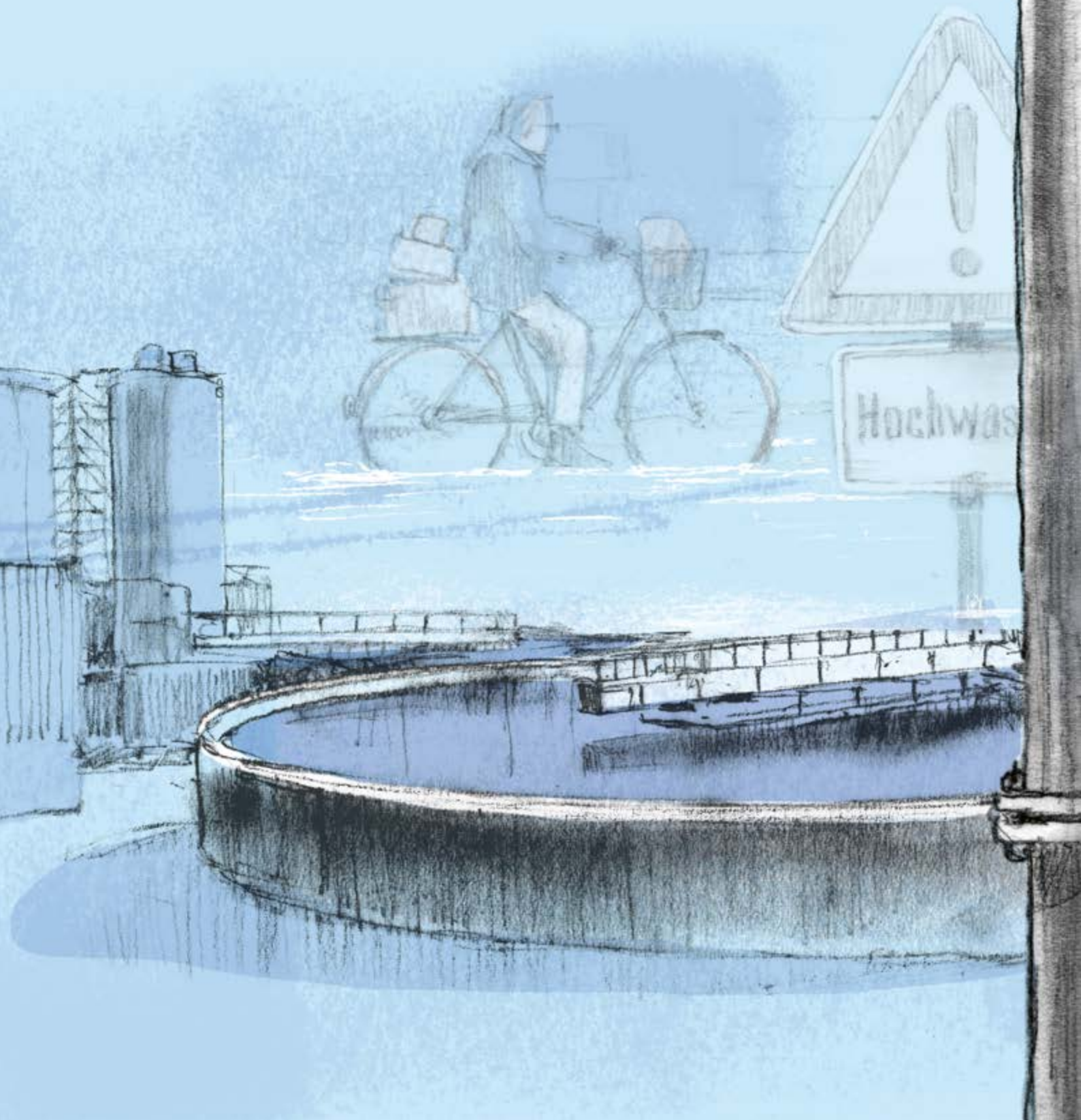


B 3 Innovationen in der Wasserwirtschaft



[Download der
Abbildung](#)





B 3 Innovationen in der Wasserwirtschaft

Wasser dient Menschen, Tieren und Pflanzen als Lebensgrundlage. Es gilt als nicht substituierbar, hat aber eine Vielzahl unterschiedlicher, rivalisierender Nutzungsmöglichkeiten und -ansprüche.³¹⁹ Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bewertet die Versorgung mit Wasser in Deutschland als Daseinsvorsorge und damit als grundlegende Staatsaufgabe, woraus sich ein individuelles Recht auf (Trink-)Wasser in ausreichender Menge und Güte ableiten lässt.³²⁰ Somit ist bei allen Überlegungen, auch bei innovationsökonomischen Erwägungen, stets darauf zu achten, dass Trinkwasser der Bevölkerung für grundlegende Bedürfnisse zu jedem Zeitpunkt und zu vertretbaren Konditionen zur Verfügung steht. Darüber hinaus wird Wasser im Bergbau, im Verarbeitenden Gewerbe und in der Energieversorgung – z. B. als Kühl-, Reinigungs- und Lösungsmittel – sowie in der Landwirtschaft – z. B. zur Bewässerung von Feldern – eingesetzt. Laut WHG bedarf die Nutzung von Gewässern wie die Entnahme oder Wiedereinleitung oder das Einbringen von Stoffen einer Zulassung durch die zuständigen Wasserbehörden.³²¹

Die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, im Folgenden die Wasserwirtschaft genannt, sind öffentlich regulierte Bereiche.³²² Ver- und Entsorgungsgebiete werden einzelnen Gebietskörperschaften und Unternehmen zugewiesen, sodass ein Wettbewerb innerhalb und zwischen Ver- und Entsorgungsgebieten nicht stattfindet. Außerdem kommt es aus mehreren Gründen zu Marktversagen. So werden etwa die Kosten der Wasserverschmutzung nicht allein von jenen getragen, die dafür verantwortlich sind. Aufgrund dieser externen Kosten bestehen unzureichende Anreize, Verschmutzungen zu reduzieren oder zu vermeiden.³²³

Obwohl Deutschland ein wasserreiches Land ist, kann es regional und saisonal zu Wasserknappheiten kommen, die Nutzungskonflikte unter und zwischen privaten, gewerblichen und landwirtschaftlichen Verbrauchern zur Folge haben. Außerdem müssen die Wasserinfrastrukturen an mittlerweile häufiger auftretende Extremwetterereignisse wie Trockenperioden oder Starkregen angepasst werden. Schließlich zeigen sich auch Herausforderungen in Bezug auf die Gewässerqualität infolge des Einsickerns von Düngemitteln und Pestiziden aus der Landwirtschaft in das Grundwasser und durch Medikamentenrückstände sowie Mikroplastik, die bislang nur unzureichend aus den Abwässern geklärt werden.

Wasserwirtschaftliche Innovationen können helfen, diesen Herausforderungen zu begegnen. Im internationalen Vergleich zeigt sich Deutschland hier in einer starken Position. Die Adoption dieser Innovationen stößt jedoch in der heimischen Wasserwirtschaft auf zahlreiche Hemmnisse, die u. a. auf ihrer starken Fragmentierung, einer hohen Risikoaversion und einer starken Fokussierung auf die Einhaltung vorgegebener technischer Standards beruhen.

Die Expertenkommission empfiehlt, Anreize zur Erprobung und Adoption von Innovationen in der Wasserwirtschaft zu stärken. Dazu sollten den Wasserversorgern und Wasserentsorgern in Reallaboren³²⁴ erweiterte Möglichkeiten eingeräumt werden, neue Technologien unter angepassten regulatorischen Rahmenbedingungen zu testen. Für ein effektives und effizientes Wassermanagement müsste die Datenverfügbarkeit in Bezug auf Wassernutzung allerdings verbessert und eine Bepreisung eingeführt werden, die die Knappheit von Wasser widerspiegelt. Auf diese Weise können knappheitsinduzierte Anreize zur Adoption und Generierung

innovativer technologischer Lösungen entstehen. Zudem sollten auch Maßnahmen eingeführt werden, die den Einsatz innovativer Technologien und Lösungen zur Behebung von Verschmutzungsproblemen attraktiver machen. Dazu zählen eine Bemessung der Abwasserabgabe anhand der tatsächlichen Schadstoffemissionen, die Einführung der erweiterten Herstellerverantwortung sowie eine Abgabe auf Pflanzenschutz- und Düngemittel.

