.

GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [Hrsg.] (2016): Berufliche Bildung im Wassersektor. Bonn. Online verfügbar unter: https://de.dwa.de/files/media/content/03_THEMEN/Bildung/giz2016-0200de-berufliche%20bildung-wassersektor.pdf.

Gömman, H.; Bender, A.; Bolte, A.; Dirksmeyer, W.; Englert, H.; Feil, J.-H.; Frühauf, C.; Hauschild, M.; Krengel, S.; Lilienthal, H.; Löpmeier, F.-J.; Müller, J.; Mußhoff, O.; Natkhin, M.; Offermann, F.; Seidel, P.; Schmidt, M.; Seintsch, B.; Steidl, J.; Strohm, K.; Zimmer, Y. (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Thünen Rep 30 [Hrsg.], S. 312. DOI: 10.3220/REP1434012425000.

Gozlan, R.; Karimov, B.; Zadereev, E.; Kuznetsova, D.; Brucet, S. (2019): Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia. In: Inland Waters 9(1), S. 78-94.

Haberkern, B.; Retamal Pucheu, B. (2020): Auswertung des Förderschwerpunktes „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ im Umweltinnovationsprogramm. Darmstadt. Umweltbundesamt [Hrsg.], Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-01-07_texte_06-2020_energieeffiziente-abwasseranlagen.pdf.

Hagmann, U.; Mader, F. (2019): Engpässe in Deutschland – Der Kampf ums Wasser beginnt. In: Tagesschau.de, Hamburg. Online verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/investigativ/report-muenchen/wasserknappheit-101.html>.

Handelsblatt (2018): Atomkraftwerke müssen ihre Leistung wegen der Hitze herunterfahren. Düsseldorf. Online verfügbar unter: [https://bit.ly/2x\]bquH](https://bit.ly/2x]bquH).

Harting, M. (2016): Erste Engpässe bei Trinkwasser in der wachsenden Region. In: Frankfurter Allgemeine, Frankfurt am Main. Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/rhein-main-gebiet-erste-engpaesse-bei-trinkwasser-in-der-wachsenden-region-14360629.html>.

Hauer, M.; Fussell, E.; Mueller, V.; Burkett, M.; Call, M.; Abel, K.; McLeman, R.; Wrathall, D. (2019): Sea-level rise and human migration. In: Nature Reviews Earth & Environment 1(1), S. 28-39.

Heidebrecht, R.; Opitz, H.; Lenz, A.; Höcherl, A. (2018): Zukünftige Aufgaben und Kompetenzen der Fachkräfte in der Abwassertechnik. In: Sonderdruck aus KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 65. Jahrgang, Heft 10/2018, S. 868-887. Online verfügbar unter: [https://de.dwa.de/files/ media/content/05_PUBLIKATIONEN/Berufliche%20Aus- und%20Weiterbildung/Ausbildung%20Oeffentlichkeitsarbeit/Sonderdruck_Ausbildung_Wasserwirtschaft_2019.pdf](https://de.dwa.de/files/media/content/05_PUBLIKATIONEN/Berufliche%20Aus- und%20Weiterbildung/Ausbildung%20Oeffentlichkeitsarbeit/Sonderdruck_Ausbildung_Wasserwirtschaft_2019.pdf).

Heimerl, S. (2005): „Wasserkraft in Deutschland – Bedeutung, Struktur und rechtliche Rahmenbedingungen“, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 104, Heft 16, S. 30-35.

