



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Thomas Hillenbrand  
Harald Hiessl  
Stefan Klug  
Benedikt Freiherr von Lüninck  
Jutta Niederste-Hollenberg  
Christian Sartorius  
Rainer Walz

# Herausforderungen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft

Innovationsreport

Mai 2013  
Arbeitsbericht Nr. 158







---

# INHALT

---

ZUSAMMENFASSUNG	5
I. EINLEITUNG	21
II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG UND DES WASSERVERBRAUCHS	23
1. Wasserangebot und -bedarf	23
1.1 Globale Perspektive	23
1.2 Europäische Perspektive	34
1.3 Deutsche Perspektive	39
1.4 Zwischenfazit zu Wasserangebot und -nachfrage	43
2. Wasserqualität	44
2.1 Globale Wasserqualität	45
2.2 Europäische Wasserqualität	48
2.3 Deutsche Wasserqualität	54
3. Herausforderungen für den Wassersektor	59
3.1 Industrieländer	59
3.2 Wasserarme Regionen und Entwicklungsländer	60
III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DEUTSCHLANDS	63
1. Darstellung der Analysemethode	64
1.1 Analysegegenstand und Potenzialansatz	64
1.2 Datenbasis	66
1.3 Verwendete Indikatoren	67
2. Festlegung der Technikbereiche	68
2.1 Wasseraufbereitung	70
2.2 Wassernutzungseffizienz	71
2.3 Wassertransport	72
2.4 Abwasserreinigung inklusive Schlammbehandlung	73
2.5 Wasseranalytik	73
2.6 Hochwasserschutz	74
2.7 Spezielle innovative wassertechnische Ansätze	74
3. Patentanalysen	75
3.1 Dynamik der Patentanmeldungen	76
3.2 Patentanteile	78
3.3 Patentspezialisierung	81



## INHALT

4. Publikationsanalysen	84
4.1 Publikationsspezialisierung	85
4.2 Publikationsanteile	87
5. Außenhandelsanalysen	90
5.1 Welthandelsanteile	90
5.2 Außenhandelsspezialisierung	92
5.3 Regionale Ausrichtung des Außenhandels	95
6. Fazit	98
<hr/>	
IV. ANALYSEN ZUR MARKTENTWICKLUNG	101
1. Wachstumsmarkt Wasserwirtschaft	101
2. Entwicklung und Situation in den BRICS-Ländern	106
2.1 Brasilien	106
2.2 Russland	110
2.3 Indien	112
2.4 China	115
2.5 Südafrika	118
3. Marktvolumen in Entwicklungsländern	120
3.1 Marktbedeutung der Entwicklungsländer	121
3.2 Internationale Zusammenarbeit im Wassersektor	124
<hr/>	
V. BEDINGUNGEN FÜR DIE ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN IN DEUTSCHLAND	127
1. Innovationssystem der Wasserwirtschaft	128
2. Strukturelle Aspekte der deutschen Wasserwirtschaft	131
3. Forschungsförderung im Bereich der Wasserwirtschaft	137
3.1 Vorgehen zur statistischen Analyse	139
3.2 Auswertungen des BMBF-Förderkatalogs	140
3.3 Auswertungen UFORDAT	146
4. Öffentliche Förderung von wasserwirtschaftlichen Infrastrukturmaßnahmen in Deutschland	151
4.1 Das Abwasserabgabenrecht	155
4.2 Verwendung der Abwasserabgabe in den einzelnen Bundesländern	157
4.3 Förderung der kommunalen Wasserinfrastruktur	160
5. Unternehmensnetzwerke im Bereich Wassertechnologien	165
6. Überblick über die Bedeutung technischer Normen und Regelwerke im Wassersektor	168
7. Perspektiven Deutschlands für eine Leitanbieterposition	170

---

VI. HANDLUNGSOPTIONEN	177
<hr/>	
LITERATUR	183
<hr/>	
ANHANG	199
1. Tabellenverzeichnis	199
2. Abbildungsverzeichnis	199
3. Ergänzende Tabellen	203
4. Abkürzungen	207



---

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Wasserwirtschaft steht weltweit vor neuen Herausforderungen. Sauberes Wasser ist eine unabdingbare Ressource für die Menschheit und elementarer Bestandteil einer intakten Umwelt. Zugleich ist die Verfügbarkeit von Wasser ein wichtiger Standortfaktor, der die wirtschaftliche Entwicklung von Regionen entscheidend beeinflusst. Durch die Veränderungen des Klimas, insgesamt weiter stark wachsende, in einzelnen Teilen der Welt aber auch zurückgehende Bevölkerungszahlen sowie den steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln und Energie, werden sich die Verfügbarkeit von und der Bedarf an Wasser sowie an Wasserinfrastruktur in den kommenden Jahrzehnten teilweise drastisch verschärfen. Aufgrund der Langlebigkeit der überwiegend leitungsgebundenen Infrastruktur zur Wasserversorgung und zum Abwassermanagement müssen mögliche Lösungskonzepte auch für die künftigen Probleme frühzeitig entwickelt und umgesetzt werden.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel des vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung in Auftrag gegebenen TAB-Projekts, die weltweite Innovationsdynamik im Bereich Wasser zu beschreiben sowie die wichtigsten Herausforderungen und Trends für Industrie- und Entwicklungsländer herauszuarbeiten. Auf der Basis einer Analyse der deutschen Situation sollten außerdem Herausforderungen für das Innovationssystem im Bereich der Wassertechnologien identifiziert werden.

Methodisch baut das Projekt auf einer systematischen Literaturlauswertung, einer umfassenden Patentanalyse zur Bestimmung der Innovationsdynamik und des Spezialisierungsgrades einzelner Länder, ergänzenden Publikationsanalysen sowie Auswertungen der Außenhandelsstatistik zur Wettbewerbsfähigkeit auf. Hinsichtlich der Analyse des Innovationssystems konnte u. a. auf branchenspezifische Primär- und Sekundärdaten sowie die Erfahrungen des Fraunhofer ISI bei der Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten im Bereich Wasserwirtschaft zurückgegriffen werden.

---

### WASSERVERFÜGBARKEIT UND -BEDARF

Die Einflussfaktoren auf die Wasserverfügbarkeit und den Wasserbedarf sind sehr vielfältig und in ihrer Bedeutung je nach Region sehr unterschiedlich. Neben den natürlichen Voraussetzungen und Randbedingungen spielen z. B. die demografische Entwicklung, die wirtschaftlichen Strukturen und ihre Veränderungen, die Umsetzung des technologischen Fortschritts, die vorhandene Wasserinfrastruktur oder auch der institutionelle und politische Rahmen eine wesentliche Rolle für die aktuelle bzw. zu erwartende Knappheit der Ressource Wasser. In



## ZUSAMMENFASSUNG

der Vergangenheit konnte beispielsweise der Ausbau der leitungsgebundenen Wasserinfrastruktur nicht mit der weltweiten Urbanisierung und der deutlichen Zunahme des Anteils der Bevölkerung in Millionenstädten mithalten.

Für die Bewertung der Wasserknappheit wurden verschiedene Berechnungsansätze entwickelt, die diese Einflussfaktoren teilweise unterschiedlich abbilden und so zu variierenden Ergebnissen auf regionaler Ebene kommen können. Zusammenfassend ist jedoch davon auszugehen, dass die Zahl der Menschen, die unter Wassermangel zu leiden haben, zukünftig deutlich steigen wird, sodass dieser Anteil an der Weltbevölkerung von ca. 30 % im Jahr 2000 (entsprechend 1,6 Mrd. Menschen) auf mehr als 40 % (3,9 Mrd. Menschen) im Jahr 2050 ansteigen könnte (OECD 2012, S. 249). Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels ist gleichzeitig damit zu rechnen, dass auch die mit dem Wasserkreislauf verbundenen Extremereignisse (Überflutungen, Dürreperioden) zunehmen werden.

Auch in Europa sind die Verfügbarkeit von und der Bedarf an Wasser sehr unterschiedlich verteilt. Insgesamt ist der Bedarf an Wasser als Kühlmittel am höchsten, gefolgt vom Bedarf in der Landwirtschaft, zur Trinkwasserversorgung und in der Industrie. Die Unterschiede zwischen den Regionen werden jedoch anhand des unterschiedlichen Anteils der Landwirtschaft – in Nordeuropa ca. 10 %, in der Mittelmeerregion mehr als 80 % – deutlich. In vielen Gebieten in Europa herrscht bereits heute Wassermangel, teilweise als natürliches Phänomen, teilweise verursacht durch eine Übernutzung der Wasserressourcen.

Deutschland ist zwar im internationalen Vergleich ein wasserreiches Land, trotzdem sind auch hier die Unterschiede hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit erheblich. Für Ostdeutschland wird erwartet, dass die derzeit bereits ungünstige Wasserbilanz durch den Klimawandel zusätzlich verschlechtert wird und das Risiko von Dürren und einer unzureichenden Wasserverfügbarkeit zunimmt.

---

## HERAUSFORDERUNGEN HINSICHTLICH DER WASSERQUALITÄT

Die Wasserqualität wird über unterschiedliche Wege beeinträchtigt: Einleitungen aus punktuellen, industriellen oder kommunalen Abwasserquellen, Belastungen durch die Landwirtschaft sowie der Eintrag von Schadstoffen aus der Luft sind die wichtigsten Belastungsquellen. Während das Millenniumsentwicklungsziel (MDG) für Trinkwasser – den Anteil der Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser von 1990 bis 2015 zu halbieren – im Wesentlichen als bereits erreicht gilt, wird das entsprechende Ziel im Bereich der Sanitärversorgung voraussichtlich nicht erreicht. Dabei trägt die unzureichende sanitäre Versorgung weltweit wesentlich zu einer Kontamination von Trinkwasserquellen mit erheblichen Folgen für die Gesundheit der damit versorgten Menschen bei. Zusammen mit den Einträgen aus den anderen Belastungsquellen führt dies zu einem globalen Ausmaß der Verschmutzung des Wasserkreislaufs. Das bedeutet, dass ca.



zwei Drittel der weltweiten Flussläufe durch Nähr- und Schadstoffe schwer belastet sind.

In der EU gilt nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aus dem Jahr 2000 das Ziel, bis 2015 für alle Gewässer einen »guten ökologischen Zustand« zu erreichen. Mehr als die Hälfte der europäischen Fließgewässer wird jedoch im Rahmen der aktuell vorliegenden Bestandsaufnahme als nicht in einem guten Zustand befindlich eingestuft. Belastungsquellen sind auch hier vor allem unzureichend gereinigte Abwässer sowie diffuse Einträge von Nähr- und Schadstoffen vor allem aus landwirtschaftlichen Quellen. Gleichzeitig sind auch die europäischen Grundwasserkörper in hohem Maß durch Stickstoffeinträge belastet. Positive Entwicklungen sind dagegen hinsichtlich der Qualität der europäischen Badesgewässer zu verzeichnen.

Zur Reduzierung der Belastungen mit organischen oder anorganischen Mikroschadstoffen wurde im Rahmen der WRRL eine Liste prioritärer gefährlicher Stoffe festgelegt, die auf europäischer Ebene relevant und für die künftig einheitliche Umweltqualitätsnormen einzuhalten sind. Die ursprüngliche Liste mit 33 Stoffen bzw. Stoffgruppen soll noch 2013 aktualisiert und erweitert werden. Diskutiert wird beispielsweise die Aufnahme von pharmazeutischen Wirkstoffen, die über das häusliche Abwasser und aufgrund einer unzureichenden Elimination in Kläranlagen bis in die Gewässer gelangen. Auf nationaler Ebene oder für einzelne Gewässereinzugsgebiete können weitere Ziele für dort besonders relevante Stoffe festgelegt werden.

Auch in Deutschland sind erhebliche stoffliche Belastungen des Wasserkreislaufs festzustellen. Der hohe Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft ist sowohl für das Grundwasser als auch für die Oberflächengewässer problematisch. Daneben sind Belastungen durch den Eintrag von Phosphor, Pestiziden, Industriechemikalien und auch Arzneimittelrückständen von Bedeutung. Ganz wesentlich über den Luftpfad verursacht sind die Belastungen durch Quecksilber, die zu einer flächendeckenden Überschreitung der für Biota gültigen Umweltqualitätsnorm in den deutschen Oberflächengewässern führen.

Zusätzliche Gefährdungen durch den Eintrag von Chemikalien können durch das sogenannte »fracking«, die Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten in Gesteinsporen, entstehen. Bei dieser Technik werden in tief liegende Gesteinsschichten Wasser, Chemikalien und Sand unter hohem Druck injiziert. Hinsichtlich der dadurch entstehenden Umweltgefahren bestehen noch erhebliche Unsicherheiten und weitergehender Untersuchungsbedarf; eine abschließende Einschätzung ist daher nicht möglich.



---

## WETTBEWERBSFÄHIGKEIT UND TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DEUTSCHER WASSERTECHNIKERHERSTELLER

Die hohe Qualität sowohl der Wasserversorgung als auch der Abwasserentsorgung in Deutschland belegt, dass Kompetenzen für die Bereitstellung und den Betrieb entsprechender Infrastrukturen prinzipiell vorhanden sind. In der Vergangenheit wurde der deutschen Wassertechnikindustrie eine im internationalen Vergleich hohe Leistungsfähigkeit attestiert. Doch mit Blick auf die Zukunft stellen sich die Fragen, welche Entwicklungstrends sich in jüngster Zeit ergeben haben, welche spezifischen technischen Kompetenzen tatsächlich in Deutschland entwickelt und vorgehalten werden und bei welchen Entwicklungen die deutsche Wasserwirtschaft auf Wassertechnikproduzenten aus dem Ausland zurückgreift. Für die Innovationspolitik sind diese Fragen deshalb von Bedeutung, weil deutsche Entwickler, Hersteller und Betreiber von Wasser- und Abwasserinfrastruktur und ihren Komponenten international als Anbieter in Erscheinung treten und damit zur Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland beitragen. Ein Kernthema der vorliegenden Untersuchung ist daher die technologische Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit entsprechender deutscher Technikentwickler und -hersteller. Dabei bezieht sich die Wettbewerbsfähigkeit auf die gegenwärtige Leistungsfähigkeit und wird anhand aktueller Außenhandelszahlen gemessen, wohingegen die technologische Leistungsfähigkeit anhand von Patentanmeldungen und Publikationen bestimmt wird und damit den Forschungs- und Entwicklungsstand und die künftige Innovationsfähigkeit anzeigt.

Um im Rahmen der Analyse einen detaillierteren Einblick in die vorhandenen Kompetenzen zu gewinnen, werden folgende Technikbereiche unterschieden:

- › Wasseraufbereitung im Sinne der Förderung und Aufbereitung von Rohwasser,
- › Steigerung der Wassernutzungseffizienz in Haushalten und Industrie,
- › Wassertransport im Sinne der Verteilung von Trinkwasser und der Entsorgung von Abwasser mittels entsprechender Rohrleitungen und Kanalisationen,
- › Abwasserreinigung einschließlich Klärschlammbehandlung,
- › Wasseranalytik mit dem Ziel der Überprüfung der Wasserqualität,
- › Hochwasserschutz als Element des Niederschlagsmanagements außerhalb der Wasserinfrastruktur i.e.S. sowie
- › spezielle Ansätze für wassertechnische Innovationen, die mit besonderen Problemfeldern wie dezentrale (Ab-)Wasserreinigung, Spurenstoffeliminierung, effiziente Bewässerung in der Landwirtschaft und Meerwasserentsalzung in Relation stehen und daher unabhängig von den anderen Technikbereichen analysiert werden.

## WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

Deutsche Hersteller von wasserwirtschaftlich relevanten Technologiesgütern verfügen über den weltweit größten Außenhandelsanteil und eine hochsignifikante Spezialisierung in allen Technikbereichen. Ihre auf den Export bezogene Leistungsfähigkeit kann heute ebenso wie vor 10 Jahren als hervorragend angesehen werden. Es gab zwar zwischenzeitlich leichte Verschiebungen zwischen den Technikbereichen, aber das Gesamtbild hat sich nicht nennenswert verändert. Als Hauptkonkurrenten lassen sich anhand der Welthandelsanteile (sowie des »Spezialisierungsindikators RCA«) China, USA, Japan und Italien identifizieren. Die wichtigste Zielregion deutscher Exporte hinsichtlich des bereits realisierten Volumens ist nach wie vor Europa, gefolgt von Asien und Nordamerika. Da in den beiden letztgenannten Regionen der Anteil der Importe aus Deutschland aber noch verhältnismäßig gering ist, ist das Potenzial für eine weitere Ausweitung der Exporte dort am größten.

## TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Ein anderes Bild ergibt sich bei der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, die anhand von Patentanmeldungen und Publikationen gemessen wird. Bis zur Jahrtausendwende war sie zwar recht hoch, stagniert aber seitdem bzw. ist in Relation zu den steigenden Aktivitäten anderer relevanter Länder sogar im Sinken begriffen. Obwohl dieser relative Rückgang in einzelnen Technikbereichen schon Anfang der 1990er Jahre begann und sich nach dem Jahr 2001 auf breiter Front verstärkt fortsetzte, hatte er bislang keinen negativen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produkte. Gerade im Kontext des internationalen Handels kann aber längerfristig nicht von einer solchen Entkopplung zwischen technologischer Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit ausgegangen werden.

Von den untersuchten Teilbereichen wasserwirtschaftlich relevanter Technologien weist Deutschland am Anteil der Patentanmeldungen und der entsprechenden Spezialisierung (relativer Patentanteil [RPA]), gemessen beim Wassertransport, der Wassernutzungseffizienz und der Wasseraufbereitung, die höchste Leistungsfähigkeit auf. Bei den innovativen Technologieansätzen treten auf Basis von Publikationen und Patentanmeldungen die dezentrale Wasserbehandlung und die Spurenstoffeliminierung besonders hervor. Insgesamt handelt es sich dabei um genau diejenigen Technikbereiche, die global die höchste Innovationsdynamik aufweisen.

---

## MARKTENTWICKLUNG

Der Investitionsbedarf in Infrastruktur weltweit ist enorm und könnte entsprechend aktueller Studien bis 2030 rund 2,5 Billionen Euro jährlich betragen, etwa



## ZUSAMMENFASSUNG

500 Mrd. Euro davon für die Wasserinfrastruktur. Diese Summen spiegeln lediglich den Bedarf zur Erhaltung und Modernisierung wider – die Kosten für einen weltweiten Ausbau und Anpassung der Systeme vor dem Hintergrund solcher Herausforderungen wie demografischer Wandel, Urbanisierung, Industrialisierung oder Klimawandel sind dabei kaum berücksichtigt. In vielen Entwicklungsländern müssen Wasserinfrastruktursysteme erst noch aufgebaut werden. Dagegen stehen in den Industrieländern der Erhalt, die Modernisierung und die Anpassung der Wasserinfrastruktur an neue Herausforderungen an erster Stelle. Es erscheint plausibel, dass mit zunehmendem Handlungsdruck der Wassersektor auf der politischen Agenda vieler Länder eine höhere Priorität erhalten und damit die internationale Investitionstätigkeit im Wassersektor ansteigen wird.

Die Analyse wichtiger Schwellenländer sowohl hinsichtlich der Situation der Wasserinfrastruktur als auch hinsichtlich der Dynamik bei der technologischen Leistungsfähigkeit zeigt deutliche Unterschiede:

- › In Brasilien wird der jahrzehntelangen Unterinvestition in den Infrastrukturaufbau seit Kurzem durch umfangreiche Investitionsprogramme begegnet. Das Volumen der für den Wassersektor bestimmten Tranchen zeigt jedoch, dass die Prioritäten bisher nicht im Wasserbereich liegen. Trotz einer Verzehnfachung des Anteils an der internationalen Patentaktivität liegt der Patentanteil bei unter 1 %. Gleichzeitig hat eine starke Steigerung der Patentspezialisierung auf den Wassersektor stattgefunden und auch die Publikationsdynamik übertrifft seit Mitte der 2000er Jahre den weltweiten Durchschnitt. Die USA, Deutschland und China decken zusammen mehr als 45 % der Importe für den Wassersektor. Zulasten von Deutschland konnte China seinen Anteil an den Importen Brasiliens seit 2008 stark ausweiten, während die USA weiterhin der wichtigste Außenhandelspartner bleiben.
- › In Russland sind seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion kaum Investitionen in die Wasserinfrastruktur getätigt worden, was sich heute durch einen desolaten Zustand der Systeme und eine generell bedenkliche Wasserqualität zeigt. Die aktuelle nationale Strategie für den Wassersektor enthält ehrgeizige Ziele und zu ihrer Erreichung ist eine starke Einbindung des Privatsektors in Vorbereitung. Trotz einer dauerhaft hohen Patentspezialisierung auf den Wasserbereich ist der Patentanteil Russlands seit Ende der 1990er Jahre leicht auf zurzeit unter 1 % gefallen. Die wichtigsten Importländer Russlands sind Deutschland, China und die USA, aus denen mehr als 40 % der dem Wassersektor zuordenbaren Importe eingeführt werden. Auch hier konnte China seine Stellung zulasten des wichtigsten Importpartners Deutschland stark ausbauen.
- › Indien ist durch umfangreiche Investitionsprogramme der Regierung zurzeit einer der stärksten Wachstumsmärkte für Wasserinfrastruktur. Zudem wird hier der geringen landwirtschaftlichen Wassernutzungseffizienz durch Investitionen Rechnung getragen. Der Patentanteil Indiens liegt momentan bei rund 1,25 % und konnte seit Anfang der 1990er Jahre kontinuierlich und in erheb-

lichem Umfang gesteigert werden. Auch ist in derselben Zeit der Sprung von einer negativen hin zu einer positiven Spezialisierung gelungen. Zudem liegt seit Beginn der 2000er Jahre die Publikationsdynamik oberhalb des internationalen Durchschnitts. Aus China, Deutschland und Italien importiert Indien mehr als 45 % der für den Wassersektor relevanten Güter. China konnte seit 2008 seine Position als wichtigster Außenhandelspartner stark ausbauen, besonders zulasten italienischer Importe. Als zweitwichtigster Handelspartner konnte Deutschland seinen Anteil an den indischen Importen seit 2008 behaupten.

- › Im chinesischen Wassersektor wird in den kommenden Jahren ein stabiles Wachstum von rund 10 % erwartet. Trotz einer leicht negativen Patentspezialisierung bei den Wassertechnologien konnte China seinen Patentanteil von 0,1 % zu Beginn der 1990er Jahre auf etwa 5 % sehr stark ausweiten. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich bei Betrachtung der Publikationsdynamik, die seit dem Jahrtausendwechsel den internationalen Durchschnitt sehr stark übertrifft. Neben Deutschland und den USA, aus denen China rund 40 % der Importe für den Wassersektor bezieht, tragen Japan und Südkorea zu rund 15 % der chinesischen Importe bei.
- › In Südafrika steht der Ausbau der nationalen Wasserinfrastruktur hoch auf der politischen Agenda, und bis Ende 2015 soll eine nationale Strategie erarbeitet werden, um den Herausforderungen adäquat zu begegnen. Generell gelten der mangelhafte Zustand und der unzureichende Ausbau der Infrastruktur als Hemmnis, um das wirtschaftliche Potenzial voll entfalten zu können. Aktuelle Investitionsprogramme sind allerdings stark auf den Energie- und Transportsektor ausgelegt. Der Patentanteil Südafrikas liegt seit Beginn der 1990er Jahre bei unter 1 % und sinkt seit dem Jahrtausendbeginn, trotz einer deutlichen Patentspezialisierung auf Technologien des Wassersektors. Auch die Publikationsaktivität ist vernachlässigbar gering. Neben Deutschland ist China der wichtigste Außenhandelspartner; die Importe aus beiden Ländern machen mehr als 30 % aus. China konnte auch hier seinen Importanteil seit 2008 zulasten Deutschlands etwas ausbauen.

Die Exportbedeutung der Entwicklungsländer für die Gruppe der Schwellenländer und Industrieländer ist in etwa gleich. Beide Gruppen führen momentan weniger als 5 % ihrer Exporte von wasserrelevanten Technologien in Entwicklungsländer aus (Ausnahmen: Südkorea und Russland). Die Exportanteile in Länder mit hohem mittlerem Einkommen lagen für die betrachteten Schwellen- und Industrieländer innerhalb einer Bandbreite von 5 bis 15 %. Seit dem Jahr 2002 ist die Bedeutung der Weltexporte in Entwicklungsländer nur in geringem Umfang von 5 auf 8 % gestiegen. Einen deutlich höheren Anteil machen dagegen die Exporte in Schwellenländer aus, die von rund 17 % im Jahr 2002 auf etwa 24 % im Jahr 2010 anstiegen. Während für Deutschland der Exportanteil von wassersektorrelevanten Technologien in Entwicklungsländer seit dem Jahr 2002 bei



weniger als 5 % liegt, verdoppelte sich der Anteil der Exporte in Schwellenländer seit dem Jahr 2002 von 12 auf 23 % im Jahr 2010.

Die internationale Entwicklungshilfe für den Wassersektor war von den Geberländern seit Anfang der 2000er Jahre von rund 2 Mrd. Euro auf mehr als 6 Mrd. Euro im Jahr 2011 verdreifacht worden. Der deutsche Anteil hieran lag 2011 bei etwa 14 %. Etwa die Hälfte der gesamten Hilfsleistungen war für den Auf- und Ausbau komplexer Wasserinfrastruktursysteme bestimmt, ein weiteres Drittel für die Einrichtung einfacher Systeme im Sinne der Erreichung der Millennium Development Goals (MDGs).

---

### INNOVATIONSSYSTEM DER WASSERWIRTSCHAFT

Zur Ableitung von Handlungsoptionen für die Entwicklung und Diffusion innovativer Technologien ist eine Analyse des Innovationssystems der Wasserwirtschaft notwendig. Wassertechnologien sind im Wesentlichen Umwelttechnologien, für die traditionell Anforderungen aus der Umweltgesetzgebung entscheidende Triebkräfte zur Umsetzung technischer Neuerungen darstellen. Vor dem Hintergrund der internationalen Dimension der Wasserproblematik, den Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturbereichen sowie globalen Veränderungen hinsichtlich des Handlungsdrucks und den sich daraus ergebenden Anpassungserfordernissen (Klimawandel mit relevanten Veränderungen der Niederschlagsmengen und deren Verteilung, Bevölkerungsentwicklung, zunehmende Wasserqualitätsprobleme) spielen neben der eigentlichen Umweltpolitik weitere Bereiche wie die Infrastruktur-, Außen-, Entwicklungs- und Forschungspolitik eine wichtige Rolle. Marktseitig wird das Innovationssystem vor allem durch die überwiegend kommunal organisierten und deshalb teilweise auch sehr kleinteilig strukturierten Wasserver- und Abwasserentsorger geprägt. Diese Strukturen können beispielsweise aufgrund der dadurch bedingten Informationsasymmetrien zwischen Management (Agent) und Entscheidern (politische Gremien bzw. Bevölkerung als Prinzipal) sowie begrenzten Wettbewerbsmöglichkeiten den Innovationsdruck reduzieren. Demgegenüber können diese öffentlichen Strukturen umweltfreundliche langfristige Innovationen auch erleichtern.

Neben den Ver- und Entsorgern spielen auf der Anwenderseite auch die Haushalte und die industrielle Wasserwirtschaft eine vor allem hinsichtlich der Akzeptanz und Übernahme innovativer Systeme wichtige Rolle. Zu berücksichtigen sind hier die technischen Besonderheiten der Wassertechnologien als Teil großer Infrastruktursysteme, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten, z.T. mit Nutzungsdauern von über 50 Jahren, bestehen. Die Umsetzung von Innovationen in solchen »trägen« Systemen ist besonders dann problematisch, wenn die damit verbundenen Änderungen Auswirkungen auf das Gesamtsystem besitzen. Große Bedeutung für das Funktionieren solch komplexer technischer Systeme haben Normen und technische Regelwerke, über die das Zusammen-

spiel der Einzelkomponenten festgelegt wird, über die aber gleichzeitig die Trägheit des Gesamtsystems noch verstärkt wird, soweit innovative Ansätze in diesen technischen Bestimmungen nicht zeitnah berücksichtigt werden.

Weitergehende Analysen wurden durchgeführt, um den Einfluss der öffentlichen Förderpolitik als eine wichtige Rahmenbedingung für das Innovationssystem der Wasserwirtschaft zu erfassen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Förderung im Bereich Forschung und der Investitionsförderung bei der Umsetzung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen, die in Deutschland traditionell eine große Bedeutung besitzt.

---

## FORSCHUNGSFÖRDERUNG IM BEREICH WASSER

Anhand verschiedener Datenbanken wurden Fördersummen sowie Projektzahlen und -strukturen der Forschungsförderung im Bereich Wasser ausgewertet. Durch das BMBF wurde in den letzten Jahren ein auf 5 Jahre angelegter Förderschwerpunkt »Nachhaltiges Wassermanagement« (NaWaM) im Rahmenprogramm »Forschung für nachhaltige Entwicklungen« (FONA) ins Leben gerufen, um Schlüsseltechnologien und Managementkonzepte themenübergreifend zu erforschen und die führende Position Deutschlands im Leitmarkt »Wassermanagement« zu stärken. Eine Auswertung des BMBF-Förderkatalogs hinsichtlich der seit 1990 vom BMBF geförderten Projekte im Wasserbereich zeigt deutliche Schwankungen der Fördersumme (zwischen 20 und knapp 70 Mio. Euro) und der Zahl der geförderten Projekte (20 bis 100 Projekte) pro Jahr. Die Fördersumme ist in den letzten Jahren nominal leicht angestiegen, real betrachtet über den gesamten Zeitraum seit 1990 jedoch deutlich zurückgegangen. Sehr deutlich erhöht hat sich der Anteil der Verbundprojekte (auf über 50 %) und der Projekte mit internationalem Bezug (2012 bei knapp 40 %) – zwei wichtige Entwicklungen vor dem Hintergrund der globalen Marktanforderungen und der komplexen Problemstellungen. Der Anteil der Fördersumme der wasserbezogenen Projekte an den Gesamtausgaben des BMBF in der Projektförderung hatte sich im Zeitraum von 2003 bis 2011 allerdings in etwa halbiert (auf ca. 1 %).

Die Auswertungen zu anderen Forschungsmittelgebern zeigen, dass weitere Ministerien (BMU, BMWi) sowie die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) in erheblichem Umfang Projektforschung im Bereich Wasser finanzieren. In der Summe liegen die vergebenen Fördermittel in der Größenordnung der BMBF-Förderung. Auch hier sind stärkere kurzzeitige Schwankungen bei den jeweiligen Fördersummen zu erkennen. Tendenziell sind die Mittel des BMWi in den letzten Jahren gestiegen, die der DBU dagegen zurückgegangen.

Eine übergreifende Abstimmung der Förderaktivitäten im Bereich Wasser in Deutschland könnte das Innovationspotenzial der Wasserforschung erhöhen.



Starke kurzzeitige Schwankungen der Fördersummen können für Forschungsinstitutionen schon aus organisatorischen Gründen zu erheblichen Problemen bei der Kontinuität der Arbeiten (z. B. bei drittmittelfinanzierten Stellen im Bereich der Universitäten) führen. Abgestimmte, längerfristige, jedoch regelmäßig zu aktualisierende Zielsetzungen könnten auch aus inhaltlicher Sicht die Arbeiten verstetigen und die Ausrichtung an den besonders relevanten Problemfeldern verbessern. Dies wird zukünftig auch deshalb an Bedeutung gewinnen, da auf europäischer Ebene insbesondere durch die neue, 2012 gestartete Initiative »European Innovation Partnership Water« Aktivitäten zur Innovationsförderung bzw. konkrete FuE-Maßnahmen zu erwarten sind, denen gegenüber Abstimmungen und Abgrenzungen auf nationaler Ebene notwendig sein werden.

---

### ÖFFENTLICHE FÖRDERUNG WASSERWIRTSCHAFTLICHER INFRASTRUKTURMASSNAHMEN

Der Rahmen für die Förderung von wasserwirtschaftlichen Infrastrukturmaßnahmen wird überwiegend durch die Bundesländer festgelegt. Ein wesentlicher Teil der Mittel, die in diesem Bereich eingesetzt werden, stammt aus der Abwasserabgabe, die zweckgebunden für Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wassergüte einzusetzen ist. Im Jahr 2008 lag das Abgabenaufkommen bei 254 Mio. Euro, was 5,5 % der Investitionssumme im Abwasserbereich entspricht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund unterschiedlicher Ausgangsbedingungen, aber auch sich deutlich unterscheidender Ermäßigungs- und Befreiungstatbestände das spezifische Aufkommen der Abgabe in den Bundesländern zwischen 0,70 und 12,50 Euro/Einwohner schwankt.

Die mit der Abwasserabgabe verbundenen Innovationswirkungen werden zum einen durch die direkten Anreize, die bei der Abgabenerhebung bestehen, verursacht, zum anderen durch die aus dem Abgabenaufkommen finanzierte Maßnahmenförderung. In manchen Bundesländern sind dazu in den Landesregelungen zur Abwasserabgabe gezielt Vorgaben formuliert, diese Mittel zur Förderung von innovativen Techniken oder Systemen einzusetzen. Teilweise sind in den Bundesländern auch Förderprogramme mit entsprechender Ausrichtung gestartet worden. Im Rahmen der vorgesehenen Novellierung der Abwasserabgabe könnten innovationsfördernde Aspekte eine deutlich stärkere Berücksichtigung finden. Ein wichtiger Ansatz zur stärkeren Förderung innovativer Techniken und Konzepte ergibt sich auch durch die zunehmenden Wechselwirkungen zwischen Wasser- und Energieinfrastruktur. So könnten beispielsweise innovative, die Energie- oder Ressourceneffizienz fördernde Wasserinfrastrukturmaßnahmen in Programme zur Reduktion von Klimagasemissionen aufgenommen werden.



---

## UNTERNEHMENSNETZWERKE IM BEREICH WASSERTECHNOLOGIEN

Vor dem Hintergrund der überwiegend klein- und mittelständisch strukturierten Wassertechnikbranche und der weitgehend kommunal organisierten Ver- und Entsorgungsunternehmen wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Initiativen gestartet, die unterschiedlichen Akteure stärker zu vernetzen. Übergreifende Zielsetzung ist die Stärkung der (internationalen) Wettbewerbssituation der Branche, indem beispielsweise integrierte Lösungskompetenzen angeboten werden, die Wissensbasis und der Erfahrungshintergrund erweitert sowie die Innovationskraft gestärkt wird. 2009 wurde, mit Unterstützung der Bundesministerien für Umwelt, Forschung, Entwicklung, Wirtschaft sowie dem Auswärtigen Amt, die »German Water Partnership« (GWP) als Netzwerk privater und öffentlicher Unternehmen, Fachverbände und Institutionen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung gegründet. Dieses Netzwerk ist inzwischen als Partner für die exportorientierte Wasserindustrie akzeptiert und auch international etabliert.

---

## LEITANBIETERPOTENZIAL VON DEUTSCHLAND

Die erwartete globale Marktentwicklung für Wassertechnologien eröffnet Exportchancen für die Anbieter dieser Technologien. Neben der preislichen Wettbewerbsfähigkeit werden Außenhandelserfolge insbesondere bei technologieintensiven Gütern auch durch den Qualitätswettbewerb bestimmt, so auch im Fall der Wassertechnologien. Dabei können diejenigen Länder am ehesten Leitanbieter auf den Exportmärkten werden bzw. längerfristig bleiben, die ein leistungsfähiges und ausdifferenziertes Innovationssystem aufgebaut und auf die Bedürfnisse des Weltmarktes abgestimmt haben. In der wissenschaftlichen Diskussion über »Leitmärkte« haben sich unterschiedliche Faktoren herauskristallisiert, die in einer Gesamtschau in ihrer Kombination analysiert werden müssen, um die Fähigkeit eines Landes, zukünftig als Leitanbieter auf den Weltmärkten aufzutreten, vergleichend beurteilen zu können. Folgende Faktoren wurden bewertet:

- > nachfrageseitige Marktkontextfaktoren,
- > angebotsseitige Marktkontextfaktoren,
- > technologische Leistungsfähigkeit,
- > Akteurs- und Systemstruktur,
- > Regulierung.

Bei den *nachfrageseitigen Marktkontextfaktoren* ist die frühzeitige Antizipation globaler Trends (Nachfragevorteil) sowie die Dynamik des heimischen Marktes hinsichtlich der Erzielung von großenbedingten Preisvorteilen zu beachten. Bezüglich des Nachfragevorteils nimmt Deutschland nach wie vor eine Vorreiterrolle in der Einführung von Neuerungen ein, insbesondere in Bereichen wie den Mikroschadstoffen, energieeffiziente Wassertechnologien und Konzepte sowie



## ZUSAMMENFASSUNG

dem Phosphorrecycling ein. Bezüglich des heimischen Marktwachstums ist eine eher durchschnittliche Entwicklung auszumachen, da einerseits zwar die Wasserinfrastruktursysteme bereits weitgehend erstellt sind, aber andererseits auch erheblicher Sanierungsbedarf und neue Anpassungserfordernisse an den Klimawandel und den demografischen Wandel bestehen.

Unter den *angebotsseitigen Marktkontextfaktoren* sind Transfer- und Exportvorteile zu bewerten. Aufgrund des mit dem Transfervorteil erfassten Bekanntheitsgrads deutscher Technologien und der Marktkenntnis der deutschen Hersteller hat Deutschland als führender Exporteur von Wassertechnologien eine sehr gute Ausgangsposition. Allerdings ist nicht nur die Höhe der absoluten Exporte, sondern auch ihre regionale Aufteilung von Bedeutung, um die vielfältigen, zwischen Exportzielländern durchaus unterschiedlich ausgeprägten Präferenzen und Anwendungsbedingungen im eigenen Produktportfolio zu reflektieren (Exportvorteil). Die räumliche Konzentration der deutschen Exporte auf die Zielländer entspricht bei den Wassertechnologien in etwa dem Durchschnitt aller Industriewaren. Allerdings exportiert Deutschland überwiegend in die EU-Staaten und andere OECD-Länder, d. h. nicht in die Staaten, in denen das große Wachstum des Wassertechnikmarktes zu erwarten ist. In der Gesamtbewertung der angebotsbezogenen Marktkontextfaktoren führt dies zu einem Gesamtergebnis zwischen sehr gut und gut.

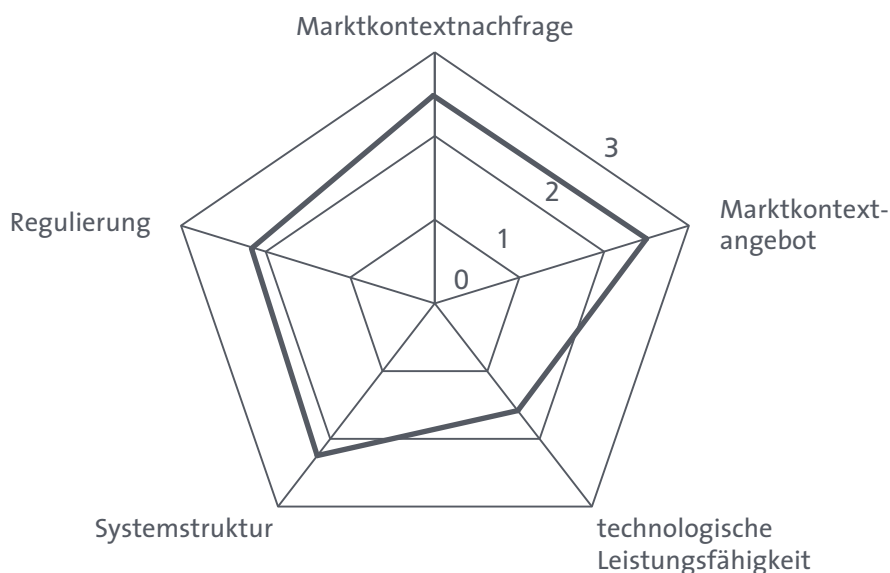
Zukünftige Außenhandelserfolge bei technologieintensiven Gütern setzen eine hohe *technologische Leistungsfähigkeit* voraus. Beim Patentanteil hat sich die Position Deutschlands in den vergangenen Jahren verschlechtert, inzwischen liegen die USA und Japan deutlich vor Deutschland. Hinzu kommt eine unterdurchschnittliche Spezialisierung bei den Patenten und Publikationen. Insgesamt wird die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands zwischen weniger gut und gut bewertet.

Die Verbesserung der eigenen Position im Qualitätswettbewerb setzt die Existenz von leistungsfähigen Akteuren und ihre intensive Vernetzung im Innovationssystem voraus. In Deutschland ist zwar die gesamte Wertschöpfungskette durch heimische Anbieter vertreten, aber im Vergleich zu ausländischen Konkurrenten sind kaum Systemanbieter vorhanden. Eine Verbesserung der Vernetzung zwischen den Anbietern ist in den letzten Jahren vermehrt in den Blick genommen worden, was auch in den Aktivitäten der »German Water Partnership« seinen Ausdruck findet. Bei den Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft spielen die Förderaktivitäten des BMBF eine wichtige Rolle. Hinsichtlich der Potenziale für Wissens-Spill-over aus komplementären Sektoren ist der Maschinenbau für die Wassertechnologien ein zentraler Akteur. Im internationalen Vergleich weist Deutschland traditionell einen sehr leistungsfähigen Maschinenbau und daher auch hohe Potenziale für Wissens-Spill-over auf. In der Gesamt-

schau aller Faktoren zur *Akteurs- und Systemstruktur* ist die Ausgangsposition daher als etwas besser als gut zu bezeichnen.

Innovationen hängen in vielfältiger Weise von den Anforderungen der *Regulierung* ab, die im Bereich der Wasserwirtschaft sehr stark die Herausbildung einer entsprechenden Nachfrage beeinflusst. In der Vergangenheit hatte Deutschland eine Vorreiterrolle bei der Initiierung von Anforderungen beispielsweise im Bereich der kommunalen oder industriellen Abwasserbehandlung. Der Schwerpunkt neuer Regulierungsansätze hat sich inzwischen jedoch stärker auf die EU-Ebene verlagert. In Teilbereichen der Wasserwirtschaft beispielsweise hinsichtlich des Umgangs mit Mikroschadstoffen oder der Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz kommt Deutschland jedoch immer noch eine wichtige Signalfunktion zu. Für die Beurteilung der Innovationswirkungen der Regulierung ist auch deren Stabilität und Vorhersehbarkeit entscheidend, die für Deutschland bisher als positiv einzustufen sind. Allerdings bestehen Unsicherheiten z. B. hinsichtlich von Detailregelungen, vor allem, wenn diese auch zwischen den Bundesländern mit deutlichen Unterschieden umgesetzt werden. Insgesamt kann Deutschland derzeit bezüglich der Regulierungskomponenten daher mit gut, mit Tendenzen hin zu sehr gut bewertet werden.