B3-1 Wasserquantität und Gewässerqualität in Deutschland

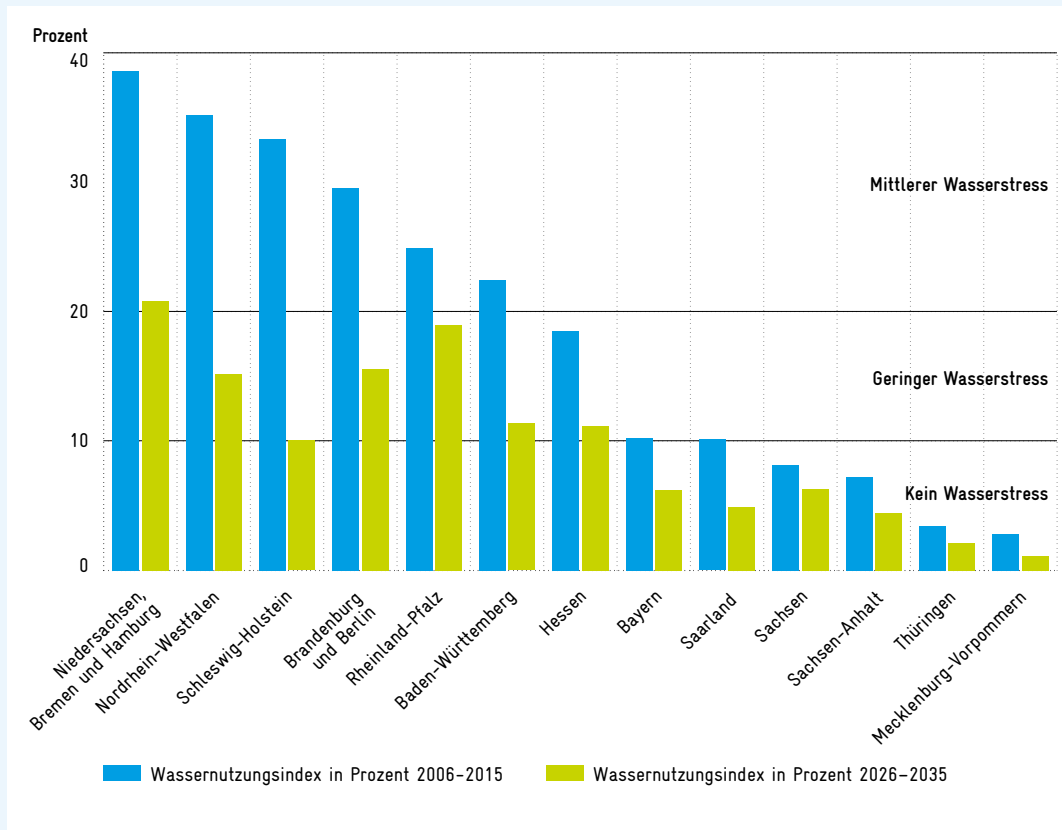
Deutschland ist grundsätzlich ein wasserreiches Land. Starkregenereignisse und Dürreperioden, die infolge des Klimawandels vermehrt auftreten, können jedoch zu saisonalen und regionalen Herausforderungen in Bezug auf die Wasserverfügbarkeit führen. Kritisch ist auch die derzeitige Qualität sämtlicher Oberflächengewässer in Deutschland. Sie entspricht nicht den EU-Qualitätsvorgaben

und führt zu steigenden Kosten der Wasseraufbereitung.

Wasserverfügbarkeit: saisonale und regionale Schwankungen im Wasserangebot

In Deutschland zeigen sich hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit erhebliche regionale Unterschiede. Als Maß für die Wasserverfügbarkeit lässt sich der Wassernutzungsindex heranziehen, der die tatsächlichen Wasserentnahmen eines Jahres zum langfristig verfügbaren Wasserangebot³²⁵ ins Verhältnis setzt.³²⁶ Bei einem Wassernutzungsindex zwischen 10 und 20 Prozent spricht man von geringem Wasserstress, bei mehr als 20, aber weniger als 40 Prozent von mittlerem Wasserstress.³²⁷ Eine nach Bundesländern differenzierte Darstellung für die Zeiträume 2006 bis 2015 sowie Prognosen für die Jahre 2026 bis 2035 zeigt Abbildung B3-1. Daten liegen allerdings nur bis 2015 vor. Daher beruhen die Prognosewerte für 2026 bis 2035 auf den Daten bis 2015.

Abb. B3-1 Median des Wassernutzungsindex in den Zeiträumen 2006–2015 und 2026–2035 nach Bundesländern in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Bei der Bemessung des Wassernutzungsindex wurden aufgrund der geringen Fläche die Stadtstaaten Bremen und Hamburg in Niedersachsen und Berlin in Brandenburg integriert. Bei der Berechnung des Medians werden die fünf Jahreswerte eines Bundeslands ihrer Größe nach geordnet. Der Median entspricht dann dem genau in der Mitte liegenden Wert dieser Reihe. Im Vergleich zum klassischen Durchschnitt haben Jahre mit außergewöhnlich hohem und niedrigem Wert keinen Einfluss auf den Median. Lesebeispiel: Im Zeitraum von 2006 bis 2015 war das Bundesland Baden-Württemberg von mittlerem Wasserstress betroffen. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Luetkemeier und Awad (2025). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.

Die Bundesländer Baden-Württemberg, Brandenburg und Berlin, Niedersachsen, Bremen und Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein waren von 2006 bis 2015 von mittlerem, Bayern, Hessen und das Saarland hingegen von geringem Wasserstress betroffen. Gemäß der Prognose befinden sich für den Zeitraum 2026 bis 2035 nur noch Niedersachsen, Bremen und Hamburg oberhalb der Grenze zum mittleren Wasserstress. Baden-Württemberg, Brandenburg und Berlin, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein werden im Bereich des geringen Wasserstress liegen. Bei allen Bundesländern nimmt der Wasserstress jedoch durchgängig ab. Ab 2036 werden alle Bundesländer allenfalls von geringem Wasserstress betroffen sein.³²⁸ Das Wasserdargebot wird sich dabei zwar nur unwesentlich verändern, allerdings deutet vieles darauf hin, dass die Wasserentnahmen signifikant zurückgehen werden. Denn erwartet wird nicht nur ein deutlicher Bevölkerungsrückgang, sondern auch eine effizientere Wassernutzung durch den Einsatz neuer Technologien.³²⁹

Diese Prognosen sind allerdings kein Signal der Entwarnung, denn sie bilden regionale und saisonale Schwankungen nicht ab. So kann es innerhalb eines Bundeslandes sowohl Kommunen mit Wasserstress als auch welche ohne Wasserstress geben.

Aufgrund des Klimawandels ist in Deutschland künftig mit einer erheblichen Zunahme an Extremwetterereignissen wie Dürre, Starkregen und Hochwasser zu rechnen. Klimaprognosen gehen von höheren Temperaturen im Sommer und steigenden Niederschlägen im Winter aus. Diese unterjährige Volatilität des Wasserdargebots droht das Wassermanagement vor große Herausforderungen zu stellen.³³⁰ In Zeiten längerer Trockenperioden können Nutzungskonkurrenzen auftreten. Starkregen- oder Hochwasserereignisse sorgen hingegen für einen zeitweiligen Wasserüberschuss. Um diese erhöhten Volatilitäten zeitlich wie überregional auszugleichen und für Versorgungssicherheit zu sorgen, bedarf es innovativer technologischer und institutioneller Lösungen.

Gewässerqualität: Deutschland mit großen Problemen

Bei der Bewertung der Gewässerqualität wird zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasserkörper unterschieden. Bei den Oberflächen-

gewässern wird hinsichtlich des ökologischen und des chemischen Zustands differenziert, während bei den Grundwasserkörpern der mengenmäßige und der chemische Zustand gemessen werden (vgl. Box B3-2).

- Lediglich 9,2 Prozent der Oberflächengewässer sind in einem guten oder sehr guten, 18,4 Prozent hingegen in einem schlechten ökologischen Zustand. Der überwiegende Anteil von 72,4 Prozent der Oberflächengewässer befindet sich in einem mäßigen oder unbefriedigenden Zustand.³³¹ Noch ungünstiger ist es um den chemischen Zustand der Oberflächengewässer bestellt, der zu 100 Prozent als schlecht eingestuft wird. Dies liegt vor allem an der Belastung mit Quecksilber und Flammenschutzmitteln.³³²
- Bei 95,2 Prozent der Grundwasserkörper ist der mengenmäßige Zustand gut. Allerdings befinden sich die Grundwasserkörper in einzelnen Regionen in einem mengenmäßig schlechten Zustand, so etwa in Teilen des Rheinlands oder der Lausitz. Das liegt zum einen an fehlenden Niederschlägen in den vergangenen Jahren und zum anderen an einer Absenkung des Grundwasserspiegels für und durch den Bergbau.³³³ Der chemische Zustand ist bei 67,3 Prozent der Grundwasserkörper gut und bei einem knappen Drittel (32,7 Prozent) schlecht. Verantwortlich dafür sind vor allem die Belastungen mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln.³³⁴

Insgesamt wird in Deutschland flächendeckend weder bei Oberflächengewässern noch bei Grundwasserkörpern ein guter oder gar sehr guter Zustand erreicht. Um hier Verbesserungen zu erreichen und eine Versorgung von Wasser in hinreichender Qualität und Menge zu gewährleisten, muss zum einen ein zunehmender Aufwand bei der Gewinnung und Bereitstellung von Wasser betrieben werden, zum anderen sind Maßnahmen zur Reinhaltung von Wasser³³⁵ nach der (europäischen) Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erforderlich. Zukünftig drohen sich die Probleme angesichts verunreinigter Gewässerkörper durch die hohe Volatilität der temporären und regionalen Wasserverfügbarkeit deutlich zu verschärfen. Innovationen technologischer und institutioneller Art bieten sich hier als Ansatzpunkte für Verbesserungen an.

Box B 3-2 Bewertung von Gewässerqualität in der EU

In der EU wird die Gewässerqualität einheitlich nach der Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000 bewertet, die eine Einteilung in Oberflächengewässer (Flüsse, Seen, Küstengewässer und Übergangsgewässer) und Grundwasserkörper vorsieht. Bei den Oberflächengewässern wird hinsichtlich des ökologischen und des chemischen Zustands differenziert, während bei den Grundwasserkörpern der mengenmäßige und der chemische Zustand gemessen werden.