HELCOM (o.D.a): Progress towards national nutrient input ceilings. Online verfügbar unter: <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/nutrient-reduction-scheme/progress-towards-country-wise-allocated-reduction-targets/>

HELCOM (o.D.b): Progress towards Maximum Allowable Inputs. Online verfügbar unter: <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/nutrient-reduction-scheme/progress-towards-maximum-allowable-inputs/>

HELCOM (2010): Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007 HELCOM Initial Holistic Assessment. Baltic Sea Environment Proceedings No. 122. Online verfügbar unter: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP122.pdf>

HELCOM (2018): State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings 155. Online verfügbar unter: http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp-content/uploads/2018/07/HELCOM_State-of-the-Baltic-Sea_Second-HELCOM-holistic-assessment-2011-2016.pdf

Hillenbrand, T.; Niederste-Hollenberg, J.; Menger-Krug, E.; Klug, S.; Holländer, R.; Lautenschläger S.; Geyler, S. (2009): Demografischer Wandel als Herausforderung für die Sicherung und Entwicklung einer kosten- und ressourceneffizienten Abwasserinfrastruktur. Umweltbundesamt [Hrsg.], Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3779.pdf>.

Hoekstra, Arjen et al. (2012a). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. 1. Aufl. Routledge. ISBN: 978-1-84977-552-6. DOI: 10.4324/9781849775526. URL: <https://doi.org/10.4324/9781849775526>

Hoekstra, A.Y. & Mekonnen, M.M. (2012b) 'The water footprint of humanity', Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9): 3232–3237.

ISO – Internationale Organisation für Normung (2014) DIN EN ISO 14046 „Umweltmanagement – Wasser-Fußabdruck - Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien“

IWR [Hrsg.] (2020): Forscher entwickeln bio-elektrochemische Brennstoffzelle. Online verfügbar unter: <https://www.iwr.de/news.php?id=36510>.

IWW [Hrsg.] (2019): Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel – Abschlussbericht. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Online verfügbar unter:

http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/Sonstige/K%201.19%20IWW_Zielkonflikte_Endbericht.pdf

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. S. 56. DOI: 10.5281/zenodo.3553579.

Karthe, D.; Rehkopp, N.; Reeh, T.; Faus, H. (2017): Klimawandel und demografischer Wandel: Potenzielle Gefährdungen für die Trinkwasserhygiene von morgen. In: Difu [Hrsg.] 2017. Wasserinfrastrukturen für die zukunftsfähige Stadt. Beiträge aus der INIS-Forschung, Berlin.

Keuneke, Rita (2019): Wasserkraft in Deutschland – Aktuelle Zahlen und Entwicklungen. In: Wasserwirtschaft 5-2019. 138-141.

KfW (2018): KfW – Kommunalpanel 2018. Online verfügbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfWKommunalpanel/Praesentation-KfW-Kommunalpanel-2018.pdf>.

KLIWAS (2015): Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, online verfügbar unter: https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/13_Schlussber/schlussber_node.html;jsessionid=F47EFB5F5F8A16ECCBD5F441414BC80D.live21304

Kloepfer, M. (2016): Umweltrecht. C.H.Beck, 4. Auflage, München.

Kreikenbaum, S. (2004): Hygienische Probleme bei Regenwetter. Projekt «STORM»: Abwassereinleitungen aus Kanalisationen bei Regenwetter. Online verfügbar unter: http://www.gepdata.ch/rebeka/storm/gwa_08_d_Kreik_dr.pdf

Landkreis Fulda (2019): Verfügung der unteren Wasserbehörde. Fulda. Online verfügbar unter: <https://www.landkreis-fulda.de/aktuelles/aktuelles/detailansicht/wasserentnahme-aus-gewaessern-des-landkreises-ab-sofort-verboden>.

Landesfischereiverband Bayern e.V. u.a. [Hrsg.] (o.D.): Die Wahrheit über Wasserkraft – Degenerativ statt regenerativ! Online verfügbar unter: https://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/migrated/content/uploads/Faltblatt_Wahrheit_Wasserkraft_2012_02.pdf.

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2006): Leitlinien zur Gewässerentwicklung – Ziele und Strategien. Mainz. Online verfügbar unter: https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2006_30.pdf.

LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2014): Nationales Hochwasserschutzprogramm – Kriterien und Bewertungsmaßstäbe für die Identifikation und Priorisierung von wirksamen Maßnahmen sowie ein Vorschlag für die Liste der prioritären Maßnahmen zur Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes. Online verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/hochwasserschutzprogramm_bericht_bf.pdf.

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2016): Daten der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser zum Bericht nach Art. 13 der EU-Richtlinie 2000/60/EG. Datenquelle: Berichtportal WasserBLiCK/BfG, Stand 23.03.2016.

LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2017): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten in Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung.

LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2019a): Bewertung der Durchgängigkeit für Sedimente – Verfahrensempfehlung und Anwenderhandbuch.

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2019b): Umsetzungsstand der Maßnahmen nach Wasserrahmenrichtlinie. Zwischenbilanz 2018. Erfurt.

LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2019c): Herleitung von ökologisch begründeten Orientierungswerten für die Mindestwasserführung von Fließgewässern. Projekt O 8.17 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“. Auftragnehmer Projektteam „umweltbüro essen – chromgruen –Senckenberg“. Essen/Velbert/Gelnhausen.

LAWA (2020a): Abfrage bei den Bundesländern zur 160. LAWA VV, 17./18.09.2020 Würzburg (TOP 8.10)

LAWA (2020b): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020). Energieatlas Bayern.
https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wasser/daten.html. Zugriff am 04.05.2021.

Luybaert, T.; Hagan, J.G.; McCarthy, M.L.; Poti, M. (2020): Status of Marine Biodiversity in the Anthropocene. In: Jungblut S., Liebich V., Bode-Dalby M. (eds) YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-20389-4_4.

Markart, G., Kohl, B. (2009): Wie viel Wasser speichert der Waldboden? Abflussverhalten und Erosion. Kapitel aus: BFW Praxisinformation Nr. 19 - 2009 / Waldboden

McDonald, R.; Weber, K.; Padowski, J.; Flörke, M.; Schneider, C.; Green, P.; Gleeson, T.; Eckman, S.; Lehner, B.; Balk, D.; Boucher, T.; Grill, G.; Montgomery, M. (2014): Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. In: Global Environmental Change, 27, S. 96-105.

MELUND SH - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. 22.01.2018. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU ""Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft"" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

Meeresinfo (2018): MSRL Art. 8, 9 und 10 - Zu-standsbewertungen. Online verfügbar unter: <https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2013): Hochwasser Risikomanagement: Detailinformationen zu den Maßnahmen. Online verfügbar unter: <https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/detailinformationen-zu-den-massnahmen>

ML - Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie Bauen und Klimaschutz. Ref. 24 Oberflächen- und Küstengewässer, Meeresschutz. 17.01.2018. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

MULE - Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt. 04.12.2017. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

MULNV - Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. 01.12.2017. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU ""Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft"" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

Natursoziologie (2016): 7. Jugendreport Natur, Online verfügbar unter: <https://www.natursoziologie.de/NS/alltagsreport-natur/jugendreport-natur-2016.html>

Nguyen, C.C., Hugie, C.N., Kile, M.L. et al. (2019): Association between heavy metals and antibiotic-resistant human pathogens in environmental reservoirs: A review. *Front. Environ. Sci. Eng.* 13, 46. <https://doi.org/10.1007/s11783-019-1129-0>

OECD (2015): Wasser und Städte - Sicherung einer nachhaltigen Zukunft. In: OECD Wasserstudien. Online verfügbar unter: <https://www.oecd.org/gov/wasser-und-stadte-9789264239210-de.htm>.

OECD (2018): Implementing the OECD Principles on Water Governance: Indicator Framework and Evolving Practices. In: OECD Studies on Water. Paris. Online verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292659-en>.