ABB. Z.1 GESAMTEINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN LEITANBIETERFÄHIGKEIT DEUTSCHLANDS BEI WASSERTECHNOLOGIEN



Eigene Darstellung

Aus der Übersetzung der qualitativen Einschätzung der Leitanbieterfähigkeit Deutschlands in eine Punkteskala – von 1 (weniger gut) bis 3 (sehr gut) – resultiert Abbildung Z.1. Während sich die angebots- und nachfrageseitigen Markt-



kontextfaktoren nach oben abheben und auch die system- und akteursbezogenen Elemente sowie die Regulierungsseite insgesamt noch etwas besser als gut eingeschätzt werden, fällt die technologische Leistungsfähigkeit demgegenüber ab. Bei diesem Faktor hat sich die Position Deutschlands seit 1990 signifikant verschlechtert. Dies legt die Interpretation nahe, dass die hervorragende Positionierung Deutschlands in der Vergangenheit sich zwar heute noch in beträchtlichen Exporterfolgen niederschlägt, dass aber die Erfolgsaussichten Deutschlands, auch in Zukunft als Leitanbieter auf den Weltmärkten auftreten zu können, schlechter geworden sind.

---

### SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN

Die Ergebnisse des Innovationsreports zeigen die hohe und weiter zunehmende Relevanz der Wasserthematik: Ansteigender Wasserbedarf, in bestimmten Regionen eine aufgrund des Klimawandels zurückgehende Wasserverfügbarkeit sowie erhebliche Beeinträchtigungen der Wasserqualität bewirken einen großen und weiter wachsenden Handlungsbedarf. Marktprognosen für Wassertechnologien gehen dementsprechend von einem hohen Gesamtvolumen mit deutlichen Wachstumsraten aus.

Dieser Markt ist derzeit eine der Stützen der deutschen Außenhandelserfolge. Aufgrund der jüngsten Entwicklung bei der technologischen Leistungsfähigkeit – deutlicher Rückgang des Anteils an Patentanmeldungen und Publikationen – ist allerdings zu befürchten, dass mittel- bis langfristig die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Hersteller zurückgehen und auch der Außenhandelsanteil abnehmen wird. Beeinflusst werden diese Entwicklungen durch globale Veränderungen des Marktes. Die Nachfrage wird sich stärker hin zu Schwellen- und Entwicklungsländern verschieben, verbunden mit einer Zunahme der Nachfrage nach innovativen und an die jeweiligen Randbedingungen angepassten Systemlösungen. Aufseiten der Anbieter bauen wichtige Schwellenländer wie China, Indien und Brasilien ihre Wissenskapazitäten deutlich aus und können zunehmend die sich neu entwickelnden Märkte bedienen. In Deutschland sind deshalb verstärkte Anstrengungen zur Förderung des Innovationssystems im Bereich der Wassertechnologien notwendig. Dies betrifft die Forschungsförderung, die entsprechend den Analysen langfristig gestärkt und verstetigt werden sollte. Gleichzeitig ist eine kontinuierliche inhaltliche Anpassung der Forschungsprogramme an die Handlungserfordernisse sowie eine Abstimmung der Aktivitäten der verschiedenen Fördermittelgeber erforderlich.

Die gezielte Förderung der Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis ist der zweite Ansatzpunkt zur Verbesserung des Innovationssystems. Hierzu zählt eine ausreichende Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft, aber auch eine enge Verzahnung der Umweltpolitik mit der Forschungsförderung. In die-

sem Zusammenhang sollte geprüft werden, ob die Einbeziehung des Wassersektors in die prioritären Bedarfsfelder der Hightech-Strategie gerechtfertigt wäre. Über die vorgesehene Neugestaltung der Abwasserabgabe ergibt sich außerdem die Möglichkeit, gezielt Anreize zur Förderung der Entwicklung und Umsetzung innovativer Konzepte zu geben.

Der dritte Ansatzpunkt ist die Stärkung und dauerhafte Unterstützung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, vergleichbar mit der in anderen Umwelttechnikbereichen (z. B. bei der Exportförderung im Bereich der erneuerbaren Energien). Aufbauend auf dem organisatorischen Rahmen der German Water Partnership (GWP) wurden konkrete Punkte identifiziert, die die Weltmarktorientierung des überwiegend mittelständischen deutschen Wassersektors deutlich verbessern könnten (z. B. zusätzliche Aktivitäten und Marktanalysen für Zielregionen, Beratungsprogramme vor allem hinsichtlich möglicher Finanzierungsinstrumente, Koordination übergreifender Maßnahmen). Demgegenüber müssten nachfrageseitig die weltweiten Anforderungen gezielt ausgewertet und die Ergebnisse einer solchen Analyse beispielsweise bei der Ausrichtung und Koordination der nationalen Forschungsaktivitäten eingebracht werden. Parallel könnte die besondere Rolle der KfW im Bereich internationaler Wasserprojekte genutzt werden, innovative Lösungen gezielt zu fördern und qualitativ hochwertige, nachhaltige Ansätze in größerem Umfang umzusetzen.



---

## EINLEITUNG

I.

Wasser ist Lebensgrundlage, Lebensraum und Standortfaktor zugleich. Die verfügbaren Ressourcen müssen daher bezüglich Quantität und Qualität ebenso effektiv wie umsichtig genutzt werden. Unter quantitativen Gesichtspunkten darf die Wasserentnahme die Erneuerungsrate nicht überschreiten. Mit Blick auf die Qualität erfordert ein weitsichtiges Management der Wasserressourcen die Vermeidung bzw. Elimination von Verschmutzungen.

Eine eingeschränkte Verfügbarkeit von sauberem Wasser birgt hohe gesundheitliche Risiken und stellt ein großes Hemmnis für die sozioökonomische Entwicklung dar. Die Verunreinigungen von Gewässern mit organischen Substanzen, Nährstoffen und Schwermetallen sowie den in den letzten Jahren verstärkt diskutierten organischen Mikroschadstoffen stellen große Herausforderungen für die Wasserwirtschaft dar. Viele dieser Stoffe sind persistent, teilweise bioakkumulativ und entfalten schon bei geringsten Konzentrationen eine schädliche Wirkung.

Außerdem sorgen sozioökonomische Faktoren dafür, dass sich die Wasserwirtschaft zusätzlichen Problemen und Herausforderungen stellen muss. Demografische Veränderungen und Industrialisierung, aber auch Klimawandel und Ressourcenverknappung verschärfen die Wasserproblematik. Weltweit werden die Märkte für wasserrelevante Technologien massiv wachsen. Dies führt zu einer Internationalisierung sowie einer Veränderung der Wettbewerbsvoraussetzungen. In den Entwicklungs- und Schwellenländern müssen funktionierende Wasserinfrastruktursysteme vielfach erst noch aufgebaut werden. Die Anstrengungen zur Erreichung der Millennium Development Goals (MDGs) im Wasserbereich müssen vor allem zur Verbesserung der Sanitärversorgung deutlich gesteigert werden. Allerdings ist es nicht ausreichend, Technologien zu exportieren: Diese sind an die jeweiligen Rahmenbedingungen anzupassen, und ein nachhaltiger Betrieb unter Aufbau entsprechender institutioneller Rahmenbedingungen ist notwendig. Wasserinfrastrukturen bestehen aus unterschiedlichen technischen, aber ganz wesentlich auch aus organisatorischen Komponenten. Es ist daher unerlässlich, die Wasserwirtschaft immer vor dem Hintergrund ihres sehr stark systemischen Charakters zu betrachten.

In dieser Situation kommt dem Innovationsprozess bei den Wassertechnologien besondere Bedeutung zu, sowohl hinsichtlich der künftigen Nutzung des bestehenden Entwicklungspotenzials auf der einzeltechnischen als auch auf der konzeptionellen Ebene. Und mit Blick auf einen Technologietransfer spielt die Bereitschaft dazu, Technologiekooperationen einzugehen, und die technologische Leistungsfähigkeit der einzelnen Länder eine wesentliche Rolle.



## I. EINLEITUNG

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel des TAB-Projekts, anhand folgender fünf Schritte die Herausforderungen und notwendigen Innovationsprozesse auf dem Weg hin zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft zu untersuchen:

*Herausforderungen und Trends:* Es werden die Herausforderungen herausgearbeitet, denen sich die Wasserwirtschaft aktuell zu stellen hat. Behandelt werden dabei sowohl quantitative als auch qualitative Aspekte. Es wird dabei unterschieden zwischen den weltweiten Entwicklungen einerseits sowie den Entwicklungen auf europäischer und nationaler Ebene andererseits.

*Innovationsdynamik und technologische Leistungsfähigkeit:* Mithilfe von Innovationsindikatoren werden relevante Technologien für Deutschland, die OECD-Länder sowie wichtige Schwellenländer untersucht. Anschließend wird die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands international vergleichend analysiert.

*Internationale Dimension und Marktentwicklungen:* Ausgehend von den Abschätzungen für die Entwicklungen des weltweiten Wassermarkts wird anhand der Innovationsindikatoren für die Schwellenländer untersucht, inwieweit bereits ein Aufbau, der Fähigkeit, sich externes Wissen zu erschließen, stattgefunden hat, der Voraussetzung für einen erfolgreichen Technologietransfer ist. Für die Gruppe der Entwicklungsländer können anhand der Importzahlen Aussagen zur Marktentwicklung getroffen werden.

*Bedingungen für Entwicklung und Diffusion neuer Technologien:* Aufbauend auf der Beschreibung der Bedingungen für die Entwicklung und Diffusion neuer wasserrelevanter Technologien wird das vorhandene Innovationssystem genauer analysiert. In Anlehnung an parallele Arbeiten zu anderen Bedarfsfeldern (z. B. Energie) wird darauf aufbauend untersucht, wie das Potenzial von Deutschland als Leitanbieter im Bedarfsfeld Wasser einzustufen ist.

*Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen:* Abschließend werden Handlungsoptionen zur Verbesserung des Innovationssystems und des Technologietransfers herausgearbeitet.





---

## TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG UND DES WASSERVERBRAUCHS II.

---

### WASSERANGEBOT UND -BEDARF 1.

Im Folgenden werden der aktuelle Stand und zu erkennende Entwicklungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit und des Wasserbedarfs auf globaler (Kap. II.1.), europäischer (Kap. II.1.2) und deutscher (Kap. II.1.3) Ebene beschrieben.

---

### GLOBALE PERSPEKTIVE 1.1

---

#### GLOBALES WASSERANGEBOT 1.1.1

Mindestens 96,5 % der global vorhandenen Gesamtmenge an Wasser, die seit Entstehung der Erde unverändert im natürlichen Wasserkreislauf zirkuliert, bedeckt als Salzwasser zwei Drittel der Erdoberfläche. Weitere 2,5 % sind permanent in Form von Eis, vorwiegend in den polaren Eisdecken und in Gletschern gebunden und – trotz ihrer Frischwasserqualität – aufgrund ihrer geografischen Lage nicht von unmittelbarem Nutzen für den Menschen. Es verbleibt ein Bruchteil von weniger als 1 % der Wassergesamtmenge, der unmittelbar als Oberflächen- und Grundwasser durch den Menschen genutzt werden kann (Cosgrove/Cosgrove 2012).

Schätzungen zufolge liegen die für den Menschen nutzbaren Wasserreserven zu 90 % unterirdisch in Form von Grundwasserleitern vor. Die verbleibenden 10 % der Frischwasserreserven, etwa ein Zehntausendstel der globalen Wassermenge, fließt als Oberflächengewässer in Flüssen und Seen (Boswinkel 2002; Shiklomanov/Rodda 2003; UNEP 2008).

Die regional stark unterschiedliche Ausprägung einer Vielzahl von Faktoren – meteorologische, topografische und hydrologische Gegebenheiten – ist ausschlaggebend für die lokalen Niederschlagsmengen und Verdunstungsraten. Beide Parameter bestimmen die Wasserbilanz einer Region, d. h. die Erneuerungsrate des Grund- und Oberflächenwassers und damit die lokal verfügbare Wassermenge. Das Spektrum der lokalen Wasserverfügbarkeit als Resultat des hochkomplexen Klimasystems lässt sich anhand von zwei Beispielen gut darstellen:

- › Jordanien liegt in der Grenzregion des afrikanischen und des asiatischen Kontinents zwischen Israel, Saudi-Arabien, Syrien und dem Libanon. Auf mehr als 80 % der Landoberfläche Jordaniens fallen weniger als 100 l/m<sup>2</sup>/Jahr Niederschlag, auf mehr als 98 % der Fläche weniger als 500 l/m<sup>2</sup>/Jahr. Etwa 94 %



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

der jährlichen Niederschlagsmenge verdunstet, bevor sie zuerst als Bodenfeuchte im Ökosystem für die Natur nutzbar wird und schließlich in einem der drei großen Flüsse, die zusätzlich Wasser aus anderen Ländern herbeiführen, abfließen kann oder das Grundwasser erneuert (Hadadin et al. 2010).

- › In Deutschland fallen im langfristigen Mittel etwa 750 l/m<sup>2</sup>/a Niederschlag, wovon im Mittel etwa 60 % wieder verdunsten. Innerhalb Deutschlands sind die regionalen klimatischen Wasserbilanzen sehr verschieden, sodass im Alpenraum und in den Mittelgebirgen wesentlich mehr Niederschlag fällt als verdunstet, während sich dieses Verhältnis vor allem in Ostdeutschland umkehrt. Zudem sind etwa 4 % der Oberfläche Deutschlands Wasserfläche. Zusätzlich führen die Flüsse aus den Nachbarländern mehr Wasser nach Deutschland hinein als aus Deutschland heraus (Hirschfeld et al. 2014; Zebisch et al. 2005).

Mit dem Ziel, die lokale Wasserverfügbarkeit international unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren vergleichen zu können, wurden mehrere Wasserknappheitsindikatoren entwickelt. Brown/Matlock (2011) nehmen eine Kategorisierung entsprechend der zur Berechnung verwendeten Methoden vor:

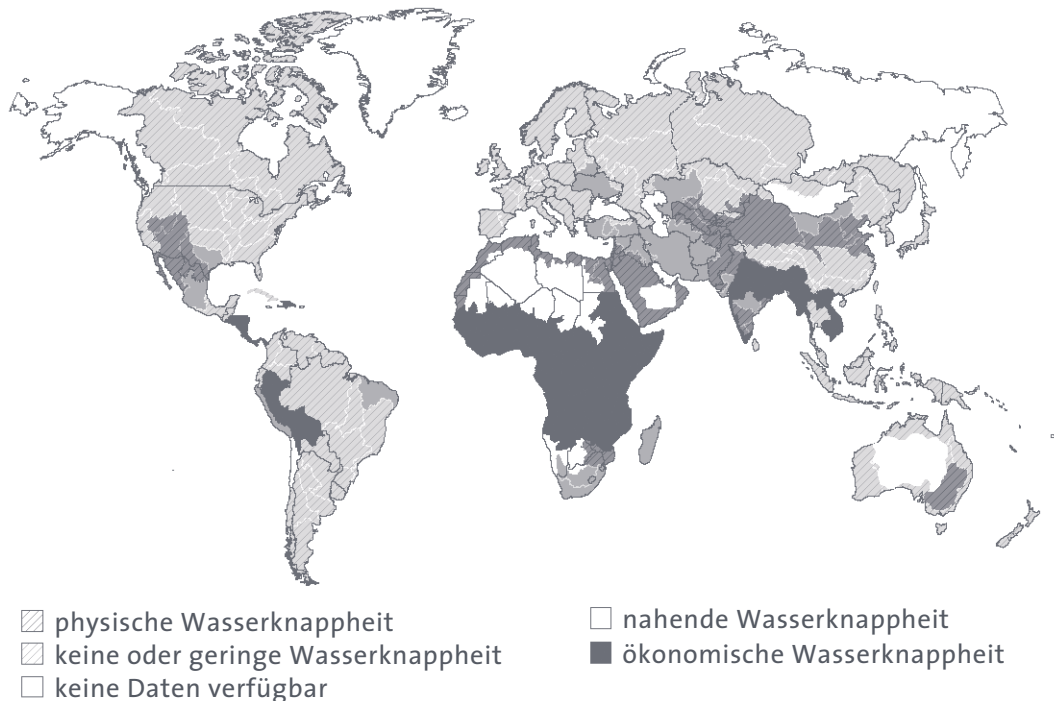
- › Ermittlung, in wie weit die verfügbaren Wasserressourcen in einem Land ausreichen, um den menschlichen Wasserbedarf zu decken (Falkenmark et al. 1989; Gleick et al. 1994; Ohlsson 2000; Yang et al. 2003);
- › Grad der Gefährdung der national vorhandenen, ober- und unterirdischen Wasserressourcen als Folge der menschlichen Nachfrage (Chaves/Alipaz 2007; IWMI 2007; McNulty et al. 2010; Raskin et al. 1997; Shiklomanov 1998; Sun et al. 2008);
- › Auswirkung der konkurrierenden Nachfrage des Menschen und der Ökosysteme, die durch ihre Wasserspeicherfähigkeit essenzieller Bestandteil der Wasserressourcen sind, auf die Wasserverfügbarkeit (Smakhtin et al. 2004).

Nach der zweiten Methode unterscheidet IWMI (2007) eine physische Wasserknappheit, die in Einzugsgebieten herrscht, in denen mehr als 75 % des Oberflächenwassers vom Menschen entnommen werden, und eine ökonomische Wasserknappheit in Regionen, in denen weniger als 25 % der entnommenen Wassermengen für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung verwendet werden (Abb. II.1). Wasserknappheit als Folge der menschlichen Übernutzung der bestehenden Ressourcen ist besonders in Asien und Afrika sowie in einigen Regionen Amerikas ein Problem. Die menschliche Wasserentnahme hat in vielen Regionen der Welt die Kapazität des natürlichen Wasserangebots bereits erreicht. In diesen Fällen kann eine Reduktion des Wasserstress demnach nicht durch eine Ausweitung des Wasserangebots erfolgen. Vielmehr sind eine nachhaltige Bewirtschaftung der vorhandenen Ressourcen und eine effizientere Nutzung auf der Nachfrageseite nötig, um weitreichende Folgen für das Ökosystem zu vermeiden.



ABB. II.1

## EINZUGSGEBIETE NACH URSACHE DER WASSERKNAPPHEIT



Quelle: IWMI 2007

## GLOBALER WASSERBEDARF

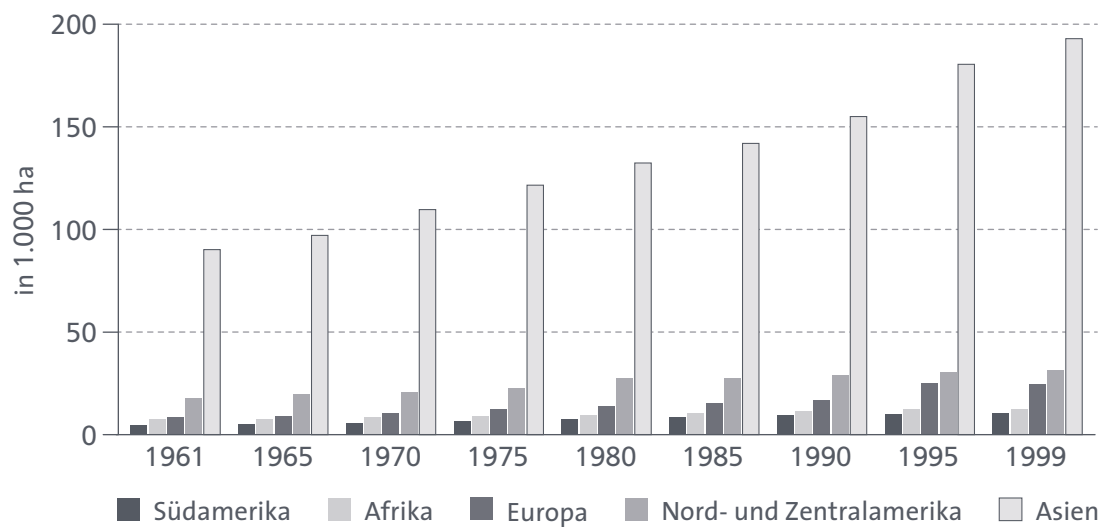
## 1.1.2

Seit 1960 hatte sich die Weltbevölkerung von 3 auf 7 Milliarden im Jahr 2011 mehr als verdoppelt, während sich gleichzeitig das globale BIP verzehnfachte (2030 Water Resources Group 2009). Infolge dieses globalen Wachstums erhöhte sich der Bedarf an Wasser im 20. Jahrhundert um das Sechs- bis Achtfache (BMU 2012; Messner 2009). Mit insgesamt 4.000 bis 4.400 km<sup>3</sup> jährlich überstieg die globale Wassernachfrage seit einigen Jahren das verlässliche und zugängliche Wasserangebot um etwa 7 % (Messner 2009; 2030 Water Resources Group 2009;). Drastisches Beispiel für diese Entwicklung ist der zweitgrößte Strom Chinas, der Gelbe Fluss, der infolge der raschen Industrialisierung des Landes in den 1990er Jahren mehrmals durch Überentnahme am Flussoberlauf zu einem Rinnsal verkümmerte und zeitweise das Meer nicht mehr erreichte. In Starkregenperioden kann es dagegen zu folgenreichen Überschwemmungen kommen (Hu et al. 2007; Kusuda 2009; NZZ 2006).

Auf die Landwirtschaft entfällt mit 70 % der Hauptanteil des globalen Wasserbedarfs. In einigen Ländern Afrikas sowie Zentral- und Südasiens liegt dieser Anteil sogar bei mehr als 90 % (FAO 2012, S. 39). Ausschließlich durch Regen bewässerte landwirtschaftliche Flächen machen etwa 80 % der weltweit land-

wirtschaftlich genutzten Fläche aus. Auf ihnen werden etwa 60 % der weltweit produzierten Nahrungsmittel angebaut. Auf den verbleibenden 20 % der weltweit landwirtschaftlich genutzten Fläche, die künstlich bewässert werden können, werden etwa 40 % der globalen Nahrungsgrundlage angebaut. Wie in Abbildung II.2 gezeigt, wurde seit den 1960er Jahren die künstlich bewässerte landwirtschaftlich genutzte Fläche weltweit verdoppelt, in Europa sogar verdreifacht (Siebert et al. 2010).

ABB. II.2 BEWÄSSERTER LANDWIRTSCHAFTLICHE FLÄCHE



Quelle: Gleick 2010

Die für die Ausübung menschlicher Aktivitäten benötigten Wassermengen werden zurzeit zu 26 % aus Grundwasser bezogen; dieser Anteil steigt um rund 1 bis 2 % jährlich (WWAP 2012a, S. 84). Die größtenteils ungesteuerte Erschließung von Grundwasserkörpern für landwirtschaftliche Zwecke in der letzten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde auch als »stille Revolution« bezeichnet (Llamas/Martínez-Santos 2005). Diese Entwicklung resultierte aus der Summe unzähliger marktgetriebener Einzelentscheidungen mit dem Ziel der Steigerung der Ernteerträge, motiviert durch die verlässlichere Verfügbarkeit von Grundwasser im Vergleich zu Regen. Zurzeit wird für die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen vor allem in Indien, China und den USA Grundwasser verwendet – Gebiete, die deckungsgleich mit den in Abbildung II.1 gezeigten Regionen existierender oder nahender Wasserknappheit sind. In der Landwirtschaft sind für die Produktion der individuellen täglichen Nahrungsmenge etwa 3.000 l Wasser nötig, das heißt etwa 1 l pro kcal (IWMI 2007). Lediglich etwa 1 bis 2 % dieser Menge, also 2 bis 5 l, benötigt der Mensch täglich als Trinkwasser.



Für industrielle Zwecke werden weltweit etwa 20 % des gesamten Wasserbedarfs verwendet. Insbesondere in den Schwellenländern hat seit den 1960er Jahren die industrielle Entwicklung rapide zugenommen. Mit zunehmender Industrialisierung mehrt sich auch der Wohlstand der Bevölkerung durch steigende Einkommen, was wiederum zu einer Zunahme des Konsums an »wasserintensiven« Nahrungsmitteln, insbesondere zu einem höheren Fleischanteil in der Nahrung führt (dbresearch 2010). Mit dieser Entwicklung steigt auch der Wasserbedarf der Schwellenländer, u. a. um die zunehmende, wesentlich wasserintensivere Fleischproduktion stützen zu können (dbresearch 2010). Ähnlich dem Zusammenhang zwischen Industrialisierung und Wasserbedarf können noch weitere Effekte beschrieben werden. So gehen steigende Einkommen und damit ein wachsendes Wohlstandsniveau mit einem erhöhten Bedarf an Wasser für die Energieerzeugung einher. Eine weitere wasserrelevante Folge rapider Industrialisierung ist ein Verlust von Ökosystemen durch die Urbarmachung von Naturflächen für die Landwirtschaft, die Umnutzung von Land für Rohstoffabbau, Abfallwirtschaft und eine Vielzahl industrieller Aktivitäten. Natürliche Ökosysteme sind wichtige Wasserspeicher – ihr Zurückdrängen bedeutet häufig den Verlust ihrer Wasserspeicherkapazitäten, wodurch das natürliche Wasserangebot eingeschränkt wird (UNEP 2012, S. 102).

Die hohe Nachfrage nach ausreichend und qualitativ hochwertigem Wasser wurde bereits früh durch die Akteure wasserintensiver Wirtschaftszweige, darunter die Landwirtschaft, die Getränkeindustrie, die Energiewirtschaft, ferner der Bergbau, die Chemie- und Pharmaindustrie sowie die Papier-, Zellstoff- und Textilindustrie, als systemisches Risiko erkannt. Diese Einsicht fließt weltweit zunehmend, inzwischen auch in weniger wasserintensiven Wirtschaftszweigen, in Investitionsentscheidungen ein (Barton et al. 2011). Unternehmen mit hohem Wassereinsatz oder mit besonderen Ansprüchen an die Wasserqualität sind zunehmend damit beschäftigt, die Auswirkungen ihrer Tätigkeit auf die aquatische Umwelt zu analysieren und strategische Entscheidungen zum Schutz der Wasserressourcen zu treffen (Barton et al. 2011). Aus diesem Grund ist für umwelt- und ressourcenintensive Produktionsschritte mit negativen Umweltfolgen ein Auslagerungstrend in Schwellen- und Entwicklungsländer zu beobachten, teilweise auch bedingt durch eine Forcierung der Umweltgesetzgebung in den Industrienationen.

Um der Wasserkrise mit ihren vielen Dimensionen auf der internationalen Agenda höchste Priorität zuzuordnen, benannte die UN das Jahrzehnt von 2005 bis 2015 als die Dekade »Water for Life«. Durch die UN Resolution 64/292 von 2010 wurden die MDGs für den Wasserbereich zu einem Menschenrecht auf Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung erklärt. Im Rahmen des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung in New York im Jahre 2000 hat sich die internationale Staatengemeinschaft ehrgeizige Ziele gesetzt und mit ihnen auch das Thema Wasser, besonders die Trinkwasserversorgung, als eine der zentralen Herausfor-

derungen für das 21. Jahrhundert deklariert. In der weiteren Ausarbeitung der MDGs in Johannesburg im Jahr 2002 wurde unter anderem avisiert, bis 2015 den Anteil der Weltbevölkerung, der keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser hat, zu halbieren (hinsichtlich des MDG im Bereich Abwasserentsorgung siehe Kap. II.2.1). In diesem Zusammenhang wurden seit 1990 weltweit 2 Mrd. Menschen, die Hälfte davon in Indien und China, an eine verbesserte, vor einer Kontamination von außen geschützte Trinkwasserversorgung angeschlossen. 2012 wurde offiziell die Erreichung dieses MDG für das Jahr 2010 (UNICEF/WHO 2012) bekanntgegeben. Auch wenn dieser Erfolg einen Meilenstein darstellt, besteht nach wie vor Handlungsbedarf: Denn 8 % der Weltbevölkerung (über 550 Mio. Menschen) beziehen weiterhin ihr Trinkwasser aus handgegrabenen Brunnen, Quellen oder über Tankfahrzeuge. Weitere 187 Mio. Menschen entnehmen Trinkwasser direkt Flüssen, Seen, Teichen oder Bewässerungskanälen, die nicht vor Schadstoffeinträgen aus der Luft, durch Bodenabschwemmungen oder vor Einleitungen unzureichend geklärter Abwässer geschützt sind. Ein Großteil dieser Menschen lebt in den am wenigsten entwickelten Ländern. Besondere Brennpunkte stellen Ozeanien, Afrika südlich der Sahara, Süd- und Südostasien dar, in denen weniger als 30 % der Bevölkerung über leitungsgebundene Wasserinfrastruktur versorgt werden (UNICEF/WHO 2012). Wie Liu/Yang (2012) zeigen, leiden beispielsweise in China trotz der erzielten Fortschritte zwei Drittel der chinesischen Städte unter Wasserknappheit, und weitere 300 Mio. Bewohner ländlicher Regionen in China sind weiterhin ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser.

Die rasch voranschreitende Urbanisierung stellt neben anderen Sektoren auch den Wassersektor vor bisher ungelöste Aufgaben der Trinkwasserversorgung und besonders der Abwasserentsorgung (UN-HABITAT 2003, S. 113). Während 1960 noch der überwiegende Teil der Bevölkerung (etwa 70 %) auf dem Land lebte, stellte die städtische Bevölkerung im Jahr 2007 bereits mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung, wobei jeder dritte Stadtbewohner in Slums wohnte, d. h. in informellen Siedlungen, die meist ohne weitere administrativ vorgegebene Ordnung im Randbereich von urbanen Zentren entstehen. Besonders in Ländern Afrikas südlich der Sahara und in Süd- und Zentralasien nimmt diese Siedlungsform rapide zu (UN-HABITAT 2003, S. 15 f.), wodurch vermehrt urbane Zentren mit 10 oder mehr Mio. Einwohnern entstehen. Mit diesem rasanten Bevölkerungswachstum konnte der Ausbau leitungsgebundener Wasserinfrastruktur nicht mithalten.

In einer strukturierten Befragung von 200 Experten durch Cosgrove/Cosgrove (2012) konnten insgesamt zehn Faktoren identifiziert werden, die maßgeblich die dem Wasserkreislauf entnommenen Mengen bestimmen. Nach heutigem Kenntnisstand ist zu erwarten, dass die in Tabelle II.1 zusammengestellten Faktoren entscheidenden Einfluss auf Angebot an und Nachfrage nach Wasser und

damit auf die Funktion des natürlichen Wasserkreislaufs haben werden. Zwischen den Subfaktoren und damit auch den Hauptfaktoren herrschen starke Wechselwirkungen, wodurch eine trennscharfe Abgrenzung der Faktoren voneinander nicht möglich ist (Cosgrove/Cosgrove 2012).

TAB. II.1 EINFLUSSFAKTOREN FÜR DEN WASSERSEKTOR

Hauptfaktoren	Subfaktoren
demografische Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bevölkerungswachstum und Altersstruktur</li> <li>&gt; Lebenserwartung als Folge medizinischen Fortschritts</li> <li>&gt; Bevölkerungsmobilität und Migrationsbewegungen</li> <li>&gt; Urbanisierung und Landflucht</li> </ul>
wirtschaftliche Umbrüche	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Verhältnis zwischen Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch</li> <li>&gt; Geschwindigkeit des Wirtschaftswachstums</li> <li>&gt; ökonomische Verzahnung und internationale Abhängigkeiten</li> <li>&gt; Preisrelationen von Ressourcen wie Wasser, Nahrungsmitteln und Energie</li> </ul>
technologischer Fortschritt	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Prognose- und Vorhersagegenauigkeit</li> <li>&gt; Energie- und Ressourcenverfügbarkeit und -effizienz</li> <li>&gt; Umsetzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse</li> </ul>
Wasserressourcen	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Verfügbarkeit sowie thermischer, biologischer und chemischer Zustand</li> <li>&gt; Nachfrage aus Landwirtschaft, Haushalten sowie Industrie und ihre Entwicklung</li> <li>&gt; Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Größe und Funktion der Ökosysteme</li> </ul>
Wasserinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Zustand (Sanierungsbedarf) und Adaption der bestehenden Wasserinfrastruktur</li> <li>&gt; Erschließung neuer Frischwasserressourcen, Wassertransfer zwischen Einzugsgebieten</li> <li>&gt; Herausforderungen im Bereich Hochwasserschutz, Kanalisation, Bewässerung und Dürre</li> <li>&gt; Sanierung und Adaption der bestehenden Wasserinfrastruktur</li> </ul>
Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Häufigkeit extremer Wetterereignisse (Starkregen, Überschwemmungen, Starkwinde, Dürreperioden)</li> <li>&gt; Veränderung hydraulischer Parameter (Niederschlagsmengen, Regenhäufigkeit, Wasserreservoirs, Oberflächengewässer und Verdunstungsmengen) und die Auswirkungen auf Oberflächengewässer und Grundwasserleiter</li> <li>&gt; Niveauveränderungen des Meeresspiegels durch wärmebedingte Wasserausdehnung und Schmelzwasserzufuhr</li> <li>&gt; Eindringen von Salzwasser in küstennahe Ökosysteme und Grundwasserkörper</li> <li>&gt; Wanderverhalten der Spezies und Eindringen fremder Arten</li> </ul>



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

Hauptfaktoren	Subfaktoren
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Veränderung der Flächennutzung und der landwirtschaftlichen Wassernutzungseffizienz und Grundwassernutzung</li> <li>&gt; Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln</li> <li>&gt; Bodenerosion und Degradierung</li> <li>&gt; Auswirkungen auf natürliche Ökosysteme</li> </ul>
soziale, kulturelle und ethische Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Armutsverteilung und Chancengleichheit</li> <li>&gt; Veränderung kultureller, spiritueller, ethischer und religiöser Werte und damit des Lebensstils und des Konsumverhaltens</li> <li>&gt; Präferenzen hinsichtlich Wasser, Nahrung und Umweltqualität</li> <li>&gt; Anzahl der Menschen ohne Zugang zu Wasser, Bildung, medizinischer Versorgung und zum Arbeitsmarkt</li> <li>&gt; Zielkonflikte zwischen Nahrungsmittelunabhängigkeit und Nahrungssicherheit</li> </ul>
Institutionen, Gesetzgebung und Regulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Erstellung, Integration und Harmonisierung der Wasserstrategien und Wasserpolitik</li> <li>&gt; Reaktive oder proaktive Entscheidungsfindung</li> <li>&gt; Internationale Zusammenarbeit und Informationsaustausch</li> <li>&gt; Einbindung von Interessengruppen und des privaten Sektors in die Erfüllung öffentlicher Aufgaben</li> <li>&gt; Effizienz und Effektivität des Wassermanagements</li> <li>&gt; Anpassung und Verteilung der Subventionen, Wassertarife und nicht tarifärer Kosten (Bspw. zusätzlicher Zeitaufwand für die Bevölkerung zur Beschaffung von Trinkwasser, in Fällen in denen die öffentliche Versorgung qualitativ nicht für den Verzehr geeignetes Wasser bereitstellt.)</li> <li>&gt; Korruptionsbekämpfung und Konfliktlösung</li> </ul>
Politik	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; globales Kräftegleichgewicht, zunehmende Multipolarität der Staatengemeinschaft und geopolitische Auswirkungen</li> <li>&gt; Definition und Umsetzung internationaler politischer Ziele im Bereich der Entwicklungshilfe</li> <li>&gt; Entwicklung neuer Staatsformen und Entscheidungsfindungsmechanismen</li> </ul>

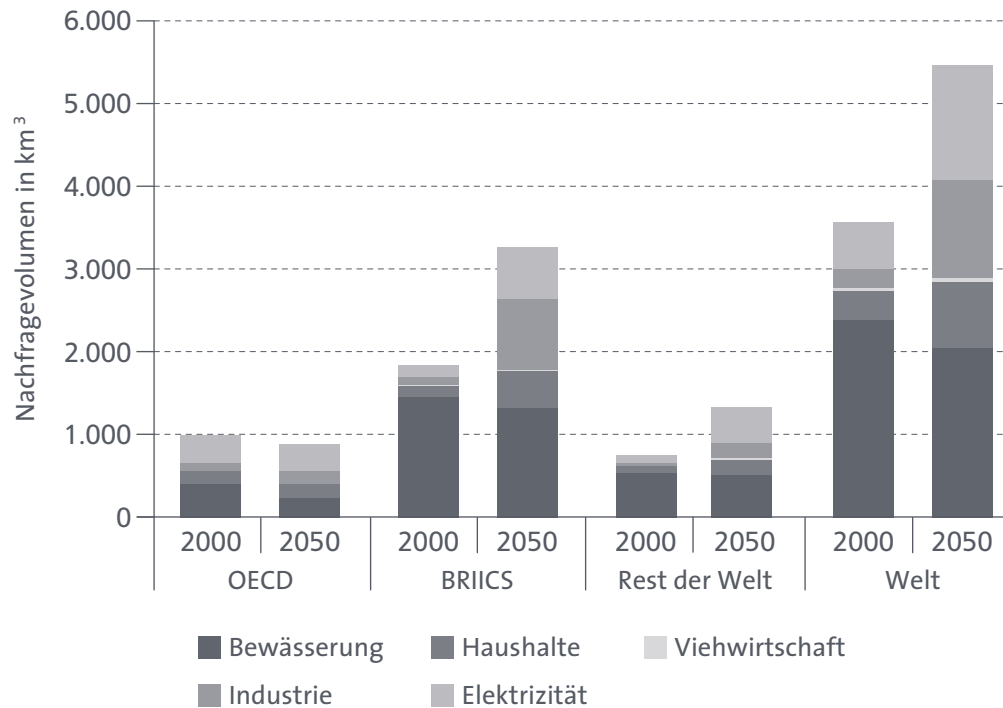
Quelle: nach Cosgrove/Cosgrove 2012

Nach verschiedenen Nachfragearten untergliedert, zeigt Abbildung II.3 ein mögliches Szenario der Wassernachfrage im Jahr 2050 (OECD 2012, S. 248). Weltweit wird danach eine Zunahme der Wassernachfrage um 60 % der im Jahr 2000 entnommenen Menge in den kommenden Jahrzehnten erwartet. In den OECD-Ländern wird generell mit einer Abnahme der Wassernachfrage gerechnet, während besonders in den Schwellenländern Brasilien, Russland, Indien, Indonesien, China und Südafrika (BRIICS) eine steigende Wassernachfrage, in direkter Verbindung mit steigendem Elektrizitäts- und Nahrungsbedarf sowie einer rasch voranschreitenden Industrialisierung, erwartet wird. Auch im Rest der Welt – hierunter sind die Entwicklungsländer subsumiert – werden die Folgen des Bevölke-



rungswachstums und der Industrialisierung als treibende Kraft der Wassernachfrage gesehen.

ABB. II.3 SZENARIEN DER WASSERNACHFRAGEENTWICKLUNG



Quelle: OECD 2012, S.248

Wie IPCC (2007) zeigte, ist die menschliche Aktivität, spätestens seit der industriellen Revolution und insbesondere durch die Verbrennung fossiler Energieträger, die Hauptursache für die globale Erwärmung. Seit etwa 1970 hat die wirtschaftliche Aktivität weltweit zudem stark zugenommen und damit auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre, sodass ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um mehr als 2 °Celsius als wahrscheinlich gilt. Die bereits eingetretenen und in der Zukunft zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Qualität und Menge des für den Menschen zur Verfügung stehenden Süßwassers sind durch IPCC (2008) dokumentiert und können grob in folgende Kategorien unterteilt werden:

- > starker Rückgang der in Form von Gletschern, Schneedecken, Permafrostböden und polarer Eisdecke gebundenen Frischwasserreserven durch verlängerte Schmelzperioden;
- > signifikante Zunahme der Wassermengen in Flüssen in einigen Weltregionen und signifikante Abnahme in anderen Weltregionen, die jeweils im regionalen Kontext auf beobachtbare Veränderungen des Klimas zurückgeführt werden



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

können (ein einheitliches Muster in diesen Entwicklungen ist jedoch weltweit nicht erkennbar);

- › Erwärmung der globalen Frischwasserreserven in Flüssen, Seen und Grundwasserkörpern als direkte Folge zunehmender Sonneneinstrahlung und Umgebungstemperaturanstieg mit direkten Auswirkungen auf die Flora und Fauna der aquatischen Umwelt (thermische Belastung); zudem eine Zunahme der Konzentrationen von chemischen Schadstoffen in Wasserkörpern und eine wärmebedingte verschlechterte Durchmischung der Wassermengen und damit der chemischen Bestandteile in den Wasserkörpern.

Als direkte Folge dieser klimatischen Einflüsse auf den Wasserkreislauf ist in den vergangenen Jahrzehnten international eine Häufung von Überflutungen und Dürreperioden zu beobachten. In der Zukunft wird der fortschreitende Klimawandel einen starken Einfluss auf die Niederschlagsmengen, die Niederschlagshäufigkeit und durch einen Anstieg der Umgebungstemperatur auch auf die Verdunstungsraten haben, wodurch der natürliche Wasserkreislauf in seiner Funktion weiter verändert wird. Im Ergebnis wird dies zu einer Zunahme der Häufigkeit und der Auswirkungen von Überflutungen und Dürren führen sowie zu einer generellen Abnahme des für den Menschen verfügbaren Frischwassers und seiner thermischen, chemischen und biologischen Qualität (IPCC 2008, S. 3).

International verdichten sich die Anzeichen in vielen Regionen dafür, dass zunehmender Wasserbedarf, verschärfte Konkurrenz zwischen Landwirtschaft, Industrie und Haushalten um das Wasserangebot auf der einen Seite und die Veränderung der klimatischen Rahmenbedingungen auf der anderen Seite zu akuter Wasserknappheit führen können und somit eine sehr ernst zu nehmende Herausforderung bereits darstellen bzw. darstellen werden (2030 Water Resources Group 2009; Alcamo et al. 2000; Barton et al. 2011; 2012; Hoekstra 2011; UNEP 2012).