- **Ökologischer Zustand:** Der ökologische Zustand ergibt sich aus dem Vergleich der im Wasser lebenden Organismen mit dem Bestand, der natürlicherweise dort vorhanden sein sollte.³³⁶
- **Chemischer Zustand:** Der chemische Zustand von Gewässern wird anhand von 50 ausgewählten Chemikalien – darunter Schwermetallen und Stoffen aus Pflanzenschutzmitteln – bewertet. Ein guter chemischer Zustand ist erreicht, wenn keiner dieser Stoffe seinen in der EU-Wasserrahmenrichtlinie definierten Grenzwert überschreitet.³³⁷
- **Mengenmäßiger Zustand:** Um einen guten mengenmäßigen Zustand des Grundwassers

zu gewährleisten, müssen die zulässigen Entnahmen deutlich unter der Neubildungsrate liegen. Der Grundwasserspiegel darf keinen von Menschen verursachten Veränderungen unterliegen, die dazu führen, dass

- a. die ökologischen Ziele in Oberflächengewässern, die mit dem Grundwasser in Verbindung stehen, verfehlt werden,
- b. die Qualität dieser Gewässer signifikant schlechter wird,
- c. Landökosysteme, die unmittelbar vom Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden, oder
- d. es zu einem Zustrom von Salzwasser oder sonstigen Zuströmen (Intrusionen) in das Grundwasser kommt.³³⁸

Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist es, bei den Gewässern in der EU bis 2027 einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu erreichen. Der Zustand wird alle sechs Jahre überprüft und bei Verfehlung der Ziele in den Berichtsjahren müssen Maßnahmen durch die Mitgliedstaaten ergriffen werden.³³⁹ Die Kosten der Maßnahmen im Zeitraum 2010 bis 2027 werden in Deutschland auf insgesamt 61,5 Milliarden Euro geschätzt, 21 Milliarden Euro davon für den Zeitraum 2022 bis 2027. Der Großteil der Investitionen wird für Abwassermaßnahmen verwendet.³⁴⁰

B 3-2 Forschung und Innovation in der deutschen Wasserwirtschaft

Die zunehmenden Schwankungen im Wasserdargebot und die erheblichen Beeinträchtigungen der Gewässerqualität in Deutschland stellen die Wasserwirtschaft vor die Herausforderung, entweder selbst innovative Lösungen hervorzubringen oder sie von anderen zu adoptieren.

Viele neue Erkenntnisse, Techniken und Verfahren, die in der Wasserwirtschaft Anwendung finden, werden nicht in der Wasserwirtschaft selbst entwickelt. Die Forschung zum Thema Wasser wird an nahezu allen Universitäten und Fachhochschulen, aber auch an außeruniversitären Forschungseinrichtungen oder an Behörden wie dem Umweltbundesamt (UBA) betrieben.³⁴¹ Wasserwirtschaft-

liche Innovationen werden im Wesentlichen von Unternehmen aus anderen Branchen wie etwa dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Informationswirtschaft oder auch der Chemieindustrie hervorgebracht.

So zeigt eine durch die Expertenkommission durchgeführte Auswertung der Patentaktivitäten von Wasserversorgern und Abwasserentsorgern in Deutschland, dass diese im Zeitraum von 2017 bis 2021 lediglich 20 bzw. 33 Patente angemeldet haben.³⁴² Gegenüber der gesamten Anzahl von 1.827 Patenten, die in diesem Zeitraum von Organisationen aus Deutschland für den Bereich Wasser angemeldet wurden, machen die Patentaktivitäten der Wasserwirtschaft selbst somit nur einen sehr geringen Anteil aus.³⁴³

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen (FuE-Aufwendungen) sowie dem FuE-Personal in der Wasserwirtschaft. Eine von der Expertenkommission beauftragte Analyse des Stifterverbandes von FuE-aktiven Unternehmen in Deutschland zeigt, dass im Zeitraum von 2017 bis 2021 Unternehmen der Wasserwirtschaft mit durchschnittlich etwa 386.000 Euro jährlich deutlich weniger in FuE investiert haben als Unternehmen aller Sektoren mit durchschnittlich rund 5,6 Millionen Euro pro Jahr. Im selben Zeitraum lag das FuE-Personal, gemessen in Vollzeitäquivalenten, bei Unternehmen der Wasserwirtschaft mit 3,4 deutlich unter dem Durchschnitt der Unternehmen aller Sektoren mit 27,0.³⁴⁴ Diese Befunde deuten an, dass in der Wasserwirtschaft der Adoption von außerhalb der Wasserwirtschaft erzeugten Innovationen eine hohe Bedeutung zukommt. Dabei sind kreative Anpassungsmaßnahmen und experimentelles Vorgehen notwendig, um neue Lösungen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zu erproben und in bestehende Strukturen zu integrieren.

Hierbei spielen Branchenverbände eine wichtige Rolle. Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) und die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) betreiben selbst anwendungsnahe (Verbund-) Forschung, beraten ihre Mitglieder zu aktuellen Innovationen und bündeln die Forschungsinteressen ihrer Mitglieder. Mit ihrem Water Innovation Circle haben sie eine Plattform gegründet, auf der Anwender, Hersteller, Forschungseinrichtungen und politische Entscheidungsträger zusammenfinden können. Diese Plattform soll zum einen den Praxistransfer von Forschungsergebnissen unterstützen und zum anderen Forschungsbedarfe aus der Praxis für die Forschungseinrichtungen und Fördermittelgeber formulieren.³⁴⁵

Es gibt in Deutschland nur wenige große Ver- und Entsorger, die über hinreichende Ressourcen verfügen, um proaktiv neue Techniken und Verfahren zu erproben. Die meisten kleineren Ver- und Entsorger beschränken sich auf die Umsetzung vorgegebener technischer Standards zu möglichst geringen Kosten. Daher stoßen besonders Innovationen, die eine Kostenreduktion versprechen, auf ihr Interesse. Somit kommt den technischen Standards bei der Adoption von Innovationen in der Wasserwirtschaft eine zentrale Rolle zu.

Damit eine neue Technologie Eingang in die Standards findet, bedarf es ihrer Erprobung durch mehrere – insbesondere auch kleinere – Ver- und Entsorger, die prüfen, inwieweit sich die neue Technik bewährt, und die eine Einschätzung der zu erwartenden Betriebskosten abgeben. Eine starke Orientierung an regulatorischen Vorgaben kann sich sowohl als Ansporn als auch als Hindernis für die Adoption von Innovationen erweisen,³⁴⁶ je nachdem, wie schnell die vorgeschriebenen Standards weiterentwickelt werden und der technologischen Entwicklung folgen.

B 3-3 Forschung und Innovation in Technologien für die Wasserwirtschaft

Ausgehend von den beschriebenen Herausforderungen stellt sich die Frage, welche Position Deutschland bei der Forschung, Entwicklung und Innovation in verschiedenen Bereichen der Wassertechnologien im internationalen Vergleich einnimmt. Dies lässt sich anhand der Indikatoren wissenschaftliche Publikationen, transnationale Patentanmeldungen und Außenhandelsspezialisierungen beantworten.³⁴⁷

Publikationen: China führend

Die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen gibt Auskunft über die Zahl neuer wissenschaftlicher Ideen. Die wachsende Bedeutung des Themenfeldes Wasser hierzulande lässt sich daran ablesen, dass die wissenschaftlichen Publikationen von Autorinnen und Autoren mit einer deutschen Organisationszugehörigkeit in diesem Feld im Vergleich zu allen Publikationen aus Deutschland überdurchschnittlich zunehmen.³⁴⁸ Um Deutschlands Position bei der Forschung zu Wassertechnologien im internationalen Vergleich zu bestimmen, werden im Folgenden für ausgewählte Länder die wissenschaftlichen Publikationen im Zeitraum 2017 bis 2021 als aktuellem Rand mit denen des Zeitraums 2007 bis 2011 verglichen. Die Berechnung des sogenannten Veränderungsfaktors (VF) zeigt, wie stark sich die Publikationszahlen eines Landes zwischen den beiden betrachteten Zeiträumen verändert haben. Der Vergleich der Veränderungsfaktoren unterschiedlicher Länder lässt Aussagen über die Veränderung von Wissensvorsprüngen zwischen diesen Ländern zu.³⁴⁹

Abb. B3-3 Anzahl der Publikationen zu Wassertechnologien im Jahresdurchschnitt für ausgewählte Länder und Regionen 2007–2011 und 2017–2021



[Download der Abbildung und Daten](#)



Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Publikationsanzahl der Jahre 2007 bis 2011, der dunklere Farbton die der Jahre 2017 bis 2021. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb eines jeden Wassertechnologiebereichs folgt den Mittelwerten der Jahre 2017 bis 2021. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich Publikationszahlen der letzten fünf Jahre zu den Publikationszahlen der ersten fünf Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Publikationszahlen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Publikationszahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben.
 Lesebeispiel: Deutschland weist bei den Wassertechnologien insgesamt vom Zeitraum 2007 bis 2011 zum Zeitraum 2017 bis 2021 einen VF von 2,1 auf.
 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Niederste-Hollenberg et al. (2025).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.

Abbildung B 3-3 verdeutlicht für beide betrachteten Zeiträume, dass China, die EU-27 und die USA die meisten wassertechnologisch relevanten Publikationen veröffentlicht haben. Der Vergleich der beiden Zeiträume zeigt, dass China seine Publikationsaktivitäten mit einem Veränderungsfaktor von 4,4 auf mehr als das Vierfache deutlich gesteigert hat. Die EU-27 erhöhten ihr Publikationsaufkommen mit einem Veränderungsfaktor von 2,2 nur auf etwas mehr als das Doppelte. Deutschland steigerte mit einem Veränderungsfaktor von 2,1 sein Publikationsaufkommen in ähnlichem Maße wie die EU-27.

Bei den Publikationsaktivitäten werden die Technologiebereiche nachhaltige Wasserinfrastruktur, Abwasserentsorgung, Wasserversorgung, Bewässerung und Hochwasserschutz, Gewässergüte, Digitalisierung sowie innovative Einzelverfahren unterschieden. Auch bei dieser Detailbetrachtung fällt die starke Position Chinas auf. China war im letzten betrachteten Zeitraum in fünf der sieben Technologiebereiche führend und wies für sechs der sieben Technologiebereiche die höchsten Veränderungsfaktoren auf.