OECD (2020): Financing Water Supply, Sanitation and Flood Protection: Challenges in EU Member States and Policy Options. In: OECD Studies on Water. Paris. Online verfügbar unter: <https://www.oecd.org/environment/financing-water-supply-sanitation-and-flood-protection-6893cdac-en.htm>

Oelmann, M.; Czichy, C.; Scheele, U.; Zaun, S.; Dördelmann, O.; Harms, E.; Penning, M.; Kaupe, M.; Bergmann, A.; Steenpaß, C. (2017): Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung. Umweltbundesamt [Hrsg.], Dessau-Roßlau.

Ökoinstitut (2020): Rahmenbedingungen und Instrumente für die Gestaltung nachhaltiger Stadt-Land-Verknüpfungen. Online verfügbar unter: https://rural-urban-nexus.org/sites/default/files/RUN%20%C3%96ko-Institut%20-%20AP%203.2_Governance_Stand%20180327.pdf

Pinnekamp, J.; Schröder, M.; Bolle, F.-W.; Gramlich, E.; Gredigk-Hoffmann, S.; Koenen, S.; Loderhose, M.; Miethig, S.; Ooms, K.; Riße, H.; Seibert-Erling, G.; Schmitz, M.; Wöffen, B. (2017): Energie und Abwasser Handbuch NRW. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen [Hrsg.], Düsseldorf.

Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Alcalde Sanz, L., Bouraoui, F., Gawlik, B., Grizzetti, B., Pastori, M. and Vigiak, O. (2017): The potential of water reuse for agricultural irrigation in the EU: A Hydro-Economic Analysis , EUR 28980 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-77210-8, doi:10.2760/263713, JRC109870. Online verfügbar unter: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109870>

Podesta, J. (2019): The climate crisis, migration, and refugees. In: Brookings. Online verfügbar unter: <https://www.brookings.edu/research/the-climate-crisis-migration-and-refugees/>.

Reiss, J., Becker, A.; Heimerl S. (2017): Ergebnisse der Wasserkraftpotenzialermittlung in Baden-Württemberg. In: WasserWirtschaft 10/2017. 18-23.

Richter, M., Linnenweber, C. (2021): Querbauwerkeinformationssystem Rheinland Pfalz Erhebung und Aktualisierung des Datenbestandes. Vortrag AGEE Stat Fachgespräch "Selbsterzeugter Letztverbrauch von Wasserkraftanlagen" am 27.4.2021. unveröffentlicht.

Right2Water (2014): Bürgerinitiative. Online verfügbar unter: <https://europa.eu/citizens-initiative/sites/default/files/2020-01/Infographic%237 Outcomes DE.pdf>

Römer, J. (2019): Die Wasserentnahmeentgelte der Länder. Im Auftrag des BUND, Berlin. Online verfügbar unter: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/fluesse/fluesse_wasserentnahmeentgelt_studie.pdf.

Ruhrverband – Wissen, Werte, Wasser [Hrsg.] (o. D.): Energie braucht Ideen. Online verfügbar unter: <http://ruhrverband.de/abwasser/energie-aus-abwasser/>.

Rundfunk Berlin-Brandenburg (2019): Anhaltende Trockenheit – Wasserentnahme in Südbrandenburg wird eingeschränkt. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2020/08/wasserentnahme-oberflaechengewaesser-potsdam-verbot-.html>.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007): Umweltverwaltungen unter Reformdruck Herausforderungen, Strategien, Perspektiven Sondergutachten. Online verfügbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2004_2008/2007_SG_Umweltverwaltungen_unter_Reformdruck_Buch.pdf?__blob=publicationFile&v=6

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2020): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa – Umweltgutachten 2020. Berlin. Online verfügbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.pdf?__blob=publicationFile&v=27.

Schäffer, A.; Filser, J.; Frische, T.; Gessner, M.; Köck, W.; Kratz, W.; Liess M, Nuppenau E-A, Roß-Nickoll, M.; Schäfer, R.; Scheringer, M.; (2018): Der stumme Frühling - Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes. Diskussion Nr. 16. Nationale Akademie der Wissenschaften - Leopoldina, Halle (Saale).