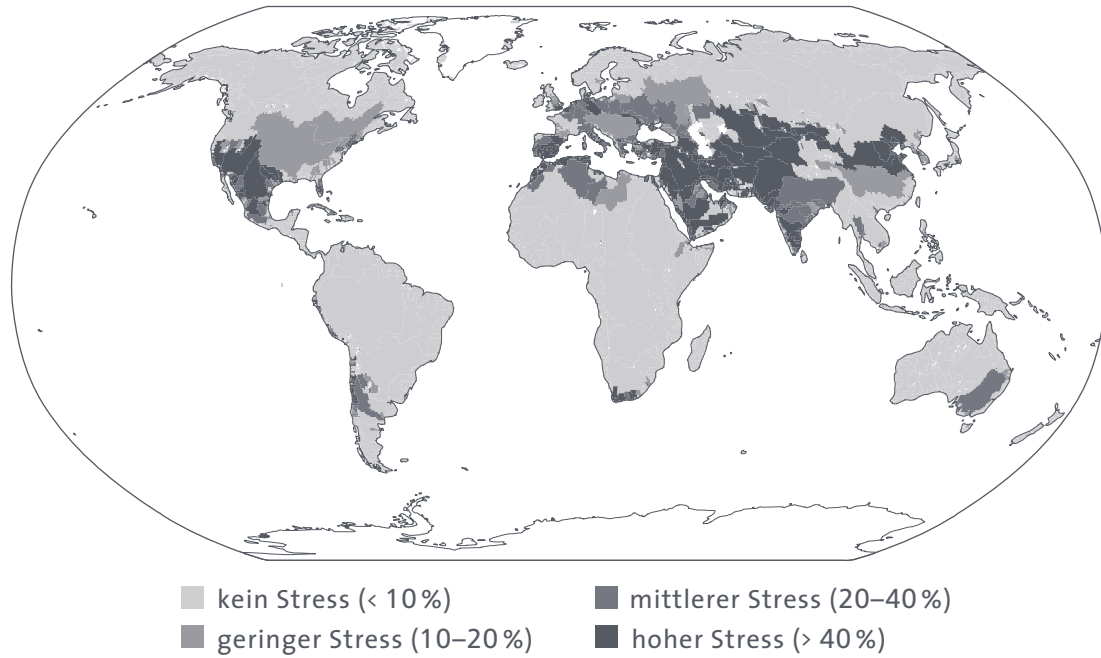
Diese Entwicklung wurde auch von OECD (2012, S. 237 ff.) auf Basis von modellgestützten Prognosen als wahrscheinlich angesehen. Hierfür werden im »Integrated model to assess the Global Environment« (IMAGE-Modell) relevante Parameter des Gesellschaft-Biosphäre-Klima-Systems und ihre Wechselwirkungen untereinander analysiert. Basierend auf diesem Modell wird insbesondere unterschieden zwischen Regionen, in denen aufgrund eines Wasserbedarfs von weniger als 10 % der verfügbaren Menge kein Stress, zwischen 10 und 20 % geringer Stress, zwischen 20 und 40 % mittlerer Stress und mehr als 40 % hoher Stress herrscht.

Ein Vergleich der modellierten Wasserstresssituation im Jahr 2000 (Abb. II.4) mit den Ergebnissen des Modells für die Situation im Jahre 2050 (Abb. II.5) zeigt deutlich, dass besonders in Asien, weiten Teilen Afrikas und in Südamerika der Wasserstress steigen wird.



ABB. II.4

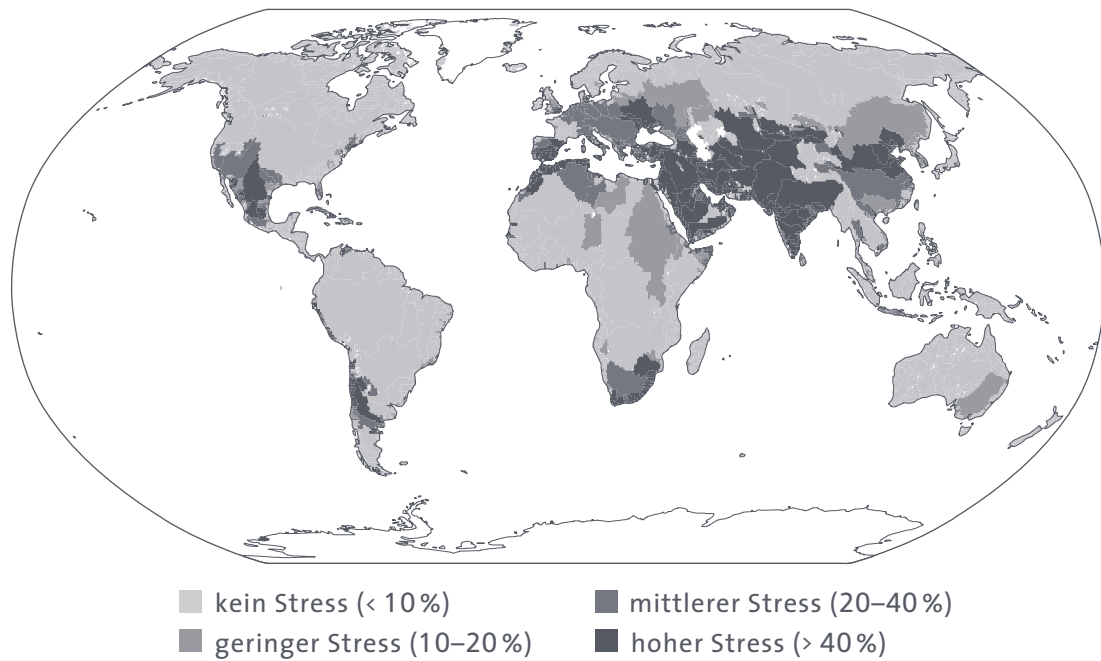
WASSERKNAPPHEIT NACH IMAGEMODELL IM JAHR 2000



Quelle: OECD 2012

ABB. II.5

WASSERKNAPPHEIT NACH IMAGEMODELL IM JAHR 2050



Quelle: OECD 2012



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

Im Gegensatz dazu wird für Nordamerika und Australien eine Abnahme des Wasserstress prognostiziert. Nach OECD (2012, S.249) wird der Wasserstress besonders in dicht besiedelten Regionen rasch wachsender Volkswirtschaften steigen. Auf diese Weise könnten 2050 bis zu drei Viertel der Menschen, die mit hohem Wasserstress konfrontiert sind, in den Schwellenländern leben. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass 2050 rund 40 % der Weltbevölkerung in Einzugsgebieten mit Wasserknappheit leben werden (OECD 2012, S.249).

---

### EUROPÄISCHE PERSPEKTIVE

1.2

---

#### EUROPÄISCHES WASSERANGEBOT

1.2.1

Das jährliche Frischwasserangebot Europas beläuft sich auf etwa 3.200 m<sup>3</sup> pro Person, wobei im regenreichen Nordeuropa, im Vergleich zu Südspanien, ein Vielfaches an Niederschlagsmengen gemessen wird (EEA 2009, S.11 f.) und die lokal verfügbaren Wassermengen dementsprechend stark variieren. Weiterhin findet innerhalb Europas ein starker Austausch zwischen Einzugsgebieten statt. So stammen beispielsweise mehr als 80 % des Frischwasserangebots in Ungarn und den Niederlanden aus den Nachbarländern und werden über Flüsse herbeigeführt. Im Laufe des 20. Jahrhunderts hatte die jährliche Niederschlagsmenge im europäischen Durchschnitt zugenommen. Nach heutigem Kenntnisstand wird auf Basis von Klimamodellen für die Zukunft besonders für Südeuropa eine Abnahme und für Nordeuropa eine Zunahme der jährlichen Niederschlagsmengen vorausgesagt. Zudem ist damit zu rechnen, dass die Niederschlagsmengen stärker variieren und nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt, sondern in wenigen Starkregen niedergehen. Dies begünstigt Dürren und Überschwemmungen (EEA 2009). Auch hinsichtlich der Schneeschmelze in den Hochgebirgen, die einen Großteil des europäischen Frischwassers bereitstellt, sind starke Veränderungen zu erwarten. Werden zurzeit aus der Eis- und Schneedecke der Alpen rund 40 % des europäischen Frischwasserangebots gedeckt, so könnten eine Verschiebung der Schneegrenze in höhere Lagen und eine Abnahme der Schneemenge diese wichtige Quelle stark beeinträchtigen (EEA 2009).

Der europäische Ansatz der gemeinschaftlichen Verwaltung und Bewirtschaftung von Einzugsgebieten ist eine konzeptionelle Weiterentwicklung des integrierten Wasserressourcenmanagements, eines Ansatzes, der in seinen Grundlagen bereits in den 1960er Jahren aus der Erkenntnis der Notwendigkeit eines kooperativen Ansatzes für den Wassersektor entwickelt wurde. Seit Ende der 1990er Jahre hat sich dieser Ansatz international auch im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit als Methode der Wahl durchgesetzt (UN-Water 2008). Er basiert auf der koordinierten und zielorientierten Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Ziel des europäischen Ansatzes ist es, in naher Zukunft durch integrierte und ggf.

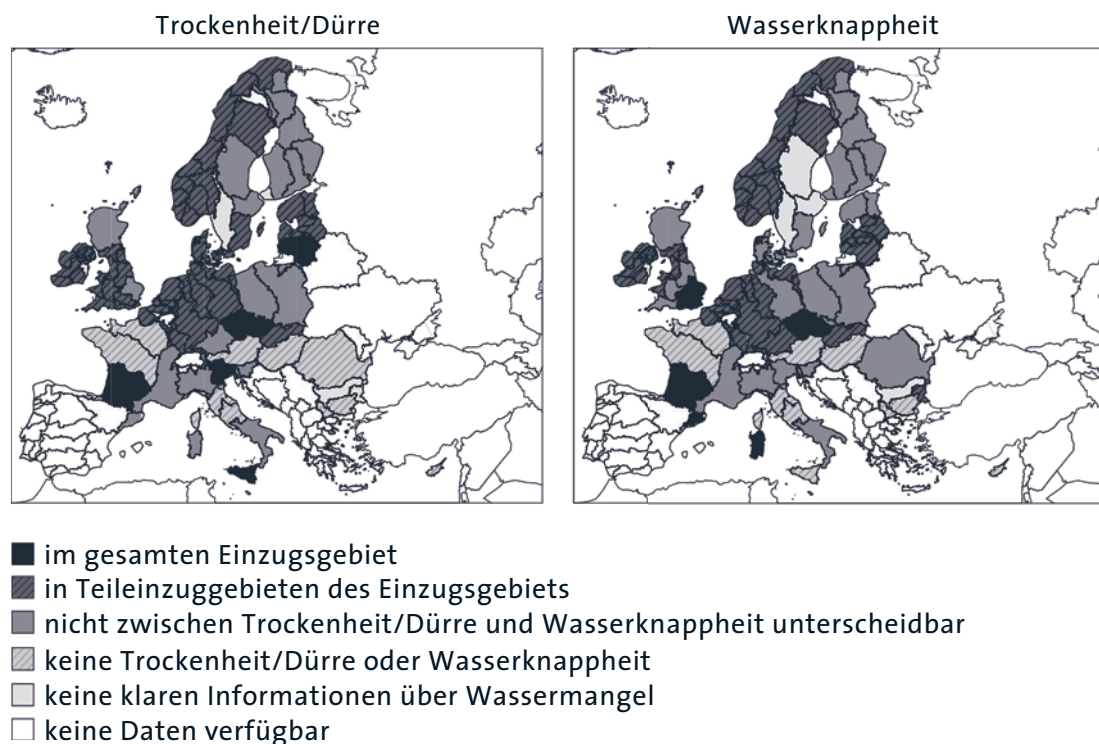


grenzübergreifende Bewirtschaftung der Einzugsgebiete die Gewässer und Ökosysteme der Gemeinschaft zu schützen, nachhaltig zu nutzen und Veränderungen langfristig zu bewerten, um frühzeitig Maßnahmen zur Erhaltung des Nutzungspotenzial einzuleiten (EEA 2012b u. 2012c).

Wasserknappheit ist jedoch weder ein ausschließlich durch meteorologische, topografische oder hydrologische Faktoren vorgegebener natürlicher Standortnachteil, noch eine allein auf die Wassernutzung der vor Ort lebenden Bevölkerung rückführbare Auswirkung. Wasserknappheit entsteht aus einer Summe von Einflussfaktoren, die jeweils regional und lokal stark unterschiedliche Ausprägungen und Auswirkungen entfalten können. Wasser ist innerhalb Europas, ebenso wie Bevölkerung, Industrie und Landwirtschaft, nicht gleichmäßig verteilt. Es stellt in einigen Einzugsgebieten Europas ein knappes und damit wertvolles Gut dar (Abb. II.6; EEA 2012a).

ABB. II.6

## TROCKENHEIT UND WASSERKNAPPHEIT IN DER EU



Quelle: EEA 2012a

Für Wassermangel werden von der Expertengruppe für Wasserknappheit und Trockenheit, gegründet im Rahmen der gemeinsamen Implementationsstrategie für die Wasserrahmenrichtlinie, zwei grundlegend verschiedene Ursachen unterschieden (EEA 2012b):

^  
> II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG  
v

- > Trockenheit/Dürre als natürliches Phänomen, ausgelöst durch eine vorübergehend anhaltende, stark negative Abweichung von durchschnittlichen Niederschlägen.
- > Wasserknappheit als menschengemachtes Phänomen, ausgelöst durch Nutzung der Wasserressourcen auf einem Niveau, welches das natürliche Angebot stark übersteigt.
- > Für die Einzugsgebiete Europas, für die eindeutige Informationen vorliegen, lässt sich auf der Ebene des Einzugsgebiets nach den Ursachen des Wassermangels differenzieren (Abb. II.6). Beispielsweise tragen in fast allen Einzugsgebieten Frankreichs sowohl Trockenheit/Dürre als auch Wasserknappheit zum herrschenden Wassermangel bei. Im Gegensatz dazu ist Wasserknappheit als Folge menschlicher Nutzung in Südengland eine weitaus wichtigere Ursache für Wassermangel als das natürliche Phänomen Trockenheit/Dürre. Ähnlich ist die Lage in Deutschland, wo in Süddeutschland Trockenheit/Dürre, in Ostdeutschland hingegen Wasserknappheit als maßgebliche Ursache für Wassermangel relevant sind.
- > Die in einigen Einzugsgebieten Europas praktizierte Überentnahme aus dem Wasserkreislauf stellt ein Risiko für den Zustand der Ökosysteme und damit für die Funktionalität des Wasserkreislaufs dar. Zudem verändert sich durch den Klimawandel das natürliche Wasserangebot, wodurch, wie in Abbildung II.6 kenntlich gemacht, oft zwischen Trockenheit und Wasserknappheit nicht hinreichend genau unterschieden werden kann.

---

## EUROPÄISCHE WASSERNACHFRAGE

### 1.2.2

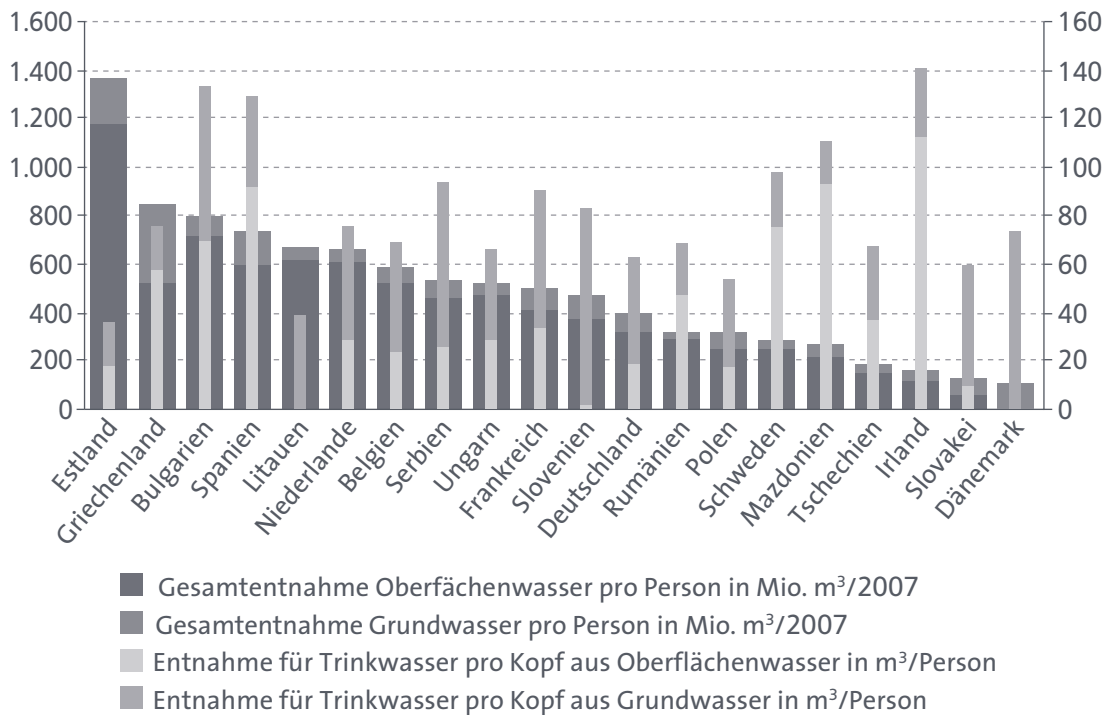
Im OECD-Raum ist seit den 1980er Jahren keine Veränderung der Oberflächenwasserentnahme zu beobachten (OECD 2012, S.245). Innerhalb Europas kann dies für Südeuropa bestätigt werden, während der Verbrauch in Osteuropa seit den 1990er Jahren um 30 % und in Westeuropa um etwa 15 % zurückgegangen ist (EEA 2009). Die gesamte Wasserentnahme aus Oberflächen- und Grundwasser wurde für Europa im Jahr 2005 auf 288 km<sup>3</sup>/Jahr geschätzt, was im Durchschnitt etwa 500 m<sup>3</sup>/Person/Jahr bedeutet. Im Gegensatz zu verfügbaren Daten aus dem Jahr 1999 bedeutet dies im Mittel einen Rückgang von 130 m<sup>3</sup>/Person (EEA 2012d).

Die pro Kopf entnommene Wassermenge und der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch in den verschiedenen Ländern Europas variieren stark (Abb. II.7). Auf der rechten Skala der Abbildung II.7 ist die für jedes Land in Form der dünnen unschraffierten Abtragungen kenntlich gemachte durchschnittliche Trinkwassernutzung in m<sup>3</sup> pro Jahr dargestellt. Auf der linken Skala wird die gesamte Wasserentnahme aus dem Wasserkreislauf, abgetragen in Form der breiten schraffierten Balken, als Pro-Kopf-Volumen in Mio. m<sup>3</sup> gezeigt. Über die Ursachen der stark unterschiedlichen Wasserentnahmemengen liegen keine gesicher-



ten Informationen vor; es können jedoch starke Unterschiede in der Effizienz der Wassernutzung vermutet werden. Während in den meisten Ländern der Großteil des gesamten Wasserbedarfs durch Oberflächenwasser gedeckt wird, spielt Grundwasser in der Trinkwasserversorgung besonders in Litauen, Slowenien, Slowakei und Dänemark eine wichtige Rolle.

ABB. II.7 WASSERNACHFRAGE IN AUSGEWÄHLTEN EUROPÄISCHEN LÄNDERN (2007)



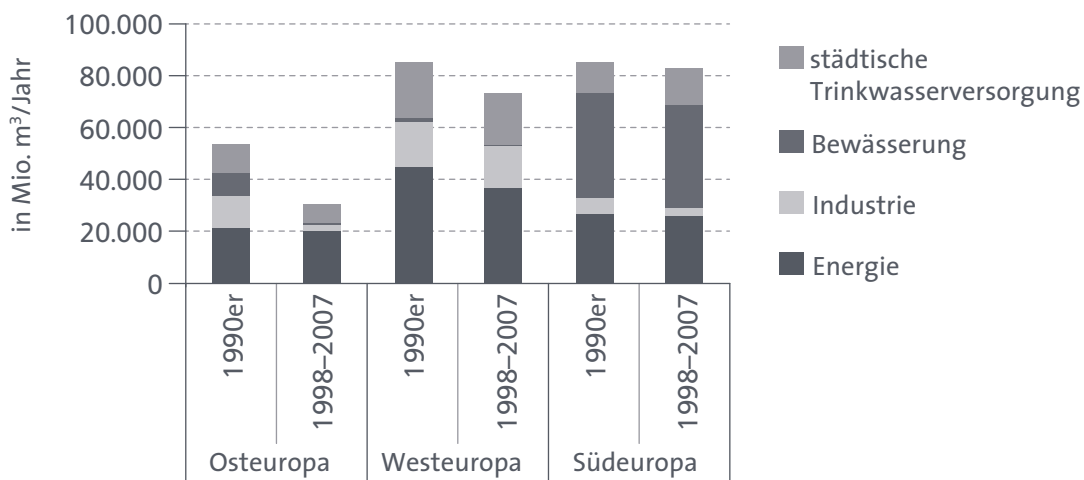
Eigene Darstellung nach EUROSTAT 2013

Schätzungen zufolge beträgt der Anteil der städtischen Trinkwasserversorgung etwa 21 % und der landwirtschaftliche Anteil etwa 24 % der gesamten Wassernachfrage. Auf die Industrie entfallen im europäischen Mittel etwa 11 % der Wassernachfrage, und die restlichen 44 % decken den Wasserbedarf als Kühlmittel für die Energieerzeugung (EEA 2009). Aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Bedingungen teilt sich Europa in eine Vielzahl unterschiedlicher Regionen auf, in denen die verschiedenen Kombinationen aus Bevölkerungsdichte, wirtschaftlicher Aktivität, Intensivität der Landwirtschaft, topografischer Geländebeschaffenheit und klimatischen Bedingungen, um nur einige zu nennen, eine direkte Vergleichbarkeit nur unter großen Abstrichen zulassen. Zudem ist Europa ein dichtbesiedelter und dynamischer Wirtschaftsraum, in dem nicht nur eine vergleichsweise hohe Mobilität der Bevölkerung angenommen werden kann, sondern auch globale Marktentwicklungen Auswirkungen auf die regionalen Märkte und damit die lokale Wirtschaft haben. Für den Wasserbereich zei-

gen sich die regionalen Unterschiede innerhalb Europas deutlich an der landwirtschaftlichen Wassernutzung, die in Südeuropa oft 60 % der gesamten Wassernachfrage ausmacht und in der Mittelmeerregion mehr als 80 % erreicht, wohingegen in Nordeuropa nur etwa 10 % der entnommenen Wassermengen für die Landwirtschaft eingesetzt werden.

In Osteuropa ist nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion der Wasserverbrauch der Industrie stark zurückgegangen, während der für die Energieerzeugung aufgewendete Wassereinsatz sowie die Nachfrage in der städtischen Wasserversorgung nahezu konstant blieb. So stellt der Wasserverbrauch für die Energieerzeugung in Ost- und Westeuropa mehr als 50 % der gesamten Wasserentnahme dar. Für Westeuropa lässt sich ein leichter Rückgang der für die Energieerzeugung notwendigen Wassermenge seit Anfang der 1990er Jahre beobachten, bei ansonsten gleichbleibendem Wassereinsatz in Industrie, Bewässerung und städtischer Wasserversorgung. Auch in Südeuropa konnte der Wassereinsatz in der Energieerzeugung reduziert werden, wohingegen der landwirtschaftliche Wasserbedarf zugenommen hat. Abbildung II.8 zeigt die Entwicklung der Wasserentnahmen für die drei Regionen Ost-, West- und Südeuropa.

ABB. II.8 WASSERENTNAHME IM EUROPÄISCHEN VERGLEICH



Quelle: EEA 2009, S. 14

Deutschland und Frankreich sind für mehr als 40 %, zusammen mit England und Wales, Schweden und den Niederlanden für mehr als 60 % der industriellen Wassernachfrage Europas verantwortlich (EEA 2009). In allen europäischen Staaten konnte seit den 1990er Jahren der industrielle Wassereinsatz bei gleichzeitigem Anstieg der industriellen Produktion reduziert (EEA 2009) und somit eine höhere Wassernutzungseffizienz erzielt werden. Auch in der Energieerzeugung konnte in Deutschland und Frankreich in den vergangenen 10 bis 15 Jah-





ren ein Rückgang der Wassernachfrage um etwa 20 % erreicht werden. Eine wichtige Entwicklung war hierbei der verstärkte Einsatz der Kühlturmtechnologie, in der die Verdunstungskälte von Wasser genutzt wird, wodurch eine Reduktion der Wasserentnahme aus Fließgewässern und damit eine Verringerung der thermischen Belastung der Flüsse und Seen erreicht werden konnte.

Im Bereich der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung geht in vielen Systemen ein Großteil kostbaren Wassers ungenutzt durch Leckagen verloren. Im Gegensatz zu rund 6 % in Deutschland bleiben in Kroatien so 40 %, in Tschechien und dem Vereinigten Königreich 30 %, in Spanien 20 % und in Italien 15 % des für die Trinkwasserversorgung aufbereiteten Wassers ungenutzt (EEA 2009). Auf diese Weise werden Effizienzbemühungen der Verbraucher, wie die Installation von wassereffizienten Armaturen und Investitionen in Regenwassernutzung konterkariert (EEA 2009).

---

## DEUTSCHE PERSPEKTIVE

**1.3**

---

### DEUTSCHES WASSERANGEBOT

**1.3.1**

Mindestens 40 % des deutschen Wasserangebots werden durch Flüsse aus den Nachbarländern herbeigeführt und bilden zusammen mit dem in Deutschland gewonnenen Oberflächenwasser die größte Wasserressource. Mit elf großen Flüssen und nahezu 300 Talsperren beläuft sich die gesamte Wasserfläche in Deutschland auf 2 % der Landesfläche. Wie für Europa gezeigt, sind auch innerhalb Deutschlands die lokalen Bilanzen aus Niederschlags- und Verdunstungsmenge sehr verschieden. Das Verhältnis aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt die vor Ort verbleibende Wassermenge, die in weiten Teilen Ostdeutschlands durch geringen Niederschlag und oft warme Sommermonate negativ ist. Im Gegensatz dazu fällt im Alpenvorland und in den Mittelgebirgen mehr Regen als verdunstet. Mit 500 bis 700 l/m<sup>2</sup>/Jahr ist Norddeutschland im Vergleich zu Süddeutschland mit 700 bis 1.500 l/m<sup>2</sup>/Jahr Niederschlag regenarm. In regenarmen Jahren mit warmen Sommern kann es vorwiegend im Osten und Norden Deutschlands in allen Monaten bis auf November und Dezember zu negativen Wasserbilanzen kommen. Dies begünstigt Trockenheit und Dürre, wie sie Europa in den heißen und trockenen 1990er Jahren und im Jahr 2003 erfuhr (Zebisch et al. 2005, S. 36).

Im internationalen Vergleich ist Deutschland ein wasserreiches Land, in dem einer effizienten und kooperativen Bewirtschaftung ein hoher Stellenwert beigemessen wird (WWF 2009, S. 9). Um die Wasserressourcen nachhaltig zu schützen, sind 12 % der Landesfläche als Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen (Zebisch et al. 2005, S. 47). Andererseits tragen künstliche Wasserinfrastruktur und die Umnutzung von natürlichen Überschwemmungsgebieten und Flussauen dazu

bei, dass lokal und regional extreme Niederschlagsereignisse ernste Hochwasserereignisse auslösen. Die Folgen des globalen Klimawandels wirken sich auch in Deutschland negativ aus. Bis zum Jahr 2100 könnte ein Anstieg der Durchschnittstemperatur um 3,5 °Celsius erfolgen, was sich besonders in den Wintermonaten bemerkbar machen wird (BMU 2008, S.10 ff.). Auch werden eine starke Zunahme der Winterniederschläge um rund 40 % – in einigen Gebieten sogar um bis zu 70 % – und eine ähnlich starke Abnahme der Sommerniederschläge erwartet. In Ostdeutschland wird dies die schon aktuell ungünstige Wasserbilanz weiter verschlechtern, was das Risiko für Dürren und eine generell schlechtere Wasserverfügbarkeit weiter erhöht. Auch eine schnelle Erwärmung in Südwestdeutschland, wo bereits heute die höchsten Temperaturen gemessen werden, wirkt sich negativ auf den Wasserkreislauf, damit auf das Wasserangebot und in der Folge auf die Artenvielfalt sowie die Schneesicherheit in den Wintersportgebieten aus. In Norddeutschland sind besonders die tiefliegenden Küstenregionen und die wichtigen internationalen Häfen durch einen prognostizierten Anstieg des Meeresspiegels gefährdet (BMU 2008, S. 38 f.).

Abbildung II.9 zeigt eine Übersicht über die Zusammensetzung der Wassergewinnung für die öffentliche Trinkwasserversorgung. Beachtenswert ist die fast ausschließliche Verwendung von Grundwasser im Nordwesten und Süden der Republik, während im Westen und Osten der Anteil des Oberflächenwassers an der Trinkwasserversorgung überwiegt.

---

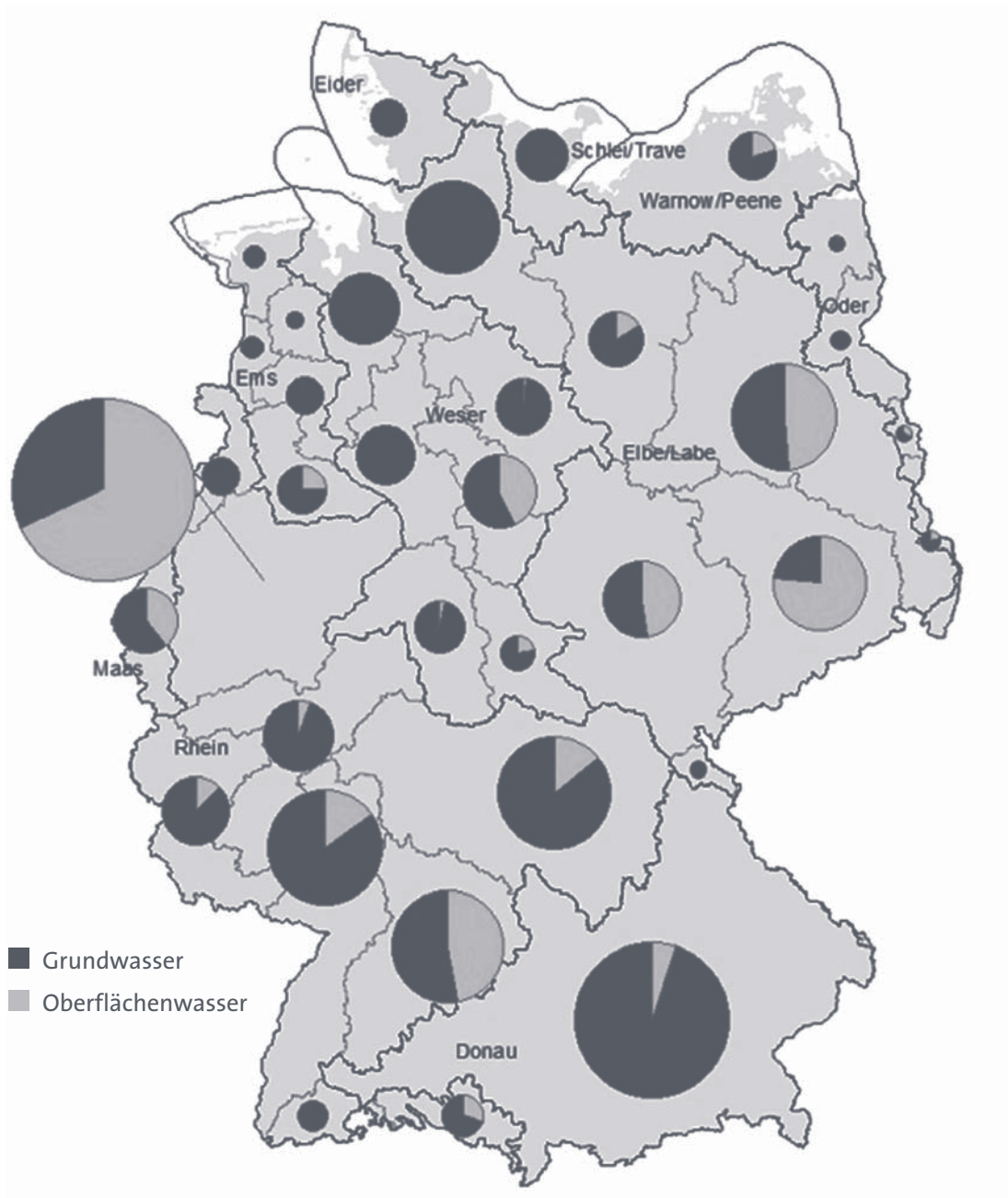
## DEUTSCHE WASSERNACHFRAGE

### 1.3.2

Der Wasserbedarf in Deutschland ist regional sehr unterschiedlich und wird durch die Bevölkerungsdichte, den Grad der Industrialisierung und die lokale und regionale Wasserbilanz bestimmt. Der weitaus größte Teil der deutschen Wassernutzung, etwa 64 %, wird für die Energiegewinnung in Wärmekraftwerken benötigt (Chmielewski 2011). Hiervon wird der überwiegende Teil des Wassers als Kühlmittel genutzt (Statistisches Bundesamt 2013). Der industrielle Sektor ist für weitere 23 % der Wasserentnahmen verantwortlich. Rund 9 % der Wassernutzung werden zur Deckung der Trinkwassernachfrage der privaten Haushalte verwendet (Chmielewski 2011) und die Landwirtschaft ist für etwa 4 % der deutschen Wasserentnahmen verantwortlich.

Ein hoher Anteil des deutschen Nahrungsbedarfs wird jedoch durch Importe aus dem Ausland gedeckt. Im Gegensatz zu den etwa 121 l, die statistisch gesehen täglich für die Körperhygiene, zum Kochen und Trinken von jedem Deutschen dem Trinkwassernetz entnommen werden, beträgt die zur Erzeugung der täglichen Nahrungsmenge nötige Wassermenge mehr als 5.000 l (WWF 2009). Dadurch, dass ein Großteil des deutschen Nahrungsbedarfs durch Importe gedeckt wird, findet auch die mit dem Nahrungsanbau verbundene Wassernutzung und der mit dem Pflanzenwachstum verbundene Wasserverbrauch im Ausland statt.

ABB. II.9

GRUND- UND OBERFLÄCHENWASSER IN DER  
ÖFFENTLICHEN WASSERVERSORGUNG

Quelle: Statistisches Bundesamt 2013

Die Industrie und die Landwirtschaft in Deutschland sind zu weiten Teilen Selbstversorger und entnehmen das verwendete Wasser direkt den Flüssen, Seen oder Grundwasserbrunnen. Diese Mengen werden durch das Statistische Bundesamt auf Basis von Stichprobenbefragungen geschätzt (Statistisches Bundesamt



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

2013). Für das Jahr 2007 zeigt Tabelle II.2 die dem Wasserkreislauf entnommenen Mengen.

	gesamt	Grund- und Quellwasser	Oberflächen- wasser
öffentliche Wasserversorgung	5.128	3.581	1.547
nichtöffentliche Wasserversorgung	27.174	2.244	24.930
gesamt	32.301	5.825	26.476

Quelle: Statistisches Bundesamt 2013

In der nichtöffentlichen Wasserentnahme, der Entnahme durch Industrie und Landwirtschaft, wird die Nachfrage zu 90 % durch Oberflächenwasser und zu 10 % durch Grundwasser gedeckt. Der überwiegende Teil von mehr als 70 % des in der nichtöffentlichen Wassernachfrage verwendeten Wassers wird für den Bedarf zur Energie- und Wasserversorgung aufgewendet. Dies sind mehr als 60 % der gesamten, in Deutschland entnommenen Menge, wovon wiederum 80 % ausschließlich als Kühlmittel genutzt werden, um Wärme abzuleiten (Statistisches Bundesamt 2013).

Regional, besonders in Ostdeutschland, kann es in regenarmen und warmen Monaten somit zu einem Zusammenwirken von Wasserknappheit und Trockenheit zu temporärer Wasserknappheit kommen. Besonders für die wasserintensive Energieerzeugung stellt diese Wasserknappheit durch das verringerte Angebot an Wasser als Kühlmittel eine Herausforderung dar. Weiterhin greift in diesen Trockenperioden die Landwirtschaft vermehrt auf Bewässerungswasser zurück, wodurch die Konkurrenz um Wasser weiter verschärft wird. Seit Beginn der 1990er Jahre ist der industrielle Wassereinsatz in Deutschland um rund 30 % zurückgegangen. Vor allem durch technologische Innovationen wurde der spezifische Wasserbedarf in Deutschland über verschiedene Branchen hinweg im Mittel um etwa 3 %/Jahr reduziert (Hillenbrand/Böhm 2008). Dies ist maßgeblich auf die Entwicklung von unterschiedlichen technischen Möglichkeiten zur Reduktion des Wasserverbrauchs und deren großtechnischen Einsatz in den verschiedenen Sektoren zurückzuführen (Zebisch et al. 2005). Im Wesentlichen beruhen diese Technologien auf

- › einer Kaskadennutzung von Wasser, wodurch Wasser, anstatt in einem Einwegprozess abgezweigt, genutzt und abgeleitet zu werden, nacheinander in mehreren Prozessschritten genutzt wird, bevor es in Oberflächengewässer eingeleitet wird, sowie



- › der Kreislaufführung mit zwischengeschalteten Reinigungsschritten, wodurch ein vom natürlichen Wasserkreislauf weitgehend getrennter Wasserkreislauf betrieben wird.

Für die öffentliche Versorgung der Haushalte wird, wie in den Abbildungen II.7 und II.9 gezeigt, zu 70 % Grund- und Quellwasser und zu 30 % Oberflächenwasser verwendet. Seit 1991 konnte durch Wassernutzungseffizienzmaßnahmen wie leistungsfähige Wasch- und Geschirrspülautomaten, Toilettenspülungen, Dusch- und Wasserhähne, aber auch durch zunehmende Regenwassernutzung als Brauchwasser (EEA 2009), der Wasserverbrauch im Haushaltssektor um 23 l/Person/Tag auf 121 l im Jahr 2010 gesenkt werden.

Dieser Rückgang des Wasserverbrauchs bedeutet für den Betrieb der vorhandenen, i. d. R. für deutlich größere Verbrauchsmengen ausgelegten Wasserinfrastruktur eine Herausforderung. In vielen Regionen Deutschlands wird er dadurch wesentlich verstärkt, dass aufgrund der zurückgehenden Einwohnerzahlen auch die Nutzerzahlen gesunken sind bzw. zukünftig deutlich sinken werden. Dadurch verursachte höhere Stagnationszeiten des Wassers in den Trinkwasserversorgungsnetzen und/oder zunehmende Ablagerungen in Abwasserkanälen bedingen einen höheren Betriebsaufwand und zumindest mittel- bis langfristig Anpassungsbedarf bei den Leitungsnetzen (Hillenbrand et al. 2010). Gleichzeitig verdeutlichen diese Probleme den Bedarf an innovativen Wasserinfrastrukturlösungen, die eine höhere Flexibilität gegenüber solchen Veränderungen aufweisen (Londong et al. 2011).

---

## ZWISCHENFAZIT ZU WASSERANGEBOT UND -NACHFRAGE 1.4

Regionale und lokale Wasserkreisläufe werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die sich, gegenseitig verstärkend, überwiegend negativ auf die lokal verfügbaren Wassermengen auswirken. Unter ihnen können *Bevölkerungswachstum, Industrialisierung, Urbanisierung und Klimawandel* als Hauptfaktoren identifiziert werden, die wiederum durch ihre Begleiterscheinungen wie Nahrungsnachfrage, Migrationsbewegungen, Wassertransport und -speicherung sowie eine Veränderung der Niederschlagsmengen und -häufigkeit, untereinander in Bezug stehen. Das starke Wachstum der Weltbevölkerung und der Weltwirtschaft äußert sich in einem stark steigenden Wasserbedarf, besonders für die Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion, wodurch die Konkurrenz des Menschen mit den Ökosystemen um das Süßwasserangebot steigt (UNEP 2012).

Die Folgen der menschlichen Eingriffe in den Wasserkreislauf, der zwischen menschlicher Aktivität und der Natur eine wichtige Schnittstelle darstellt, sind bereits so groß, dass diese global wirksam werden (Hüttl/Benz 2012). Als Folge des Raubbaus an der Natur ist mehr als die Hälfte der Feuchtgebiete in Flussdel-



tas seit Ende der 1980er Jahre bis Anfang des 21. Jahrhunderts unwiderruflich verloren gegangen (Coleman et al. 2008). Zudem ist mehr als ein Viertel der globalen Landfläche bereits degradiert, d. h., die Bodeneigenschaften haben sich verschlechtert (Bai et al. 2008). Das hydrologische System kann nur noch bedingt die menschliche Nachfrage nach Wasser in qualitativer und quantitativer Hinsicht erfüllen. Besonders die Grundwasserkörper werden in vielen Ländern dieser Erde nicht auf nachhaltige Weise genutzt (WWAP 2012a, S. 136). Hinzu kommt, dass oft gerade dort, wo das Wasserangebot ohnehin knapp ist, das natürliche Wasserangebot infolge des Klimawandels zusätzlich noch abnimmt, während die Wasserentnahmen für Energieversorgung und Nahrungsmittelerzeugung zunehmen, was zu einer immer stärkeren Konkurrenz um diese Ressource führt. WWAP (2012a, S. 136) verstand unter der Summe dieser Entwicklungen die Transition in eine neue Ära, in der zukünftiges wirtschaftliches Wachstum und Entwicklung durch Wasserengpässe zunehmend beschränkt werden.

---

## WASSERQUALITÄT

## 2.

Punktuelle Abwasserquellen wie Industrieanlagen und kommunale Kläranlagen leiten ihre Abwässer in Oberflächengewässer wie Seen oder Flüsse ein. Zudem werden Stoffe, die in der Landwirtschaft zur Schädlingsbekämpfung oder als Bodenverbesserer Einsatz finden, durch Niederschlag eingespült und verbreiten sich im Wasserkreislauf. Auch können in der Luft befindliche Schadstoffe, die andernorts, beispielsweise durch Treibstoffverbrennung oder Rohstoffabbau, in die Luft geraten, in die Oberflächengewässer eingetragen werden. Diese Quellen werden im Gegensatz zu den punktuellen Quellen aus Gründen ihrer weiten geografischen Ausdehnung als diffuse Quellen bezeichnet. Unabhängig von der Art und Weise ihrer Eintragung folgen Schad- und Nährstoffweg dem natürlichen Wasserkreislauf, der auch das Grundwasser umfasst, welches durch nachsickerndes Oberflächenwasser erneuert wird. Auf diese Weise können durch den Menschen in den Wasserkreislauf eingebrachte Stoffe auch tiefliegende Grundwasservorkommen erreichen.

Die auf unterschiedlichen Wegen in die Umwelt gelangenden Schadstoffe können sich wesentlich auf die Qualität der Frischwasserreserven und damit auf die Gesundheit der Ökosysteme und der aquatischen Umwelt auswirken. Im Weiteren werden die Auswirkungen der menschlichen Interaktion mit dem natürlichen Wasserkreislauf anhand der globalen, europäischen und deutschen Wasserqualität aufgezeigt.