Deutschland lag beim Publikationsaufkommen in beiden Zeiträumen und in fast allen Technologiebereichen hinter China und den USA – mit Ausnahme des Bereiches Gewässergüte. Hier konnte Deutschland seine Position vor den USA behaupten, wurde aber von China überholt. Ein Blick auf die Veränderung zwischen den beiden Zeiträumen zeigt, dass Deutschland in den Technologiebereichen Bewässerung und Hochwasserschutz sowie Gewässergüte eher aufholen konnte, während es in den übrigen Bereichen aufgrund – zum Teil deutlich – geringerer Veränderungsfaktor-Werte zurückgefallen ist.

Patente: EU-27 führend

Transnationale Patentanmeldungen können als Indikator für die Anzahl neuer Ideen mit ökonomischer Relevanz herangezogen werden. Im Folgenden werden erneut die Zeiträume 2007 bis 2011 und 2017 bis 2021 miteinander verglichen; anhand des Veränderungsfaktors wird beurteilt, wie sich die technologische Lücke zwischen verschiedenen Ländern und Regionen entwickelt hat.³⁵⁰

Beim Vergleich der beiden Betrachtungszeiträume zeigt sich weltweit ein Anstieg der transnationalen Patentanmeldungen. Am aktuellen Rand, d. h. im Zeitraum 2017 bis 2021, kam die Mehrheit der

Patentanmeldungen aus den EU-27, den USA und China (vgl. Abbildung B 3-4). Deutschland lag seiner Größe entsprechend hinter den USA, China und Japan. Der Veränderungsfaktor für Deutschland entsprach mit 1,1 in etwa jenen der USA und Japans. Mit einem Veränderungsfaktor von 4,7 konnte China die technologische Lücke gegenüber den USA und den EU-27 deutlich verringern.

Die Detailbetrachtung der sieben Wassertechnologiebereiche zeigt die Breite der Dynamik Chinas, das in allen Technologiebereichen die höchsten Veränderungsfaktoren aufwies. Deutschland konnte in nur drei von sieben Technologiebereichen seine Patentanmeldungen steigern, und zwar in den Bereichen Wasserversorgung, Bewässerung und Hochwasserschutz sowie innovative Einzelverfahren.

Außenhandel: Deutschland stark spezialisiert

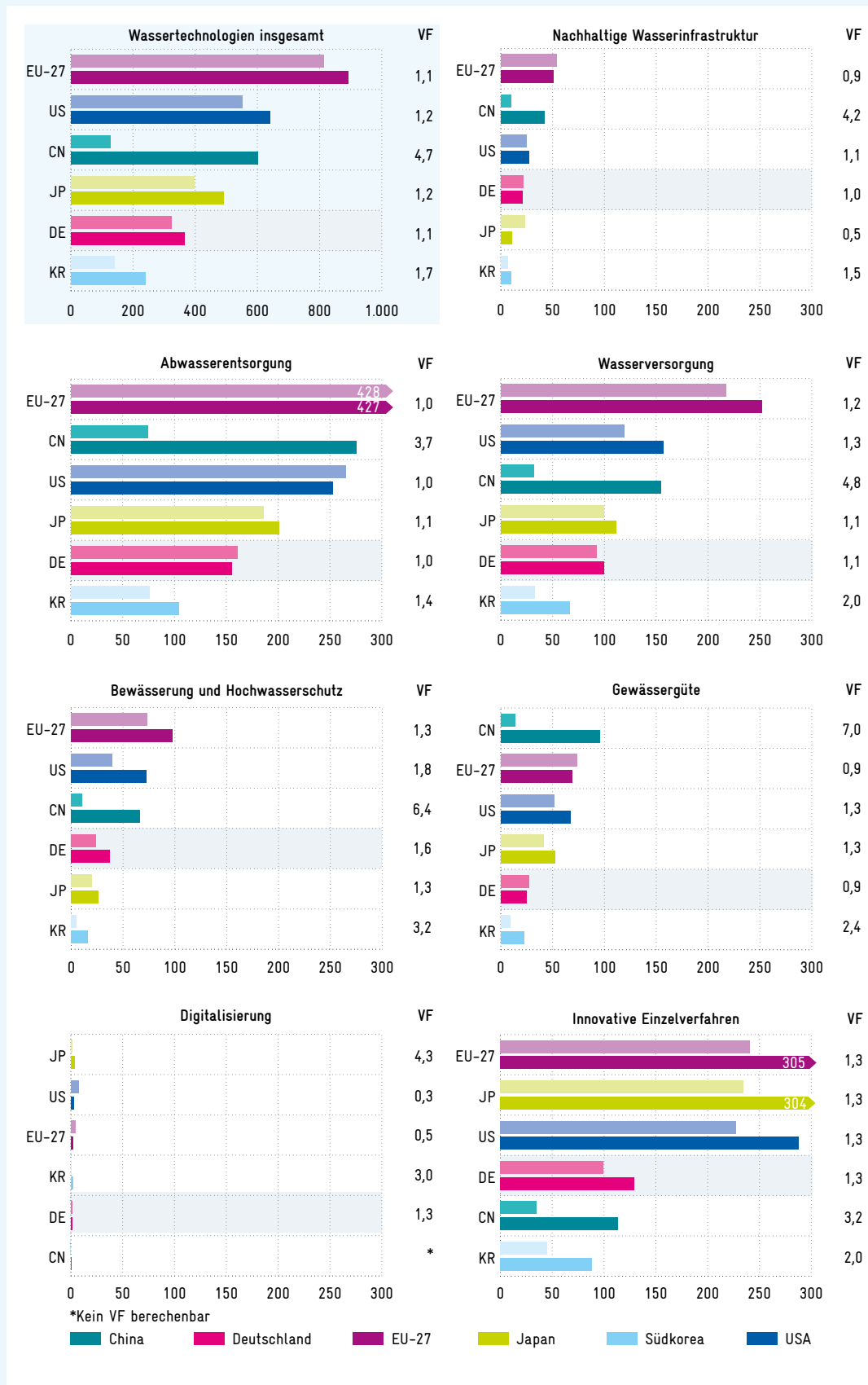
Die Handelsbilanz eines Landes kann zur Beurteilung seiner Spezialisierung im internationalen Handel herangezogen werden. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen eines Landes ziehen. Deutschland exportierte im Jahr 2021 Güter, die in der Wasserwirtschaft einsetzbar sind, im Wert von 48,2 Milliarden US-Dollar. Das entsprach 2,9 Prozent aller deutschen Warenexporte. Weltweit entfielen im Jahr 2021 hingegen nur 1,7 Prozent aller Exporte auf wasserwirtschaftliche Technologiegüter. Im Folgenden wird der sogenannte offenbarte komparative Vorteil (Revealed Comparative Advantage, RCA)³⁵¹ herangezogen, um Deutschlands Grad der Außenhandelspezialisierung bei wasserwirtschaftlichen Technologiegütern darzustellen.³⁵²

Deutschland wies 2021 eine hohe Spezialisierung bei Wassertechnologien insgesamt auf (vgl. Abbildung B 3-5) und lag diesbezüglich deutlich vor China, den USA und Japan. Darüber hinaus zeigt sich, dass Deutschland und die USA in allen einzelnen Technologiebereichen einen positiven RCA aufwiesen. Die dahinterstehenden Unternehmen waren in diesen Bereichen also wettbewerbsfähig. Im Gegensatz dazu wies China – neben komparativen Vorteilen in einzelnen Technologien, beispielsweise der Wassernutzungseffizienz – komparative Nachteile in anderen Bereichen wie insbesondere bei der Wasseranalytik auf. Chinesische Unternehmen zeigten in diesen Bereichen noch keine hohe Wettbewerbsfähigkeit.

Abb. B3-4 Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen zu Wassertechnologien im Jahresdurchschnitt für ausgewählte Länder und Regionen 2007–2011 und 2017–2021



[Download der Abbildung und Daten](#)



Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Anzahl der Patente der Jahre 2007 bis 2011, der dunklere Farbton die der Jahre 2017 bis 2021. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb eines jeden Wassertechnologiebereichs folgt den Mittelwerten der Jahre 2017 bis 2021. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich die Patentanmeldungen der letzten fünf Jahre zu den Patentanmeldungen der ersten fünf Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Patentanmeldungen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Patentanmeldungen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben. Aufgrund von Rundungen bei der Berechnung des VFs, kann es vorkommen, dass die Balken zwar geringfügige Veränderungen anzeigen, diese beim VF jedoch nicht vollständig abgebildet werden können. * wird verwendet, wenn der Wert im Zeitraum 2007 bis 2011 bei Null lag und somit kein VF berechenbar ist. Lesebeispiel: Deutschland weist bei den Wassertechnologien insgesamt vom Zeitraum 2007 bis 2011 zum Zeitraum 2017 bis 2021 einen VF von 1,1 auf. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Niederste-Hollenberg et al. (2025). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B3-5 Jahresdurchschnitt des komparativen Vorteils in Wassertechnologien insgesamt und in einzelnen Technologiebereichen für ausgewählte Länder und Regionen 2017–2021



Im Vergleich zu der Patent- und Publikationsanalyse werden die einzelnen Wassertechnologiebereiche anders aufgeteilt.
Lesebeispiel: Deutschland hat bei Wassertechnologien insgesamt einen komparativen Vorteil.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Niederste-Hollenberg et al. (2025).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.

B3-4 Strukturen und Neuerungsanreize in der deutschen Wasserwirtschaft

Das Forschungs- und Innovationssystem Deutschlands bietet gute Voraussetzungen für die Bewältigung klimabedingter und die Gewässerqualität betreffender Herausforderungen bei Wasserversor-

gung und Abwasserentsorgung. Es gilt nun, innovative Lösungen in die Anwendung zu bringen. Dabei weist die Wasserwirtschaft als öffentlich betriebener Bereich einige Besonderheiten auf, die sich auf die Adoptions- und Innovationsaktivitäten auswirken können.