Schaper, J. L.; Posselt, M.; Bouchez, C.; Jaeger, A.; Nuetzmann, G.; Putschew, A.; Singer, G.; Lewandowski, J. (2019): Fate of Trace Organic Compounds in the Hyporheic Zone: Influence of

Retardation, the Benthic Biolayer, and Organic Carbon. In: Environmental science & technology 53 (8): 4224-4234. DOI: 10.1021/acs.est.8b06231.

Schnell, M.; Horst, T.; Quicker, P. (2018): Thermische Verwertung von Klärschlamm – Überblick und Einordnung bestehender Verfahren, https://www.vivis.de/wp-content/uploads/VvK/2018_VvK_131-164_Quicker

Schröder, N. (2020): Umsetzungsprozesse der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland: Teil 1 – WRRL-Zielerreichung zwischen Plan und Machbarkeit. In: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 13/9. Online verfügbar unter: https://sustainabilitygovernancedotnet.files.wordpress.com/2020/10/nadine-schroeder_2020-kw-teil-1-veroeffentlichte-fassung.pdf.

Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarli, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J.C., Linsenmair, K.E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S. und Weisser, W.W.: Arthropod decline in grasslands and forests is associated with drivers at landscape level (2019). Nature, 30.10.2019 – DOI: [10.1038/s41586-019-1684-3](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3)

Seliger, C.; Zeiringer, B. (2018): River Connectivity, Habitat Fragmentation and Related Restoration Measures. Chapter 9. In: Riverine Ecosystem Management. DOI: 10.1007/978-3-319-73250-3_9.

SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. 29.01.2018. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

SMUV - Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Saarland. 29.11.2017. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

Statista (2015): Trinkwasser - Meinung zur Qualität in Deutschland 2015

Statista (2019): Entwicklung des Wasserverbrauchs pro Einwohner und Tag in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2019.

Statista (2020): Verbrauch von Düngemitteln in der Landwirtschaft in Deutschland nach Nährstoffarten in den Jahren 1990 bis 2019.

Steen-Olsen, K.; Weinzettel, J.; Cranston, G.; Ercin, A.; Hertwich, E. (2012): Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade. In: Environmental Science & Technology 46 (20), S. 10883-10891.

STMUV - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz - 08.12.2017: Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU "Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages. (unveröffentlicht).

Schnell, M.; Horst, T.; Quicker, P. (2018): Thermische Verwertung von Klärschlamm – Überblick und Einordnung bestehender Verfahren. Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH. Neuruppin. Online verfügbar unter: https://www.vivis.de/wp-content/uploads/VvK/2018_VvK_131-164_Quicker.

SWT (2013): Trierer Hauptklärwerk wird energieautark – Umweltministerin Ulrike Höfken weiht Blockheizkraftwerk und Energieweg ein – Zertifizierung für SWT-Sparten Abwasser und Strom. Online verfügbar unter: [https://www.swt.de/p/Trierer Hauptkl%C3%A4rwerk wird energieautark-15-4642.html](https://www.swt.de/p/Trierer_Hauptkl%C3%A4rwerk_wird_energieautark-15-4642.html).

Theobald, S. (2011): Analyse der hessischen Wasserkraftnutzung und Entwicklung eines Planungswerkzeuges „WKA-Aspekte“. Universität Kassel. Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft. Erläuterungsbericht i.A. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden. August 2011.

TMUEN - Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz. 06.12.2017. Antwort im Rahmen der Anfrage des BMU ""Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG in Bezug auf die Energieerzeugung aus Wasserkraft"" Bezug: Anfrage des Petitionsausschusses des Deutschen Bundestages.