---

**GLOBALE WASSERQUALITÄT****2.1**

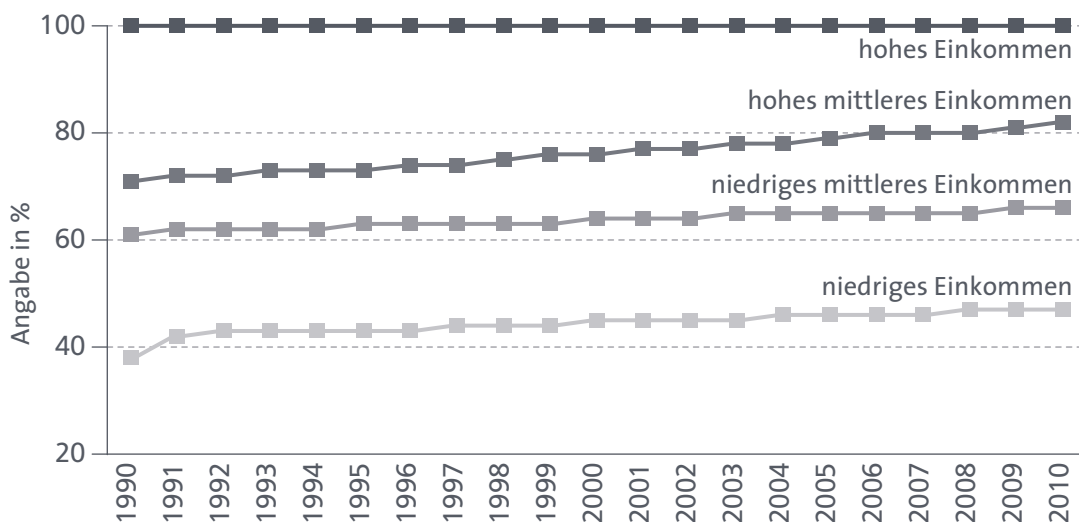
Eine »Wiedernutzung« von Abwässern ist in der globalen Wasserwirtschaft, wenn auch teilweise ungeplant und ungewollt, weit verbreitet. So wird weltweit an Flussläufen Wasser zur Bewässerung der Felder oder zum Betrieb oder Kühlung industrieller Anlagen und auch für den Trinkwasserbedarf entnommen. Nach der Nutzung wird das mit Schadstoffen belastete Wasser entweder direkt oder durch diffuse Quellen in den Wasserlauf zurückgeführt, aus dem wiederum in flussabwärts gelegenen Gemeinschaften für dieselben Zwecke Wasser entnommen wird. Folge der zunehmenden menschlichen Wassernutzung und der wachsenden Konkurrenz der Nutzungsarten um das bestehende Angebot ist nicht nur ein zunehmender Wettbewerb um die nutzbaren Wassermengen, sondern auch um die Nutzung von Wasser mit guter Qualität.

Aktuell leben mehr als 50 % der Weltbevölkerung in Städten, und bei dem prognostizierten Bevölkerungszuwachs wird die urbane Bevölkerung im Jahr 2050 auf 70 % einer Weltbevölkerung von mehr als 9 Mrd. geschätzt (OECD 2012). Dieses Bevölkerungswachstum wird jedoch nicht in den Industrienationen stattfinden, für deren Bevölkerungszahlen vielmehr ein Rückgang vorausgesagt wird, sondern zum allergrößten Teil in den Entwicklungsländern Asiens, Lateinamerikas und Afrikas (dbresearch 2010). In diesen Regionen werden in den kommenden 40 Jahren Zuwachsraten der urbanen Bevölkerung von 5 Mio. Einwohnern pro Monat erwartet (UN-HABITAT 2003). Der Infrastrukturausbau im Bereich der Entsorgung menschlicher Fäkalien konnte mit diesem Bevölkerungswachstum im städtischen Umfeld bislang nicht mithalten. Insgesamt und besonders in den armen Regionen fällt die Anschlussrate an verbesserte sanitäre Einrichtungen auf dem Land weit hinter das städtische Niveau zurück (UNICEF/WHO 2012). In Entwicklungsländern (mit niedrigem und niedrigem mittlerem Einkommen) bleiben etwa 50 % und in Schwellenländern (mit hohem mittlerem Einkommen) etwa 30 % der städtischen Bevölkerung ohne Zugang zu sanitären Einrichtungen, während die Anschlussrate in den Industrieländern (mit hohem Einkommen) nahezu 100 % beträgt.

Auf dem Land haben rund 50 % der Bevölkerung Zugang zur Abwasserinfrastruktur, wobei die Anschlussrate in ärmeren Regionen, beispielsweise Länder Afrikas südlich der Sahara, weitaus geringer ist (UNICEF/WHO 2012). Eine Evaluierung der Entwicklungen im Bereich des MDG, das bis 2015 eine Anschlussrate von mindestens 75 % der Weltbevölkerung avisiert, zeigt, dass ohne zusätzliche substanzielle Anstrengungen zu den bis 2010 erreichten Fortschritten dieses Ziel wahrscheinlich erst im Jahr 2026 erreicht werden kann. Besonders in den Ländern Subsahara-Afrikas und Südasiens liegt die Zugangsrate der Bevölkerung zu verbesserten Toiletten noch unter 50 %, obwohl in Südasien in den vergangenen 2 Jahrzehnten beachtliche Anstrengungen unternommen wurden (UNICEF/WHO 2012). Der selben Studie zufolge verfügten im Jahr 2010 welt-

weit 63 % der Bevölkerung über einen Zugang zu einer Abwasserinfrastruktur. Dieser Zugang bedeutet allerdings noch keine ausreichende Behandlung des Abwassers, denn weniger als 10 % der weltweiten Bevölkerung sind an eine Kläranlage angeschlossen (Wilderer 2005). Ohne einen Zugang zu sanitären Einrichtungen und eine ausreichende Abwasseraufbereitung können menschliche Exkremate – und damit auch in ihnen enthaltene Viren, Bakterien und andere Schadstoffe – leicht in den Wasserkreislauf und über diesen Weg in das Trinkwasser gelangen. Besonders in den wachsenden Megastädten mit 10 oder mehr Mio. Einwohnern, in denen Slums weitgehend ohne Trink- und Abwasserversorgung wachsen und existierende Kanalisationssysteme und Abwasseraufbereitungsanlagen oft weit über ihren Kapazitäten arbeiten, wird der Wasserkreislauf häufig kurzgeschlossen. Abwasser kann nicht genügend gereinigt oder verdünnt werden, bevor es an anderer Stelle für die Trinkwasserversorgung wiederverwendet wird (Cosgrove/Cosgrove 2012). Besonders in regenreichen Zeiten, wenn Exkremate aus unbefestigten Kanalisationen, Sickergruben und improvisierten Toiletten geschwemmt werden, kommt es zu einer Kontamination von Trinkwasserquellen (Gopalakrishnan et al. 2012). So zeigten beispielsweise Ergebnisse eine Studie der Trinkwasserqualität in Jakarta (Indonesien), dass mehr als die Hälfte der den Haushalten entnommenen Trinkwasserproben durch aus Fäkalien stammende Bakterien verunreinigt sind (Vollaard et al. 2004).

ABB. II.10 ZUGANG ZU SANITÄREN EINRICHTUNGEN IN DER STADT



Eigene Darstellung nach Daten aus <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

Wie Gopalakrishnan et al. (2012) zusammenfassten, deuteten Untersuchungen der Weltgesundheitsorganisation Mitte der 1990er Jahre darauf hin, dass bis zu 15 Mio. Todesfälle jährlich und bis zu 80 % aller weltweiten Krankheitsfälle



direkt durch verunreinigtes Trinkwasser hervorgerufen wurden. Durch neuere Studien wurden diese extremen Auswirkungen kontaminierten Wassers relativiert (Prüss et al. 2002). In ihrer Wasserqualitäts- und Gesundheitsstrategie für die Periode von 2013 bis 2020 unterstrich die WHO (2013) jedoch, dass im Jahr 2008 weltweit mindestens 2,5 Mio. Todesfälle auf Krankheiten, die durch verunreinigtes Wasser übertragen wurden, zurückzuführen waren. Insbesondere die Gesundheit von Kindern unter 5 Jahren wird durch im Wasser übertragene Krankheitserreger stark beeinträchtigt. Die Belastung der Gesundheit von unter 5-Jährigen durch »wasserbürtige« Krankheiten ist gravierender als die Auswirkungen von HIV/Aids und Malaria zusammen (WHO 2013). Das globale Ausmaß der Verschmutzung von Oberflächenwasser zeigt sich darin, dass etwa zwei Drittel der Flussläufe weltweit durch Nährstoffe, vorwiegend aus menschlichen und tierischen Fäkalien, Düngemitteln und phosphathaltigen Reinigungsmitteln, schwer belastet sind. Diese Belastung wird in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit noch weiter zunehmen (Liu et al. 2012).

Teilweise wird versucht, Synergien zu erzielen und im Abwasser enthaltene Nährstoffe in anderen Sektoren gezielt wiederzuverwenden. So werden große Teile des kommunalen Abwassers in Schwellen- und Entwicklungsländern in unbehandelter Form in der Landwirtschaft eingesetzt. Auf der einen Seite führt dies zu einer Steigerung der Ernteerträge durch die hohen, im Abwasser mitgeführten Nährstofffrachten. Auf der anderen Seite birgt diese direkte Wiederverwendung jedoch ein hohes Gesundheitsrisiko aufgrund der im Wasser enthaltenen Bakterien und Chemikalien (Harleman et al. 2002), nicht nur für die Landwirte und die konsumierende Bevölkerung vor Ort. Beispielsweise kann als Ursache für den zurückliegenden EHEC-Ausbruch – ein Bakterienstamm, der beim Menschen eine blutige Durchfallerkrankung auslösen kann und der von Mai bis Juni 2011 in der Bundesrepublik Deutschland 53 Todesfälle forderte – eine ursprüngliche Kontamination der Bockshornkleesamen in Ägypten durch das verwendete Beregnungswasser nicht ausgeschlossen werden (Wolfschmidt 2012).

Auch gesundheitsschädliche Schadstoffe wie Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber oder auch organische Mikroschadstoffe werden durch ihren Einsatz in Landwirtschaft und Industrie in Oberflächengewässer und Grundwasserleiter eingebracht. Hinzu kommt die natürliche Belastung des Grundwassers mit diesen Stoffen, die in vielen Regionen auch ohne den menschlichen Eintrag bereits ein Gesundheitsrisiko darstellt. Für Arsen zeigten Ravenscroft et al. (2009; S. 499), dass besonders in Alaska, Bangladesch, China, Indien, den USA und Pakistan die Bevölkerung einer hohen, natürlichen Belastung durch das Trinkwasser ausgesetzt ist. Eine globale Hochrechnung ist aufgrund der unzureichenden Datenlage schwer. Es wird jedoch geschätzt, dass in etwa 70 Ländern der Welt die Gesundheit von 140 bis 210 Mio. Menschen durch Arsen im Trinkwasser stark beeinträchtigt wird (UNEP 2012; Ravenscroft et al. 2009). Arsen im Grundwasser stellt damit ein globales Problem dar (Kapaj et al. 2006).

International ist die Belastung von Wasserkörpern durch Schad- und Nährstoffe als Folge von unzureichender Kontrolle der Umwelteinwirkungen von Landwirtschaft, Abwassereinleitung, Abfallwirtschaft, Industrieproduktion und Rohstoffabbau zu sehen (Naeem et al. 2010; Rauch/Pacyna 2009; UNEP 2012). Die eingeleiteten Mengen an Abwasser aus industrieller und städtischer Nutzung und der Eintrag von Stoffen aus der Landwirtschaft übersteigen die natürlichen Reinigungskräfte vieler Ökosysteme, wodurch nach Mara (2003, S.6) die Hälfte aller Seen, Flüsse und Küstengewässer weltweit Wasser von besorgniserregender Qualität führt. Allein in China gelten etwa 75 % der Flüsse, die durch Ballungszentren fließen, als ungeeignet für die Trinkwassergewinnung. Viele chinesische Flüsse sind so stark verschmutzt, dass ihr Wasser selbst in der industriellen Anwendung keine Verwendung finden kann (Buffle et al. 2010).

Oberflächenwasser einschließlich der darin enthaltenen Schad- und Nährstoffe fließen im natürlichen Wasserkreislauf zu einem Großteil in Flüssen ab und erreichen so das offene Meer. International hat sich dadurch seit 1910 die Anzahl der Küstengewässer, in denen die aus dem Inland ins Meer einmündenden Flüsse einen so großen Schadstoffeintrag verursachen, dass die Wasserqualität unter die für Meereslebewesen nötige Grenze fällt (sogenannte tote Zonen), jedes Jahrzehnt verdoppelt. 2007 wurde entlang der Ost- und Westküste der USA und in den Küstengebieten Europas etwa die Hälfte der insgesamt mehr als 500 toten Zonen gezählt (SCBD 2010, S. 60). Dies verdeutlicht zusätzlich den umfassenden Handlungsbedarf, um für einen großen Teil der Bevölkerung das Menschenrecht auf eine Versorgung mit sicherem und reinem Trinkwasser sowie eine hygienische Abwasserentsorgung zu erreichen (UN 2010).

---

## EUROPÄISCHE WASSERQUALITÄT

## 2.2

Europa hat sich mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000) das anspruchsvolle Ziel gesetzt, bis 2015 für alle Gewässer einen »guten ökologischen Zustand« zu erreichen. In ihrer aktuellen Form spiegelt die europäische Wasserrahmenrichtlinie einen Großteil der europäischen Erfahrung im Bereich Wasserverschmutzung, Wasserqualität und Ökosystemmanagement wider und ist gleichzeitig Grundstein für einen umfassenden Bewirtschaftungsansatz des Wassersektors, der eine ganzheitliche Betrachtung des Wasserkreislaufs einschließt (EEA 2012d, S.15 f.). Erklärte Aufgabe ist es, durch eine integrierte Wasserpolitik eine nachhaltige Bewirtschaftung der Süßwasserressourcen zu erreichen und so die Gewässer der Gemeinschaft in qualitativer wie in quantitativer Hinsicht zu schützen (EU 2000).

In der europäischen Wasserrahmenrichtlinie wird der ökologische Zustand eines Gewässers anhand von drei Hauptkriterien bestimmt:



- > Artenvielfalt und Artenzusammensetzung der im Wasser lebenden Organismen;
- > Hydromorphologie anhand der Kriterien Wasserhaushalt, Durchgängigkeit und Morphologie eines Gewässers;
- > physikalisch-chemischer Zustand anhand der Konzentration synthetischer und nichtsynthetischer Stoffe.

Befindet sich ein Gewässer in »gutem ökologischen Zustand«, so ist es durch menschliche Aktivitäten gering belastet.

Um dem Anspruch der Richtlinie zu entsprechen, erstellten die Mitgliedstaaten bis 2009 detaillierte Bewirtschaftungspläne und erhoben in diesem Prozess Daten für mehr als 13.000 Grundwasserkörper und 125.000 Oberflächengewässer. In dieser Analyse wurde mehr als die Hälfte der europäischen Oberflächengewässer als »nicht in einem gutem Zustand« befindlich eingestuft. Die Wasserqualität natürlicher und künstlicher Fließgewässer ist im europäischen Vergleich in Norddeutschland, den Niederlanden und Belgien am geringsten. Besonders in der Ost- und Nordsee sind die Küstengewässer in ihrer Qualität stark beeinträchtigt. Der diffuse Eintrag von Nähr- und Schadstoffen durch industrielle und landwirtschaftliche Quellen sowie die Einleitung ungenügend aufbereiteter Abwässer stellen die Hauptursachen der Schadstoffbelastung europäischer Fließgewässer dar. In Europa, wie auch weltweit, gilt Gewässereutrophierung aufgrund des Eintrags von Nährstoffen mit der Folge eines schädlichen Wasserpflanzenwachstums als größtes Problem (OECD 2012). 2009 hatten insgesamt zehn Mitgliedstaaten der EU in mehr als 20 % ihrer Oberflächengewässer eine schlechte chemische Qualität gemessen. Von fünf Mitgliedstaaten wurde eine schlechte chemische Wasserqualität sogar in 40 % der Oberflächengewässer angegeben. Als Haupteinflussfaktoren auf die Wasserqualität wurden diffuse Quellen identifiziert, insbesondere Nitrat- und Phosphatfrachten sowie Pestizide aus der Landwirtschaft (Buffle et al. 2010; OECD 2012).

Zudem wird etwa ein Viertel der Oberflächengewässer durch lokale Verschmutzungsquellen aus Städten oder Industrieanlagen belastet. Für die Periode von 1960 bis 1990 war in Europa eine starke Zunahme der Küstengewässereutrophierung zu beobachten, die seit den 1990er Jahren wieder abnahm (Diaz et al. 2010). Auch war eine Zunahme der Qualität der europäischen Badegewässer in der gleichen Periode dokumentiert (EEA 2012e, S.6). Dies ist vor allem auf die 1991 in Kraft getretene europäische Richtlinie zurückzuführen, nach der das Abwasser von allen Siedlungen mit mehr als 2.000 Einwohnern gesammelt und vor der Einleitung in ein Gewässer aufbereitet werden muss. Die europäischen Grundwasserkörper sind wie die Oberflächengewässer durch hohe Stickstoffeinträge belastet. International wie auch in Europa stellen in Oberflächen- und Grundwasserkörpern Nitrate aus diffusen Quellen die am weitesten verbreitete chemische Substanz dar (OECD 2012). Schätzungen zufolge stammen mindestens 60 % des Nitratgehaltes im Wasser in Europa aus der Landwirtschaft, die

verbleibenden 40 % aus kommunalem oder industriellem Abwasser (WWAP 2012b, S. 511). Durchschnittlich sind in Europa in Einzugsgebieten mit mehr als 40 % landwirtschaftlich genutzter Fläche und einer Bevölkerungsdichte von mehr als 100 Einwohnern/km<sup>2</sup> mehr als zwei Drittel der Wasserressourcen verunreinigt (EEA 2012d, S. 39 ff.). Auch die Ostsee ist in einem alarmierenden Zustand hinsichtlich ihrer Nährstoffbelastung (Bonsdorf/Rönnberg 2004). Weiterhin stellen auch altbekannte, gesundheitsgefährdende Stoffe ein Problem dar. In Tschechien wurden beispielsweise mehr als 30 Grundwasserkörper gefunden, in denen Cadmium und Blei für einen schlechten Zustand verantwortlich sind. In weiteren 17 Grundwasserkörpern wurde Quecksilber nachgewiesen. Auch in Großbritannien und in Deutschland konnten mehrere mit Cadmium, Blei und Quecksilber verunreinigte Grundwasserleiter identifiziert werden (EEA 2009).

Erst in der jüngeren Vergangenheit wurde durch Fortschritte in der Wasseranalytik eine Bestimmung der Belastung von Gewässern durch Mikroschadstoffe ermöglicht. Erst seit etwa 10 Jahren ist es möglich, Konzentrationen von wenigen Nanogramm, also wenigen Milliardstel Gramm, nachzuweisen (MKULNV NRW 2008). Durch diesen technischen Fortschritt wird die Wasserqualität zunehmend anhand neuer Schadstoffe bewertet, deren Existenz im Wasserkreislauf bereits seit Längerem vermutet wurde, die jedoch bislang nicht bzw. nur unzureichend gemessen werden konnten. Somit ist die Belastung von Gewässern durch organische und anorganische Mikroschadstoffe keine neue Gefahr, ihr Ausmaß wird nur mit dem Fortschritt der Analysetechnik besser erkannt. Bei der Bewertung der Wasserqualität im Bereich der Mikroschadstoffe sind jedoch drei grundlegend einschränkende Rahmenbedingungen zu beachten.

Einige Mikroschadstoffe zerfallen oder reagieren im natürlichen Wasserkreislauf oder in der Kläranlage und bilden sogenannte Metabolite, die teilweise sogar persistenter als die Ausgangsstoffe sein können. Durch neue Analysemethoden ist feststellbar, dass Stoffe – Ausgangsstoffe und ihre Metabolite – in geringen Konzentrationen vorliegen, jedoch ist teilweise nicht feststellbar, um welche Stoffe es sich handelt. Für eine Vielzahl von Stoffen, die in geringen Konzentrationen im Wasserkreislauf nachgewiesen werden konnten, sind keine ausreichenden Informationen über ihre (langfristigen) Auswirkungen im menschlichen Körper, der aquatischen Umwelt oder in anderen Lebewesen in diesen Konzentrationsbereichen verfügbar (Haakh 2010; Schäfer et al. 2011). Nach Ohe et al. (2011) lagen nur für wenige der bekannten organischen Stoffe, die potenziell in die Kategorie Mikroschadstoffe fallen könnten, bisher Erkenntnisse über die Auswirkungen auf Lebewesen vor.

In einer Übersicht über mögliche neue Umweltproblemstoffe im Wasserbereich differenzierte die OECD (2012) in der Gruppe der Mikroschadstoffe nach Rückständen von Arzneimitteln (hier stehen alleine rund 3.000 Wirkstoffe zur Verfügung, von denen etwa die Hälfte als potentiell umweltschädigend eingestuft wird

[Steinhäuser 2013]), Kosmetikprodukten, Reinigungsmitteln und Bioziden, die in der Regel persistent sind und sich durch die regulären Aufbereitungsmechanismen nicht hinreichend beseitigen lassen. Der Umweltwirtschaftsbericht des BMU/UBA (2011) ergänzte die Liste um Hormone, Körperpflegemittel und Nanomaterialien.

Im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie der europäischen Union wurde auf die besondere Problematik der Mikroschadstoffe in Form einer Liste von 33 prioritären Stoffen und Stoffgruppen reagiert, für die eine Begrenzung der Einleitung in Gewässer gefordert wird. Von diesen 33 prioritären Stoffen werden 13 als prioritäre gefährliche Stoffe eingestuft, für die gilt, dass innerhalb der nächsten 20 Jahre der Eintrag in die Umwelt schrittweise zu beenden ist. Die Stoffliste wird als eine offene Liste geführt und soll nach Artikel 16 Abs. 4 der Wasserrahmenrichtlinie regelmäßig vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse aktualisiert werden. Anfang 2012 wurde von der Kommission ein Vorschlag für eine entsprechende Änderungsrichtlinie vorgelegt, in der u. a. 15 zusätzliche prioritäre Stoffe in die Liste aufgenommen werden sollten, u. a. Wirkstoffe in Biozidprodukten (Cybutryn, Dichlorvos, Terbutryn), Industriechemikalien (Perfluorooctansulfonsäure [PFOS], Hexabromcyclododecan [HBCDD]) und pharmazeutische Wirkstoffe (17 $\alpha$ -Ethinylestradiol [EE2], 17 $\beta$ -Estradiol [E2], Diclofenac). Gleichzeitig ist in der Wasserrahmenrichtlinie vorgesehen, für Chemikalien, die auf lokaler bzw. nationaler Ebene als bedenkliche Stoffe, aber nicht als prioritäre Stoffe auf EU-Ebene eingestuft wurden, Normen auf nationaler Ebene festzulegen (flusseinzugsgebietsspezifische Schadstoffe). In Deutschland ist das durch die Oberflächengewässerverordnung (OgewV) in nationales Recht überführt worden.

Neben der aktuell laufenden Überarbeitung der Liste prioritärer und prioritär gefährlicher Stoffe der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der geforderten Umweltqualitätswerte, d. h. den Konzentrationen, die in der Umwelt als duldbar erachtet werden, arbeiten die Mitgliedstaaten bis zum Jahr 2015 daran, im Rahmen der alle 6 Jahre stattfindenden Revision eine überarbeitete und weiterentwickelte Version der europäischen Einzugsgebietsbewirtschaftungspläne zu erstellen. Von dieser zweiten Runde wird erwartet, dass sie eine verbesserte Informationsbasis über die chemische Wasserqualität, besonders im Bereich der prioritären gefährlichen Stoffe der europäischen Gewässer liefert (EEA 2012d, S. 86<sup>ff</sup>). Mit Stand 2010 waren nur für etwa 40 % der europäischen Gewässer verlässliche Daten verfügbar (EEA 2012d, S. 74).

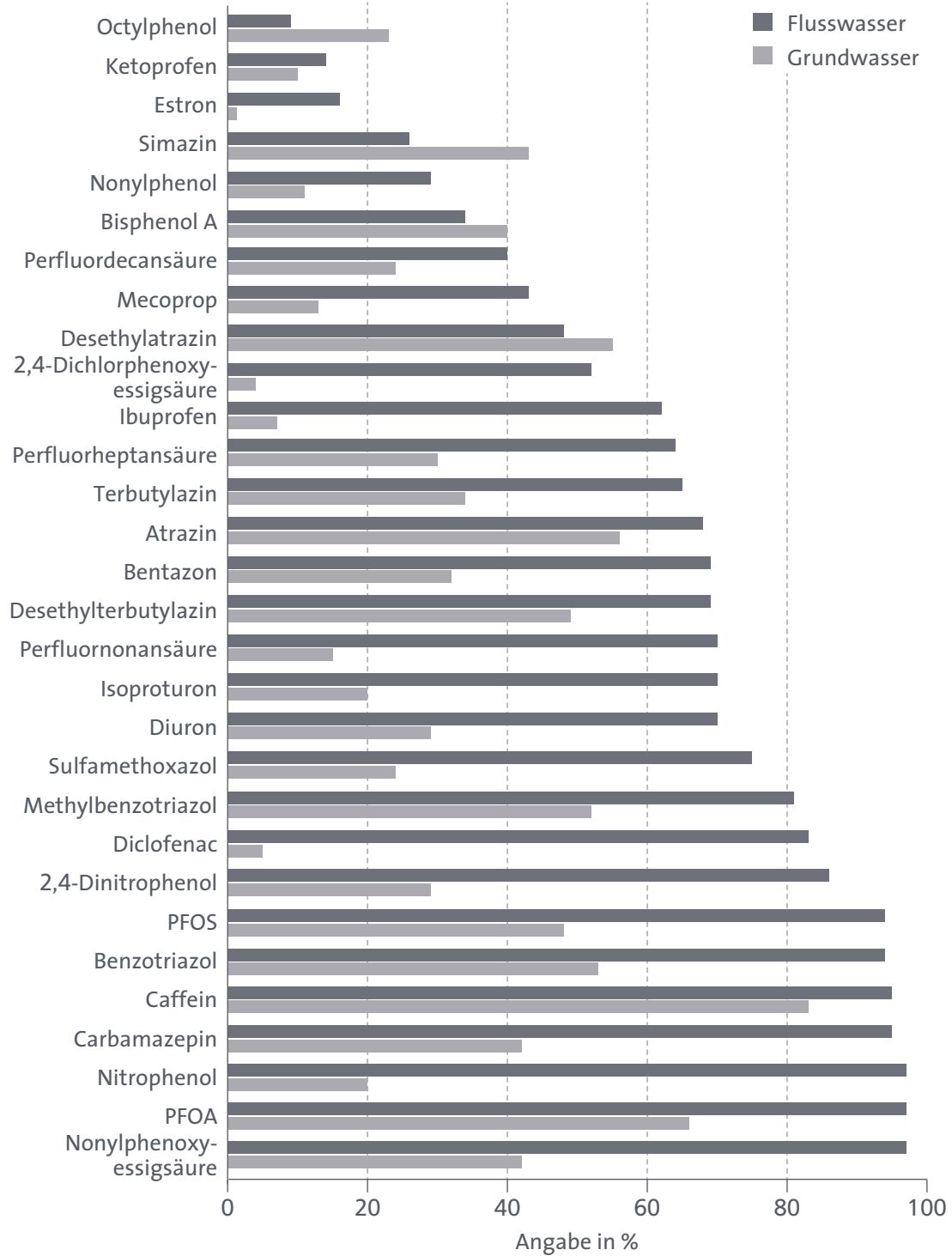
Abbildung II.11 zeigt Ergebnisse von zwei durch das Institut für Umwelt und Nachhaltigkeit am Joint Research Centre der Europäischen Kommission in mehr als 100 Flüssen und 164 Grundwasserkörpern durchgeführten Untersuchungen, denen zufolge Mikroschadstoffe in der aquatischen Umwelt Europas in vielen Wasserkörpern zu finden sind. Einige Mikroschadstoffe sind in mehr als 90 % der untersuchten Flüsse nachweisbar.



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

ABB. II.11

### HÄUFIG VORKOMMENDE SCHADSTOFFE IN EUROPÄISCHEN FLÜSSEN UND GRUNDWASSERKÖRPERN



Quellen: EEA 2011; Loos et al. 2009 u. 2010



Aufgrund der Vielzahl der untersuchten Wasserkörper gingen Loos et al. (2009) davon aus, dass ihre Ergebnisse, zumindest für Flüsse, erstmals auf einer für Europa repräsentativen Stichprobe beruhen.

Mikroschadstoffe können langfristig für den Menschen und die Ökosysteme nicht oder nur sehr schwer abschätzbare Gefahren darstellen. Beispielsweise können trotz des seit mehr als 40 Jahren bestehenden Verbots von DDT noch heute hohe Konzentrationen in der Ost- und Nordsee sowie im Mittelmeer gemessen werden (EEA 2012e). Ein Beispiel für einen besonders relevanten Mikroschadstoff stellt die Industriechemikalie Isopropylidenediphenol, besser bekannt als Bisphenol A, dar. Die wissenschaftlichen Ergebnisse zahlreicher Studien über die Auswirkungen von Bisphenol A auf das Hormonsystem von Menschen und Gewässerorganismen sind nicht ohne Widersprüche, geben jedoch Anlass, einen Zusammenhang des Auftretens dieser Chemikalie mit mehreren Krankheiten zu vermuten. Aus fachlicher Sicht des UBA (2010) ergibt sich trotz der Unsicherheiten und Wissenslücken in der Risikobewertung und Expositionshöhe von Bisphenol A »ein konsistentes Bild«, dass im Falle von Bisphenol A die Notwendigkeit besteht, vorsorgend tätig zu werden. Bisphenol A wird in das Abwasser und in die Kläranlagen eingetragen, wo es nur unzureichend eliminiert wird. Auf diesem Weg kann es in die Oberflächengewässer und damit auch in das Trinkwasser gelangen. Über die genauen Ursachen dafür, dass Bisphenol A im Grundwasser öfter und in höheren Konzentrationen gefunden wurde als in Oberflächengewässern (Tab. II.2), herrscht bisher Unklarheit. Weitaus größer dürften jedoch die vom Verbraucher aufgenommenen Mengen an Bisphenol A sein, die unter anderem über die Verpackungen und Kunststoffe in die menschliche Nahrung und den Hausstaub gelangen. Dänemark, Frankreich, und Kanada haben national bereits erste Schritte eingeleitet, um Bisphenol A aus Haushaltsprodukten wie Babyflaschen und Nahrungsmittelverpackungen zu verbannen (UBA 2010). Im Rahmen einer ergebnisoffenen Stoffbewertung unter der europäischen Chemikalienverordnung REACH sollte Deutschland bis Ende 2013 überprüfen, ob der Eintrag in die Umwelt in den Registrierungsdossiers hinreichend berücksichtigt wurde und ob der Stoff schädliche Wirkungen auf das Hormonsystem von Wasserorganismen hat (BAUA 2012).

Eine weitere, viel diskutierte, mit einem potenziellen Eintrag von gefährlichen Chemikalien in den Wasserkreislauf verbundene Herausforderung ist die Erschließung von tiefliegenden Öl- und Gasvorkommen. Hierfür sind in den letzten 20 Jahren zwei Technologien zusammengeführt worden. Zuerst wird ausgehend von einer vertikalen Bohrung bis in mehrere Kilometer Tiefe durch Umschwenken des Bohrkopfes parallel zur Erdoberfläche vorgedrungen. Anschließend an diese Horizontalbohrung werden in den erreichten tiefliegenden Gesteinsschichten durch die Injektion von großen Mengen an Wasser, Chemikalien und Sand unter extrem hohem Druck von mehreren hundert Bar Strukturbrüche erzeugt. In dieser als »fracking« bekannt gewordenen Methode der Förderung fossiler



Ressourcen wird ein Gemisch aus etwa 98 % Wasser und Sand sowie 2 % Chemikalien in die tiefliegenden Gesteinsformationen gepresst, um im tiefliegenden Gestein Brüche zu erzeugen, über die in diesen Schichten gebundenes Gas oder Öl ausströmen kann. Nach Abzug der Bohrflüssigkeiten kann dann aus dem Bohrloch nachströmendes Gas oder Öl gefördert werden (NADO 2010). Momentane Bohrungen benötigen in der Erschließungsphase zwischen 7.000 und 34.000 m<sup>3</sup> Wasser und etwa 2.000 bis 3.000 t Sand sowie zwischen 150.000 und 300.000 l chemischer Zusätze pro Bohrung. Zwischen einem Drittel und der Hälfte des eingesetzten Wassers kann nach Abschluss der Erschließung wieder aus dem Bohrloch zurückgewonnen werden.

In den USA, in denen »fracking« seit mehreren Jahrzehnten betrieben und weiterentwickelt wird, ist eine Vielzahl von Fällen bekannt, in denen dadurch beträchtliche negative Umwelteinwirkungen, u. a. auf die Wasserkörper, ausgelöst wurden. Oft sind diese negativen Umweltauswirkungen direkt auf eine unachtsame oder grob fahrlässige Handhabung der verwendeten Stoffe durch die Betreiber zurückzuführen (Michaels et al. 2010). Durch die kommerzielle Erschließung von Schiefergasvorkommen können die verwendeten Chemikalien ebenso wie gelöste toxische Stoffen aus den Lagerstätten und Reaktionsprodukte, die in den Lagerstätten entstehen, in den Wasserkreislauf geraten. Hinzu kommen potenziell andere Gefahren, wie die Emission von Schadstoffen in die Atmosphäre (Wolf Eagle Environmental 2009). Auch eine Anreicherung der aquatischen Bohrumgebung mit Methan wird mit »fracking« in Verbindung gebracht (Osborn et al. 2011).

---

### DEUTSCHE WASSERQUALITÄT

### 2.3

Obwohl in Deutschland Gewässerschutz einen hohen Stellenwert genießt, wird die Herstellung eines guten ökologischen Zustands der Wasserkörper bis 2015 als Ziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie für einen großen Teil der Gewässer nicht erreicht werden können. Um alle Gewässer in einen guten Zustand zu versetzen, wären umfangreiche Rückbau- und Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern nötig (Arle et al. 2010, S. 111). Hinsichtlich der chemischen Qualität sind etwa 37 % der Grundwasserkörper und 88 % der Oberflächenwasserkörper in einem guten Zustand. Dieser Befund könnte durch die momentan laufende Fortschreibung der Richtlinie (EG/2008/105/EG) über Umweltqualitätsnormen schlechter ausfallen, da in dieser Richtlinie neue und erweiterte Anforderungen an die Wasserqualität gestellt werden (BMU 2012; zu den Belastungen mit Quecksilber siehe nachfolgend). Die für einige Schad- und Nährstoffe vorliegenden Bilanzierungen der Stoffeinträge in die deutschen Oberflächengewässer zeigen insgesamt einen deutlichen Rückgang der Emissionen, der allerdings überwiegend über Verbesserungen im Bereich der punktuellen Einträge erreicht wur-





de, während die diffusen Belastungen nur in geringem Umfang reduziert werden konnten (Fuchs et al. 2010).

Die deutschen Wasserressourcen sind, wie bereits auf europäischer Ebene gezeigt, einer Vielzahl anthropogener Einflüsse ausgesetzt. Mit einer Einwohnerdichte von 230 Einwohnern pro km<sup>2</sup> liegt Deutschland weit über dem europäischen Durchschnitt von 116 Einwohnern pro km<sup>2</sup>. Zu den rund 13 % Siedlungs- und Verkehrsfläche kommt ein hoher Industrialisierungsgrad und eine land- und forstwirtschaftliche Nutzung von etwa 82 % der Gesamtfläche Deutschlands (Statistisches Bundesamt 2011). Nach dem ersten Fund eines Arzneimittelwirkstoffes in Oberflächengewässern im Jahr 1994 (Rönnefahrt et al. 2012) wird seit Ende der 1990er Jahre in der wissenschaftlichen Forschung vermehrt das Auftreten von Arzneimittelrückständen untersucht und aus Sicht der Umweltchemie als eine neue Herausforderung gesehen (Reddersen et al. 2002). In gezielten Grundwasseruntersuchungen in Berlin (Reddersen et al. 2002) und Oberflächenwasseranalysen im Großraum Köln (Jux et al. 2002) auf einige wenige Wirkstoffe konnten Arzneimittelrückstände und ihre Metabolite nachgewiesen werden. Auch Untersuchungen der Elbe aus dem Jahr 2000 und der Gewässer des Freistaates Sachsen aus dem Jahr 2002 wiesen eine Kontamination mit Arzneimittelrückständen nach (Wiegel et al. 2004). Seither sind in Deutschland Arzneimittelrückstände flächendeckend in Fließgewässern, Böden, abwasserbelastetem Grundwasser und vereinzelt in Spuren auch im Trinkwasser nachgewiesen worden. 2011 lagen Positivbefunde für mindestens 131 Einzelwirkstoffe in der aquatischen Umwelt vor. Schädliche Auswirkungen auf Umweltorganismen konnten für Konzentrationen, wie sie in Oberflächengewässern gemessen werden, bereits eindeutig belegt werden. Auch wenn Spuren von Arzneimitteln im Trinkwasser unerwünscht sind, besteht nach momentanem Kenntnisstand keine Gefahr für die menschliche Gesundheit, da die Konzentrationen in der aquatischen Umwelt deutlich unter den humanpharmakologischen Wirkschwellen liegen (Rönnefahrt et al. 2012).

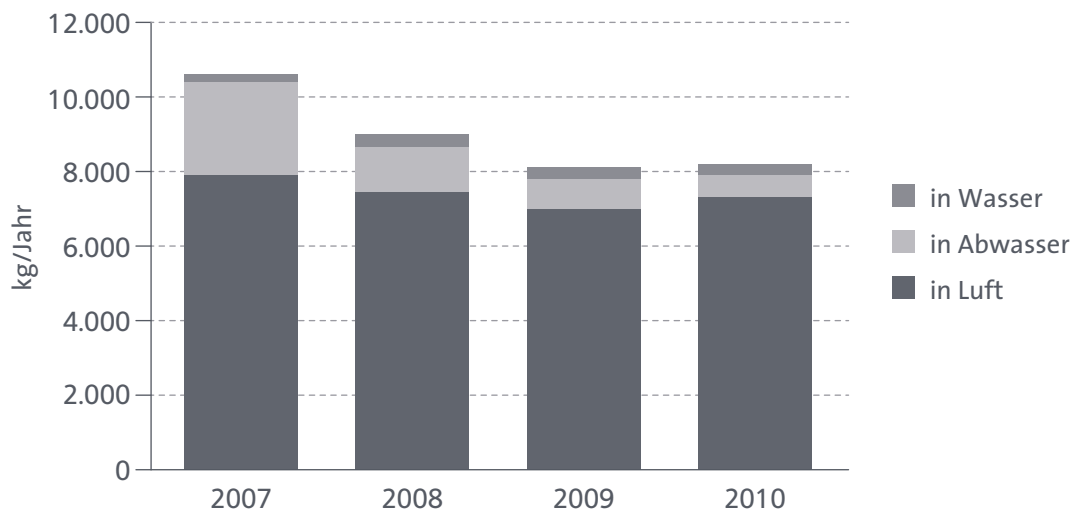
Wie Arle et al. (2010) zeigten, ist der »schlechte chemische Zustand« der überwiegenden Anzahl der deutschen Grundwasserkörper auf den Stickstoffeintrag aus landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen zurückzuführen. Eine Grundwasserbelastung mit mehr als 10 mg/l Stickstoff ist in weiten Teilen Deutschlands messbar. Etwa 15 % der Grundwasserüberwachungsstationen in Deutschland messen Konzentrationen von über 50 mg/l, dem Grenzwert für Stickstoff im Trinkwasser. Auch für die Oberflächengewässer in Deutschland ist nach wie vor ein hoher Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft das größte Problem. Für Pestizide, die zweithäufigste Kategorie von Schadstoffen, konnte seit den 1990er Jahren ein Rückgang der Konzentrationen um etwa 50 % beobachtet werden. In der Hauptsache scheint diese Verbesserung der Grundwasserqualität auf eine teilweise Beschränkung des Einsatzes von Pestiziden in der Landwirtschaft zurückzuführen zu sein (Arle et al. 2010).

Zu den im Rahmen der europäischen Betrachtung der Wasserqualität aufgezeigten Problemfeldern konnte im Bundesgebiet im Vergleich zu 1985 ein geringfügiger Anstieg der Uranhintergrundbelastung von Gewässern bestätigt werden, der auf einen kontinuierlichen Eintrag von in Dünger gebundenem Uran zurückgeführt wird (Birke et al. 2008). Eine Anreicherung von Uran auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, das durch uranhaltigen Phosphatdünger ausgebracht wird, wird zwischenzeitlich als ein Risiko für die kommunale Trinkwasserversorgung wie auch für die Wasserqualität von in Flaschen abgefülltem Wasser erkannt (Birke et al. 2010; Bundesregierung 2011). Nicht nur für Wasser, sondern auch für Rohphosphat, aus dem Dünger hergestellt wird, haben sich einige Uranentfernungstechniken als effizient und in der Praxis anwendbar erwiesen (Birke et al. 2010; Jekel et al. 2009). Hinsichtlich eines gesundheitlich duldbaren Grenzwertes für Uran im Trinkwasser wurde in der Novellierung der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) im Dezember 2012 ein Grenzwert von 10 µg/l übernommen.