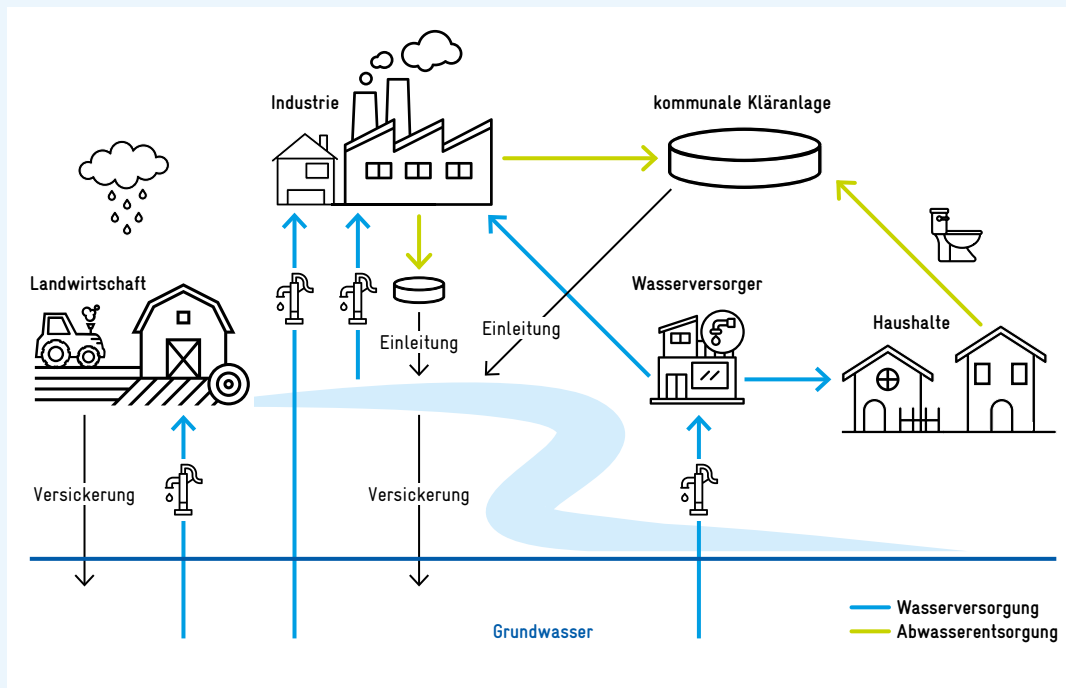
Die Unternehmen der Wasserwirtschaft greifen in den natürlichen Wasserkreislauf ein. Im Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG), sind diese Eingriffe für Deutschland im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung und zum Schutz von Gewässern geregelt. Die Schutzbedürftigkeit ergibt sich daraus, dass Gewässer und Wasser als Bestandteil des Naturhaushalts gelten, als Lebensgrundlage des Menschen und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen dienen sowie als nutzbares Gut (§ 1 WHG) verwendet werden. Dies gilt für oberirdische Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser. Um diesen Erfordernissen nachkommen zu können, sieht das WHG grundsätzlich die Bewirtschaftung durch den Staat vor.³⁵³

Die öffentliche Wasserversorgung bereitet in Wasserwerken das aus Oberflächengewässern und über Brunnen aus dem Grundwasser entnommene Wasser für die Nutzung auf und stellt es privaten Haushalten, Kleingewerbetreibenden, gewerblichen sowie sonstigen Abnehmern als Trinkwasser zur Verfügung. Auch der Bergbau und das Verarbeitende Gewerbe nutzen Wasser der öffentlichen Wasserversorgung, gewinnen jedoch – ebenso wie

Energieversorger und die Landwirtschaft – auch selbst Wasser. Eine Übersicht über den anthropogenen Wasserkreislauf findet sich in Abbildung B 3-6.

Im Jahr 2019 entnahmen alle Nutzergruppen zusammen etwa 20 Milliarden m³ Wasser aus Grund- und Oberflächengewässern und damit rund 12 Prozent des gesamten Wasserdargebots von 176 Milliarden m³.³⁵⁴ Die Gesamtentnahmen sind seit Jahren rückläufig; 1991 lagen sie noch bei über 46 Milliarden m³ (vgl. Abbildung B 3-7). Die Energieversorgung verringerte ihren Wasserverbrauch am stärksten, und zwar um 20 Milliarden m³. Trotzdem entnahm sie mit 8,8 Milliarden m³ (44,2 Prozent) auch 2019 noch den größten Anteil. Wasser wurde in der Energieversorgung insbesondere zur Kühlung in Kohlekraftwerken genutzt. Kühlung bedeutet jedoch keinen „echten“ Wasserverbrauch, wenn das Kühlwasser dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zugeführt wird. Sie führt aber zu einer thermischen Wasserverschmutzung, die das Ökosystem stark beeinträchtigen kann.³⁵⁵ Diese Art der Nutzung dürfte im Zuge der Energiewende und der Stilllegung der Kohlekraftwerke allerdings weiter zurückgehen.

Abb. B 3-6 Darstellung des anthropogenen Wasserkreislaufes



[Download der Abbildung](#)

Lesebeispiel: Die Landwirtschaft entnimmt für die Bewässerung ihrer Felder direkt Wasser aus dem Grundwasser oder aus Oberflächengewässern. Das Wasser versickert anschließend ins Grundwasser, wodurch unter Umständen Schadstoffe ins Grundwasser gelangen. In der Industrie nutzen die verschiedenen Unternehmen bei der Wasserversorgung Grund- oder Oberflächengewässer, das direkt entnommen wird oder durch einen Wasserversorger bereitgestellt wird. Die Abwasserentsorgung erfolgt durch eine unternehmensinterne oder kommunale Kläranlage. Dabei werden nicht alle Schadstoffe beseitigt, wodurch diese in die Oberflächengewässer gelangen und anschließend ins Grundwasser versickern. Die Wasserversorgung der Haushalte erfolgt durch einen öffentlichen Wasserversorger. Die Abwasserentsorgung übernimmt die kommunale Kläranlage. Das geklärte Wasser wird anschließend in die Oberflächengewässer eingeleitet.

Quelle: Eigene Darstellung.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.

Auf die öffentliche Wasserversorgung entfiel 2019 mit 5,4 Milliarden m³ rund ein Viertel der gesamten Wasserentnahmen.³⁵⁶ Ein weiteres Viertel wurde durch den Bergbau/Verarbeitung von Erden und Steinen (1,3 Milliarden m³) sowie durch das Verarbeitende Gewerbe (4,1 Milliarden m³) beansprucht. Die Landwirtschaft, die Wasser zur landwirtschaftlichen Beregnung einsetzt, entnahm 0,4 Milliarden m³ und damit nur 2,2 Prozent der Gesamtwasserentnahmen. Die Landwirtschaft ist dennoch der einzige Bereich, in dem die Entnahmen seit 2007 – dem erstmaligen Ausweisen der Daten – stiegen.³⁵⁷ Derzeit werden ca. 3 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Flächen bewässert. Es ist allerdings davon auszugehen, dass Trockenperioden zukünftig mehr Bewässerung notwendig machen werden.³⁵⁸

Nach der Nutzung gelangt das Wasser, sofern es nicht versickert oder verdunstet, über das Kanalisationssystem zurück in den natürlichen Wasserkreislauf. Dabei werden durch Abwasseraufbereitung die

durch die verschiedenen Wassernutzer verursachten Schadstoffeinträge reduziert.³⁵⁹

Wasserwirtschaft in Deutschland stark fragmentiert

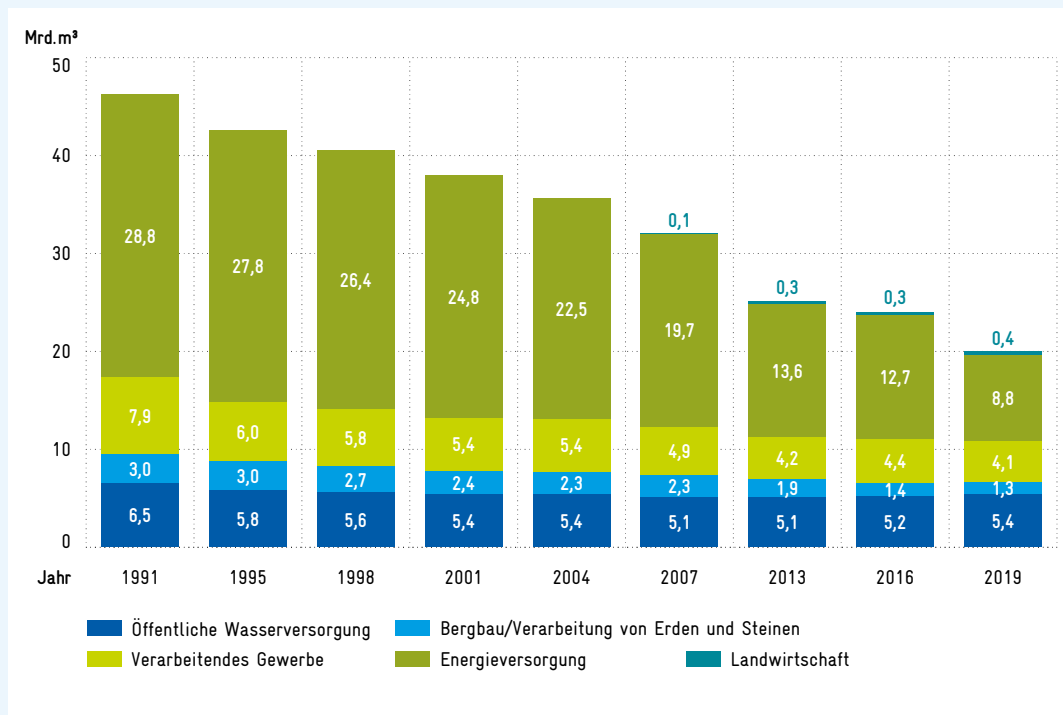
Im Jahr 2022 gab es in Deutschland 5.599 Wasserversorger,³⁶⁰ von denen der größte Teil öffentlich-rechtlich organisiert war.³⁶¹ Im Jahr 2010 betrug die Anzahl der Wasserversorger noch 6.065 und war somit seitdem leicht rückläufig.³⁶² Die Anbieter beliefern regional festgelegte Versorgungsgebiete, die nicht miteinander in Konkurrenz stehen.³⁶³ Nur 4.155 der Versorger gewannen selbst Wasser.³⁶⁴ Die übrigen bezogen ihr Wasser von Fremdversorgern. Darüber hinaus verfügte Deutschland im Jahr 2022 über 8.659 Abwasserbehandlungsanlagen zur Abwasserentsorgung.³⁶⁵