TU Berlin (2020): Water Footprint Toolbox, <https://wf-tools.see.tu-berlin.de/wf-tools/waterfootprint-toolbox/>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (1998): Umweltverträglichkeit kleiner Wasserkraftwerke – Zielkonflikte zwischen Klima- und Gewässerschutz. Meyerhoff J., Petschow U.. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin, UFOPLAN 202 05 321, UBA-FB 97-093, In: UBA Texte 13/98, 1-150.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2001): Wasserkraftanlagen als erneuerbare Energiequelle – rechtliche und ökologische Aspekte. BUNGE T. et. al.. In: UBA Texte 01/01, 1-88.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2011). THEMENBLATT: Anpassung an den Klimawandel Hochwasserschutz. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass_t_hemenblatt_hochwasserschutz_2015_net.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2012): Grundwasser. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2015a): die Wasserrahmenrichtlinie: Deutschlands Gewässer 2015. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/final_broschüre_wasserrahm_enrichtlinie_bf_112116.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2015b): Reaktiver Stickstoff in Deutschland – Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen – zitiert im „Ersten Stick-Stoff-Bericht der Bundesregierung“. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: www.bmu.de/PU404.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2015c): Daten zur Trinkwasserqualität. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/daten-zur-trinkwasserqualitaet>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2016a): Rund um das Trinkwasser. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_rund_um_das_trinkwasser_ratgeber_web_0.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2016b): Rechtliche Argumentationshilfe: Anpassung an den Klimawandel im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/407/dokumente/argumentationshilfe_daseinsvorsorge_und_anpassung.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017a): Einträge von Nähr- und Schadstoffen in die Oberflächengewässer. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die#textpart-1>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017b): Energie und Rohstoffe aus Kläranlagen. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/energie-rohstoffe-aus-klaeranlagen>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017c): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. Dessau-Roßlau. S. 15. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/170829_uba_fachbroschure_wasserwirtschaft_mit_anderung_bf.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017d): Wetterextreme könnten künftig der Normalfall sein. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wetterextreme-koennten-kuenftig-der-normalfall-sein>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2017e): Welche Abfallmengen befinden sich in den Meeren?. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/welche-abfallmengen-befinden-sich-in-den-meeren>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018a): Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland 2014 – 2016. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/publikationen/2018-05-22_uug_02-2018_trinkwasserqualitaet_2014-2016.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018b). Ökologischer Zustand der Übergangs- und Küstengewässer Nordsee. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/nordsee/oekologischer-zustand-der-uebergangs#ergebnisse-der-zustandsbewertung>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018c) Wasserfußabdruck. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserbewirtschaften/wasserfussabdruck#der-wasserfussabdruck-von-deutschland>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018d): Studie – Dynamik der Klarwasseranteile in Oberflächengewässern und mögliche Herausforderungen für die Trinkwassergewinnung in Deutschland. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/2018_08_02_factsheet_abschluss_klarwasseranteile_final_1.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018e): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/empfehlungen-zur-reduzierung-von-0>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018f): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018- Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2018>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018g): Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt Hintergrund, Herausforderungen und Handlungsoptionen. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/181012_ub_a_hg_antibiotika_bf.pdf

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018h): Klarwasser in Flüssen: Herausforderung für das Trinkwasser? Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klarwasser-in-fluessen-herausforderung-fuer-das>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2018i): Humanarzneimittel. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/humanarzneimittel>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019a) Nationales Programm für nachhaltigen Konsum. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/publikation/nationales-programm-fuer-nachhaltigen-konsum/>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019b): Öffentliche Abwasserentsorgung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-abwasserentsorgung#rund-10-milliarden-kubikmeter-abwasser-jaehrlich>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019c): Chancen und Herausforderungen der Verknüpfungen der Systeme in der Wasserwirtschaft (Wasser 4.0). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3717_21_327_sy_steme_wasserwirtschaft_bf.pdf.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019d) Regionale Ernährungssysteme und nachhaltige Landnutzung im Stadt-Land-Nexus. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/regionale-ernaehrungssysteme-nachhaltige>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019e): Chemischer Zustand des Grundwassers. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/zustand-des-grundwassers/chemischer-zustand-des-grundwassers>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019f): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft#textpart-1>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019g): LW-R-6 Landwirtschaftliche Beregnung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/lw-r-6-das-indikator#textpart-2>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019h) Naturschutz und Gewässerentwicklung – ein schönes Paar. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/naturschutz-gewaesserentwicklung-ein-schoenes-paar#naturschutz-und-wasserwirtschaft-erganzen-sich>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019i): Indikator: Nitrat im Grundwasser. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-nitrat-im-grundwasser#die-wichtigsten-fakten>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019j): Monitoringbericht 2019 – zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf.