Der Bedarf an mineralischen Düngemitteln und die damit verbundenen Probleme, beispielsweise hinsichtlich des damit verbundenen Eintrags von Uran, sind in erheblichem Umfang durch eine unzureichende Kreislaufführung des über die Nahrungsmittel in das Abwasser gelangenden Phosphors bedingt. Vor dem Hintergrund, dass Phosphor essenzieller Bestandteil aller biologischen Organismen, jedoch als fossile Ressource nur begrenzt verfügbar ist, ergibt sich deshalb eine zusätzliche Herausforderung für einen nachhaltigen Umgang mit (Ab-)Wasser und eine entsprechende Ausgestaltung von Wasserinfrastruktursystemen. Deutschland besitzt keine abbauwürdigen Phosphaterzlagerstätten und ist vollständig auf Importe angewiesen. Die Vorkommen liegen vor allem in Marokko und der Westsahara (zusammen ca. 70 % des weltweit nutzbaren Gesamtvorkommens), im Irak (ca. 8 %) und in der VR China (ca. 5 %) (U.S. Geological Survey 2012). Bei einer vollständigen Ausbeutung der bislang wirtschaftlich nutzbaren Lagerstätten und einem zukünftig konstant bleibenden weltweiten Verbrauch würden die Reserven rund 370 Jahre reichen (U.S. Geological Survey 2012). Je nach Lagerstätte enthält das gewonnene Rohphosphat unterschiedliche Mengen an Schwermetallen, neben Uran u. a. auch nennenswerte Mengen an Cadmium. Diese Anteile werden mit zunehmender Ausbeutung der Lagerstätten ansteigen und dadurch das Gefährdungspotenzial vor allem für Grund- und Trinkwasser erhöhen (Montag 2008). Mit Maßnahmen zur Phosphorrückgewinnung aus Abwasser kann ein Teil des in der Landwirtschaft benötigten Bedarfs gedeckt werden. Es wird davon ausgegangen, dass – auch vor dem Hintergrund steigender Phosphatpreise bei zunehmender Ausbeute der Lagerstätten und damit schwieriger werdenden Abbaubedingungen (Horn/Sartorius 2009) – aus wirtschaftlichen Gründen großtechnische Umsetzungen in den Industrieländern in den kommenden 20 Jahren erfolgen werden (Sartorius et al. 2012).

Die Vereinten Nationen verabschiedeten im Januar 2013 eine Konvention mit dem Ziel, den Eintrag von Quecksilber international zu begrenzen (UNEP 2013). In Deutschland konnte seit 2007 der Quecksilbereintrag der Industrie besonders in die aquatische Umwelt reduziert werden (Abb. II.12). Dennoch wird jährlich etwa 1 t Quecksilber in das Abwasser und in Wasserkörper eingeleitet, mehr als die Hälfte hiervon vom Energiesektor. Etwa 30 % des im Abwasserstrom enthaltenen Quecksilbers können in den Kläranlagen nicht ausgefiltert werden und gelangen so in den natürlichen Wasserkreislauf (UBA 2013a). So zeigte Vignati et al. (2013), dass die Quecksilberkonzentrationen, trotz eines Rückganges der eingetragenen Mengen, in den Fischbeständen der europäischen Wasserkörper die Umweltqualitätsstandards um das 2- bis 16-Fache übersteigen. Auch in Deutschland sind die Belastungen so hoch, dass die für Biota europaweit gültige Umweltqualitätsnorm flächendeckend deutlich überschritten wird (Beckers et al. 2012, S. 12).

ABB. II.12 QUECKSILBEREINTRÄGE IN DIE UMWELT IN DEUTSCHLAND



Quelle: UBA 2013a

Wie in Tabelle II.3 gezeigt, sind Mikroschadstoffe in großer Zahl auch in den deutschen Flussläufen nachweisbar. Seit 1990 hat zwar die Häufigkeit des Auftretens fast aller analysierten Stoffe abgenommen (Schäfer et al. 2011), eine Vielzahl von Stoffen, darunter PAHs – Nebenprodukte u. a. bei der Treibstoffverbrennung –, können jedoch in fast allen Wasserkörpern nachgewiesen werden. Viele der nachgewiesenen Stoffe sind im Rahmen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie als prioritäre Stoffe geführt, für die auf europäischer Ebene Umweltqualitätsnormen eingeführt wurden. Dabei ist es nach Schäfer et al. (2011) wahrscheinlich, dass die in der Richtlinie 2008/105/EG festgelegten Umweltqualitätswerte die ökotoxikologische Wirkung von prioritären Stoffen wahrschein-



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

lich unterschätzen. Eine Überarbeitung und Anpassung der Umweltqualitätswerte forderte auch Ghekiere et al. (2013).

TAB. II.3 PRIORITÄRE, IN DEUTSCHEN FLÜSSEN NACHGEWIESENE CHEMIKALIEN

	Maximalkonzentration (µg/l)	Häufigkeit (%)	prioritärer Stoff
Fluoranthren	0,053	99	ja
Pyren	0,046	99	
γ-HCH	0,03	98	ja
EDTA	35	93	
Phenanthren	0,038	91	
Benzo[b]fluoranthren	0,025	89	ja
Benzo[a]pyren	0,024	88	ja
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,033	88	ja
Tetrachloroethylen	1,20	88	ja
Benzo[ghi]perylen	0,2	87	ja
Chrysen	0,024	85	
Benz[a]anthracen	0,023	78	
Nitriilotriacetat	10	77	
α-HCH	0,2	67	
Benzo[k]fluoranthren	0,012	65	ja
Atrazin	0,6	62	ja
Hexachlorbenzol	0,03	58	ja
Bromoform	0,3	56	
Tetrachlormethan	0,05	52	ja
2,4,6-Trinitrotoluol	3,5	52	
Trichlormethan	1,5	48	ja
Trichlorethylen	0,5	46	ja
Desisopropylatrazin	0,6	44	

Quelle: Schäfer et al. 2011

Ein systemisches Wissens- und Informationsdefizit wurde auch bei dem Versuch der Gefahrenabschätzung der Erschließung von Öl- und Gasvorkommen in tief-liegenden Gesteinsschichten, dem »fracking«, erkannt (Meiners et al. 2012). Einerseits liegen nicht genügend Erkenntnisse vor, um über potenzielle technische und geologische Wirkungspfade und ihre Auswirkungen auf die Geo- und Ökosysteme abschließend urteilen zu können. Andererseits liegen über die beim »fracking« zur Anwendung kommenden bzw. dabei entstehenden Chemikalien nur wenige ökotoxikologische Daten vor, sodass die von ihnen ausgehende Gefahr

für die Umwelt nur ungenügend abgeschätzt werden kann. Bereits eingesetzte, geplante und in Entwicklung befindliche Frackfluide werden im Rahmen einer vorläufigen Bewertung als mittel- bis hochgefährlich eingeschätzt, wodurch dem Verpressen der aus dem Bohrloch zurückgewonnenen Fluide, die neben den eingesetzten Additiven auch Reaktionsprodukte enthalten können, in den Untergrund eine umweltgerechte Entsorgung vorzuziehen ist (Meiners et al. 2012).

---

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR DEN WASSERSEKTOR

3.

---

### INDUSTRIELÄNDER

3.1

Für die komplexen Wasserinfrastruktursysteme der Industrieländer herrscht angesichts der im Kapitel II.2 dargestellten Herausforderungen Anpassungsdruck. Zurzeit auf Politik- und Forschungsebene stattfindende Diskussionen verdeutlichen im Ergebnis

- › die zunehmende Konkurrenz zwischen der menschlichen Wassernutzung und dem Wasserbedarf der Ökosysteme als Bedrohung für die Funktionsfähigkeit der Umwelt,
- › die Informations- und Wissensdefizite über die mit den menschlichen Aktivitäten verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt, auch im Hinblick auf den einsetzenden Klimawandel,
- › den durch innovative Wasserverwendung möglichen Nutzenzuwachs und die Notwendigkeit der Entwicklung und Anwendung integrierter Lösungskonzepte und Systeme für die Überwindung der zunehmenden Wasserknappheit,
- › den Bedarf an Maßnahmen zum Erhalt und Schutz des lokal und regional verfügbaren Wasserangebots,
- › die finanziellen, technologischen und ökologischen Herausforderungen für die lokalen, nationalen und internationalen Akteure des Sektors und der angegliederten Forschung, die aus der Problematik der bedarfsgerechten Modernisierung und Sanierung der bestehenden Wasserinfrastruktur entspringen.

Für den Wassersektor in den Industrieländern stellen sich so insbesondere folgende Herausforderungen:

- › Konkurrenz um Wasser zwischen Mensch und Natur durch eine effektivere Verwendung von Wasser reduzieren. Dies gilt besonders für die Bewässerungslandwirtschaft und die Energieerzeugung, in denen erhebliche Potenziale zur Steigerung der Wassernutzungseffizienz bestehen.
- › die existierende Wasserinfrastruktur durch Sanierung und Modernisierung erhalten und gleichzeitig ihre Flexibilität hinsichtlich der Anpassungsmöglichkeiten an sich ändernde Randbedingungen (Klimawandel, demografische Veränderungen etc.) erhöhen,



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

- › Eintragswege und Auswirkungen von Nähr- sowie Schadstoffen (Industriechemikalien, Arzneimittel, Haushaltschemikalien, Pflegeprodukte etc.) in die aquatische Umwelt bestimmen und effiziente Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen umsetzen,
- › Schnittstellen zwischen Wasserkreislauf und menschlicher Aktivität möglichst naturschonend gestalten, um die Funktion und den Zustand bestehender Ökosysteme zu stärken.

Die Wasserinfrastruktur wird an die erwarteten gesellschaftlichen, technologischen und wirtschaftlichen Umbrüche, die wiederum indirekt von den sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen der verschiedenen Regionen bestimmt werden, angepasst werden müssen. Hierzu ist eine langfristige, konzentrierte und kooperative Aktion aller Akteure der Nachfrageseite nötig mit dem Ziel, die Wasserressourcen in quantitativer und qualitativer Hinsicht zu erhalten und mittelfristig ihren Zustand zu verbessern.

---

### WASSERARME REGIONEN UND ENTWICKLUNGSLÄNDER

### 3.2

Zwischen Bevölkerungswachstum und Wasserverfügbarkeit wird ein direkter negativer Zusammenhang (Roy/Mazumdar 2013) vermutet, und mit zunehmender Wassernachfrage zeigt sich, dass in immer weniger Ländern die Nachfrage aus Landwirtschaft, Industrie und Haushalten nach Wasser von hoher Qualität durch erneuerbare Wasserreserven gedeckt werden kann. Mit einem erwarteten Bevölkerungswachstum von mehr als 2 Mrd. Menschen bis zum Jahre 2050 – von heute 7 auf über 9 Mrd. (dbresearch 2010; OECD 2012;) – ist davon auszugehen, dass sich die Trink- und Abwasserproblematik besonders in Ländern mit hohem Bevölkerungswachstum weiter zuspitzen wird. Dies gilt als Hemmschuh für die wirtschaftliche Entwicklung, wodurch immer stärker auf die unzureichend nachhaltige Erschließung qualitativ hochwertiger Wasserquellen wie fossile Grundwasserkörper (Aquifere), aber auch auf energie- und kostenintensive Meerwasserentsalzungstechnologien ausgewichen wird, um die steigenden Nachfrage bedienen zu können (Buffle et al. 2010). Aus dem selben Grund wird weltweit auch die Nutzung von Grundwasser stark vorangetrieben (Siebert et al. 2010). Eine verantwortungsvolle Nutzung vorausgesetzt, können Grundwasservorkommen einen großen Beitrag zur Versorgung der Bevölkerung leisten (Cosgrove/Cosgrove 2012). Es werden jedoch etwa 55 % der totalen Grundwasserentnahmen in der Bewässerungslandwirtschaft im Wachstumsprozess der Pflanzen an die Atmosphäre abgegeben und damit direkt nach Entnahme verbraucht (Siebert et al. 2010). Endliche fossile Grundwasserkörper (Aquifere), die sich durch vergleichsweise geringe Nachspeiseraten auszeichnen, decken besonders in Wüstengebieten und Regionen mit hoher landwirtschaftlicher Produktion einen Großteil der Nachfrage, die oft das natürliche Angebot weit übersteigt.



In diesem Zusammenhang muss auch berücksichtigt werden, inwiefern heimischer Wasserbedarf in der Güterproduktion dem lokalen Konsum dient. Auch wenn weltweit in den meisten Nationen Nahrungsmittel vor Ort produziert werden, wird ein Großteil durch den globalen Handel nicht am Ort seiner Produktion verzehrt. So wird durch internationalen Handel mit landwirtschaftlichen und industriellen Gütern die Wassermenge, die zur Herstellung dieser Erzeugnisse erforderlich ist, in die Länder gleichermaßen exportiert (Hoekstra 2011; Mekonnen/Hoekstra 2011). Aus diesem Verständnis heraus wurde das Konzept des Wasserfußabdrucks entwickelt, um die Auswirkungen des menschlichen Konsums von Nahrungsmitteln und Konsumgütern auf die globalen Frischwasserressourcen anhand des zur Produktion der Güter nötigen Wasserverbrauchs zu bewerten. Der Wasserfußabdruck differenziert die Quelle der Wasserentnahme (Regen- oder Oberflächen- und Grundwasser) sowie die zeitlich und räumlich unterschiedlichen Rahmenbedingungen des Wassereinsatzes wie auch den virtuellen Wasseraustausch durch internationalen Handel. Hoekstra (2011) zeigte in diesem Zusammenhang, dass ein Großteil der in Westeuropa konsumierten Nahrungsmittel besonders in Südamerika, Nordafrika und Nordamerika einen hohen Wasserverbrauch in der Landwirtschaft verursacht, da dieser dort produziert wird.

Wasser hält sich nicht an von Menschenhand gezogene Grenzen. Internationale Kooperation ist nötig, um die Wasserressourcen für geschätzte 40 % der Weltbevölkerung an über 260 grenzüberschreitenden Flüssen und Seen und in insgesamt 145 einzugsgebietsübergreifenden Nationen effizient und nachhaltig zu bewirtschaften (BMZ 2006, S.5) und somit das existierende Wasserangebot zu erhalten und eine effiziente Allokation zu ermöglichen. Die kooperative und nachhaltige Bewirtschaftung von Frischwasserressourcen kann zwischenstaatliches Vertrauen, aber auch die wirtschaftliche Entwicklung, Ernährungssicherheit, Gesundheit und Armutsbekämpfung einer Region fördern. Im Gegensatz dazu kann Nichtkooperation vorhandenes Konfliktpotenzial verschärfen (BMZ 2006). International sind mindestens 225 Konflikte um Wasser in den vergangenen 5.000 Jahren bekannt und die neuere Geschichte des Nahen Ostens zeigt eindrücklich, dass zunehmende Konkurrenz um den existenziellen Standortfaktor Wasser große politische Sprengkraft besitzt (Pacific Institute 2009).

Obwohl viele Länder über genügend Wasser verfügen, führt die Art und Weise der Verwendung oft saisonal zu akuter Wasserknappheit. Für die Schwellen- und Entwicklungsländer lässt sich häufig ein schlechtes Zusammenspiel von politischer Führung und Zielvorgabe, gültigem nationalem Recht und regulativem Rahmen und dessen Durchsetzung sowie die Effizienz und Effektivität der nationalen Institutionen bezüglich der Wasserwirtschaft als Ursache vieler Probleme identifizieren. Durch schwache oder fehlende Steuerung werden etwa



## II. TRENDS UND BESTIMMUNGSGRÜNDE DER WASSERNUTZUNG

- › der langfristige Bedarf an Wasserinfrastruktursystemen nicht erkannt, wodurch sich das Investitionsverhalten oft am akut Notwendigen orientiert anstatt vorausschauend geplant zu werden;
- › Entgelte für Wasserdienstleistungen erhoben, die in ihrer Struktur und Höhe einen dauerhaft kostendeckenden Betrieb nicht zulassen;
- › die notwendige Kapazität und Kompetenz im Bereich Verwaltung und Organisation nicht aufgebaut;
- › umweltrelevante Maßnahmen nur in unzureichendem Maße durchgeführt und
- › das Potenzial technischer Neuerungen und innovativer Lösungskonzepte nicht erkannt.

Wichtige Herausforderungen für wasserarme Regionen und Entwicklungsländer sind deshalb:

- › Aufbau eines funktionierenden gesetzlichen Rahmens für die Wasserwirtschaft und dessen Durchsetzung;
- › Implementierung eines effektiven und situationsspezifischen regulativen Rahmens, um den Aufbau einer nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten arbeitenden Wasserwirtschaft zu fördern;
- › Aufbau von starken Institutionen mit ausreichenden Kompetenzen und Kapazitäten sowie klar definierten Aufgabenbereichen<sup>1</sup> mit folgenden Aufgabenstellungen:
  - Schutz der Qualität der verfügbaren Wasserressourcen,
  - Schutz der Quantität der verfügbaren Wasserressourcen sowie die
  - Reduktion der stark steigenden Konkurrenz um die verfügbaren Wasserressourcen von Landwirtschaft, Industrie und Haushalten durch die Implementierung von Maßnahmen und Instrumenten, die eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressourcen von der Quelle bis zur Verwendung fördern.
- › Prüfung bestehender Technologien und Konzepte, die vor dem Hintergrund der nationalen Gegebenheiten geeignet erscheinen, eine bedarfsorientierte Wasserinfrastruktur aufzubauen. Dazu ist auch die Informationsbasis über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen und die sich daraus ergebenden Implikationen für Mensch und Umwelt auszubauen.

---

<sup>1</sup> Nur in wenigen Ländern fällt die Ressource Wasser in den Zuständigkeitsbereich eines Ministeriums. In der Regel ist eine Zusammenarbeit von mehreren Ministerien (etwa Umwelt, Energie, Finanzen, Infrastruktur und Landwirtschaft) erforderlich.



---

## TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DEUTSCHLANDS

### III.

Nach der Darstellung wasserwirtschaftlicher Herausforderungen im Kapitel II wird im Folgenden eine Analyse dieser Technikbereiche hinsichtlich der Bedeutung deutscher Unternehmen bei der Erforschung und Entwicklung sowie der weltweiten Verbreitung der entsprechenden Technologien vorgenommen. Dem liegt die Frage zugrunde, ob deutsche Unternehmen bereits heute auf dem globalen Markt für wasserrelevante Technologien eine wichtige Rolle spielen und durch entsprechende Außenhandelsaktivitäten ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit in diesem Bereich zur Geltung bringen. Zudem stellt sich die Frage, ob deutsche Unternehmen und Forschungsinstitutionen über die technischen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, die für die Neu- bzw. Weiterentwicklung wasserrelevanter Technologien erforderlich sind und die eine Grundvoraussetzung dafür darstellen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit auch in Zukunft aufrechtzuerhalten oder sogar zu verbessern.<sup>2</sup>

Zur Beantwortung dieser Fragen werden verschiedene Indikatoren herangezogen. Zum einen ermöglichen Außenhandelsdaten die Darstellung der Außenhandelsaktivitäten Deutschlands im Vergleich zu anderen, konkurrierenden Ländern. Zum anderen erlauben es auf der Anzahl von Patentanmeldungen und Publikationen fußende Indikatoren, die Innovationsdynamik in den jeweiligen Technologiebereichen sowie eine entsprechende Spezialisierung verschiedener Länder auf diese Technikbereiche zu dokumentieren.

Nach der Darstellung der Analysemethode im Kapitel III.1 erfolgt im Kapitel III.2 die Vorstellung der Technikbereiche, die im Hinblick auf die Analyse unterschieden werden können. In den nachfolgenden Kapiteln erfolgen die Darstellung der gemessenen Indikatoren sowie ihre Interpretation hinsichtlich der technischen Leistungsfähigkeit (Kap. III.3), der wissenschaftlichen Publikationsaktivitäten (Kap. III.4) und der globalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands (Kap. III.5) für die zuvor festgelegten Technikbereiche. Ein Fazit (Kap. III.6) schließt das Kapitel ab.

---

<sup>2</sup> Beide Fragen waren auch Gegenstand des vom BMBF von 2006 bis 2009 geförderten Projekts »Wasser 2050: Nachhaltige wasserwirtschaftliche Systemlösungen – Chancen für die deutsche Wasserwirtschaft« (FKZ 02WT0820).

---

## DARSTELLUNG DER ANALYSEMETHODE

1.

---

### ANALYSEGEGENSTAND UND POTENZIALANSATZ

1.1

Die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit fußt auf der Erkenntnis, dass der Wettbewerb im Bereich höherwertiger Güter stark durch Qualitätsmerkmale bedingt ist. Damit werden die Wissensbasis einer Volkswirtschaft sowie ihre Fähigkeit, Wissen in Produkte umzusetzen und diese zu vermarkten, zu wichtigen Voraussetzungen künftigen wirtschaftlichen Erfolgs. Da diese Fähigkeiten nicht direkt messbar sind, müssen Indikatoren identifiziert werden, die sie zumindest näherungsweise beschreiben. Im Rahmen der periodischen »Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit« an das BMBF hat sich eine Methodik durchgesetzt, die sich auf Indikatoren aus verschiedenen Teilbereichen des Innovationsprozesses stützt (Grupp 1997). In Anlehnung an diese Vorgehensweise werden in diesem Bericht einerseits Patente als FuE-relevante, intermediäre Indikatoren herangezogen, die gleichzeitig als Frühindikator für die zukünftige technische Entwicklung dienen. Andererseits werden außenhandelsbezogene Indikatoren verwendet, die den Fortschritts- oder Outputindikatoren zuzuordnen sind und eher auf die Anwendung und Verbreitung der Technologien abzielen.

Über die in der »Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit« verwendeten Indikatoren hinaus ist die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit ein wichtiger Indikator, da sie zumindest teilweise eine wichtige Voraussetzung für die Innovationsdynamik und damit die Wettbewerbsfähigkeit in der Zukunft darstellt. Der Anteil wissenschaftlicher Publikationen in national und international referierten Fachzeitschriften gibt Hinweise auf die Leistungsfähigkeit der deutschen Wissenschaft als »Lieferant« von Grundlagenwissen für Forschungsinstitute und Unternehmen, die auf dieser Basis innovative, wettbewerbsfähige Produkte und Verfahren entwickeln.

Methodisch besteht die größte Herausforderung bei der Erhebung der Indikatoren darin, die Merkmale zu identifizieren, anhand derer relevante, d. h. die nachhaltige Wasserwirtschaft betreffende Patentanmeldungen oder Güterströme des Außenhandels erfasst und ausgewertet werden können. Die Auswahl der Patente stützt sich auf die Internationale Patentklassifikation (»International Patent Classification« [IPC]), welche die den Patenten zugrundeliegenden Innovationen nach ihren jeweiligen funktionellen Eigenschaften ordnet. Da in den meisten Fällen bekannt ist, wie ein innovatives Verfahren funktioniert und worin es sich von dem ursprünglich angewendeten Verfahren unterscheidet, ist eine Zuordnung zu einer oder mehreren IPC-Kategorien mit entsprechenden technischen Kenntnissen leicht möglich. Diese Innovationen können jedoch auf der Grundlage der IPC-Kategorien nicht immer von Prozessinnovationen in anderen Anwendungsbereichen unterschieden werden, die sich des gleichen Funktionsprinzips bedie-



nen. Eine noch ausgeprägtere Abgrenzungsproblematik besteht bei den Warenkategorien, die der Außenhandelsstatistik zugrunde liegen. Meist ist es zwar möglich, wassertechnologische Güter (z. B. Geräte zum Reinigen von Wasser) grundsätzlich abzugrenzen, die besonders nachhaltigen Varianten werden aber nicht eigens unterschieden. Daher wird, wie bei den Analysen im Rahmen der Studie »Wirtschaftsfaktor Umweltschutz« (Edler et al. 2007; Legler et al. 2006), an einen produktionswirtschaftlichen Ansatz angeknüpft, bei dem die nachhaltige Wassertechnologie die Produktgruppen und Technologielinien umfasst, die ihrer Art nach in der Wasserwirtschaft zur Anwendung kommen und der Modernisierung der angesprochenen Themenbereiche dienen könnten bzw. sich auf ein ähnlich gelagertes technologisches Wissen beziehen (Legler et al. 2006). Bei diesem Potenzialansatz steht also nicht die (bereits) tatsächlich realisierte Anwendung für den Umweltschutz im Vordergrund, sondern die technologische Leistungsfähigkeit, die ihrer Art nach für umweltfreundliche Produktionsprozesse und Produkte in den ausgewählten Feldern mobilisiert werden *könnte*.

Die analytische Unschärfe, die durch den Potenzialansatz gerechtfertigt wird, enthebt aber nicht von der Notwendigkeit, die statistische Abgrenzung der betrachteten Technologielinien sehr sorgfältig durchzuführen. Diese Abgrenzungsarbeiten erfordern erhebliches ingenieurwissenschaftliches Know-how, da, wie oben dargelegt, weder die Patentklassen noch die Außenhandelsklassifikation (potenziell) umweltfreundliche Technologien als solche kennzeichnen und ein unreflektiertes Heranziehen einzelner Patent- oder Außenhandelsklassen das Risiko birgt, dass die identifizierten Patente bzw. Güter nicht wirklich das gewünschte Erkenntnisobjekt umfassen. Der einzig gangbare Weg ist hier eine technologisch fundierte Bottom-up-Abgrenzung der Untersuchungsgegenstände. Zunächst müssen die für die Wasserwirtschaft zentralen Produktgruppen abgegrenzt und die wichtigsten Technologielinien innerhalb jeder Produktgruppe identifiziert werden. In einem zweiten Schritt müssen für alle Technologielinien diejenigen Technikkomponenten herausgearbeitet werden, welche Weiterentwicklung in Richtung zunehmender Nachhaltigkeit determinieren. In einem dritten Schritt müssen diese Technikkomponenten dann in die Patent- bzw. Außenhandelssystematik übersetzt werden. Dies erfolgt in einem iterativen Prozess mit mehreren Durchläufen, bei dem die ersten Klassifikationsversuche empirisch umgesetzt und die daraus resultierenden Ergebnisse dann überprüft werden. Wenn sich dabei herausstellt, dass die Abgrenzung zu weit gefasst (also z. B. zahlreiche Patente erfasst, die keinen Nachhaltigkeitsbezug aufweisen oder eines, das sich nicht auf wasserwirtschaftlich relevante Technologien bezieht) oder zu eng gewählt wurde (z. B. weil bestimmte Technikkomponenten ganz fehlen), muss die Such- und Klassifikationsstrategie angepasst werden. Diese Prüfung ist zeitaufwendig, da sie nicht anhand abstrakter Kurzinformationen, sondern nur auf Basis (von Stichproben) aus der Gesamtzahl der detaillierten Abstracts erfolgen kann.

Zentrales Erkenntnisinteresse der vorliegenden Studie ist ein internationaler Vergleich der technologischen Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit im Bereich nachhaltiger Wassertechnologien. Dabei konnte auf methodische Erfahrungen zurückgegriffen werden, die folgende Vorgehensweise nahelegen (Walz et al. 2008a):

- › Die Patentrecherchen knüpfen vorrangig an die Patentanmeldungen über das PCT-Verfahren (gemäß Patent Cooperation Treaty) an, mit dem Anmeldungen bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO) hinterlegt werden können und damit gleichzeitig in allen Vertragsstaaten wirksam werden. Da dieses Anmeldeverfahren erst in jüngerer Zeit an Beliebtheit gewonnen haben und es weitere Möglichkeiten für internationale Anmeldungen von Patenten gibt, werden außerdem Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt hinzugerechnet, wobei Doppelzählungen identischer Meldungen ausgeschlossen werden. Damit zielt diese Methode zur Abbildung der internationalen Patente nicht auf einzelne Märkte wie Europa ab, sondern weist einen transnationalen Charakter auf. Die Anmeldungen werden den Ländern entsprechend dem Wohnort der Erfinder zugeordnet, was erfahrungsgemäß Verzerrungen minimiert. Als Datenbank für die Erfassung der Patentdaten dient PATSTAT. Der Beobachtungszeitraum umfasst die Entwicklung von 1990 bis 2010, dem letzten Anmeldungsjahr, für das zum Zeitpunkt der Datenerhebung (Dezember 2012) von einer vollständigen Erfassung aller Anmeldungen ausgegangen werden kann. Gegebenenfalls werden für Querschnittsvergleiche die Durchschnittswerte mehrerer Jahre herangezogen, sodass vor allem bei Technikbereichen mit einer geringen Anzahl von Patentanmeldungen eine statistisch zuverlässige Grundgesamtheit erreicht wird, bei der sich zufällige Schwankungen einzelner Jahre ausgleichen.
- › Zur Erhebung der Außenhandelsdaten wird die Datenbank UN-COMTRADE herangezogen, die nicht auf den Handel mit OECD-Ländern beschränkt ist, sondern den gesamten Welthandel erfasst. Als Basis zur Klassifikation der Technologien dient das »Harmonized System« (HS) von 2002, das gegenüber der früher für internationale Vergleiche üblichen »Standard International Trade Classification« (SITC) eine tiefere und daher zielgenauere Disaggregation ermöglicht. Dennoch sind auch bei der HS-Klassifikation zahlreiche Beschränkungen in der Technologieschärfe zu berücksichtigen, die die Verwendung des zuvor skizzierten Potenzialansatzes unabdingbar machen. Die erhobenen Daten umfassen den Zeitraum von 2002 (Einführung der HS 2002-Klassifikation) bis 2011 (letztes Jahr mit vollständiger Datenbasis).
- › Zur Ermittlung des Anteils wissenschaftlicher Publikationen mit deutschem Anteil wird als Datengrundlage die Zitations- und Abstractdatenbank »Scopus« herangezogen. Scopus wird seit 2004 von Elsevier zur Verfügung ge-



stellt. Die Datenbank umfasste im November 2012 nach eigenen Angaben (Scopus 2012):

- 19.500 Peer-reviewed-Journale (inklusive 1.900 Open-Access-Journale)
- 400 Fachzeitschriften
- 360 Buchreihen
- »articles in press« aus über 3.850 Journalen
- 49 Mio. Datensätze, davon 28 Mio. nach 1996 und 21 Mio. vor 1996
- 5,3 Mio. Konferenzbeiträge

Für die Analyse wurden die Datensätze von 1990 bis 2012 auf unterschiedliche Stichworte mit Bezug zur Wasserwirtschaft hin untersucht. Nach diesen Stichworten wurde in Titel, Abstract und Keywords gesucht.

---

## VERWENDETE INDIKATOREN

**1.3**

Die zeitliche Entwicklung der Patentierungsaktivitäten und der Vergleich mit der allgemeinen Patentdynamik erlauben eine Einschätzung über die Entwicklung der Innovationsdynamik und das jeweils erreichte Entwicklungsstadium in den betrachteten Technikbereichen. Für den internationalen Ländervergleich sind Zeitreihen dagegen von geringerer Bedeutung. Allenfalls wird ein Zeitraum in der Vergangenheit mit einem gegenwartsnahen Zeitraum verglichen. Dabei umfassen die betrachteten Zeiträume meist mehrere Jahre, um eine ausreichend große Datenbasis sicherzustellen und statistisch bedingte Fluktuationen dadurch gering zu halten. Sowohl für die Patentanmeldungen als auch den Außenhandel geschieht die Darstellung der Aktivitäten der betrachteten Länder mittels ihres Anteils an den entsprechenden weltweiten Aktivitäten. Sowohl der Patentanteil (PA) als auch der Welthandelsanteil (WHA eines Landes wird dabei als prozentualer Anteil dieses Landes an den weltweiten, dem jeweiligen Technikbereich zuzuordnenden Patentanmeldungen bzw. Ausfuhrvolumina berechnet.

Sowohl die Patentanteile als auch die Welthandelsanteile werden durch die Größe und das allgemeine Entwicklungsmuster des Landes beeinflusst. Auf Basis dieser Indikatoren treten kleine Länder daher selbst dann kaum in Erscheinung, wenn sie nennenswerte Aktivitäten aufweisen. Zusätzlich ist es daher üblich, Spezialisierungskennziffern zu bilden. Sie geben an, welchen Stellenwert die besonders interessierenden Technikbereiche und ihnen zuzuordnende Waren im Verhältnis zum Durchschnitt aller Technologien und Waren innerhalb des betrachteten Landes aufweisen. Durch eine geeignete Verrechnung und Transformierung der Ausgangszahlen sind die resultierenden Spezialisierungsindikatoren dabei so normiert, dass positive Werte eine über dem globalen Durchschnitt liegende Spezialisierung des untersuchten Landes anzeigen, der Wert 0 einer durchschnittlichen Spezialisierung entspricht und negative Zahlen auf eine unterdurchschnittliche Spezialisierung hindeuten. Außerdem findet eine Normierung derge-

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

stalt statt, dass die Indikatoren zwischen -100 (keine Aktivität in diesem Bereich) und +100 (vollständige Spezialisierung) liegen.<sup>3</sup> Dadurch wird gerade auch in kleineren Technikbereichen ein Vergleich der Aktivitäten verschiedener Länder möglich, die unabhängig von Größeneffekten ist. Folgende Spezialisierungsindikatoren gelangen zur Anwendung:

- > Der relative Patentanteil (RPA) setzt den Patentanteil des betrachteten Landes  $i$  im jeweiligen Technikbereich  $j$  in Relation zu den Patentanteilen des Landes bei allen Patenten und wird nach folgender Formel berechnet:

$$RPA_{ij} = 100 \cdot \tanh \left\{ \ln \left[ \left( p_{ij} / \sum_i p_{ij} \right) / \left( \sum_j p_{ij} / \sum_{ij} p_{ij} \right) \right] \right\}$$

- > Beim Außenhandel wird der RCA (»revealed comparative advantage«) gebildet, der neben den Ausfuhren ( $a$ ) auch die Einfuhren ( $e$ ) mitberücksichtigt und insofern als umfassender Indikator der Außenhandelsposition gilt. Er gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes  $i$  im betrachteten Technikbereich  $j$  von der Ausfuhr-Einfuhr-Relation des Landes bei allen Industriewaren abweicht und wird nach folgender Formel berechnet:

$$RCA_{ij} = 100 \cdot \tanh \left\{ \ln \left[ \left( a_{ij} / e_{ij} \right) / \left( \sum_j a_{ij} / \sum_j e_{ij} \right) \right] \right\}$$

- > Wenn Sonderfaktoren auf die Importe einwirken, die nicht die eigentliche Leistungsfähigkeit betreffen (z. B. durch Subventionen induzierte Importe), ist der RCA gelegentlich schwierig zu interpretieren. In diesem Fall gelangt der relative Welthandelsanteil (RWA) zum Einsatz, der die Importe unberücksichtigt lässt und analog dem RPA aufgebaut ist.
- > Zur Darstellung der Spezialisierung eines Landes hinsichtlich seiner Publikationsaktivitäten wird entsprechend der Patentspezialisierung der relative Publikationsvorteil (»revealed literature advantage [RLA]») herangezogen, dessen Gleichung analog zu derjenigen des RPA aufgebaut ist.

---

## FESTLEGUNG DER TECHNIKBEREICHE

## 2.

Im Unterschied zu den traditionellen Umwelttechnologien, zu denen auch die Abwasserbehandlung zählt, hat sich für die Abgrenzung der hier zu untersu-

---

3 Die Normierung zwischen -100 und +100 wird durch Verwendung des Tangens hyperbolicus und anschließende Multiplikation mit dem Faktor 100 erreicht (Grupp 1997). In der Literatur wird bei den Außenhandelsindikatoren z. T. auf eine Normierung der Spezialisierungsindikatoren in das Intervall -100 bis +100 verzichtet (Edler et al. 2007; Legler et al. 2006 u. 2007), was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse – zusätzlich zu den anderen klassifikations- und datenbedingten Unterschieden – erschwert.



chenden Wassertechnologien insgesamt noch keine international vergleichbare Konvention herausgebildet. Daher ist es zunächst erforderlich, die relevanten Technologiebereiche inhaltlich genauer zu charakterisieren, bevor die entsprechenden Technologien auch in die Klassifikationen der Patent- und Außenwirtschaftsstatistiken übersetzt werden können. Neben den bereits erwähnten Vorarbeiten (Edler et al. 2007; Legler et al. 2006) waren hier Arbeiten im Rahmen des BRICS-Projekts für den Rat für Nachhaltige Entwicklung (Walz et al. 2008b) ein weiterer wichtiger Anknüpfungspunkt.

Bei der Entwicklung einer Systematik für Wassertechnologien kommt folgenden Aspekten eine besondere Bedeutung zu:

- › Zunächst soll die Systematik möglichst alle technischen Funktionen umfassen, die dem Bereich der Wassertechnologien zuzuordnen sind. Dazu gehören in jedem Fall die Förderung, Behandlung und Aufbereitung von Rohwässern verschiedener Herkunft, der Transport letzterer zu den Verbrauchern sowie der Abtransport und die Behandlung des im Zuge der Wassernutzung entstehenden Abwassers.
- › Die ökologische Nachhaltigkeit im Sinne von Umweltverträglichkeit ist vielen Wassertechnologien insofern inhärent als aufseiten des Abwassers steigende Anforderungen an die Qualität der Abwasserreinigung schon in der Vergangenheit zu einer Senkung der Umweltbelastung geführt haben. Darüber hinaus sind die Versorger auch im Bereich der Wasserversorgung bestrebt, durch den Einsatz entsprechender Technologien Wasser in einer Qualität bereitzustellen, welche die menschliche Gesundheit und die Natur nicht schädigen. Das allein gewährleistet aber nicht die Nachhaltigkeit der Wasserversorgung im Allgemeinen. Die Gewinnung von Rohwasser kann beispielsweise zu einer Übernutzung der Ressource Wasser führen (Folge: Senkung des Grundwasserspiegels) oder in hohem Maße andere Ressourcen in Anspruch nehmen (Beispiel: energieintensive Meerwasserentsalzung). Da die Politik und in der Folge die Nutzer und Anbieter von wasserrelevanten Technologien in Deutschland bestrebt sind, durch den Einsatz besonders nachhaltiger Technologien solche Defizite zu vermeiden, muss die Steigerung der Nachhaltigkeit bei der Charakterisierung von Wassertechnologien eine wichtige Rolle spielen.
- › Die nachhaltige Nutzung des Rohstoffs Wasser wird durch eine Steigerung der Nutzungseffizienz, d.h. durch Erfüllung einer bestimmten Funktion mit möglichst geringem Wasserverbrauch, ermöglicht. Hier leistet auch die mehrfache Nutzung (d.h. das Recycling) von Wasser einen positiven Beitrag.
- › Implizit bedeutet die effiziente Nutzung von Wasser mittels Recycling häufig außerdem, dass es sinnvoll oder gar unabdingbar ist, Wasser in kleinen Kreisläufen zu führen und dementsprechend semi- oder dezentral zu behandeln.
- › Die Aufbereitung und Verteilung von Wasser, vor allem aber die Abwasserreinigung sind mit dem Verbrauch (z.B. Energie, Chemikalien) und der Ent-

^  
> III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

stehung von Ressourcen anderer Art (z. B. organische Substanz, Düngemittel) verbunden, die ihrerseits mehr oder weniger effizient genutzt werden können, woraus ein höherer bzw. niedrigerer Beitrag zur Nachhaltigkeit resultiert. Vergleichbares gilt für die Klärschlammbehandlung, die je nach Ausgestaltung einen (netto-)energieverbrauchenden oder -erzeugenden Prozess darstellt.

Die Liste der aufgeführten Punkte deutet darauf hin, dass eine konsequente Einbeziehung der Nachhaltigkeit in die Wasserwirtschaft eigentlich eine ganzheitliche Betrachtung wasserwirtschaftlicher Systemlösungen erfordert, bei denen spezifische technische Lösungen zur Wassergewinnung, -nutzung und -(wieder)aufbereitung den jeweiligen Anforderungen entsprechend miteinander kombiniert werden. Da die vorliegende Analyse über weite Strecken jedoch auf Statistiken beruht, die sich an technischen Einzelfunktionen oder spezifischen Gütern orientieren, kann die Kompetenz deutscher Unternehmen zur Entwicklung und Herstellung von Systemlösungen hier nicht berücksichtigt werden. Stattdessen lässt sich anhand der aufgeführten Aspekte die nachfolgende Systematik und Charakterisierung wasserwirtschaftlich relevanter und nachhaltiger Technologiebereiche ableiten.

Ergänzend ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass eine Reihe von Technikansätzen eigentlich mehreren Bereichen zugeordnet werden könnte (z. B. Ozonierung für die Wasseraufbereitung *und* Abwasserreinigung), dass aber, um Doppelzählungen bei der Indikatorik zu vermeiden, die Zuordnung hier jeweils nur zu einem Bereich erfolgt. Dasselbe Argument gilt für einzelne, spezifische Technikbereiche (z. B. Meerwasserentsalzung), die eigentlich vorhandenen Technikbereichen (hier: Wasseraufbereitung) zuzuordnen wären, in der vorliegenden Analyse jedoch aufgrund ihrer besonderen Bedeutung einer speziellen Analyse unterzogen werden.

---

## WASSERAUFBEREITUNG

## 2.1

Die Wasserversorgung umfasst neben der Verteilung vor allem Aspekte der Förderung und Aufbereitung von Rohwasser. Folgende Technologielinien können diesem Bereich zugeordnet werden.

- > Bevor das Wasser aufbereitet und verteilt werden kann, müssen zunächst *Brunnen gebohrt, gefasst* und das Wasser aus der Tiefe emporgepumpt werden (Pumpen finden allerdings beim Wassertransport Berücksichtigung).
- > Ein wesentliches dezentrales Element der Wasserversorgung ist außerdem die Nutzung von *Regenwasser*, das aufgefangen und gespeichert, zumeist aber nur in geringem Umfang gereinigt werden muss.





- › Zwecks Aufbereitung werden unerwünschte Inhaltsstoffe (z. B. Kalk, Mangan, Eisen) mittels *physikalisch-chemischer Verfahren* gefällt, geflockt<sup>4</sup> oder zersetzt und anschließend je nach Eigenschaft herausgefiltert, sedimentiert oder flotiert<sup>5</sup>, oder das Wasser wird direkt über Ionenaustauscher gereinigt. Schließlich wird das Wasser mittels Chlorierung, Ozonierung oder UV-Strahlung hygienisiert.<sup>6</sup>

Einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten die hier aufgeführten Technologiekomponenten weniger als solche, sondern vielmehr als Bestandteile eines soziotechnischen Systems, das den Nutzern sauberes, gesundheitlich unbedenkliches Wasser zu akzeptablen Kosten bereitstellt.

---

## WASSERNUTZUNGSEFFIZIENZ

## 2.2

Die Steigerung der Wassernutzungseffizienz ist neben der Reduktion des Stoffeintrages ein entscheidendes Element eines proaktiven Wassermanagements, welches die Herausforderung der Versorgung mit ausreichenden Mengen an Wasser hoher Qualität nicht allein auf die Angebotsseite beschränkt.

- › *Waschmaschinen, Geschirrspüler* und *Wasserarmaturen* stehen hier stellvertretend für alle Geräte bzw. Installationen im privaten Bereich, die Wasser verbrauchen und bei denen eine Reduzierung des Wasser(- und Energie)verbrauchs Kennzeichen des technischen Fortschritts ist.
- › In der Industrie wird Wasser schon heute sehr effizient genutzt. Dabei kommen, wie in den privaten Haushalten, Innovationen der Mess- und Regeltechnik zum Einsatz, die den Wasserverbrauch im Prozess verringern, oder das Abwasser wird in größerem Umfang recycelt, wobei verstärkt Abwasserreinigungsverfahren (s. unten) zum Einsatz kommen.
- › Feuerlöschtechnik ist ein weiterer Bereich, für den zwar Wasser nicht in großen Mengen verbraucht wird, wohl aber vorgehalten werden muss. In diesem Zusammenhang trägt eine effizientere Nutzung durch verbesserte Pumpen und

---

4 Bei der Flockung oder Flokkulation handelt es sich um ein Verfahren, bei dem feinst suspendierte oder kolloidale Wasserverunreinigungen aggregiert, d. h. zu größeren Einheiten zusammengelagert werden, um sie anschließend leichter sedimentieren oder filtern zu können.