Diese Zahlen verdeutlichen die hohe Fragmentierung des Wassersektors.³⁶⁶ Im europäischen Vergleich verfügt Deutschland mit 88 Wasser-

Abb. B3-7 Wasserentnahmen durch die öffentliche Wasserversorgung, Bergbau/Verarbeitung von Erden und Steinen, Verarbeitendes Gewerbe, Energieversorgung und Landwirtschaft in Milliarden m³



[Download der Abbildung und Daten](#)



Der aktuelle Rand der verfügbaren Jahre ist das Jahr 2019. Danach wurde die Zeitreihe eingestellt. Außerdem wurden die Daten für die Landwirtschaft erst ab 2007 erhoben.
 Lesebeispiel: Im Jahr 2019 entnahm die öffentliche Wasserversorgung 5,4 Milliarden m³ Wasser.
 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Publikationen/Downloads-Wasserwirtschaft/statistischer-bericht-wasser-oeffentlich-2190211229005.html?nn=211848> (letzter Abruf am 16. Januar 2025)
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2025.

sorgern je eine Million Einwohnerinnen bzw. Einwohner über ein deutlich stärker fragmentiertes Versorgungssystem als z. B. die Niederlande mit 4,4, Italien mit 2,3, Großbritannien mit 0,7 sowie Frankreich mit 0,13 Wasserversorgern je eine Million Einwohnerinnen bzw. Einwohner.³⁶⁷ Hinsichtlich der Größe des Versorgungsgebietes, gemessen an der jeweils versorgten Einwohnerzahl, zeigen sich in Deutschland erhebliche Unterschiede. So bedienten etwa im Jahr 2019 nur 17 Versorger Gebiete mit einer Einwohnerzahl von 500.000 und mehr, während 2.660 Versorger in Gebieten mit einer Einwohnerzahl zwischen 1.000 und 10.000 tätig waren.³⁶⁸

Adoptions- und Innovationsanreize gering

Die hohe Fragmentierung der Wasserwirtschaft und die Unterschiede in der Größe der Versorgungsgebiete können ambivalente Auswirkungen auf die Adoption und die Schaffung von Innovationen haben. Einerseits sind stärker fragmentierte Strukturen oftmals flexibler und anpassungsfähiger, können bei der Adoption innovativer Lösungen lokale Gegebenheiten besser berücksichtigen und innovative Lösungen passgenauer bereitstellen.³⁶⁹ Andererseits kann die Fragmentierung zu einer Vielzahl dezentraler und möglicherweise nicht kompatibler innovativer Lösungen führen, was Schnittstellenprobleme nach sich zieht. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich um größere systemische, mehrere Versorgungsgebiete betreffende Neuerungen handelt, etwa bei der Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungs-Infrastruktur oder bei der Digitalisierung der Ver- und Entsorgungssysteme.

Die hohe Fragmentierung erschwert zudem die umfassende Zusammenarbeit der Unternehmen der Wasserwirtschaft, was den Wissensaustausch, die Verbreitung und Umsetzung technologischer Lösungen hemmen und so die Effizienz und Effektivität der Nutzung von Innovationen beeinträchtigen kann. Darüber hinaus ist der Anreiz der Versorger, zur Verfügung stehende Innovationen zu adoptieren oder selbst zu innovieren, umso geringer, je kleiner das Versorgungsgebiet ist. Das liegt daran, dass es sich bei den Kosten für den Einsatz neuer Technologien zum großen Teil um Fixkosten handelt, die unabhängig von der Größe des Versorgungsgebietes anfallen. Bei kleineren Versorgungsgebieten müssen diese Kosten also auf weniger Verbraucher umgelegt werden, sodass zur Kostendeckung höhere Gebühren erforderlich sind. Je

höher die notwendige Gebührenanpassung, umso größer sind allerdings die politischen Widerstände in den Kommunen.³⁷⁰

Die Wassernetze verursachen 70 bis 85 Prozent der Gesamtkosten für die Trinkwasserbereitstellung und die Abwasserentsorgung.³⁷¹ Je mehr Verbraucher ein Versorgungsgebiet aufweist, umso unkritischer ist eine Umlage der Fixkosten. Aufgrund der hier vorliegenden Skaleneffekte sind Gebietsmonopole effizient und ein Parallelbetrieb mehrerer Wassernetze durch Wettbewerber ist nicht sinnvoll.³⁷² Man spricht in diesem Falle von „natürlichen Monopolen“. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass die beschriebenen Skaleneffekte in Deutschland optimal genutzt werden, da die Größe der Gebietsmonopole nach politischen und nicht nach ökonomischen Kriterien bestimmt wird.

Darüber hinaus verringert der ausbleibende Wettbewerb in und zwischen den Versorgungsgebieten die Anreize für die Ver- und Entsorger, Kosten zu reduzieren und ihr Angebot stetig zu verbessern. Entsprechend haben sie weniger Anreize, selbst zu innovieren oder vielversprechende Innovationen zu adoptieren. Es stehen allerdings Regulierungsschemata zur Verfügung, die einen Wettbewerb und damit Innovationsanreize induzieren können.³⁷³

Ein weiterer Grund für geringe Innovations- und Adoptionsaktivitäten sind die damit verbundenen hohen Kosten und der starke Fokus der Ver- und Entsorger auf der Umsetzung der technischen Regelwerke. Viele (kleine) Ver- und Entsorgungsbetriebe in der Wasserwirtschaft adoptieren Innovationen mit hohen Kosten oft nur aufgrund regulatorischer Vorgaben. Daher ist beispielsweise die Abwasserentsorgung bisher nur unzureichend auf die Beseitigung von Mikroverunreinigungen vorbereitet. Denn dazu müsste eine vierte Reinigungsstufe eingeführt werden, die mittels verschiedener Techniken wie Ozonierung, Membranfiltration oder Aktivkohlefiltration Spurenstoffe herausfiltern kann.³⁷⁴ Nach Angaben der Bundesregierung verfügten 2024 jedoch nur 55 der fast 9.000 Kläranlagen über diese Reinigungsstufe.³⁷⁵ Die EU-Kommunalabwasserrichtlinie sieht diese Reinigungsstufe für Anlagen ab einer bestimmten Größe bis 2045 vor. Nach einer Schätzung im Auftrag des Verbands kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) sind in Deutschland 647 Anlagen zu dieser Aufrüstung verpflichtet; die Kosten würden sich auf 8,7 Milliarden Euro belaufen.³⁷⁶

Ein möglicher Grund für ihre geringe Innovationsleistung ist die hohe Risikoaversion der Wasserbetriebe.³⁷⁷ Sie sind verpflichtet, die Versorgung der Bevölkerung zu vertretbaren Preisen zu gewährleisten, und beschränken sich deshalb auf die dafür notwendigen Investitionen.³⁷⁸ Die Bereitschaft, noch nicht hinreichend getestete neue Lösungsansätze zu verwenden und damit Gefahr zu laufen, die Versorgungsleistung nicht mehr sicherstellen oder die Investitionen nicht refinanzieren zu können, ist daher sehr gering. Reallabore, wie sie in der von der Bundesregierung verabschiedeten Nationalen Wasserstrategie³⁷⁹ vorgesehen sind, böten die Chance, Innovationen in die Anwendung zu bringen und Wasserbetriebe von der Praktikabilität sowohl technischer als auch institutioneller Innovationen zu überzeugen.

B 3-5 Verbesserte Instrumente zur Lösung zunehmender Wassernutzungskonflikte

Die Auswirkungen eines saisonal und regional stark schwankenden Wasserdargebots führen bereits heute zu Nutzungskonkurrenzen um die Ressource Wasser.³⁸⁰ Nutzungskonkurrenz liegt dann vor, wenn nicht alle Wasserbedarfe uneingeschränkt gedeckt werden können und daher einzelne Verbraucher ihre Wasserentnahmen einschränken müssen. Nutzungskonkurrenz kann sich aber auch dadurch äußern, dass der aktuelle Wasserverbrauch so hoch ist, dass neue Verbraucher nicht ausreichend versorgt werden könnten und folglich neue Projekte vom Wasserversorger abgelehnt werden müssen. Wasser wird dadurch zum Standortfaktor, etwa wenn Unternehmen ihre Produktion drosseln oder Landwirte die Bewässerung reduzieren müssen.³⁸¹

Aufgrund der zunehmenden Volatilität des Wasserdargebots ist davon auszugehen, dass sich Nutzungskonkurrenzen regional und temporär verschärfen werden. Zwar kann die Anordnung von Einschränkungen bei der Wasserentnahme in Dürreperioden sinnvoll sein, um vorrangigen Nutzergruppen den notwendigen Zugang zu Wasser zu ermöglichen. Doch führt dies zu Planungsunsicherheiten an anderer Stelle, etwa der Landwirtschaft oder der Industrie.

Technologische Innovationen können dazu beitragen, die Probleme zu lösen, die sich für Deutschland aus der zunehmend volatilen Wasserverfügbarkeit

ergeben. Dies erfordert allerdings Strukturen und Prozesse im Wasserversorgungssektor, die Anreize zu Adoption und Innovation geben.