UBA – Umweltbundesamt (2019k): WW-I-1: Grundwasserstand. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/ww-i-1-das-indikator#ww-i-1-grundwasserstand>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019l): Rural Urban Nexus – Globale Landnutzung und Urbanisierung: Integrierte Ansätze für eine nachhaltige Stadt-Land-Entwicklung. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rural-urban-nexus-globale-landnutzung-urbanisierung>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019m): Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pestiziden Teil 2 Konzeption eines repräsentativen Monitorings zur Belastung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft Abschlussbericht. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-04_texte_08-2019_monitoring-kleingewaesser-agrar.pdf

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2019n): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserbewirtschaften/naturnahe-regenwasserbewirtschaftung>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020a): Zustand von Flüssen. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/zustand#hydromorphologie>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020b): Bodenversiegelung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020c): Öffentliche Wasserversorgung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#grundwasser-ist-wichtigste-trinkwasserressource>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020d): Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/zustand-des-grundwassers/mengenmaessiger-zustand-des-grundwassers>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020e): Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020f): Wasserressourcen und ihre Nutzung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#textpart-1>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020g): Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien – UBA Texte 198/2020 - Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_11_24_texte_198_2020_kunststoffe_in_der_umwelt.pdf

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020h): Belastung der Umwelt mit Bioziden realistischer erfassen – Schwerpunkt Einträge über Kläranlagen. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/belastung-der-umwelt-bioziden-realistischer>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2020i): Beisecker, R.; Dießelberg, F.; Hannappel, S.; Seith, T.; Senoner, F.; Strom, A.; Zettl, E. (2020): Veränderungen der Wasseraufnahme und -speicherung landwirtschaftlicher Böden und Auswirkungen auf das Überflutungsrisiko durch zunehmende Stark- und Dauerregenereignisse. UBA Texte | 63/2020. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/veraenderungen-der-wasseraufnahme-speicherung>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021a): Finanzierung und Förderung von Gewässerrenaturierungen. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/finanzierung-foerderung-von#finanzierung>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021b): Naturbasierte Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel in urbanen Gebieten. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekte-studien/naturbasierte-loesungen-zur-anpassung-an-den>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021c): Flüssen und Bächen mehr Raum geben. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/fluessen-baechen-mehr-raum-geben>.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021d): Wasserkraft und Erneuerbare Energien Gesetz - Wasserkraftpotenziale, Umweltfolgen der Wasserkraftnutzung und Schlussfolgerungen für die Vergütung

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021e): Konzeptionelle Weiterentwicklung des Wasserfußabdrucks, Zwischenbericht – unveröffentlicht.

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021f): Klimaschutz- und Energieeffizienzpotenziale in der Abwasserwirtschaft - aktueller Stand und Perspektiven. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-energieeffizienzpotenziale-in-der>

UBA, 2021i: Siedlungs- und Verkehrsfläche
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#-das-tempo-des-flachen-neuverbrauchs-geht-zurueck>

UBA – Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021j): Klimaschutz- und Energieeffizienzpotenziale in der Abwasserwirtschaft -aktueller Stand und Perspektiven. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-12_texte_50-2021_klimaschutz_abwasserwirtschaft_0.pdf

UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung [Hrsg.] (2012): Wasserforschung in Deutschland– Schwerpunkte Akteure Kompetenzen. Leipzig.