5 Bei der Flotation bilden im Wasser dispergierte Bestandteile mit durch das Wasser perlenden Gasblasen Aggregate, die aufschwimmen und an der Oberfläche als Schaum abgeschöpft werden können. Durch die Zugabe von Schäumungsmitteln kann dieser Prozess wirkungsvoll unterstützt werden.

6 Membranegebundene Filtertechnologien spielen grundsätzlich sowohl bei der Bereitung von Trink- und anderen qualitativ hochwertigen Wässern (auch aus Meerwasser) als auch bei der Reinigung aller Arten von Abwässern eine zunehmend wichtige Rolle. Aufgrund der Möglichkeit, sie wegen ihrer Modularität verstärkt auch semi- oder dezentral einzusetzen, werden diese Filtertechnologien hier aber bei der dezentralen Abwasserbehandlung im Rahmen innovativer Technikansätze berücksichtigt.

^  
> III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

*Düsen*, aber auch die Zugabe verbesserter *Additive* nicht nur zur Schonung der Ressource Wasser, sondern auch zu Einsparungen bei der entsprechenden Infrastruktur und zur Erhöhung der Wirksamkeit des Feuerschutzes bei.

---

## WASSERTRANSPORT

## 2.3

Wasserleitungen und Kanalisationen sind integrale Bestandteile einer zentralen Wasser- oder Abwasserinfrastruktur. Ihr Beitrag zur Nachhaltigkeit besteht in der Versorgung der Menschen mit gesundheitlich unbedenklichem Wasser und der Zuführung des Abwassers zu (zentralen) Kläranlagen.<sup>7</sup>

- > Bestandteile der zentralen Wasserverteilungsinfrastruktur sind vor allem *Pumpen*, *Schieber* und *Rohre*, aber auch *Wasserbehälter*, die häufig nicht nur einen Ausgleichspuffer zwischen Wasserangebot und -nachfrage darstellen, sondern auch einen ausreichenden Wasserdruck an den Entnahmestellen sicherstellen. Aus technischer Sicht sind Pumpen, Schieber und Rohre auch zentrale Elemente von Druck- und Vakuumkanalisationen, die dann zum Einsatz kommen, wenn beispielsweise die Abwassermengen oder das Gefälle für konventionelle Leitungen zu gering sind oder die Abwasserkonsistenz eine Ableitung über eine Schwemmkanalisation nicht erlaubt (z. B. bei der Ableitung von Schwarzwasser<sup>8</sup> als Abwasserteilstrom im Rahmen neuartiger Sanitärsysteme [NASS]<sup>9</sup>).
- > Die zentrale Abwasserableitung unterscheidet sich in einigen Punkten von der Wasserverteilungsinfrastruktur. Wegen des höheren (suspendierten) Feststoffgehaltes weisen nicht nur die *Rohre* zumeist einen größeren Durchmesser auf und werden aus anderen Materialien hergestellt, sondern auch die *Pumpen* und *Heber* basieren auf anderen Funktionsprinzipien (z. B. Verdrängungs- statt Rotationspumpen).
- > Bau und Instandhaltung von Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen unterliegen insofern einer permanenten technischen Weiterentwicklung, als es angesichts häufig maroder Leitungs- und Kanalsysteme bei gleichzeitiger Wahrung der Wirtschaftlichkeit immer wichtiger wird, die Infrastruktur durch *Leckagedetektoren* und *Molchsysteme* in situ zu überwachen und ggf. zu reparieren. Bei der Reparatur wie auch bei der Errichtung neuer (zusätzli-

---

7 Gleichzeitig erfordern weitläufige Rohr- und Kanalsysteme hohen Investitions- und Erhaltungsaufwand bei gleichzeitig geringer Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Rahmenbedingungen (z. B. Klima- oder demografischer Wandel), was die wirtschaftliche Nachhaltigkeit vielfach zweifelhaft erscheinen lässt.

8 Als Schwarzwasser bezeichnen Fachleute das Abwasser aus Toiletten und stellen es damit dem als Grauwasser bezeichneten übrigen Haushaltsabwasser gegenüber.

9 Neuartige Sanitärsysteme (NASS) sind stoffstromorientierte und ressourcenökonomisch ausgerichtete Konzepte der Wasserwirtschaft, die über die konventionelle Siedlungswasserwirtschaft hinausgehen (DWA 2008).

cher) Infrastrukturen kommt außerdem vor allem in dicht bebauten Gebieten *grabenlosen Verfahren* eine besondere Bedeutung zu.

---

## ABWASSERREINIGUNG INKLUSIVE SCHLAMMBEHANDLUNG 2.4

Die Abwasserentsorgung umfasst sowohl die Ableitung des Abwassers vom Ort seiner Entstehung als auch seine Reinigung, die es in der Regel in einen Zustand versetzt, in dem es gefahrlos in die Umwelt abgegeben oder wiederverwertet werden kann. Die Beseitigung des anfallenden Klärschlamms ist ebenso Teil der Abwasserentsorgung. Folgende Technologielinien gehören zu diesem Bereich:

- › *Abwasserreinigungsverfahren* zielen auf die Reinigung von Wasser ab, das sich hinsichtlich der (größeren) Menge und Art der Verunreinigungen (z. B. organische Verbindungen, Nährstoffe oder Mikroverunreinigungen) von Regenwasser so stark unterscheidet, dass es nicht alleine mittels physikalischer Prozesse gereinigt werden kann. Daher werden biologische und physikalisch-chemische Verfahren eingesetzt, die in den Klärprozess integriert und an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Hygienisierungsverfahren spielen hier ebenfalls eine Rolle, werden aber schon im Technikbereich »Wasseraufbereitung« berücksichtigt.
- › Außerdem geht es im Zusammenhang mit der Abwasserreinigung darum, den Ressourcenverbrauch durch verändertes Prozessdesign, Energierückgewinnung und das Recycling von Rohstoffen zu verringern und damit die *Effizienz* der Abwasserbehandlung hinsichtlich des Rohstoffverbrauchs zu erhöhen. Letztlich kann die Abwasserreinigung auch zur effizienteren Nutzung des Wassers beitragen, indem das gereinigte Wasser erneut eingesetzt und damit Frischwasser einspart wird.
- › Der Abwasserwirtschaft fällt schließlich auch die Aufgabe zu, weitergehende Lösungen für den wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Umgang mit dem anfallenden Klärschlamm zu suchen. Einerseits ist hier an eine *Wiederverwertung* der im Abwasser enthaltenen Ressourcen zu denken. Andererseits können alternative Sanitär- und Abwasserkonzepte dazu beitragen, bestimmte Kontaminationen von vornherein zu vermeiden. Darüber hinaus kann auch die *Menge anfallenden Klärschlamms* durch geeignete Abwasserreinigungsverfahren reduziert werden.

---

## WASSERANALYTIK

## 2.5

Die Messung und qualitative Analyse von Wasser ist die Voraussetzung dafür, den Bedarf für die Behandlung von Wasser überhaupt erst zu erkennen. Das gilt für regelmäßig anzutreffende Bestandteile ebenso wie für spezielle Schadstoffe. Drei Aspekte sind dabei von besonderer Bedeutung:

^  
> III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

- > Die Probenentnahme muss so erfolgen, dass sie einerseits mit möglichst geringen Kosten verbunden ist, andererseits aber die Zuverlässigkeit der Analyseergebnisse nicht infrage gestellt wird.
- > Bei der eigentlichen Analyse kommen Photometer, Chromatografen, Sonden und andere Messgeräte zum Einsatz, die im Hinblick auf die zu analysierenden Substanzen und deren Nachweisgrenzen ständiger Weiterentwicklung bedürfen.
- > Je nach Einsatzort (z. B. in entlegeneren Gebieten im Zuge einer dezentralen Abwasserbehandlung) spielen auch die Automatisierung der Analyse sowie die Übermittlung der gewonnenen Daten eine wichtige Rolle.

---

## HOCHWASSERSCHUTZ

2.6

Die im Zusammenhang einer zu erwartenden Klimaverschiebung vermutlich häufiger auftretenden Extremwetterereignisse stellen zunehmende Anforderungen an das Management aller Bestandteile der Wasserinfrastruktur im weiteren Sinn, d. h. für Talsperren und Polder ebenso wie für Kanalnetze und Wasserläufe.

- > Instrumente zur Messung von Flüssigkeits(- und Regenwasser)ständen und entsprechenden Durchflussvolumina sowie anderen wetterrelevanten Parametern sowie Geräte bzw. Sonden zur Messung chemisch-biologischer Parameter erlauben es im Falle von Extremwetterereignissen, nach Übermittlung und Verarbeitung der gewonnenen Daten die Regen- und Schmutzwasserflüsse so zu steuern, dass ökologische und gesundheitliche Gefahren weitgehend abgewendet werden können.
- > Im Vorfeld der eigentlichen Inanspruchnahme der Infrastrukturen erlaubt die Vorhersage des Wetters mittels computergestützter Modelle und insbesondere der Niederschläge (auch mittels Regenradar) die optimale Nutzung (d. h. Bewirtschaftung) vorhandener Kapazitäten.
- > Wasserbauliche Maßnahmen zur Kontrolle von Flüssen schließen auch Polder und Rückhaltebecken mit ein, die das Ausmaß eines Hochwassers und damit auch seine Auswirkungen abzumildern helfen. In den vorliegenden Technikbereich fließen nur die Komponenten ein, die der Zu- oder Abflusssteuerung dienen.

---

## SPEZIELLE INNOVATIVE WASSERTECHNISCHE ANSÄTZE

2.7

Hinsichtlich der Nachhaltigkeit ist das dezentrale Wassermanagement von großer Bedeutung, da es in vielen Fällen die Verkleinerung und Schließung von Stoffkreisläufen und die effizientere Behandlung von Wasserströmen erlaubt. Das Recycling von Wasser geht meistens ebenfalls mit einem dezentralen Management einher.



- › Während in der Vergangenheit ein Trend zu immer größeren kommunalen Anlagen festzustellen war, finden neuerdings in *dezentralen Anwendungen* auch leistungsfähige Kleinkläranlagen immer mehr Beachtung, wobei sich gerade hier aufgrund des modularen Aufbaus die Kombination mit der *Membranfiltration* besonders vorteilhaft auswirkt. Zurzeit ist die membrangestützte Variante nur in Einzelfällen wirtschaftlich; dies könnte sich aber aufgrund technischer Fortschritte und verschärfter gesetzlicher Anforderungen für die Abwasserentsorgung entlegener Haushalte oder Betriebe in Zukunft ändern. Dezentrale Wasserbehandlungsverfahren spielen außerdem beim Recycling von Grau- und Prozesswässern eine wichtige Rolle, da Anfall und weitere Nutzung des aufbereiteten Abwassers zumeist orts- und zeitnah erfolgen.
- › Neuere Entwicklungen im Bereich der *Spurenstoffeliminierung* zielen darauf ab, neu erkannte Verunreinigungen (z. B. Rückstände von Medikamenten und endokrine Stoffe) zu entfernen.
- › Für Länder mit geringem Süßwasseraufkommen, aber Zugang zum Meer können die *Meerwasserentsalzung* mittels Destillation, Membranfiltration und Elektrophorese sowie Kombinationen dieser Verfahren der Wasseraufbereitung einen wichtigen Beitrag zur Wasserversorgung leisten.
- › Die Landwirtschaft ist gerade in solchen Ländern auf eine gute Wasserversorgung angewiesen, in denen das natürliche Süßwasserangebot knapp ist. Durch eine Steigerung der *Effizienz der Bewässerung* kann der Wasserbedarf und damit der Wasserstress für die natürliche Umwelt reduziert werden.

Die in diesem Kapitel dargestellten Technikbereiche Wasseraufbereitung, Wassernutzungseffizienz, Wassertransport, Abwasserreinigung (inklusive Schlammbehandlung), Wasseranalytik, Hochwassermanagement und innovative Wassertechnik bilden in den folgenden Kapiteln die Basis für die technische Differenzierung des Analysegegenstandes. Eine weitergehende Aufschlüsselung ist nicht möglich, weil weder die Patent- noch die Außenhandelsgütersystematik es erlauben, eine stärkere Differenzierung abzubilden. Außerdem wäre in diesen Fällen insbesondere die Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr und Land sehr klein und so starken Schwankungen unterworfen, dass eine sinnvolle Auswertung nicht mehr möglich wäre.

---

## PATENTANALYSEN

## 3.

Wie zu Beginn von Kapitel III.1 bereits dargestellt wurde, fußt die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit von Herstellern wasserwirtschaftlich relevanter Technologien auf der Erkenntnis, dass der Wettbewerb im Bereich höherwertiger Güter stark durch Qualitätsmerkmale bedingt ist. Voraussetzung künftigen wirtschaftlichen Erfolgs ist also die Wissensbasis einer Volkswirtschaft sowie ihre Fähigkeit, Wissen in Produkte umzusetzen und diese zu vermarkten. Patentanmeldun-

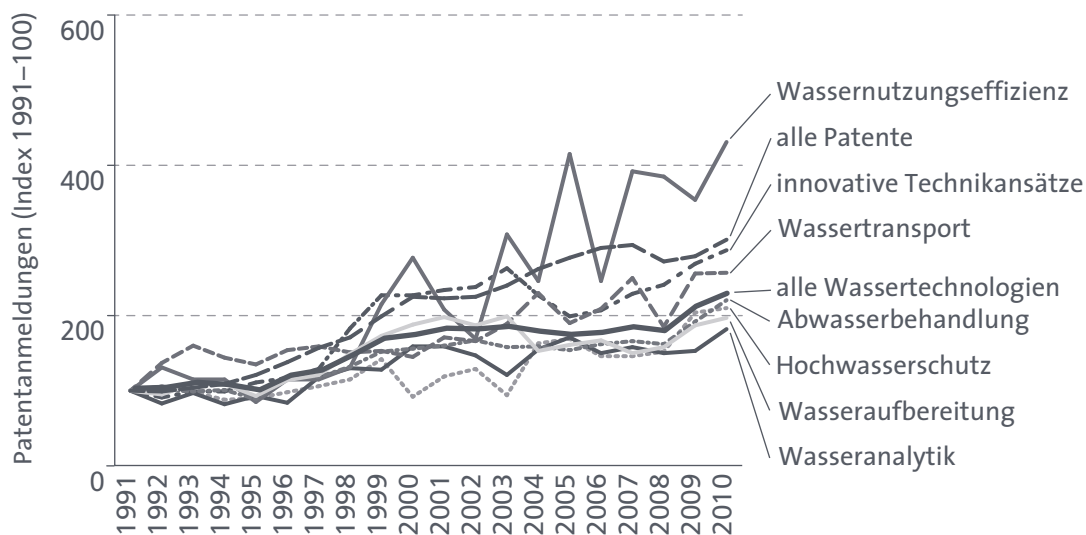
gen sind Ausdruck dieser Wissensbasis und so werden im Folgenden die im Kapitel III.2 unterschiedenen, wasserwirtschaftlich relevanten Technologiebereiche einer vergleichenden Bewertung hinsichtlich der Dynamik der Patentanmeldungen sowie ihrer Aufteilung auf verschiedene Volkswirtschaften unterzogen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Neigung, Innovationen durch Patentanmeldungen zu schützen, nicht nur von Branche zu Branche deutlich unterscheidet. Auch innerhalb der Wasserwirtschaft gibt es bedeutende Unterschiede, die durch die Art der Akteure (privat oder öffentlich), ihre Organisation wie auch der Nähe zu anderen Wirtschaftszweigen bestimmt sein können.

## DYNAMIK DER PATENTANMELDUNGEN

## 3.1

Erste Hinweise auf die Intensität der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie die Erneuerung der Wissensbasis innerhalb eines Technologiebereichs lassen sich aus der Innovationsdynamik gewinnen, d.h. aus der Veränderung der Anzahl der entsprechenden Patentanmeldungen im Zeitverlauf. Für die wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereiche sind diese Verläufe in Abbildung III.1 dargestellt.

ABB. III.1 ENTWICKLUNG DER ANZAHL VON PATENTANMELDUNGEN IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNOLOGIEBEREICHEN



Zahlen sind auf das Jahr 1991 (= 100) indiziert; Entwicklung aller Patentanmeldungen (in allen Technologiebereichen) zum Vergleich

Eigene Erhebung und Berechnung

Die aufgeführten Anmeldezahlen beziehen sich auf alle Anmelder weltweit und stellen dar, wie intensiv die Forschungsaktivitäten im jeweiligen Technolo-

giebereich im Vergleich zur Technologieentwicklung insgesamt sind. Die Innovationsdynamik in einzelnen Ländern (z. B. Deutschland) getrennt zu untersuchen und der Gesamtentwicklung gegenüber zu stellen, ist an dieser Stelle nicht sinnvoll, da es zunächst um die Innovationsneigung innerhalb eines Technologiebereichs und nicht um deren regional oder national differenzierte Ausprägung geht. Außerdem führen Eigenarten einzelner Länder hinsichtlich der Entwicklung leitender Rahmenbedingungen und historische Ereignisse ebenso wie die geringeren Zahlen von Patentanmeldungen zu stärkeren Schwankungen, die schwer zu interpretieren sind.

Beim Blick auf die in Abbildung III.1 dargestellten Datenreihen ist zunächst festzustellen, dass bei der Gesamtheit der Wassertechnologien ebenso wie bei den Patentierungsaktivitäten insgesamt bis zum Jahr 2000 und nach der Wirtschaftskrise der Jahre 2008 und 2009 ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen ist. In der Zwischenzeit schwächte sich die Entwicklung vor allem im Bereich der Wassertechnologien deutlich ab, was zusammen mit der allgemein etwas geringeren Dynamik bis zum Krisenjahr 2008 zu einer deutlichen Divergenz führte, die danach nur teilweise wieder zusammengeführte. Entsprechend wurde im Jahr 2010 für alle Patente ein Index von 301, für die Wassertechnologien hingegen der Indexwert 225 erreicht.

Auch für die spezifischen Technologiebereiche ist über den betrachteten Zeitraum hinweg in allen Fällen ein deutlicher Anstieg festzustellen, der in einzelnen Fällen jedoch von 2001 bis 2008 eine vorübergehende Abschwächung erfuhr. Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung folgten dabei der Entwicklung der Wassertechnologien insgesamt sehr eng und erreichten im Jahr 2010 nur geringfügig geringere Indizes (197 bzw. 215) als diese (225). Diese Ähnlichkeit der Verläufe überrascht nicht besonders, da beide Kategorien fast 60 % aller Patentanmeldungen im Wasserbereich insgesamt ausmachten. Nur geringfügig schlechter als die zuvor genannten Technologiebereiche schnitten über weite Strecken der Hochwasserschutz und die Wasseranalytik ab, wobei hier ein kurzer Zeitabschnitt (2000 bis 2003) auffällt, in dem die Indizes deutlich, zum Teil sogar unter 100 absanken.

Deutlich besser als beim Durchschnitt aller Wassertechnologien verlief die Innovationsdynamik demgegenüber in den Bereichen Wassertransport und Innovative Technikansätze. Beide übertrafen in ihrer Dynamik zeitweise sogar die Entwicklung der Patentanmeldungen insgesamt und erreichten am Ende (im Jahr 2010) Indizes, die mit Werten von 257 und 287 nur wenig dahinter (300) zurückblieben. Dynamischer als die Patentanmeldungen insgesamt verhielten sich innerhalb der Innovativen Technikansätze die dezentrale Wasserbehandlung und die Meerwasserentsalzung, für die im Jahr 2010 Indizes von über 300 bis 400 verzeichnet wurden. Die höchste Dynamik erfuhr schließlich der Bereich der Wassernutzungseffizienz, der über den längsten Zeitraum hinweg die allgemeine

^  
› III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

Entwicklung hinter sich ließ und am Ende des Betrachtungszeitraums Indexwerte bis zu und über 400 erreichte. Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die Wassernutzungseffizienz vielfach mit Technologien z.B. im Bereich der Haushaltsgeräte im Zusammenhang steht, die nicht unmittelbar der Wasser- und Abwasserwirtschaft zugeschrieben werden. Dies mag zumindest teilweise die höhere Dynamik bei den Patentanmeldungen erklären.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Innovationsdynamik im Bereich der Wassertechnologien lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass der im Betrachtungszeitraum verzeichnenbare Anstieg der Patentanmeldungen im Durchschnitt etwa halb so hoch war wie bei den Patentanmeldungen allgemein. In einigen Bereichen wurde die allgemeine Patentierungsdynamik jedoch fast erreicht (Wassertransport und innovative Technikansätze) oder sogar überschritten (Wassernutzungseffizienz).

---

## PATENTANTEILE

## 3.2

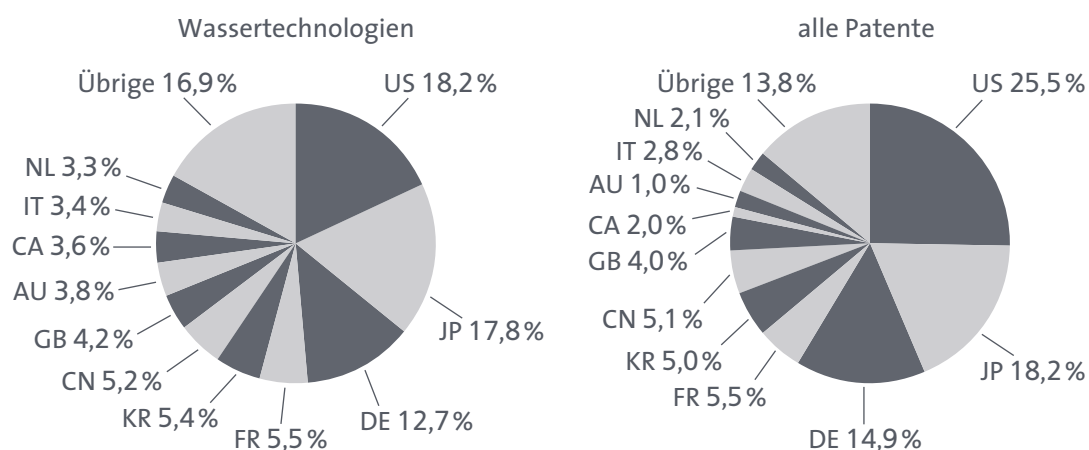
Wie der vorangegangenen Darlegung zu entnehmen ist, muss die Veränderung der Anzahl (d.h. die Dynamik) der Patentanmeldungen immer im Zusammenhang mit ihrer absoluten Anzahl zu einem bestimmten Zeitpunkt gesehen werden, da ein bestimmter relativer Anstieg umso schwieriger umzusetzen ist, je höher die Anzahl zum Ausgangszeitpunkt bereits ist. Außerdem ist es methodisch schwierig, verschiedene Länder auf der Basis ihrer jeweiligen Innovationsdynamiken zu vergleichen, da sich die Relationen im Zeitverlauf aufgrund sich verändernder Rahmenbedingungen ebenfalls verändern und überdies die Schwankungen der Patentzahlen bei Ländern mit einer kleineren Zahl von Anmeldungen aus statistischen Gründen noch zunehmen. Um die Bedeutung verschiedener Länder hinsichtlich ihres Beitrags zur Wissensgenerierung im Bereich der wasserwirtschaftlich relevanten Technologien zu bestimmen, ist es daher sinnvoll, die relevanten Länder zunächst anhand ihres jeweiligen Anteils an den Patentanmeldungen zu bestimmen. Um die Wirkung kurzfristiger und auf der Wirkung kleiner Zahlen beruhender Schwankungen auszuschließen, erfolgt in Abbildung III.2 die Darstellung dieser Anteile auf der Basis der Summe der Anmeldungen im Zeitraum von 2007 bis 2010.

Es wird deutlich, dass beim Ranking der Anmelde Länder entsprechend ihren Patentanteilen im Bereich der Wassertechnologien die Reihenfolge für die sieben wichtigsten Länder im Wesentlichen die gleiche ist wie bei den Patentanmeldungen insgesamt. Die Triade USA, Japan und Deutschland ist gefolgt von Frankreich, Südkorea, China und Großbritannien. Bei nur wenig veränderten Anteilen tauscht nur China mit Südkorea die Plätze. Es folgen im Ranking der wasserrelevanten Patentanteile die Länder Australien, Kanada und, auf Position 11, die Niederlande, bei denen Wassertechnologien eine herausragende Rolle spielen



und die Patentanteile dementsprechend mit 3,8 %, 3,6 % und 3,3 % deutlich höher sind als bei den Patentanmeldungen insgesamt, wo die Anteile nur 1,0 %, 2,0 % bzw. 2,1 % betragen.

ABB. III.2 VERTEILUNG DER PATENTANMELDUNGEN IM BEREICH WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTER TECHNOLOGIEN UND INSGESAMT AUF DIE ANMELDERLÄNDER (2007–2010)



AU: Australien, CA: Kanada, CN: VR China, DE: Deutschland, FR: Frankreich, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, NL: Niederlande, US: USA

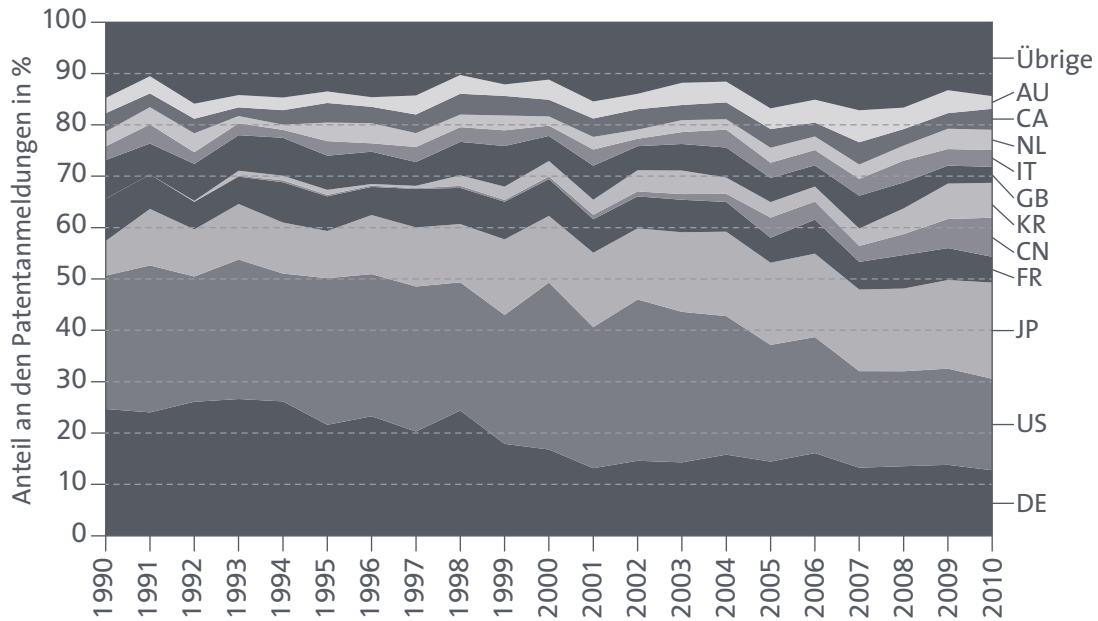
Eigene Erhebung und Berechnung

Da im Rahmen der Analyse der Innovationsdynamik auf einen Vergleich verschiedener bzw. auf die Fokussierung auf einzelne Länder verzichtet wurde, gewinnt die zeitliche Entwicklung der dargestellten Patentanteile umso mehr an Interesse (Abb.III 2). Wie in Abbildung III.3 dargestellt, hat sich diese Verteilung im Verlauf der vergangenen 20 Jahre deutlich verändert. Trotz gleichgebliebener absoluter Anmeldezahlen hatten sich die Anteile Deutschlands und Großbritanniens in dieser Zeit fast halbiert. Auch die Anteile der USA und Frankreichs sanken um rund ein Drittel. Von den bedeutenden Anmeldeändern konnte nur Japan seinen Anteil steigern und erreichte dabei mehr als eine Verdoppelung. Bemerkenswert sind weitere Länder wie Südkorea und China, die noch zu Beginn der 1990er Jahre überhaupt keine Patentanmeldungen in diesem Bereich aufwiesen und 2010 noch vor Frankreich die Plätze 4 und 5 belegten.

Werden die (durchschnittlichen) Patentanteile im Bereich wasserwirtschaftlich relevanter Technologien auf die einzelnen Technologiebereiche heruntergebrochen, so zeigen sich von Bereich zu Bereich stark unterschiedliche nationale Anteilsverteilungen und für die entsprechenden Länder sehr unterschiedliche Spezialisierungsmuster (Abb. III.4).

III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

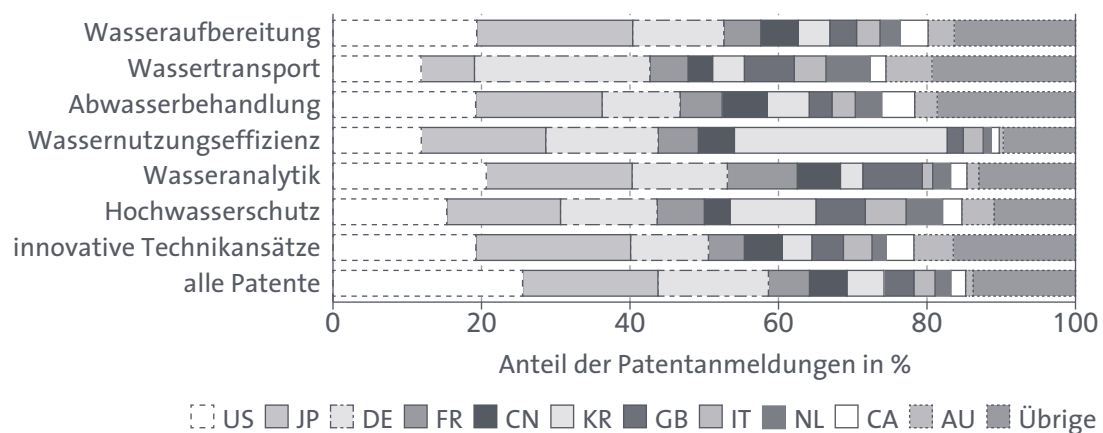
ABB. III.3 VERÄNDERUNG DER VERTEILUNG WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTER PATENTANMELDUNGEN



AU: Australien, CA: Kanada, CN: VR China, DE: Deutschland, FR: Frankreich, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, NL: Niederlande, US: USA

Eigene Erhebung und Berechnung

ABB. III.4 ANTEILE DER ANMELDERLÄNDER AN DEN PATENTANMELDUNGEN IN VERSCHIEDENEN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN (2007–2010, KUMULIERT)



AU: Australien, CA: Kanada, CN: VR China, DE: Deutschland, FR: Frankreich, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, NL: Niederlande, US: USA

Eigene Erhebung und Berechnung

So weisen von 2007 bis 2010 beispielsweise die USA relativ hohe Anteile in den Bereichen Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung, Wassernutzungseffizienz und Wasseranalytik auf. In keinem dieser Bereiche (und dementsprechend auch nicht für die Wassertechnologien insgesamt) erreichen sie jedoch ihren relativen Anteil an allen Patentanmeldungen. Japan liegt demgegenüber in den Bereichen Wasseraufbereitung und Wasseranalytik nicht nur weit vorne, sondern sogar über dem Anteil aller Patente, was auf eine signifikante Spezialisierung in diesen Bereichen schließen lässt. Hinzu kommen drei weitere Bereiche mit hohen Anteilen. Deutschland liegt nur im Bereich Wassertransport deutlich an erster Position, dort (mit 23,6 %) außerdem deutlich über seinem Anteil an allen Patentanmeldungen (14,9 %). Außerdem weist Deutschland im Bereich Wassernutzungseffizienz (mit 15,1 %) einen Anteil auf, der über dem aller Patente liegt. Weiterhin bemerkenswert sind die relativ hohen Anteile von Südkorea bei der Nutzungseffizienz und dem Hochwasserschutz, von Frankreich bei der Wasseranalytik und von Großbritannien bei Wasseranalytik und Hochwasserschutz.

Bei den innovativen Wassertechnikansätzen weist Deutschland wie auch bei der Abwasserbehandlung mit Patentanteilen von jeweils 10,5 % zwar die geringste Leistungsfähigkeit auf, es lohnt sich aber einen Blick auf die Zusammensetzung dieses Wertes zu werfen. Während Meerwasserentsalzung und Bewässerungstechnologien Patentanteile von wenig mehr als 9 % aufweisen, erreichen die dezentrale Wasserbehandlung und die Technologien zur Entfernung von Spurenstoffen Anteile von 15,7 bzw. 13 %, Werte also, die über Deutschlands Anteil an allen bzw. allen wasserrelevanten Patenten (12,7 %) liegen.

---

## PATENTSPEZIALISIERUNG

## 3.3

Wie im Teilkapitel zuvor schon angedeutet, ist es schwierig, die technische Leistungsfähigkeit kleiner Länder anhand von Patentanteilen zu beurteilen. Dabei kann gerade ein kleineres Land in einem oder mehreren Technologiebereichen eine Spezialisierung aufweisen, ohne bei der Betrachtung der entsprechenden Patentanteile besonders in Erscheinung zu treten. Um auch in diesen Fällen die technologische Leistungsfähigkeit einschätzen zu können, wird auf das im Kapitel III.1 dargestellte Spezialisierungsmaß des relativen Patentanteils (RPA) zurückgegriffen. Für eine Auswahl von Ländern mit hohen Patentanteilen oder einer deutlichen Spezialisierung in wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen sind die entsprechenden RPA-Werte in Tabelle III.1 aufgeführt.

Es fällt auf, dass hohe RPA-Werte vor allem von solchen Ländern erreicht werden, die eher kleinere Patentanteile aufweisen. In besonderem Maße gilt das für die Länder Australien, Kanada und die Niederlande, für die schon zuvor im Bereich der wasserwirtschaftlich relevanten Technologien ein höherer Patentanteil festgestellt wurde als für die Patentanmeldungen insgesamt. Weitere relativ stark

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

spezialisierte Länder (mit hohem RPA-Wert) sind die Schwellenländer Brasilien, Russland und Südafrika. Im Vergleich dazu weisen Länder mit hohen Patentanteilen entweder keine Spezialisierung (USA und Japan) oder eine Spezialisierung nur in einzelnen Technologiebereichen auf (Korea und Deutschland).

TAB. III.1 SPEZIALISIERUNG VERSCHIEDENER PATENTANMELDERLÄNDER (GEMESSEN AM RPA) IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN (2006–2010, KUMULIERT)

	AU	BR	CA	DE	DK	GB	IL	JP	KR	NL	RU	US	ZA
Wassertechnik, gesamt	88	65	46	-12	39	2	37	-11	0	37	51	-35	64
Wasseraufbereitung	92	73	50	-10	-13	-10	4	-6	-25	28	53	-27	63
Wassertransport	94	38	-6	41	82	38	-50	-76	-28	73	-43	-64	76
Abwasserbehandlung	79	73	61	-29	44	-27	45	-5	4	37	70	-31	75
Wassernutzungseffizienz	-73	88	-72	-2	-100	-73	-74	-29	92	-75	73	-78	-100
Wasseranalytik	49	41	22	-20	-27	55	-83	11	-62	22	46	-24	-21
Hochwasserschutz	89	-100	22	-17	66	30	-67	-32	64	67	-62	-39	17
innovative Technikansätze	93	58	45	-33	16	6	81	9	-29	-10	29	-31	47

AU: Australien, BR: Brasilien, CA: Kanada, DE: Deutschland, DK: Dänemark, GB: Großbritannien, IL: Israel, JP: Japan, KR: Südkorea, NL: Niederlande, RU: Russland, US: USA, ZA: Südafrika

Eigene Erhebung und Berechnung

Untersucht man anhand der RPA-Werte genauer, für welche Technologiebereiche jeweils eine signifikante Spezialisierung ( $RPA > 30$ ) vorliegt, so bestätigen sich die im Zusammenhang mit der Analyse der Patentanteile geäußerten Vermutungen, dass Deutschland auf den Wassertransport spezialisiert ist, wohingegen Korea bei der Wassernutzungseffizienz und dem Hochwasserschutz einen hohen Spezialisierungsgrad aufweist. Großbritannien zeigt in den Bereichen Wassertransport und -analytik eine signifikante Spezialisierung, obwohl eine solche im Wasserbereich insgesamt nicht erkennbar ist. Bei kleineren Ländern mit insgesamt starker Spezialisierung im Bereich der Wassertechnologien ist es teilweise interessanter, die Technologiebereiche anzuschauen, in denen keine (oder eine »negative«) Spezialisierung vorliegt. In Brasilien trifft dieser Befund auf den Hochwasserschutz zu, was mit Blick auf die Mächtigkeit der dortigen Flusssysteme und die Schwierigkeit, sie zu »beherrschen«, doch eher überrascht. Umgekehrt erscheint die schlechtere Leistungsfähigkeit der Länder Dänemark und Kanada im Bereich der Wassernutzungseffizienz angesichts des dortigen Wasserreichtums verständlich. Schwer erklärbar erscheint demgegenüber die geringe Leistungsfähigkeit bezüglich der Wassernutzungseffizienz in den von

Wassermangel geprägten Ländern Australien und Südafrika.<sup>10</sup> Israel weist eine deutliche Spezialisierung in den Bereichen Abwasserbehandlung und innovative Wassertechnikansätze auf, wobei letztere vor allem durch die hohe Leistungsfähigkeit in den Bereichen Bewässerung und Meerwasserentsalzung geprägt ist.

Hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der technischen Leistungsfähigkeit ist festzustellen, dass die Schwellenländer, ausgehend von einem niedrigen Niveau, ihre Patentierungsaktivitäten in den vergangenen zwei Dekaden stark steigern konnten. Meist geschah dies nicht gleichermaßen in allen, sondern schwerpunktmäßig in einzelnen Technologiebereichen, weshalb nicht nur die Patentanteile, sondern auch die Spezialisierung stark anstiegen. Auf die Industrieländer wirkte sich dieser Anstieg so aus, dass nicht nur die (relativen) Patentanteile (leicht) sanken.

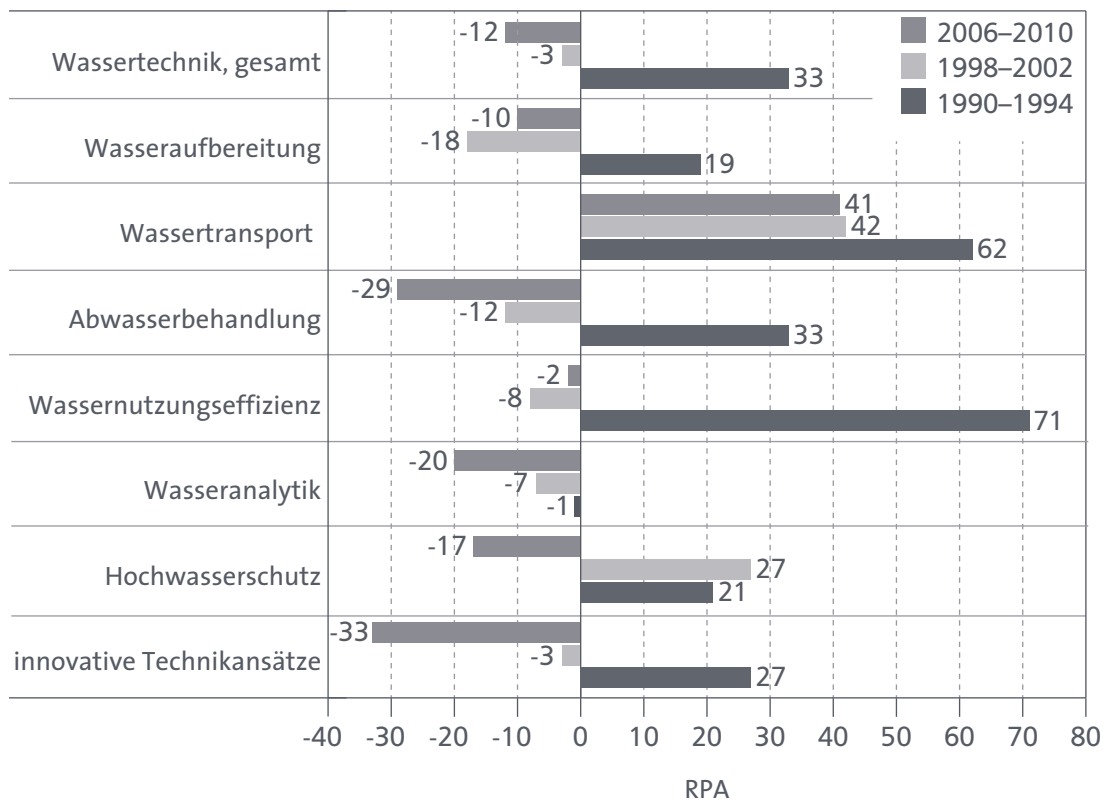
Die weltweit steigenden Patentierungsaktivitäten führten darüber hinaus aufgrund des hohen Ausgangsniveaus in vielen Fällen zu einem Rückgang der Spezialisierung in den Industrieländern. Diese Tendenz ist für die Spezialisierung Deutschlands im Bereich der Wassertechnologien deutlich erkennbar (Abb. III.5). Während zu Beginn der 1990er Jahre in drei von sechs Wassertechnikbereichen ebenso wie in der Wassertechnik insgesamt eine signifikante Spezialisierung und in zwei weiteren Bereichen immerhin positive RPA-Werte vorlagen, konnte in der jüngeren Vergangenheit (bis 2010) nur noch ein Bereich (Wassertransport) mit deutlicher Spezialisierung festgestellt werden. Alle anderen Bereiche weisen ebenso wie die Wassertechnik insgesamt (leicht) negative RPA-Werte auf. Der deutlich negative RPA-Wert (-33) in Bezug auf die innovativen Wassertechnikansätze in Deutschland zeigt in der Detailbetrachtung zwar wie zuvor eine Aufgliederung in Bereiche mit höherer und niedrigerer Spezialisierung, aber selbst im besten Fall (dezentrale Wasserbehandlung) reicht es nur zu einem knapp positiven RPA-Wert (+3) und damit nicht zu einer signifikanten Spezialisierung. Die anderen innovativen Wassertechnikansätze liegen mit RPA-Werten von -21 (Spurenstoffeliminierung), -34 (Meerwasserentsalzung) und -52 (Bewässerung) deutlich darunter.