Überblick über Wasserentnahmerechte für effektives Wassermanagement erforderlich

Das WHG bietet einen Rahmen, Wassernutzungskonflikte aufzulösen, indem die Entnahmen durch die Vergabe von Wasserentnahmerechten gesteuert werden.³⁸² Wasserentnahmerechte sind behördliche Genehmigungen, die zu einer Wasserentnahme aus Grund- und Oberflächengewässern berechtigen. Die genehmigten Grundwasserentnahmen orientieren sich dabei in der Regel am längerfristigen lokalen Wasserdargebot. Die Laufzeiten der Entnahmerechte unterscheiden sich zwischen den Bundesländern. So sind beispielsweise in Niedersachsen, sofern ein ausreichend großer Grundwasservorrat gegeben ist, Wasserentnahme-Genehmigungen mit einer Laufzeit von zehn Jahren in der Landwirtschaft üblich.³⁸³ In Bayern hingegen werden die Entnahmerechte sogar teilweise unbefristet erteilt.³⁸⁴

Langfristige bzw. umfangreiche Wasserentnahmerechte können allerdings bei zunehmender Volatilität des Wasserdargebots zum Problem werden. Sie rational und den sich verändernden Bedingungen anzupassen, setzt umfassende Informationen voraus. Doch obwohl Nutzungskonflikte evident sind, werden Wasserentnahmerechte und tatsächliche Wasserentnahmen bislang nur unzureichend dokumentiert.

Die Datenlage zu Wasserentnahmerechten beispielsweise ist je nach Bundesland unterschiedlich. Journalistische Recherchen zeigen, dass die Bundesländer die Entnahmemengen unterschiedlich erfassen. So sind teilweise nur die maximal genehmigten Entnahmemengen bekannt.³⁸⁵ Daten zu den tatsächlich entnommenen Wassermengen durch Industrieakteure werden nicht flächendeckend erhoben.³⁸⁶ In der Landwirtschaft werden die Wasserentnahmemengen ebenfalls nur unsystematisch dokumentiert.³⁸⁷ Einer rationalen Wasserbewirtschaftung, die starken Schwankungen im Wasserdargebot über regionale und intertemporale Ausgleichsmaßnahmen begegnen soll, steht dies entgegen. Entsprechend sind hier deutliche Verbesserungen und gegebenenfalls innovative digitale Lösungen bei der Datenerhebung und deren Nutzung im Management von Knappheiten notwendig.

Eine weitere Lösung des Volatilitätsproblems ist die Einführung eines Marktes für (in begrenzter Zahl vergebene) Wasserrechte,³⁸⁸ der den Kauf und Verkauf von Rechten oder Ansprüchen auf die Nutzung von Oberflächen- oder Grundwasserressourcen umfasst. Dabei können grob drei Arten von Wasserhandel unterschieden werden: ein kurzfristiger Zuteilungshandel mit Wasser für die unmittelbare Nutzung, ein mittelfristiges Wasser-Leasing, das saisonale Zuteilungen umfasst und den Marktteilnehmern für eine vertraglich festgelegte Zeit einen sicheren Zugriff auf Wasser ermöglicht, und ein permanenter Handel von Wasserrechten.³⁸⁹ Diese institutionelle Innovation kann eine effiziente und bedarfsgerechte Nutzung von Wasser ermöglichen. Dadurch können ökologische Schäden und sich daraus ergebende ökonomische Kosten vermindert werden. Ein Marktpreis für Wasser, der dessen Knappheit widerspiegelt, kann zudem preisinduzierte Innovationen hervorrufen.

Um den Nutzen eines solchen Wasserrechtshandels beurteilen zu können, sind jedoch empirische Untersuchungen erforderlich, die derzeit noch nicht vorliegen. International wird Wasserrechtshandel beispielsweise in mehreren US-Bundesstaaten, Australien, Chile, China, Mexiko und Südafrika betrieben, innerhalb Europas etwa im Vereinigten Königreich und in Spanien.³⁹⁰

Entnahmeentgelte als Instrument rationaler Wasserbewirtschaftung

Bei der Wasserentnahme wird vielerorts ein Wasserentnahmeentgelt erhoben.³⁹¹ Derzeit haben 13 von 16 Bundesländern ein solches Wasserentnahmeentgelt, wobei es preisliche Unterschiede hinsichtlich der genutzten Wasserressource und der Wassernutzer gibt. Bayern, Hessen und Thüringen erheben derzeit keine Wasserentnahmeentgelte.³⁹²

Hieraus ergeben sich mehrere Probleme. Wird ein Gut wie Wasser zu einem Preis von Null oder einem sehr niedrigen Preis abgegeben, dann bestehen, wenn überhaupt, nur sehr geringe ökonomische Anreize, die Wasserversorgung und die dahinterstehenden Technologien durch innovative Lösungen zu verbessern. Liegt eine höhere Bepreisung von Wasser vor, die die Knappheiten unvollständig widerspiegelt, führt dies auch nur zu einer geringen Bereitschaft, bei Wasserbereitstellung und Wasserverbrauch technologische Neuerungen einzuführen.

Bei regional sehr unterschiedlichen Preisen werden mögliche Innovationstätigkeiten in die Regionen mit höheren Wasserpreisen gelenkt. Dies ist aber nur sinnvoll, wenn die Wasserpreise auch die Knappheiten und damit die Herausforderungen an die Versorgungssicherheit widerspiegeln.

Eine bundeseinheitliche Systematik zur Bestimmung von Wasserentnahmeentgelten gibt es derzeit nicht. Laut UBA fehlen „klare Regelungen zur Bemessungsgrundlage, zur Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten, eine Differenzierung nach Normal- und Dürresituationen sowie zur Anpassung an hydrologische Anforderungen (quantitative und qualitative Aspekte)“.³⁹³ Im Mai 2024 wurde deshalb vom UBA eine Studie ausgeschrieben, die diese bundeseinheitliche Systematik erstellen soll.

Nutzungskonflikte durch dynamische Bepreisung entschärfen

Sofern in Deutschland zumindest einige Verbraucher ihren Wasserverbrauch in Trockenzeiten reduzieren oder auf andere Zeiträume verlagern können, könnte – als institutionelle Innovation – ein System dynamischer Preise entsprechende Anreize hierzu setzen und damit Nutzungskonkurrenzen abschwächen.³⁹⁴ Eine dynamische Bepreisung bedeutet, dass saisonal oder temporär die Preise so erhöht werden, dass sie einen besonders starken Anreiz schaffen, in Engpasszeiten Wasser zu sparen und auf lange Sicht in neue wassersparende Technologien zu investieren.

Eine dynamische Bepreisung der Wasserentnahme kann entweder in als kritisch bekannten Zeiträumen oder auch situationsabhängig stattfinden. Sie könnte sich also beispielsweise daran ausrichten, dass eine bestimmte Anzahl an Knappheitsindikatoren einen vorher bestimmten Schwellenwert überschreitet.³⁹⁵ Da die Wassernachfrage privater Haushalte kaum auf Preisänderungen reagiert und auch angesichts der Rolle des Wassers in der Daseinsvorsorge, könnte die dynamische Bepreisung auf bestimmte Nutzergruppen wie etwa einzelne Branchen mit starker Wassernutzung beschränkt werden.³⁹⁶ In diesem Fall müsste die dynamische Bepreisung eher an den Wasserentnahmeentgelten als an den Trinkwasserpreisen ansetzen, weil die Wirtschaft den Großteil ihres Bedarfs über eigene Entnahmen deckt.

Die dynamische Bepreisung erfordert den Einsatz von Smart-Meter-Technologien, die eine zeitlich differenzierte Erfassung der Verbrauchsmenge ermöglicht. Mit der üblichen jährlichen Ablesung von Wasserzählern ist eine dynamische Bepreisung nicht möglich, da die Verbräuche nicht den Zeiten erhöhter Preise zugeordnet werden können. Bisher fehlen jedoch praktische Erfahrungen über die Wirksamkeit von dynamischen Tarifen in der Wassernutzung.³⁹⁷ Daher ist nicht bekannt, ob die Vorteile der dynamischen Bepreisung die Kosten der dafür notwendigen Infrastruktur und Dokumentationsaufwendungen aufwiegen.

B 3-6 Internalisierung externer Kosten zur Verbesserung der Gewässerqualität

Bei der Nutzung von Wasser und bei der Einleitung von Abwässern kommt es zu einer Reihe von externen Kosten. Deshalb fordert die EU-Wasserrahmenrichtlinie die „Deckung der Kosten der Wassernutzung einschließlich umwelt- und ressourcenbezogener Kosten im Zusammenhang mit Beeinträchtigungen oder Schädigungen der aquatischen Umwelt [...] entsprechend dem Verursacherprinzip“.³⁹⁸ Werden Verhaltensweisen mit externen Kosten adäquat bepreist, entstehen höhere Anreize, Innovationen zu deren Vermeidung oder Minderung zu adoptieren und zu entwickeln.

Option 1: Anpassung der Abwasserabgabe

Damit die durch Abwasser verursachten Schäden besser in wirtschaftlichen Entscheidungen berücksichtigt werden, wirkt die seit 1976 gesetzlich verankerte Abwasserabgabe als umweltpolitisches Lenkungsinstrument.³⁹⁹ Sie bietet den Abgabepflichtigen Anreize, die Schadstoffemissionen zu senken und gleichzeitig Innovationsbemühungen anzustrengen. Der Abgabesatz liegt allerdings seit 1997 unverändert bei 35,79 Euro pro Schadeinheit und hat damit stark an Lenkungswirkung eingebüßt.⁴⁰⁰ Ein inflationsbereinigter Abgabesatz läge zum Ende des Jahres 2024 bei knapp 60 Euro pro Schadeinheit.