UFORDAT (2021): Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP). Online verfügbar unter: [https://doku.uba.de/aDISWeb/app?service=direct/0/Home/\\$DirectLink&sp=S192.168.68.132%3A4111&sp=SVH01073482](https://doku.uba.de/aDISWeb/app?service=direct/0/Home/$DirectLink&sp=S192.168.68.132%3A4111&sp=SVH01073482)

Umweltministerkonferenz (2020): Bericht der UMK Ad hoc-AG „Umwelt und Digitalisierung“. Online verfügbar unter: https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/bericht-zu-top-04_1607084539.pdf

Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V., schriftl. Kommunikation Juni 2020.

Verband Kommunaler Unternehmen (VKU) (2014): Wasserentgeltgestaltung Aktuelle Fragen und Antworten, verfügbar unter https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Landingpages/Wasserpreise/VKU-Broschuere_Wasserentgeltgestaltung.pdf

Verband Kommunaler Unternehmen (VKU) [Hrsg.] (2017): WASSERPREISE UND -GEBÜHREN-Faktencheck. Online verfügbar unter: https://tagdeswassers.vku.de/fileadmin/user_upload/Kampagnenseiten/Tag_des_Wassers/171012_VKU-Broschuere_Faktencheck_Wasserpreise_und_-gebuehren.pdf

Vereinte Nationen (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Generalversammlung. Online verfügbar unter:
<http://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>.

Vereinte Nationen (2018): SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. Online verfügbar unter: https://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/

Vereinte Nationen (2019): UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS)

Vereinte Nationen (2020): The Sustainable Development Goals Report 2020

VN Water (2019): UN World Water Development Report 2019- Leaving No One Behind. Online verfügbar unter: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>

VN Water (2020): Summary Progress Update 2021 – SDG 6 – water and sanitation for all. Version: 1

VN Water (2021): UN World Water Development Report 2021: Valuing Water. Online verfügbar über: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/>

Vollmer C., Nitsches S., Naumann S., Koch Y. (2012): Die Rolle der Wasserkraft bei der Energiewende. In: Johannes Pinnekamp (Hrsg.) (2012): 45. Essener Tagung für Wasser und Abfallwirtschaft „Wasserwirtschaft und Energiewende2, vom 14.3.2012 – 16.3.2012, Serie Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Aachen, ISSN: 0342-6068

Wallmann, J.; Bode, C.; Köper, L.; Heberer, T.: Abgabemengenerfassung von Antibiotika in Deutschland 2019 (2020). Deutsches Tierärzteblatt. Online verfügbar über:
https://www.deutsches-tieraerzteblatt.de/fileadmin/resources/Bilder/DTBL_09_2020/PDFs/DTBL_09_2020_Forum_Abgabemengenerfassung.pdf

Warziniack, T. (2013): The Effects of Water Scarcity and Natural Resources on Refugee Migration. In: Society & Natural Resources. 26(9), S. 1037-1049.

Wasser macht Schule (2020): <https://www.wasser-macht-schule.de/>

World Bank: SDG Atlas (2020). Online verfügbar unter:
<https://datatopics.worldbank.org/sdgatlas/goal-14-life-below-water/>

World Economic Forum (2019): Water is a growing source of global conflict. Here's what we need to do. Online verfügbar unter: <https://www.weforum.org/agenda/2019/03/water-is-a-growing-source-of-global-conflict-heres-what-we-need-to-do/>

WWF Deutschland [Hrsg.] (2019): RISIKO DÜRRE – Der weltweite Durst nach Wasser in Zeiten der Klimakrise. Berlin. Online verfügbar unter: https://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Duerrebericht_DE_WEB.pdf.

Wulff, D. [Hrsg.] (2003): Handwörterbuch Philosophie. 1. Auflage. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen.

Zdrallek, M. (2018): Netztechnischer Beitrag von kleinen Wasserkraftwerken zu einer sicheren und kostengünstigen Stromversorgung in Deutschland. Bergische Universität Wuppertal. Wuppertal.