---

<sup>10</sup> Tatsächlich ist das Problem von der australischen Politik in der jüngeren Vergangenheit erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet worden, die sich jedoch noch nicht in steigender technologischer Leistungsfähigkeit niederschlagen konnten.

III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

ABB. III.5 ENTWICKLUNG DER SPEZIALISIERUNG DEUTSCHLANDS ALS PATENTANMELDERLAND (GEMESSEN AM RPA) IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN



Eigene Erhebung und Berechnung

PUBLIKATIONSANALYSEN

4.

Während Patentanmeldungen die technologische Leistungsfähigkeit bei der Entwicklung innovativer Produkte und Verfahren dokumentieren, legt die Wissenschaft mittels der von ihr erarbeiteten Erkenntnisse die Grundlage für die entsprechende Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Da sich wissenschaftliche Tätigkeit i. d. R. in wissenschaftlichen Publikationen niederschlägt, wäre zu erwarten, dass die Publikationsaktivitäten den Patentanmeldungen um wenige Jahre vorausziehen, aber insgesamt mit diesen korreliert sind. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, werden Publikationen gesucht und statistisch ausgewertet, die mittels spezifischer in Titel, Abstract oder Schlagworten enthaltener Stichworte einem der im Kapitel III.2 aufgeführten Technologiebereiche zugeordnet werden können. Die Zuordnung der Technikbereiche zu den Abfragen ist in Tabelle III.2 aufgeführt.

TAB. III.2 ZUORDNUNG VON PUBLIKATIONSSUCHABFRAGEN ZU DEN WASSERRELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN

Abfrage nach	Technikbereich
Regenwassernutzung	Wasseraufbereitung
Trinkwasserverteilung	Wassertransport
Abwasserbehandlung	Abwasserbehandlung
Schlammbehandlung	Abwasserbehandlung
Wasser, Effizienz	Wassernutzungseffizienz
Wasseranalytik	Wasseranalytik
Hochwasser Frühwarnsystem	Hochwasserschutz
Abwasser, Membran	innovative Ansätze
Entsalzung	innovative Ansätze
Bewässerung	innovative Ansätze
Wasserrecycling	innovative Ansätze
Mikroschadstoffe	innovative Ansätze
Phosphorrückgewinnung	innovative Ansätze

Eigene Zusammenstellung

## PUBLIKATIONSSPEZIALISIERUNG

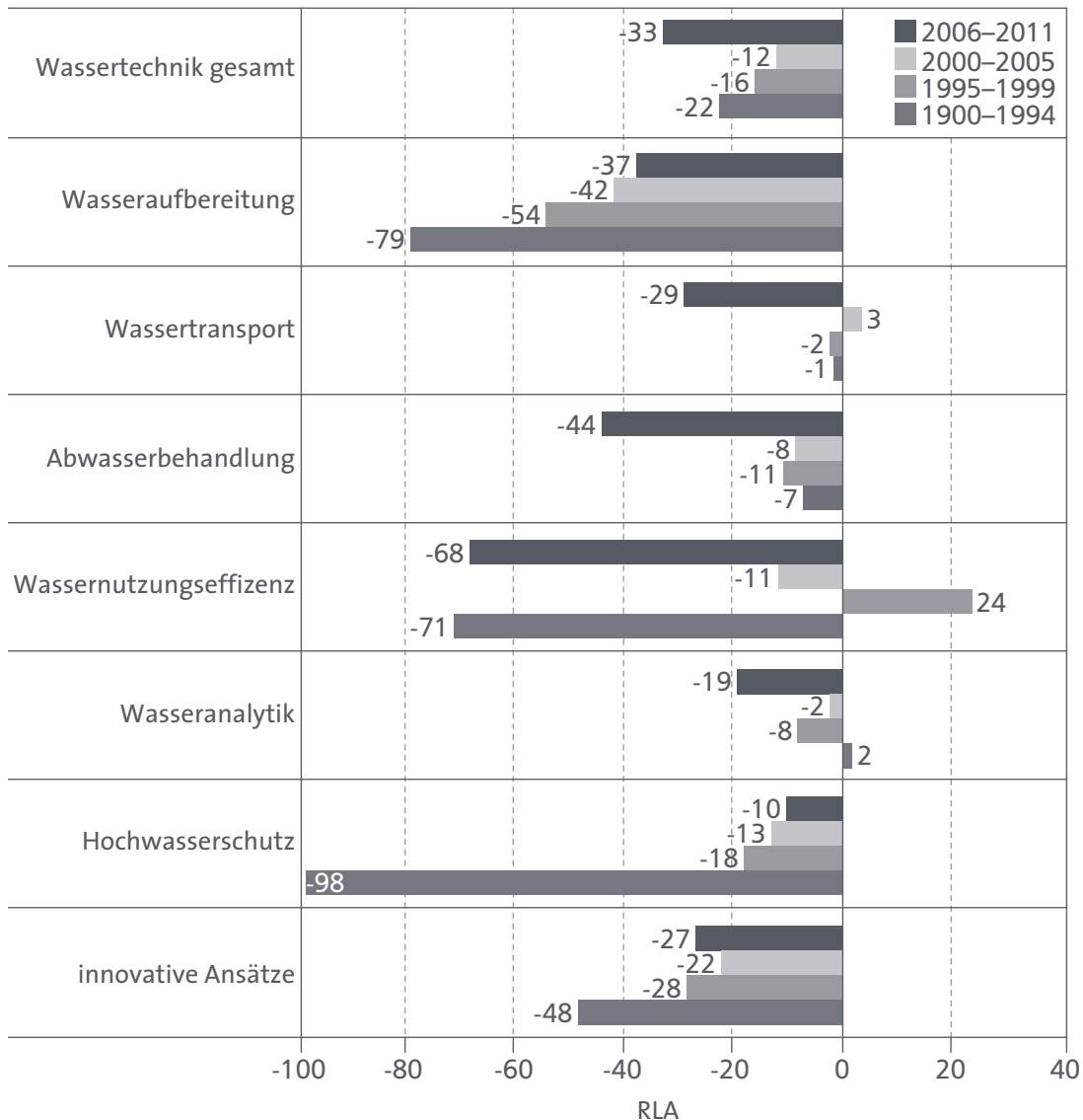
### 4.1

Die Publikationsspezialisierung ist kein unmittelbarer Leistungsindikator. Vielmehr kann durch das Spezialisierungsprofil – in diesem Fall für Deutschland in ausgewählten Themenfeldern – lediglich die Abweichung der Bedeutung einzelner Themenfelder, bezogen auf den Weltdurchschnitt, dargestellt werden. Das Spezialisierungsprofil Deutschlands ist in Abbildung III.6 für unterschiedliche Themenfelder im Bereich der Wasserwirtschaft dargestellt. Die Abfragen wurden für einen Querschnitt von Themengebieten aus den beschriebenen Technikbereichen durchgeführt.

Der zeitliche Trend der Publikationsspezialisierung ist nicht eindeutig. Für den Gesamtbereich zeigt sich bis 2005 eine leichte Verbesserung der Werte, im letzten Zeitblock (2006–2011) verschlechterte sich jedoch der RLA-Wert deutlich. Für die Einzelbereiche ergibt sich insofern ein einheitliches Bild, als die Werte fast durchweg im negativen Bereich liegen, d.h., dass keine Spezialisierung von Deutschland in diesen Themenfeldern vorliegt. Die zeitliche Entwicklung ist jedoch jeweils unterschiedlich: In den Bereichen Wassertransport, Abwasserbehandlung und Wasseranalytik ist eine Verschlechterung des RLA-Wertes zu erkennen, in den Bereichen Wasseraufbereitung (hier Regenwassernutzung), Hochwasserschutz und innovative Ansätze dagegen eine gewisse Verbesserung.

III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

ABB. III.6A PUBLIKATIONSSPEZIALISIERUNG (RLA) DEUTSCHLANDS IN VERSCHIEDENEN THEMENFELDERN



Eigene Erhebung und Berechnung

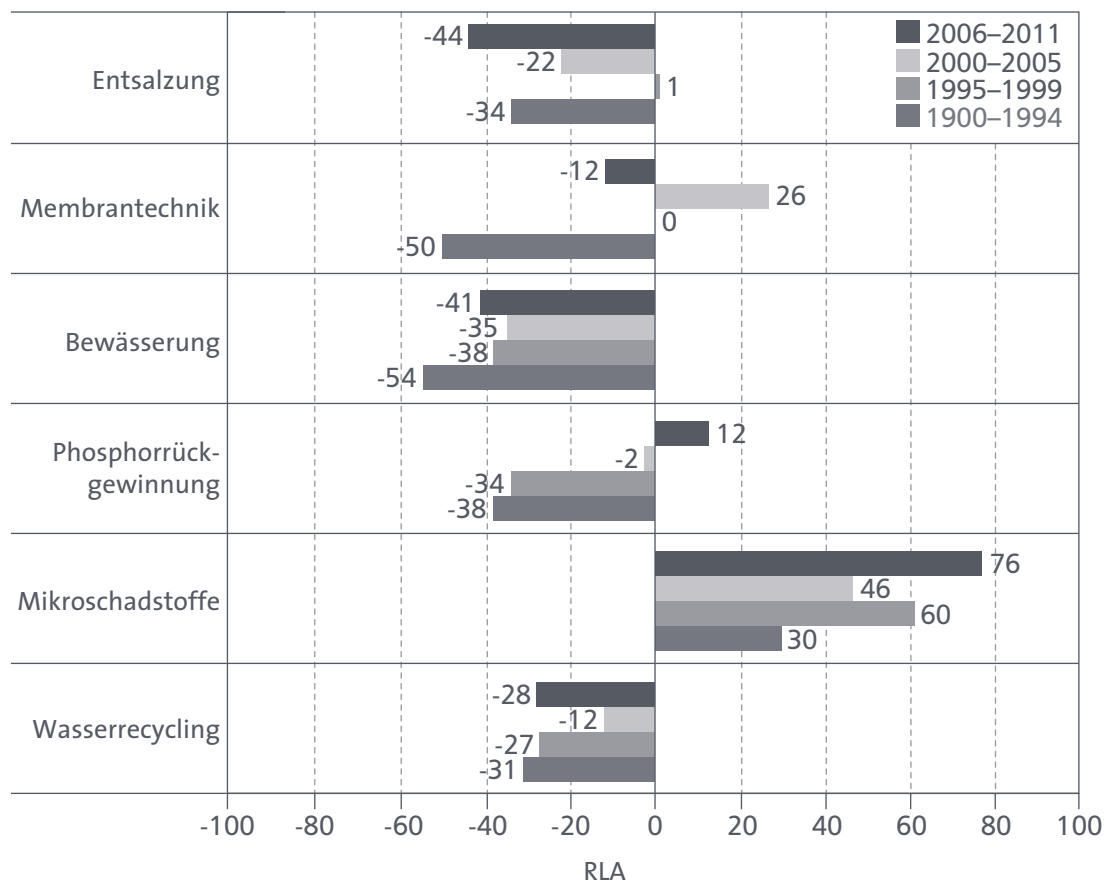
Einige innovative Ansätze sind in der Abbildung III.6b separat aufgeschlüsselt. Hier zeigt sich, dass der Bereich der Mikroschadstoffe insofern eine Ausnahme darstellt, als hier ein deutlicher Anstieg der Werte und über die gesamte Zeit eine hohe Spezialisierung erkennbar sind. Die Gesamtzahl der Publikationen hierzu ist allerdings noch vergleichsweise gering.

Dennoch kann man die Daten mit einer gewissen Vorsicht so lesen, dass Deutschland in sehr innovativen und neuen Themenfeldern – beispielsweise Phosphorrückgewinnung – durchaus einen erkennbaren Spezialisierungsgrad aufweist, in



relativ gängigen Themen dagegen eher eine Verschlechterung der Spezialisierung erkennbar ist. Die Bedeutung dieser Themen scheint – verglichen mit dem Welt-durchschnitt – eher zurückzugehen, während neue Themen, mindestens anfänglich, eine große Bedeutung in Deutschland haben. Auch das Themenfeld »Membrantechnik« mit einer relativ hohen Spezialisierung am Beginn der 2010er Jahre ist hierfür ein Beispiel.

ABB. III.6B PUBLIKATIONSSPEZIALISIERUNG (RLA) DEUTSCHLANDS IN VERSCHIEDENEN BEREICHEN DES THEMENFELDS »INNOVATIVE ANSÄTZE«



Eigene Erhebung und Berechnung

## PUBLIKATIONSANTEILE

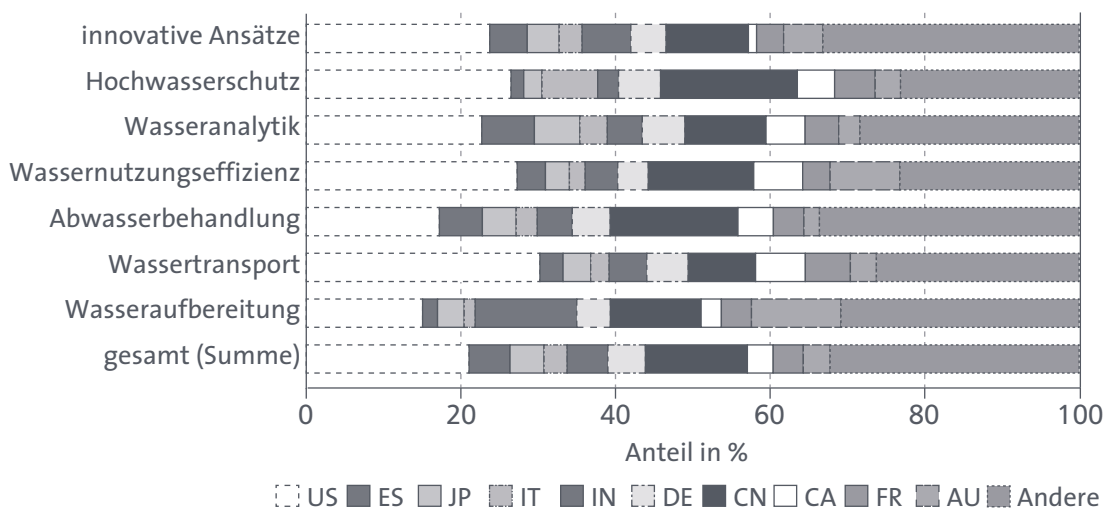
## 4.2

In Abbildung III.7 sind die Anteile der verschiedenen Länder an der Gesamtzahl der Veröffentlichungen in den Themenfeldern dargestellt. Während sich die USA und China in den meisten Fällen die ersten beiden Plätze mit einem Anteil von jeweils zwischen 9 und 25 % teilen, liegt Deutschland mit 4 bis 6 % für die verschiedenen Felder zwischen Platz 4 und Platz 7. Bei den hier nicht separat darge-

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

stellten innovativen Themenfeldern »Mikroschadstoffe« und »Membrantechnik« liegt Deutschland mit Anteilen von 12 bzw. 6 % auf Platz 1 (zusammen mit Frankreich) bzw. Platz 3.

ABB. III.7 ANTEILE AUSGEWÄHLTER LÄNDER AN DER JEWEILIGEN GESAMTANZAHL AN PUBLIKATIONEN ZU VERSCHIEDENEN SUCHWORTEN (IN THEMENGEBIETE GEORDNET, 1990–2012)



AU: Australien, CA: Kanada, CN: China, DE: Deutschland, ES: Spanien, FR: Frankreich, IN: Indien, IT: Italien, JP: Japan, US: USA

Eigene Erhebung und Darstellung

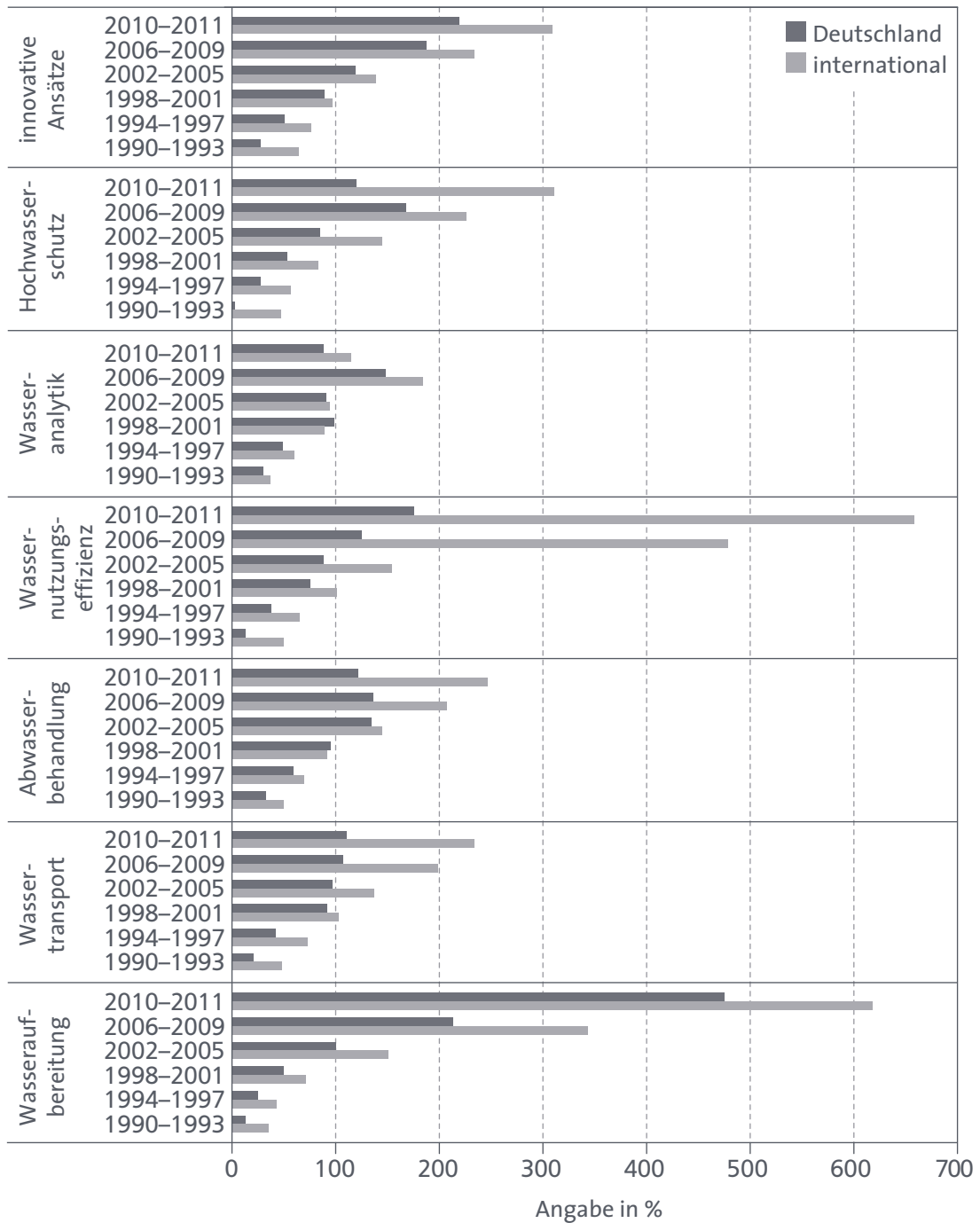
Die in Abbildung III.7 dargestellten Verteilungen bilden den gesamten Zeitraum von 1990 bis 2012 ab. Hierbei ist zu berücksichtigen dass die Anzahl der Publikationen aus BRICS-Staaten – vor allem China und Indien, aber auch Brasilien – für alle abgefragten Themenfelder in den letzten Jahren stark gestiegen ist. Insbesondere in China ist der Zuwachs in den letzten Jahren enorm (bis zu über 7000 % im Vergleich zum Jahr 2000). Auf diese Dynamik wird im Kapitel IV nochmals eingegangen. Setzt sich der Trend in den Publikationsdynamiken dieser Schwellenländer fort, wird der Anteil deutscher Publikationen sinken. Auf die Publikationsdynamik Deutschlands im internationalen Vergleich wird im Folgenden genauer eingegangen.

#### PUBLIKATIONSDYNAMIK

In Abbildung III.8 ist die zeitliche Entwicklung der Publikationsdynamik Deutschlands in den betrachteten Themenfeldern im internationalen Vergleich dargestellt. Die Darstellung ist auf das Jahr 2000 normiert, d. h., die Anzahl der Publikationen im Jahr 2000 bildet die 100 % ab.



ABB. III.8 PUBLIKATIONSDYNAMIKEN (MITTELWERTE)



Eigene Erhebung und Darstellung

Einen grundsätzlichen Vergleichswert bildet die Dynamik der Gesamtheit aller Publikationen – weltweit und über alle Fach- und Themenbereiche. Diese »Gesamtdynamik« stellt sich so dar, dass seit dem Jahr 2000 eine stetige Steigerung

^  
› III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

der Publikationstätigkeit von 100 % im Jahr 2000 auf knapp 190 % im Jahr 2012 stattgefunden hat. Die Gesamtheit aller Publikationen hat sich also in dem Zeitraum fast verdoppelt.

Grundsätzlich scheint die Publikationsdynamik für die meisten der untersuchten Themen seit etwa 2009/2010 leicht zurückzugehen. Möglicherweise ist das aber auch auf eine zeitliche Verzögerung bei der Erfassung der Datensätze in den Datenbanken zurückzuführen.

Grundsätzlich wird aus Abbildung III.8 deutlich, dass die deutsche Publikationsdynamik in allen Themenfeldern hinter der internationalen Publikationsdynamik zurückbleibt, größtenteils sogar unterhalb der Gesamtdynamik von 190 % im Jahr 2011 liegt. Im Bereich der innovativen Ansätze ist der Abstand zur internationalen Dynamik noch am geringsten.

Insgesamt bestätigt die Betrachtung der Publikationsdynamik das Spezialisierungsprofil Deutschlands. Für neue und innovative Felder ist eine relativ hohe Dynamik in Deutschland erkennbar, im Großen und Ganzen bleibt die Dynamik aber hinter der internationalen Publikationsdynamik zurück. Gerade vor dem Hintergrund der seit einigen Jahren stark steigenden Dynamik der Schwellen- oder »Aufholländer« wird sich dieser Trend möglicherweise verstärken.

---

## AUSSENHANDELSANALYSEN

5.

Während die technologische Leistungsfähigkeit als Voraussetzung dafür gilt, innovative Produkte herzustellen und damit auf die Wettbewerbsfähigkeit in der Zukunft abzielt, ist die Außenhandelsposition eines Landes unmittelbar Ausdruck der aktuellen Wettbewerbsfähigkeit der Produkte, die von Unternehmen dieses Landes exportiert werden. Dabei ist die Fähigkeit zur Innovation eine wichtige, aber nicht die einzige Möglichkeit zur Erzielung von Wettbewerbsfähigkeit. Kostenvorteile aufgrund leicht verfügbarer Ressourcen können eine andere sein. Dies hat zur Folge, dass die Liste der exportstärksten Nationen teilweise andere Namen enthält als die der aktivsten Patentanmelder.

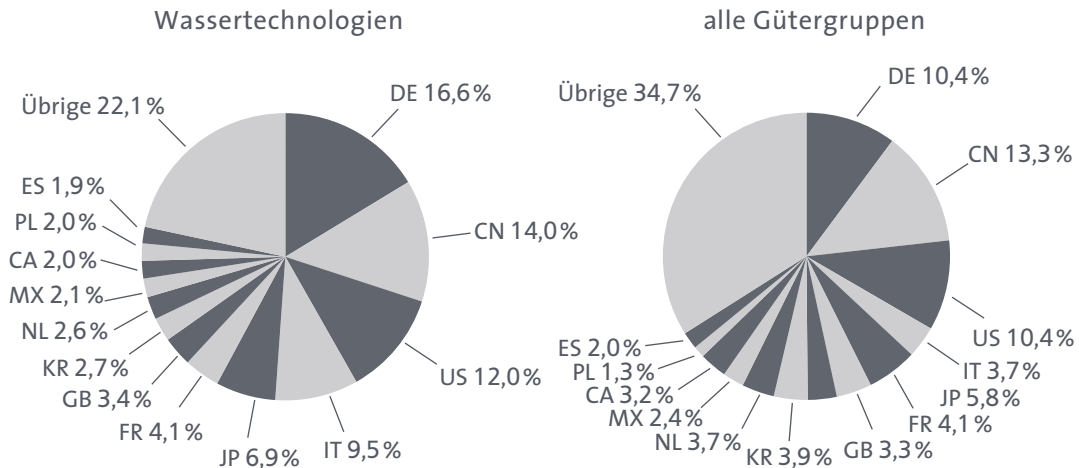
---

### WELTHANDELSANTEILE

5.1

Wie der Vergleich mit Abbildung III.3 zeigt, treten daher in Abbildung III.9 Mexiko, Polen und Spanien zusätzlich in Erscheinung, wohingegen Australien nicht mehr auftaucht. Außerdem ändert sich die Reihenfolge der Nationen. Vor allem China, Deutschland, aber auch Italien schieben sich im Ranking nach vorne, während Japan, Südkorea und Kanada etwas abfallen.

ABB. III.9 WELTHANDELSANTEILE DER WICHTIGSTEN EXPORTNATIONEN FÜR WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTE TECHNOLOGIEN UND FÜR ALLE GÜTERGRUPPEN IM VERGLEICH (2011)



Wert für Spanien aus 2010

CA: Kanada, CN: China, DE: Deutschland, DK: Dänemark, ES: Spanien, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, MX: Mexiko, NL: Niederlande, PL: Polen, US: USA

Eigene Erhebung und Berechnung

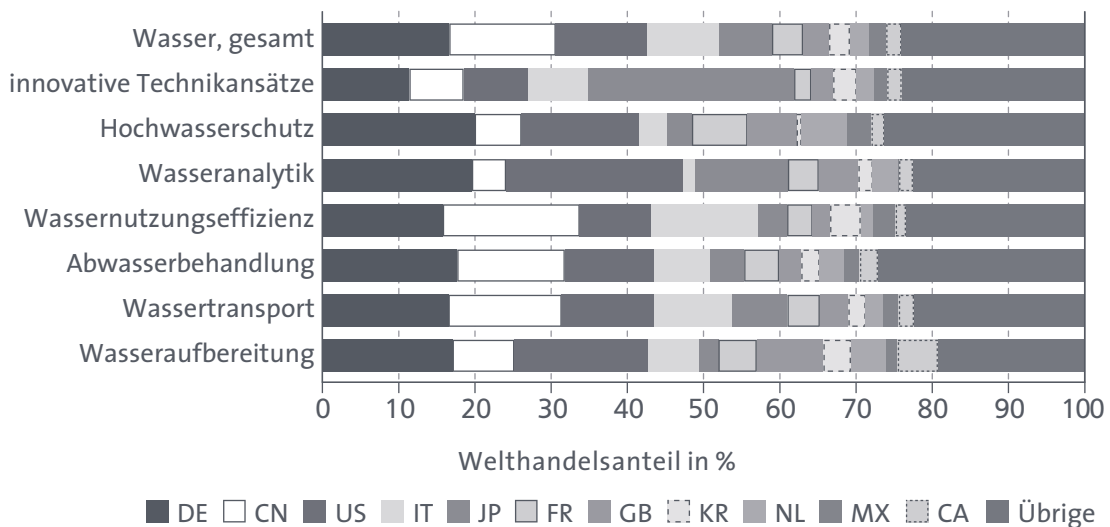
Beim Vergleich der Exportanteile insgesamt mit denjenigen im Bereich der Wassertechnologien ist bemerkenswert, dass Deutschland seine insgesamt (mit 10,4 %) schon sehr gute Außenhandelsposition bei den wasserwirtschaftlich relevanten Gütern noch einmal (auf 16,4 %) steigern kann und damit mit deutlichem Abstand Rang 1 belegt. Weitere Länder, die bei den Wassertechnologien deutlich höhere Außenhandelsanteile aufweisen als allgemein, sind Italien (9,5 anstelle von 3,7 %), die USA (12 anstelle von 10,4 %) und Japan (6,9 anstelle von 5,8 %).

Die Aufschlüsselung der Außenhandelszahlen auf die verschiedenen wasserrelevanten Technologiebereiche zeigt im Falle Deutschlands in den Bereichen Wasseranalytik und Hochwasserschutz Welthandelsanteile, die mit 19,6 bzw. 20 % noch einmal deutlich über dem hohen Wert für die Wassertechnologien liegen (Abb. III.10). Die innovativen wasserrelevanten Technikansätze schneiden dagegen mit 11,4 % deutlich schlechter ab, liegen aber immer noch über dem Anteil des gesamten Außenhandels (von 10,4 %). Dieser verhältnismäßig geringe Anteil könnte darauf zurückzuführen sein, dass einerseits für Meerwasserentsalzung in Deutschland kaum Bedarf und damit kein heimischer Markt besteht und andererseits dezentrale Wasserbehandlungsanlagen in Deutschland hauptsächlich von kleinen und mittleren Unternehmen produziert werden, die sich teilweise schwerer tun ihre Produkte im Ausland zu vermarkten. Alle anderen Technikbereiche liegen mit Anteilen zwischen 15,8 und 17,7 % in etwa im Bereich der Wassertechnologien insgesamt (16,4 %). Dabei ist zu berücksichtigen, dass, die Exportwerte der

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

Technikbereiche Wassertransporte, Abwasserbehandlung und Wassernutzungseffizienz 85 % der gesamten Wassertechnik ausmachen (Abb. III.11). Dadurch erklärt sich auch, warum die Welthandelsanteile Deutschlands für die zuletzt genannten Technikbereiche und die Wassertechnologien insgesamt so ähnlich sind.

ABB. III.10 WELTHANDELSANTEILE DER WICHTIGSTEN EXPORTNATIONEN FÜR VERSCHIEDENE WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTE TECHNOLOGIEBEREICHE (2011)



CA: Kanada, CN: China, DE: Deutschland, FR: Frankreich, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, MX: Mexiko, NL: Niederlande, US: USA

Eigene Erhebung und Berechnung

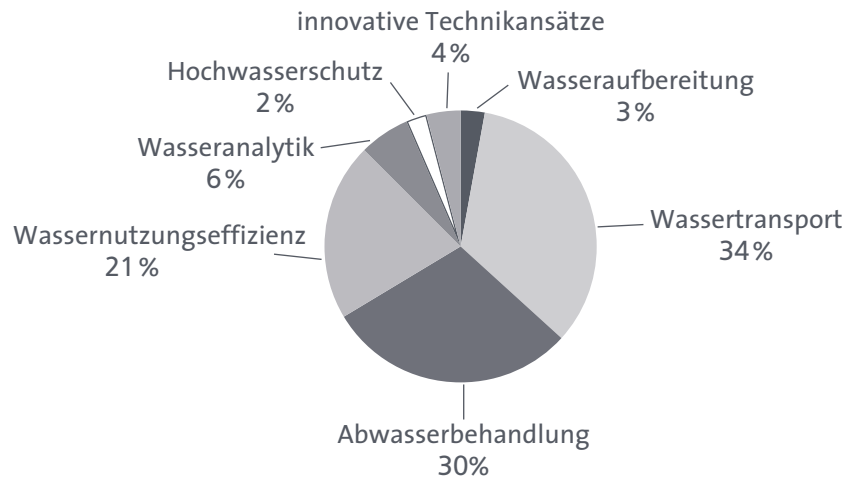
Besondere Schwerpunkte des Exports (mit deutlich überdurchschnittlichem Welthandelsanteil) von wasserwirtschaftlich relevanten Technologiegütern aus anderen Ländern sind die Wassernutzungseffizienz im Falle Chinas und Italiens, Wasseranalytik und -aufbereitung im Falle der USA, innovative Wassertechnikansätze und Wasseranalytik im Falle Japans und Wasseraufbereitung im Falle Großbritanniens.

## AUSSENHANDELSPEZIALISIERUNG

## 5.2

Um diesen Teil der Analyse auch noch auf die kleineren Länder ausdehnen zu können, greift man, wie schon bei den Patentdaten, auf einen Spezialisierungsindikator, den »revealed comparative advantage« (RCA), zurück, der den Außenhandelsüberschuss eines Landes in einem spezifischen Technikbereich zu seinem Außenhandelsüberschuss insgesamt in Relation setzt. Die ermittelten RCA-Werte sind in Tabelle III.3 aufgeführt.

ABB. III.11 ANTEILE DER TECHNOLOGIEBEREICHE AM WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN EXPORTVOLUMEN DEUTSCHLANDS (2011)



Eigene Erhebung und Berechnung

TAB. III.3 SPEZIALISIERUNG WICHTIGER EXPORTLÄNDER (GEMESSEN AM RCA) IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN (2011)

	CA	CN	DE	FR	GB	IT	JP	KR	MX	NL	US
Wassertechnik, gesamt	-60	43	51	2	11	86	61	-28	-50	-2	32
Wasseraufbereitung	5	39	89	41	92	88	32	57	-58	83	56
Wassertransport	-68	46	58	21	20	88	79	-24	-27	-5	26
Abwasserbehandlung	-41	56	39	-4	4	75	-1	-15	-84	7	36
Wassernutzungseffizienz	-83	78	53	-27	-45	93	4	51	21	-45	2
Wasseranalytik	-35	-92	55	28	77	-41	70	-70	-98	12	71
Hochwasserschutz	-77	-34	46	71	56	34	55	-87	31	71	69
innovative Technikansätze	-19	-59	36	-46	-8	75	98	-94	-47	-16	63

CA: Kanada, CN: VR China, DE: Deutschland, FR: Frankreich, GB: Großbritannien, IT: Italien, JP: Japan, KR: Südkorea, MX: Mexiko, NL: Niederlande, US: USA

Eigene Erhebung und Berechnung

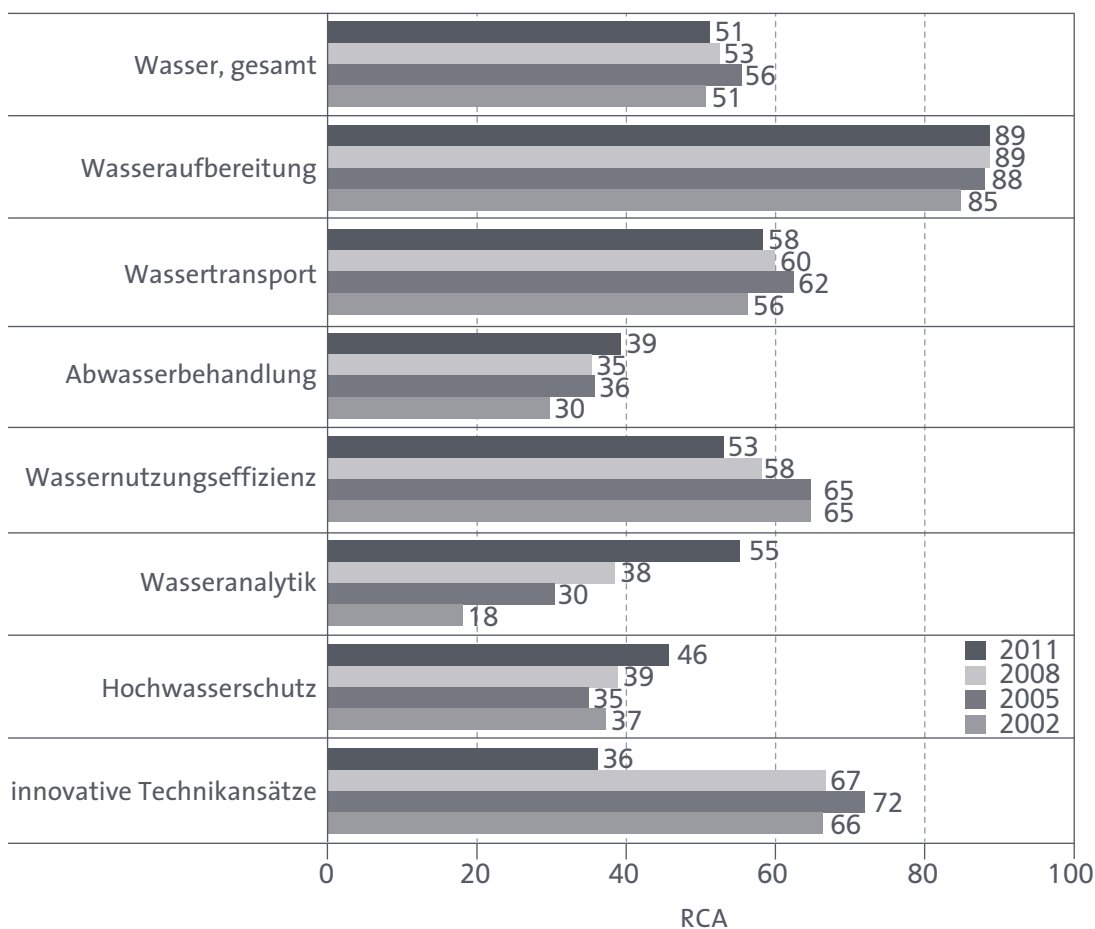
Im Gegensatz zu den Spezialisierungstendenzen bei den Patentanmeldungen (RPA-Werte) zeigen sich beim Außenhandel bzw. den RCA-Werten keine klaren Vorteile seitens einzelner kleinerer Länder. Zwar weisen kleinere Länder wie Italien, Großbritannien und, in etwas geringerem Umfang, Korea und die Niederlande deutliche Spezialisierungsvorteile auf. Sie heben sich damit aber nicht von den in absoluten Zahlen (d.h. Welthandelsanteilen) führenden Exportländern Deutschland, China und USA ab, die jeweils in mindestens vier Technikbe-

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

reichen eine deutliche Spezialisierung ( $RCA > 30$ ) aufweisen. Deutschland weist eine solch signifikante Spezialisierung sogar in allen wasserrelevanten Technikbereichen auf.

Dabei ist es bemerkenswert, dass diese Außenhandelspezialisierung Deutschlands sich im Zeitraum von 2002 bis 2011 für die Wassertechnik insgesamt wie auch für die meisten Teilbereiche nur unwesentlich veränderte. Die Veränderungen bewegen sich im Bereich statistischer Unsicherheit und weisen keine eindeutige auf- oder absteigende Tendenz auf (Abb. III.12). Nur zwei Technikbereiche weichen von diesem allgemeinen Bild ab: Der RCA für die Wasseranalytik steigt im Betrachtungszeitraum deutlich von einem subsignifikanten (18) auf einen hochsignifikanten Wert (55) an, wohingegen die innovativen Wassertechnikansätze gerade in der jüngeren Vergangenheit einen deutlichen Rückgang von hoher ( $RCA = 72$ ) auf gerade noch signifikante Spezialisierung ( $RCA = 36$ ) aufweisen.

ABB. III.12 ENTWICKLUNG DER SPEZIALISIERUNG DEUTSCHLANDS ALS EXPORTLAND (GEMESSEN AM RCA) IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN TECHNIKBEREICHEN



Eigene Erhebung und Berechnung





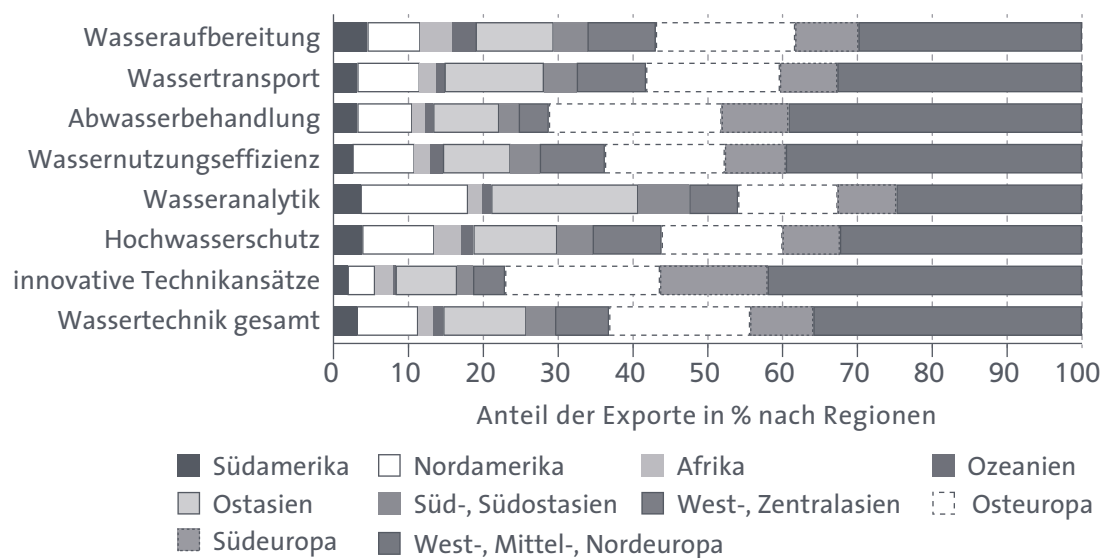
Offensichtlich erweist sich damit die Außenhandelsposition Deutschlands bei den Wassertechnologien als weitestgehend unabhängig von der anhand der Anzahl der Patentanmeldungen ermittelten technologischen Leistungsfähigkeit, die, wie aus Abbildung III.4 ersichtlich, nicht erst seit der Jahrtausendwende, sondern schon während der 1990er Jahre deutlich zurückging. Es erscheint jedoch fraglich, ob die Dominanz im Außenhandel auf Dauer aufrechterhalten werden kann, wenn die Wettbewerbsfähigkeit nicht durch andauernde Innovationstätigkeit auf hohem Niveau gehalten wird.

**REGIONALE AUSRICHTUNG DES AUSSENHANDELS**

**5.3**

Angesichts der guten Außenhandelsposition Deutschlands ist es von besonderem Interesse, wohin wasserwirtschaftliche Technologiegüter deutschen Ursprungs exportiert werden und in welchem Verhältnis diese Exporte zu denen konkurrierender Länder stehen (Abb. III.13). Mehr als ein Drittel der Exporte geht in Länder West-, Mittel- und Nordeuropas, weitere 30 % gehen nach Süd- und Osteuropa und fast ein Viertel geht nach Asien, wobei die höherentwickelten Länder Ostasiens (d.h. vor allem Japan und Südkorea) den größeren Teil ausmachen. Exporte nach Amerika machen etwas mehr als 11 % aus, wobei mehr als zwei Drittel davon Nordamerika zum Ziel haben. Die Anteile Afrikas und Ozeaniens liegen bei wenig mehr als 2 bzw. 1 %.