Die Lenkungsfunktion der Abwasserabgabe wird auch dadurch geschwächt, dass sich die Abgabe an behördlich genehmigten Schadstoffkontingenten und nicht an der tatsächlichen Emission bemisst, solange letztere unter der genehmigten Menge bleibt.⁴⁰¹

Werden die gesetzlichen Anforderungen an den „Stand der Technik“ eingehalten, halbiert sich der Abgabesatz.⁴⁰² Weiter vermindern lässt sich die Abgabelast durch Investitionen in technische Anlagen, die über diesen „Stand der Technik“ hinausgehen. Damit bietet die Abwasserabgabe Anreize für Innovation. Die Stärke dieser Anreize hängt aber davon ab, wie häufig der „Stand der Technik“ fortgeschrieben wird. Wird er nicht kontinuierlich und hinreichend angepasst, sind die Innovationsanreize nur sehr gering.⁴⁰³

Option 2: Einführung der erweiterten Herstellerverantwortung

In Deutschland stellen Mikroverunreinigungen, die aus Arzneimitteln, Kosmetika, Reinigungsmitteln und anderen Haushalts- und Industriechemikalien stammen, große Herausforderungen für die Qualität der Oberflächengewässer dar (siehe dazu Box B 3-2).⁴⁰⁴ Abhilfe könnte die in der EU-Kommunalabwasserrichtlinie vorgesehene vierte Reinigungsstufe in Kläranlagen schaffen. Diese Reinigungsstufe ist jedoch bislang nur in weniger als 1 Prozent der Kläranlagen vorhanden. Die Abwasserrichtlinie sieht vor, dass die Hersteller von spezifischen Produktgruppen, die zu Mikroverunreinigungen führen, bei der Finanzierung der vierten Reinigungsstufe eingebunden werden. Mittels der erweiterten Herstellerverantwortung sollen sie mindestens 80 Prozent der Kosten für Ausbau und Betrieb der vierten Reinigungsstufe tragen. Die Richtlinie sieht vor, dass sich der jeweilige Beitrag sowohl an der Schädlichkeit als auch an „der Menge der in den in Verkehr gebrachten Produkten enthaltenen Stoffe“⁴⁰⁵ bemisst. Dadurch entstehen Anreize, entsprechende Mikroverunreinigungen durch Innovationen zu reduzieren.⁴⁰⁶

Option 3: Erhebung einer Pflanzenschutz- und Düngemittelabgabe

Pflanzenschutz- und Düngemittel gelangen zunehmend in das Grundwasser (siehe dazu Box B 3-2).⁴⁰⁷ Landwirtschaftliche Betriebe beziehen aber in der Regel die teils erheblichen Umweltbelastungen, die durch den Einsatz dieser Mittel entstehen, nicht in ihre Kostenkalkulation ein. Dadurch fehlen ihnen Anreize, ökologisch weniger schädliche Wirkstoffe zu nutzen oder auf umweltschonende Präzisionstechnologien bei der Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln umzusteigen. Eine Änderung könnte durch eine Steuer oder Abgabe auf

umweltschädliche Betriebsmittel erreicht werden.⁴⁰⁸ Dadurch würden herkömmliche, wenig nachhaltige Agrartechnologien teurer und neue (Präzisions-) Technologien wettbewerbsfähiger.⁴⁰⁹ Dänemark hat ein solches Modell bereits umgesetzt.⁴¹⁰

B 3-7 Handlungsempfehlungen

Deutschland ist ein im internationalen Vergleich wasserreiches Land mit hoher Versorgungssicherheit. Die deutsche Wasserwirtschaft sieht sich allerdings mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert. Es gilt, den Auswirkungen von häufiger werdenden Extremwetterereignissen wie Trockenperioden oder Starkregen zu begegnen und die Gewässerqualität zu verbessern. Technologische wie auch institutionelle Innovationen können helfen, diese Herausforderungen zu bewältigen. Innovative Technologien werden der Wasserwirtschaft im Wesentlichen aus anderen Branchen angeboten. Strukturelle und regulatorische Gegebenheiten können einer raschen und breiten Adoption dieser Technologien entgegenstehen. Zur Lösung zunehmender Nutzungskonkurrenzen im Zuge des Klimawandels kann der verbesserte Einsatz von Instrumenten einer rationalen Wasserbewirtschaftung beitragen, mit positiven Wirkungen auf die Adoption und Entwicklung neuer technologischer Lösungen. Hinsichtlich der Verbesserung der Gewässerqualität ist es erforderlich, externe Kosten zu internalisieren und damit neue nachhaltige Technologien attraktiver zu machen. Konkret schlägt die Expertenkommission der Bundesregierung folgende Maßnahmen vor:

Erprobung und Adoption von Innovationen stärken

- Die Expertenkommission unterstützt die in der Nationalen Wasserstrategie vorgesehene Erprobung innovativer Konzepte wie neuartiger Sanitärsysteme oder wassersensibler Städte in Reallaboren.⁴¹¹ Dort sollten zudem institutionelle Innovationen wie die Anpassung der Wasserentnahmerechte oder der Wasserhandel erprobt werden.

Innovationsanreize durch rationale Wasserbewirtschaftung erhöhen

- Für ein nachhaltiges Wassermanagement sowie den Umgang mit Nutzungskonflikten sind Daten zu den vergebenen Wasserrech-

ten und den tatsächlichen Wasserentnahmen erforderlich. Die Erfassung in einem umfassenden und transparenten Wasserregister, wie in der nationalen Wasserstrategie angekündigt, ist zügig und in digitaler Form umzusetzen.

- Soweit möglich, sollte zur Deckung der Datenbedarfe gemäß dem Once-only-Prinzip auf bereits verfügbare oder absehbar verfügbare Daten zurückgegriffen werden, um eine Belastung von Unternehmen durch redundante Bürokratiepflichten zu vermeiden.
- Die Wasserentnahmeentgelte müssen derart angepasst werden, dass sie die Knappheit von Wasser insbesondere in Zeiten längerer Trockenheit und damit die externen Kosten der Wasserentnahme berücksichtigen. Hierdurch ergeben sich Innovationsanreize. Die Expertenkommission unterstützt die Entwicklung einer bundeseinheitlichen Systematik zur Berechnung der Wasserentnahmeentgelte. Harmonisierungsmöglichkeiten in dieser Berechnung, die derzeit durch eine Studie geprüft werden, sollten genutzt werden, sofern sie den Ländern erlauben, auf regionale Besonderheiten und vorübergehende Wasserknappheiten zu reagieren.
- Die dynamische Bepreisung von Wasserentnahmen sollte in ausgewählten, wasserintensiven Branchen in einem begrenzten Umfeld erprobt werden, um die Kosten der dafür notwendigen zusätzlichen Datenerhebung gegen die Effizienzgewinne in der Wassernutzung abwägen zu können.
- Die Daten, die als Grundlage für Lenkungsinstrumente erhoben werden, sollten für FuE zur Verfügung gestellt werden.

Innovationsanreize durch Internalisierung externer Kosten setzen

- Die Höhe der Abwasserabgabe sollte an den tatsächlich ausgebrachten Schadstoffemissionen und nicht an den genehmigten Emissionen bemessen werden, um Anreize zur Schadstoffreduktion zu schaffen.
- Minderungsmöglichkeiten bei der Abwasserabgabe sollten nicht bereits beim vorgeschriebenen „Stand der Technik“ greifen, sondern

nur diejenigen belohnen, die ihn übertreffen. Dazu sollte der vorgeschriebene „Stand der Technik“ hinreichend häufig überprüft und angepasst werden.

- Die erweiterte Herstellerverantwortung der Industrie ist ein wichtiges Anreizinstrument für den Einsatz neuer Technologien – auch zur Vermeidung von Mikroschadstoffen im Abwasser. Sie sollte daher schnell in nationales Recht überführt und umgesetzt werden.
- Die Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sollte nach dem Vorbild Dänemarks mit einer Abgabe belegt werden, damit die Verursacher die Schadstoffbelastung des Wassers verringern. Die Abgabe ist zu evaluieren und ihre Ausgestaltung gegebenenfalls anzupassen.⁴¹²

Innovationsanreize durch Strukturanpassungen und Yardstick-Wettbewerb schaffen

- Um stärkere Anreize für die Adoption und Entwicklung von Neuerungen zu setzen, sollten Konzepte und Maßnahmen entworfen werden, die es für kleinere Versorgungseinheiten attraktiver machen, sich zu größeren Versorgungseinheiten zusammenzuschließen. Hierdurch werden Effizienzverbesserungen

erreicht. Außerdem kann der Zusammenschluss von Versorgungsgebieten dazu beitragen, dass bei Problemlagen, die über mehrere Versorgungsgebiete hinweg entstehen, wie etwa bei Hochwasser oder bei Dürren, innovative strukturelle Lösungen besser koordiniert und schneller eingeführt werden.

- Anreize zu Innovation und Adoption könnten über bestimmte Regulierungsschemata geschaffen werden. Das Grundprinzip einer derartig ausgelegten Regulierung ist die Belohnung einer Übererfüllung von Zielvorgaben. Die Zielvorgabe kann zum einen individuell für jeden einzelnen Versorger oder Entsorger festgelegt werden. Dabei stehen die Aktivitäten der Unternehmen zur Zielerfüllung in keinerlei Wettbewerb zueinander. Zum anderen kann sich die Zielvorgabe am Durchschnitt vergleichbarer Unternehmen orientieren. In diesem Falle ergibt sich ein regulierter Wettbewerb unter vergleichbaren Ver- bzw. Entsorgern, ein sogenannter Yardstick-Wettbewerb. Beide Regulierungsschemata bewirken, dass sich der Grad der Übererfüllung des Regulierungsziels in höheren Erlösen niederschlägt, die dann zur Deckung der Innovations- und Adoptionskosten verwendet werden können. Alternative Formen der Regulierung von Innovationsanreizen sollten in Reallaboren vergleichend erprobt werden.