**ABB. III.13 REGIONALE VERTEILUNG DER EXPORTE DEUTSCHLANDS IM BEREICH WASSERTECHNOLOGISCHER GÜTER UND IHRER TEILBEREICHE (2011)**



Eigene Erhebung und Berechnung

^  
 > III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
 v

Diese auf die Wassertechnik insgesamt bezogene Verteilung variiert in Abhängigkeit vom jeweiligen Technik(teil)bereich. So ist der Anteil der Exporte nach West-, Mittel- und Nordeuropa in den Bereichen Abwasserbehandlung, Wassernutzungseffizienz und innovative Technikansätze noch größer als im Durchschnitt aller Wassertechnologien. Ursache dafür könnte eine anspruchsvolle Regulierung sein, die in dieser Region und für diese Technikgüter eine besonders hohe Nachfrage entstehen lässt. Besonders klein ist der Anteil der Exporte nach West-, Mittel- und Nordeuropa im Bereich der Wasseranalytik, was umgekehrt mit höheren Importanteilen in Nordamerika und Ostasien verbunden ist. Dass es sich hierbei tatsächlich um eine verstärkte Nachfrage nach deutschen Gütern seitens der Nordamerikaner und Ostasiaten (und nicht um eine geringere Nachfrage seitens der Europäer) handelt, kann aus der Tatsache abgeleitet werden, dass in diesem Bereich und in diesen Regionen der Anteil von Importen aus Deutschland deutlich höher ist als beim Durchschnitt aller Wassertechnologiegüter.

TAB. III.4 WICHTIGSTE ZIELLÄNDER UND IHR ANTEIL AN DEN DEUTSCHEN EXPORTEN WASSERTECHNOLOGISCHER GÜTER (2011)

Exportzielland	Exportanteil (%)
Frankreich	7,4
USA	7,4
China	6,9
Niederlande	5,4
Österreich	5,2
Italien	5,1
Großbritannien	4,9
Russland	4,5
Polen	4,0
Schweiz	4,0

Eigene Erhebung und Berechnung

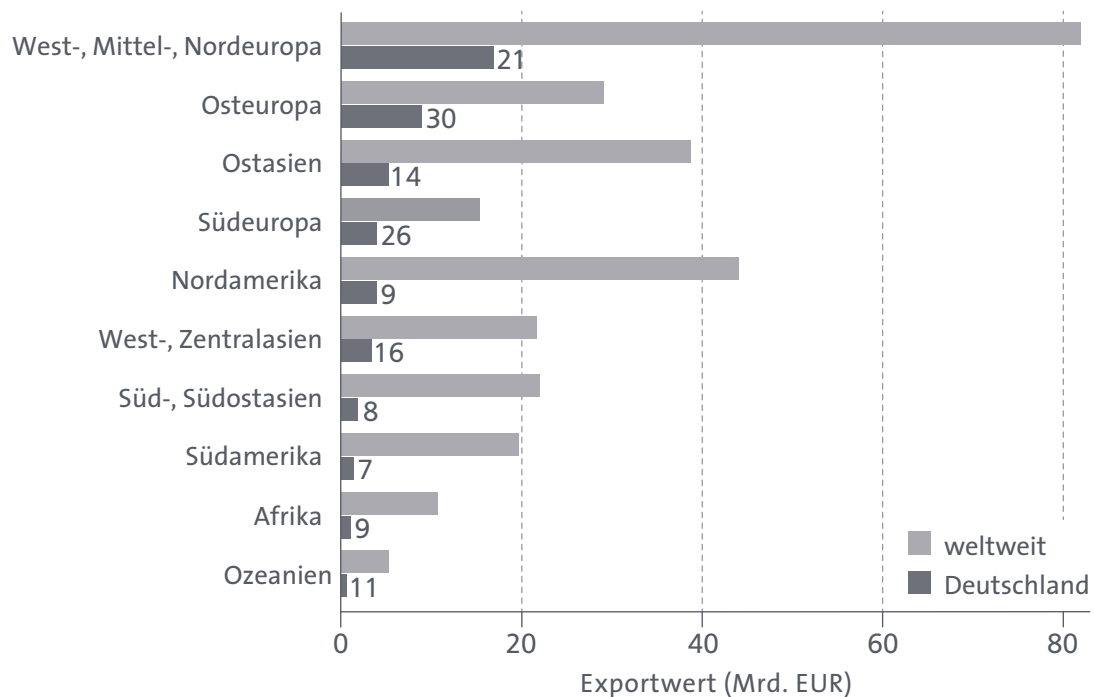
Wird der Fokus auf Zielländer anstelle von Zielregionen deutscher Exporte gelegt, so zeigt sich, dass einzelne Länder ganz besonders in Erscheinung treten (Tab. III.4). Hervorzuheben sind hier die USA und China als dominierende Repräsentanten Nordamerikas bzw. Ostasiens sowie Russland und Polen als Länder Osteuropas. Außerdem geht hervor, dass der Anteil der Exporte in die sechs wichtigsten Zielländer 37,4 % beträgt<sup>11</sup> und damit im Bereich aller Industriegüter

11 Der Anteil der Exporte in die sechs wichtigsten Zielländer ist neben dem Herfindahl-Hirschman-Index ein anerkannter Indikator für den Grad der Exportabhängigkeit einzelner Zielländer.

terexporte liegt, für die dieser Wert mit rund 40 % nur geringfügig höher liegt. Die entsprechenden Kennzahlen weichen auch für die unterschiedenen Technikbereiche mit Werten zwischen 36,7 und 43,5 % nur geringfügig von dem Durchschnittswert ab. Es besteht also offensichtlich keine überdurchschnittliche Exportabhängigkeit von einzelnen Empfängerländern.

Um die Bedeutung eines gegebenen Exportvolumens Deutschlands in eine bestimmte Weltregion genauer abschätzen zu können, ist es sinnvoll das deutsche Exportvolumen wassertechnologischer Güter mit dem entsprechenden Exportvolumen aller Länder in diese Region zu vergleichen (Abb. III.14).

ABB. III.14 VERGLEICH DEUTSCHER EXPORTS MIT ALLEN EXPORTS WASSERTECHNOLOGISCHER GÜTER IN VERSCHIEDENE REGIONEN DER WELT (2011)



Eigene Erhebung und Berechnung

Es wird deutlich, dass 21 % der von west-, mittel- und nordeuropäischen Staaten importierten Wassertechnologiegüter aus Deutschland stammen; das sind gut 4 Prozentpunkte mehr als der weltweite Anteil Deutschlands (16,4 %). In Süd- und Osteuropa werden sogar 26 bzw. 30 % erreicht. Das europäische Ausland erweist sich damit nicht nur vom Exportvolumen her, sondern auch hinsichtlich des deutschen Anteils als besonders wichtig. Diese Dominanz Europas wird nur durch Ostasien durchbrochen, wo aufgrund des insgesamt hohen Außenhandelsvolumens der deutsche Anteil noch höher ist als in Südeuropa. Bemerkenswert ist zudem die Region West- und Zentralasien, wo der deutsche Exportanteil immer-

^  
› III. TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT  
v

hin dem Durchschnitt von 16 % entspricht. Darüber hinaus nimmt der deutsche Anteil an den Exporten umso mehr ab, je weiter die Regionen von Europa entfernt sind. So liegt der Anteil in Süd-, Südost- und Ostasien zwischen 8 und 14 % und in Nord- und Südamerika bei 9 bzw. 7 %. Das größte mittelfristige Potenzial für deutsche Exporte von wasserrelevanten Technologiegütern könnte dementsprechend in den Regionen gesehen werden, die einerseits ein hohes Importvolumen aufweisen und bei denen andererseits der deutsche Anteil noch relativ gering ist. Amerika sowie Süd- und Südostasien sind hier hervorzuheben.

---

## FAZIT

6.

Die auf den Export bezogene Leistungsfähigkeit und damit offensichtlich auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Hersteller von wasserwirtschaftlich relevanten Technologiegütern können angesichts des weltgrößten Außenhandelsanteils und einer hochsignifikanten Spezialisierung in allen Technikbereichen als hervorragend angesehen werden. Diese Feststellung kann aktuell (2011) ebenso getroffen werden wie im Jahr 2002, wobei sich zwischenzeitlich zwar leichte Verschiebungen zwischen den Technikbereichen, aber keine nennenswerten Veränderungen im Gesamtbild ergeben haben. Als Hauptkonkurrenten lassen sich anhand der Welthandelsanteile und des Spezialisierungsindikators RCA China, die USA, Japan und Italien identifizieren. Die wichtigste Zielregion deutscher Exporte hinsichtlich des bereits realisierten Volumens ist nach wie vor Europa, gefolgt von Asien und Nordamerika. Da in beiden letztgenannten Regionen der Anteil der Importe aus Deutschland aber noch verhältnismäßig gering ist, ist das Potenzial für eine Ausweitung der Exporte dort am größten.

Im Gegensatz zu den Außenhandelsaktivitäten war die an Patentanmeldungen und Publikationen gemessene technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands bis zur Jahrtausendwende recht hoch, stagniert aber seit dem und ist, gemessen an den steigenden Aktivitäten anderer wichtiger Länder, sogar im Sinken begriffen. Obwohl dieser relative Rückgang in einzelnen Technikbereichen schon Anfang der 1990er Jahre begann und sich nach dem Jahr 2001 auf breiter Front verstärkt fortsetzte, hatte er bislang keinen negativen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produkte. Gerade im Kontext internationalen Handels kann längerfristig nicht von einer solchen Entkoppelung zwischen technologischer Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit ausgegangen werden. Zwar könnte aus nationaler Perspektive argumentiert werden, dass Patentanmeldungen aufgrund des impliziten Charakters des zu schützenden Wissens und der kleinteiligen Struktur der deutschen Wasserwirtschaft keine so große Rolle spielen. Dieses Argument trägt aber dann nicht mehr, wenn die entsprechenden Innovationen exportiert werden sollen, da dann der fehlende Schutz des geistigen Eigentums leicht zum Verlust der Wettbewerbsfähigkeit führen kann.



Von den untersuchten Teilbereichen wasserwirtschaftlich relevanter Technologien weist Deutschland am Anteil der Patentanmeldungen und der entsprechenden Spezialisierung (RPA) gemessen beim Wassertransport, der Wassernutzungseffizienz und der Wasseraufbereitung die höchste Leistungsfähigkeit auf. Bei den innovativen Technologieansätzen treten auf Basis von Publikationen und Patentanmeldungen die dezentrale Wasserbehandlung und die Spurenstoffelimination besonders hervor. Insgesamt handelt es sich dabei um genau diejenigen Technikbereiche, die global die höchste Innovationsdynamik aufweisen.





Das Vorhandensein von nationalen technischen Infrastrukturen und die Qualität der durch sie erbrachten Leistungen ist Ausdruck des Grades der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung einer Nation. Denn für den Ausbau, die kontinuierliche Modernisierung und Instandhaltung von Infrastruktursystemen sind Investitionen nötig, die wiederum entweder direkt durch Entgelte für die Inanspruchnahme der Leistungen oder indirekt durch erhobene Steuern seitens der öffentlichen Hand finanziert werden müssen. Auf diese Weise wurden in den vergangenen 2 Jahrzehnten in den 84 reichsten Nationen der Erde, die gemeinsam mehr als 90 % der weltweiten Wertschöpfung erbringen, etwa 4 % der jährlichen Wertschöpfung in den Ausbau, die Instandhaltung und Modernisierung von Infrastruktursystemen investiert (Dobbs et al. 2013).

Für den Ausbau, die Modernisierung und die Instandhaltung der existierenden Infrastruktursysteme müssten, um der in der Vergangenheit beobachteten Investitionsquote von 4 % der Wertschöpfung in Infrastruktursysteme weiterhin zu entsprechen, bis 2030 weltweit mindestens 2,5 Billionen Euro jährlich in Infrastruktursysteme investiert werden (Dobbs et al. 2013). In dieser Summe sind Investitionen für eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit, eine Erreichung von Entwicklungszielen in Schwellen- und Entwicklungsländern, Effizienzverbesserungen oder eine vorausschauende Anpassung an die sich verändernden Klimarahmenbedingungen kaum berücksichtigt. Zudem werden allein die nötigen Ersatzinvestitionen auf die Hälfte dieser Summe, etwa 1,3 Billionen Euro jährlich beziffert (Doshi et al. 2007).

Nach Dobbs et al. (2013) entfällt jeweils ein Fünftel der jährlich benötigten Infrastrukturinvestitionen in Höhe von rund 2,5 Billionen Euro auf den Energie- und den Wassersektor. Drei weitere Fünftel entfallen auf den Transport- und Kommunikationssektor.

Würde in dieser Abschätzung der zukünftig global benötigten Investitionsvolumina die Erreichung strategischer Entwicklungsziele und der international formulierten Klima- und Umweltschutzziele sowie eine Anpassung an den erwarteten Klimawandel mitgerechnet, so sind, da dies weitreichende Investitionen in die Forschung und Entwicklung der benötigten Technologien und ihre Installation bedeutet, weitaus höhere Summen nötig.

Entsprechend den Erkenntnissen der Klimaforschung des vergangenen Jahrzehnts müssen, um die existierenden Infrastruktursysteme an den Klimawandel

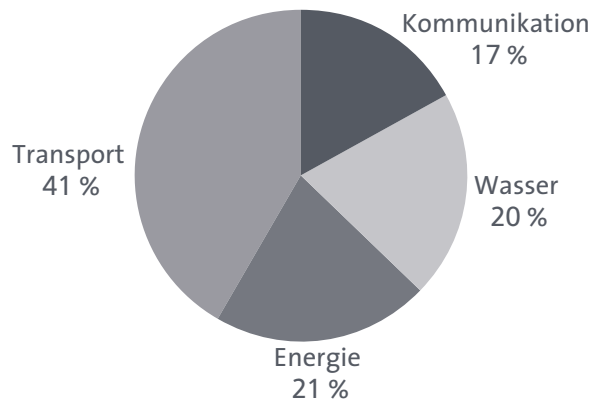


#### IV. ANALYSEN ZUR MARKTENTWICKLUNG

anzupassen und Klimagasemissionen weiter zu reduzieren, hohe zusätzliche Summen investiert werden. Oxfam (2012) schätzt den Mittelbedarf, um nur in den Entwicklungsländern eine Anpassung an den Klimawandel und dessen weitere Vermeidung zu erreichen, auf mehrere Billionen Euro jährlich.

ABB. IV.1

GLOBALER INVESTITIONSBEDARF FÜR INFRASTRUKTUR



Quelle: Dobbs et al., 2013

Soll in den nächsten 25 Jahren nur die Wasserinfrastruktur weltweit modernisiert werden und mit dem Bevölkerungswachstum mitwachsen, so sind entsprechend einer Auswahl vorliegender Schätzungen Investitionen in Höhe von 600 bis 800 Mrd. Euro jährlich nötig (Tab. IV.1).

Zusätzlich zu diesem Finanzbedarf wären jährliche Investitionen für die Anpassung der Wasserinfrastruktur an den Klimawandel in Höhe von etwa 30 Mrd. Euro nötig. Um zumindest einen Teil der bisher unbefriedigten Nachfrage in den Entwicklungs- und Schwellenländern nach Wasserinfrastruktur zu decken, müssten zusätzlich 140 bis 290 Mrd. Euro pro Jahr in den Aufbau bisher nicht vorhandener Wasserinfrastruktur investiert werden. Diese Summe schließt die Erreichung der MDGs im Wassersektor bis zum Jahr 2015 ein.

Die Prognosen zu den benötigten finanziellen Mitteln variieren stark (Tab. V.1) – je nach Art der Abgrenzung der Sektoren, dem Grad des Ausbaus und der Modernisierung, der Art der geplanten Finanzierung und letztlich auch durch die zu ihrer Abschätzung herangezogenen Methoden inklusive statistischer Abweichungen. Zusammenfassend kann die für die Erhaltung, den schrittweisen Ausbau und die Erreichung der Millenniumsentwicklungsziele notwendige jährliche Investitionssummen auf 700 bis 1.300 Mrd. Euro jährlich geschätzt werden.

Falsch wäre es jedoch, den geschätzten Investitionsbedarf mit der zukünftigen Marktnachfrage nach Wasserinfrastruktur gleichzusetzen. Ein großer Anteil dieses Bedarfs entfällt auf wenig entwickelte Regionen, die bislang einen geringen





Grad an Infrastrukturerschließung und Qualität der durch die installierte Infrastruktur geleisteten Dienste aufweisen (Abb. IV.2).

TAB. IV.1 SCHÄTZUNGEN DES INVESTITIONSBEDARFS IM WASSERSEKTOR

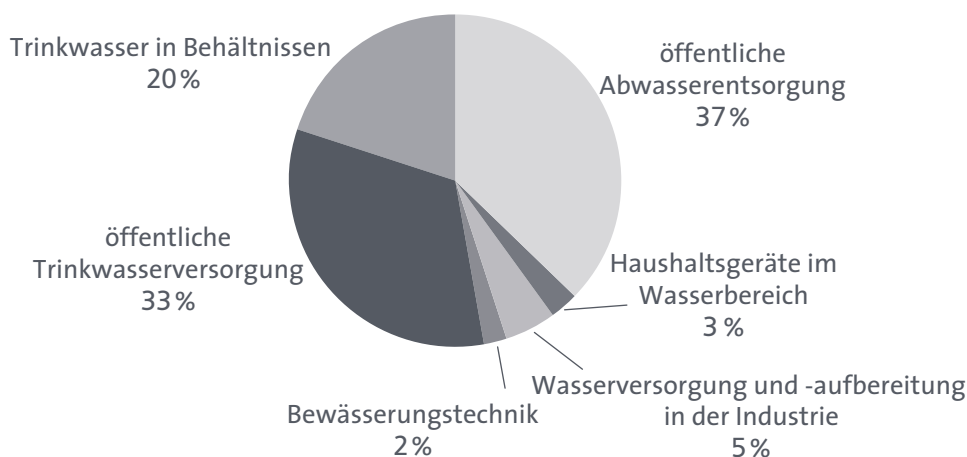
Volumen (Mrd. Euro/Jahr)	Anmerkungen	Quelle
140	von 2003 bis 2025 für weltweite Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Aufbereitung, Landwirtschaft und Umwelt in den Entwicklungsländern auf technischem Niveau der Industrieländer	Gleick 2003
400–500	etwa 50% des Volumens entfallen auf Industrieländer. Ergebnis einer Synopse von mehreren privatwirtschaftlichen Studien	dbresearch 2010
361	globales Volumen des Marktes für nachhaltige Wasserwirtschaft im Jahr 2008, prognostiziertes Wachstum von 5 bis 10% pro Jahr	BMU 2009, S. 159
490–570	bis 2030, keine Ersatz- und Zusatzinvestitionen, keine Verbesserung der Umweltverträglichkeit, keine Erreichung von Entwicklungszielen, keine Effizienzverbesserungen, keine Anpassung an Klimawandel	Dobbs et al. 2013
300	etwa 30 Mrd. jährlich an weltweiten Investitionen in Wasserinfrastruktur, hiervon rund 10 Mrd. in Deutschland, bis 2020 könnte der internationale Wassermarkt auf 1 Billion Euro um mehr als 100% wachsen	EC 2011
797	in den OECD-Ländern und BRICS-Staaten im Jahr 2025	Ashley/Cashman 2006
700	von 2005 bis 2030, weltweite Investitionen in den Erhalt, die Modernisierung und den Ausbau von Wasserinfrastruktursystemen	Doshi et al. 2007
24–26	bis 2050 Kosten, um industrielle und kommunale Wasserversorgung weltweit an den Klimawandel anzupassen	Cosgrove/Cosgrove 2012

Eigene Zusammenstellung

Es ist fraglich, ob in diesen Regionen die verfügbaren finanziellen Ressourcen ausreichen bzw. durch die involvierten Institutionen effizient verwendet werden können, um die entsprechenden Investitionen zur Deckung des Bedarfs zu tätigen. Eine Ursache für die knappen Finanzmittel im Wassersektor können u. a. Wasser- tarife sein, die es nicht ermöglichen, die Betriebskosten zu erwirtschaften oder zu-

künftige Investitionen zu finanzieren (Cosgrove/Cosgrove 2012). Vor diesem Hintergrund macht der tatsächliche Markt nur einen Teil des potenziellen Marktvolumens aus, da trotz Bedarfs in vielen Regionen die nötigen finanziellen Ressourcen nicht zur Verfügung stehen werden (dbresearch 2010). Es erscheint jedoch plausibel anzunehmen, dass mit zunehmendem Handlungsdruck (Rückgang der verfügbaren Wassermengen oder der Wasserqualität) der Wasserbereich auf der politischen Agenda eine höhere Priorität einnehmen wird und in diesem Zuge auch die Investitionssumme in den Wassersektor weltweit steigen wird.

ABB. IV.2 GLOBALER WASSERMARKT NACH SEKTOREN (2007)



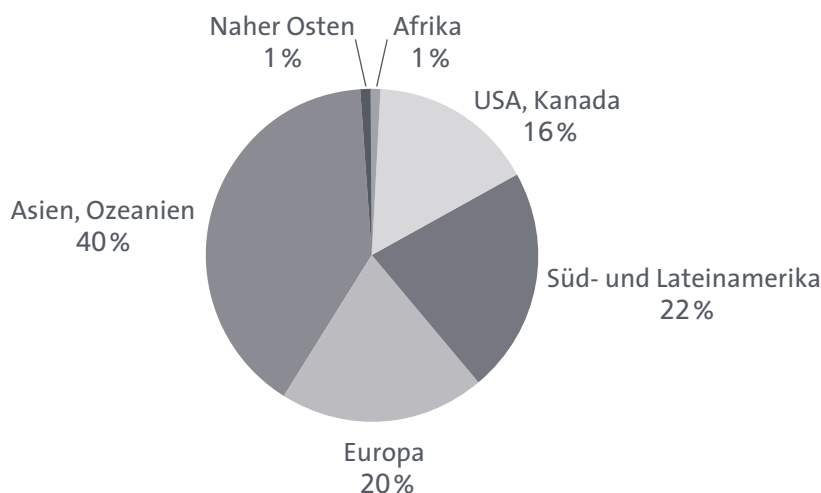
Quelle: Tilotia 2010

Generell lässt sich feststellen, dass in den Industrieländern steigende Ansprüche an die Wasserqualität und sich verändernde klimatische Bedingungen mit negativen Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit veralteten Wasserinfrastruktursystemen gegenüber stehen, die dringender Erhaltungs- und Modernisierungsinvestitionen bedürfen. Allein in den Mitgliedsländern der europäischen Gemeinschaft werden in diesem Jahrzehnt 170 bis 230 Mrd. Euro benötigt, nur um die Einhaltung der heute gültigen Abwasserrichtlinien sicherzustellen (BMU 2009, S.159). Hingegen führen steigende Einkommen einer rapide wachsenden und urbanisierten Bevölkerung in den Entwicklungs- und besonders in den Schwellenländern zu einer starken Nachfrage nach neuer Wasserinfrastruktur, um die steigende Wassernachfrage für Landwirtschaft, Industrie und Trinkwasserversorgung zu decken. Besonders die zunehmende Konkurrenz um Wasser in diesen Ländern und die steigende internationale Nachfrage nach Lebensmitteln, mit zunehmendem Wohlstand auch nach wasserintensiven Nahrungsmitteln wie Fleisch, erfordert eine effiziente Wasserverwendung in der Landwirtschaft sowie die Erschließung bisher ungenutzter Quellen zur Ausweitung des Angebots (Buffle et al. 2010). Hinzu kommt, dass die betrachteten Länder nicht allein auf Basis der verfügbaren Wasserressourcen und des vorherrschenden Lebensstandards,

sondern auch vor dem Hintergrund der jeweiligen sozialen und kulturellen Besonderheiten betrachtet werden müssen. Diese Faktoren sind wichtige Determinanten bei der Suche nach effizienten und gleichzeitig angepassten Infrastruktur-lösungen (Cosgrove/Cosgrove 2012).

Eine Aufteilung des weltweiten Wassermarkts in unterschiedliche Sektoren nach Tilotia (2010), aufbauend auf einer Marktanalyse von Global Water Intelligence (2007), zeigt Abbildung IV.2. Die mit Abstand größten Marktvolumina sind danach den Bereichen öffentliche Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung zuzurechnen. Auffällig ist eine im Vergleich zu der im Kapitel II beschriebenen Aufteilung der Wassernutzung inverse Verteilung der Marktvolumina auf die Sektoren Haushalte, Industrie und Landwirtschaft. Der Hauptanteil der weltweiten Wassernachfrage entfällt mit etwa 70 % auf die Landwirtschaft. Der Markt für landwirtschaftliche Bewässerungstechnik macht jedoch nur etwa 2 % des globalen Marktvolumens aus. Im Gegensatz dazu entfallen lediglich 10 % der weltweiten Wassernachfrage auf den Sektor Haushalte, die Ausgaben für die kommunale Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung machen aber etwa 90 % des Weltmarktes aus. Mit einem Anteil von 20 % an der globalen Wassernutzung entfallen 5 % auf den Markt für Wasserinfrastruktur im industriellen Sektor.

ABB. IV.3 PROGNOSE ÜBER REGIONALE ANTEILE AM WELTWEITEN WASSERINFRASTRUKTURMARKT IN DEN KOMMENDEN 25 JAHREN



Quelle: Doshi et al. 2007

Wie in Abbildung IV.3 dargestellt, entfallen mehr als 60 % des Marktvolumens für Wasserinfrastruktur auf die Entwicklungs- und Schwellenländer in Süd- und Lateinamerika sowie Asien und Ozeanien. Etwa 40 % der Nachfrage stammen aus den Industrieregionen Europa und Nordamerika sowie Kanada. Die Anteile Afrikas und des Nahen Ostens an der Nachfrage nach Wasserinfrastruktur sind



mit etwa 2 % vergleichsweise gering. In der Gruppe der wirtschaftlich aufholenden Schwellenländer Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika, den BRICS-Nationen, nimmt, wie im Kapitel II gezeigt, der Druck auf die Wasserressourcen als Folge von Bevölkerungswachstum, zunehmender wirtschaftlicher Aktivität, Urbanisierung und Klimawandel stark zu. In der Folge ist eine Degradierung der Wasserressourcen hinsichtlich ihrer Qualität und Quantität feststellbar, die sich zunehmend als Hemmnis für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung herausstellt. Die Situation wird im Folgenden näher beschrieben.

---

## ENTWICKLUNG UND SITUATION IN DEN BRICS-LÄNDERN 2.

Die Ergebnisse der Analysen in den Kapiteln III und IV.1 zeigen, dass im internationalen Wassermarkt die Schwellenländer inzwischen eine bedeutende Stellung als potenzielle Nachfrager von Wasserinfrastruktur einnehmen. Aus diesem Grund wird im Folgenden die gegenwärtige Situation im Wassersektor analysiert und hierauf aufbauend die Dynamik anhand der Indikatoren Publikationen, Außenhandel und Patente untersucht. Auf Basis dieser vorläufigen Analyse können einerseits Rückschlüsse darauf gezogen werden, inwiefern die Wasserproblematik in diesen Ländern erkannt wurde und durch Investition in Wasserinfrastruktur angegangen wird. Andererseits ermöglicht diese Analyse eine Abschätzung zu den Fragen, ob diese Länder in der nahen Zukunft das Potenzial haben, innovative Wasserinfrastruktur selbst zu entwickeln und herzustellen und damit an den Weltmärkten als Exporteure aufzutreten, und welche Rolle sie als importierende Handelspartner der Industrieländer einnehmen werden.

---

### BRASILIEN 2.1

#### SITUATION IN BRASILIEN

Brasilianische Investitionen in den Ausbau und den Unterhalt der nationalen Infrastruktursysteme sind seit den 1970er Jahren mit durchschnittlich 5,4 % des BIPs am Anfang des 21. Jahrhunderts auf einen historischen Tiefstand von etwa 2 % des BIPs gefallen. In einer im Auftrag des Weltwirtschaftsforums durchgeführte sektorenübergreifende Untersuchung der Qualität der durch die brasilianische Infrastruktur erbrachten Dienste kam man zu dem Ergebnis, dass im internationalen Vergleich die Infrastrukturqualität den 83. Platz von 133 erreicht und damit im hinteren Mittelfeld (Schwab 2009) liegt. In der existierenden Wasserinfrastruktur äußert sich dies darin, dass momentan etwa 30 % des Wassers in den Versorgungsleitungen durch Leckage verlorengehen. Auch sind nur rund 50 % der Bevölkerung an die Abwasserkanalisation angeschlossen. Die installierte Kläranlagenkapazität kann lediglich etwa 20 % des gesammelten Abwassers



vor der Einleitung in die aquatische Umwelt reinigen. Dementsprechend ist, um eine akzeptable Wasserqualität garantieren zu können, der Einsatz von Chemikalien in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung hoch. Allein im Jahr 2012 wurden Additive für 280 Mio. Euro verwendet, Ausgaben die bis 2018 auf 380 Mio. Euro ansteigen könnten (Frost & Sullivan 2012).

Kurzfristig – wie etwa für die Ausrichtung der Fußballweltmeisterschaft im Jahr 2014 und der olympischen Spiele im Jahr 2016 – sind in der nationalen Infrastruktur generell und besonders im Bereich der urbanen Wasserinfrastruktur noch viele Engpässe zu beheben. Langfristig soll ein jährliches nationales Wachstum von 5 % erreicht werden, wofür eine Verdoppelung der momentanen Investitionen nötig wäre (Morgan Stanley 2010). Seit 2005 arbeitet die Regierung intensiv daran, die Investitionen in den Ausbau der nationalen Infrastruktur zu steigern und Anreize für private Investitionen zu setzen. Im Jahr 2007 wurde ein erstes Investitionsprogramm aufgelegt, dessen Volumen von 200 Mrd. Euro für die Periode von 2007 bis 2010 im Folgeprogramm noch einmal erheblich gesteigert wurde. In der Periode von 2011 bis 2014 sollen etwa 5,1 % des BIP des Jahres 2010, etwa 300 Mrd. Euro, in den Ausbau der Infrastruktur investiert werden. Der Hauptanteil der geplanten Investitionen zielt allerdings auf einen Ausbau der Energieinfrastruktur ab. Auf den Wassersektor entfallen mit 22 Mrd. Euro lediglich rund 6 % der geplanten Gesamtinvestitionen, was belegt, dass die Wasserproblematik in einem der wasserreichsten Länder der Erde noch nicht die höchste Priorität erreicht hat. Während in den vergangenen 10 Jahren der Privatsektor mit 90 % der national getätigten Gesamtinvestitionen wesentlich zum Wachstum der brasilianischen Wirtschaft beigetragen hat, macht im Infrastrukturbereich der Anteil öffentlicher Investitionen einen Anteil von rund 50 % aus. Im Vergleich zu anderen Schwellenländern bedeutet dies zwar einen hohen privaten Anteil, jedoch auf einem insgesamt geringen Investitionsniveau in den Wassersektor, womit die nationale Infrastruktur zwar erhalten werden kann, jedoch keine umfassendere Modernisierung des mangelhaften bestehenden Systems möglich ist.

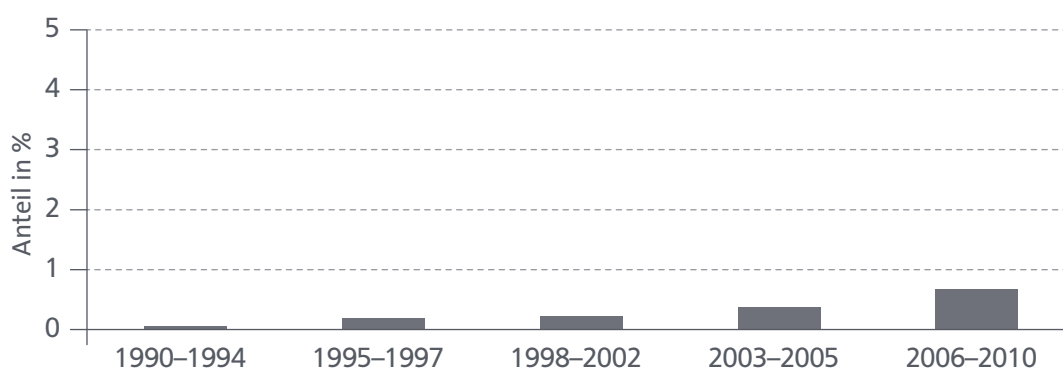
#### **DYNAMIK IN BRASILIEN**

Seit 1990 lässt sich eine kontinuierliche Steigerung des Anteils brasilianischer Patente an der globalen Patentierungsaktivität im Wasserbereich beobachten (Abb. IV.4). Dabei wurde in der Periode von 1995 bis 1997 im Vergleich zur Periode von 1990 bis 1994 der Anteil der brasilianischen Patente im Wasserbereich verdoppelt. In den Folgeperioden bis 2005 konnte der Weltpatentanteil Brasiliens kontinuierlich gesteigert werden, und in der letzten Periode von 2006 bis 2010 wurde erneut eine Verdopplung des Patentanteils auf rund 0,7 % erreicht.

Zudem ging mit einer Steigerung des brasilianischen Anteils an der Weltpatentaktivität im Wasserbereich eine starke Spezialisierung auf Technologien des

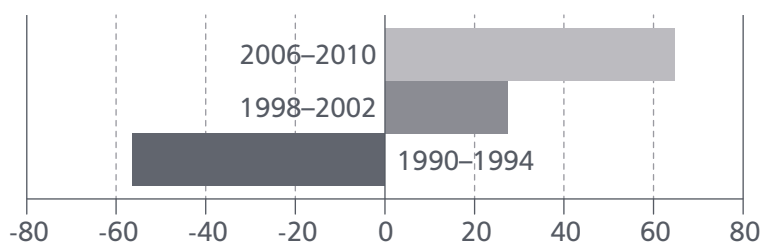
Wassersektors einher (Abb. IV.5). Während in der Periode von 1990 bis 1994 in Brasilien Technologien des Wassersektors im Gegensatz zu anderen Sektoren eine sehr geringe Rolle spielten (hohe negative Spezialisierung), konnte in diesem Bereich in den vergangenen 20 Jahren eine hohe positive Spezialisierung erreicht werden. Brasilien weist damit bei einem (noch) geringen Patentanteil von 0,7 % im internationalen Vergleich die zweithöchste Patentspezialisierung nach Australien auf (Tab. III.1, Kap. III.3.2).

ABB. IV.4 PATENTANTEIL BRASILIENS AN DEN INTERNATIONALEN PATENTEN IM WASSERBEREICH



Eigene Auswertung und Darstellung

ABB. IV.5 PATENTSPEZIALISIERUNG BRASILIEN



Eigene Auswertung und Darstellung

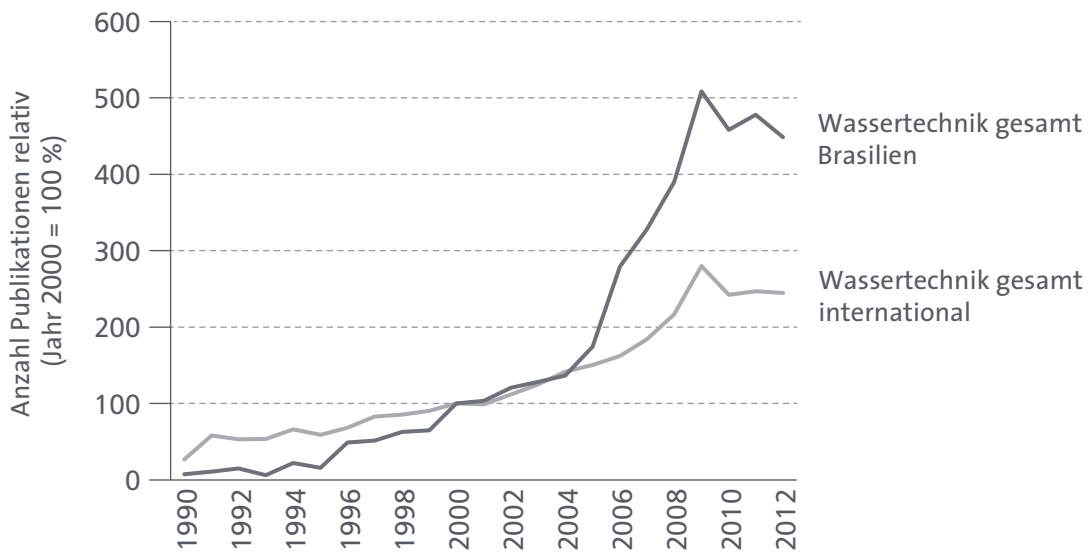
Die in Abbildung IV.6 dargestellte Publikationsdynamik in Brasilien übertrifft die internationale Publikationsdynamik seit 2005 stark, während bis zum Jahr 2000 eine vergleichsweise schwächere Dynamik beobachtbar ist.

Anhand der Außenhandelsdaten kann für Brasilien im Wasserbereich eine starke Importabhängigkeit, insbesondere von den drei Ländern China, USA und Deutschland, mit wechselnden Anteilen von ca. 10 bis 25 % in den Jahren von 2008 bis 2011 identifiziert werden (Abb. IV.7). Daneben sind Italien, Südkorea und Japan wichtige Handelspartner. Der Anteil der aus Deutschland importier-



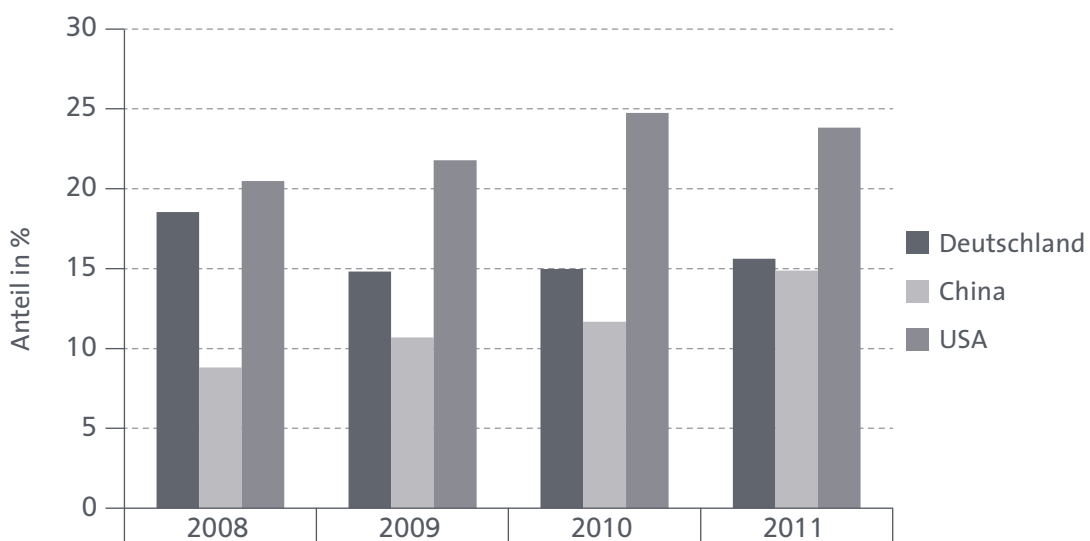
ten Güter lag zwischen 15 und 18 %. Im Gegensatz dazu stieg der Importanteil der USA bis zum Jahre 2010 kontinuierlich auf rund 20 % und gab nur im Jahr 2011 leicht nach. Einzig der Anteil der aus China importierten Güter zeigt einen kontinuierlichen Wachstumstrend und lag im Jahr 2011, ebenso wie der Anteil der aus Deutschland importierten Güter, bei rund 15 %. Als nennenswerter Exporteur für Wassertechnologien tritt Brasilien am Weltmarkt bisher nicht auf.

ABB. IV.6 PUBLIKATIONSDYNAMIK BRASILIEN



Eigene Auswertung und Darstellung

ABB. IV.7 WICHTIGE IMPORTLÄNDER BRASILIENS



Eigene Auswertung und Darstellung

---

**RUSSLAND**

**2.2**

**SITUATION IN RUSSLAND**

Die in Russland betriebene Infrastruktur erreicht entsprechend der im Jahre 2009 für das Weltwirtschaftsforum durchgeführten Analyse im Vergleich mit insgesamt 133 Nationen den 86. Platz (Schwab 2009), befindet sich somit im hinteren Mittelfeld, wie Indien und Brasilien. Der Zustand der Wasserinfrastruktur in vielen Regionen Russlands ist geprägt durch mehr als 20 Jahre unzureichende Wartung und Modernisierung. Durch viele ökologische Altlasten aus der Sowjetzeit, eine hohe Belastung der Gewässer durch Nähr- und Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft und kommunalen Kläranlagen, von denen etwa 50 % veraltet sind, sowie einen Anteil von mindestens 20 % des gesamten Abwassers, das ohne Aufbereitung eingeleitet wird, ist der Zustand vieler Gewässer in Russland generell bedenklich. Mit einer derzeitigen Reinvestitionsrate von 11 % des auf 7 Mrd. Euro geschätzten Umsatzes im Wassersektor kann der weitere Verfall der maroden russischen Wasserinfrastruktur, in der 50 % des Trinkwassers durch Leckage verlorengehen, nicht aufgehalten werden (Szplinska o.J.). Mindestens zwei Fünftel der vorhandenen Verteilungs- und Entsorgungsnetze müssten ersetzt werden, und mehr als ein Fünftel der Bevölkerung, besonders in ländlichen Gebieten, ist bislang nicht an das System angeschlossen. Im Jahr 2009 hat die Regierung eine nationale Strategie für den Wassersektor bis 2020 vorgelegt und im Jahr 2010 das Clean-Water-Programm eingeführt, in dessen Rahmen bis zum Jahre 2017 Investitionen in Höhe von 8 Mrd. Euro in die Wasserinfrastruktur getätigt werden sollen. Momentan wird der regulative und rechtliche Rahmen vorbereitet, um eine geplante 95 %ige finanzielle Beteiligung des Privatsektors an der anvisierten Investitionssumme zu ermöglichen. Hierzu sind auf institutioneller Ebene tiefgreifende Reformen zur Bekämpfung von Subventionsverschwendung und Korruption nötig. Letztere sind die Hauptursachen für die schleppende Modernisierung der Wasserinfrastruktur in Russland (Likhacheva 2011). Entsprechend dem Zustand und der Qualität der Wasserinfrastruktur liegen die Wassertarife mit durchschnittlich 0,5 Euro/m<sup>3</sup> Wasser auf einem Drittel des Niveaus anderer osteuropäischer Länder und bei einem Siebtel der deutschen Tarife. Schätzungen zum jährlichen Wachstum des russischen Wasserinfrastrukturmarktes sind verhalten, rechnen jedoch bei erfolgreicher Einbindung des Privatsektors mit einem jährlichen Marktwachstum von 10 %, womit im Jahr 2017 ein Volumen von etwa 1,3 Mrd. Euro erreicht werden könnte. Ein besonders hoher Bedarf wird für moderne Wasseraufbereitungstechnologien erwartet, falls das Ziel ernsthaft verfolgt wird, eine hygienische Trinkwasserversorgung für 95 % der Bevölkerung bis zum Jahr 2017 zu erreichen (Likhacheva 2011; Morgan Stanley 2010; Szplinska o.J.).

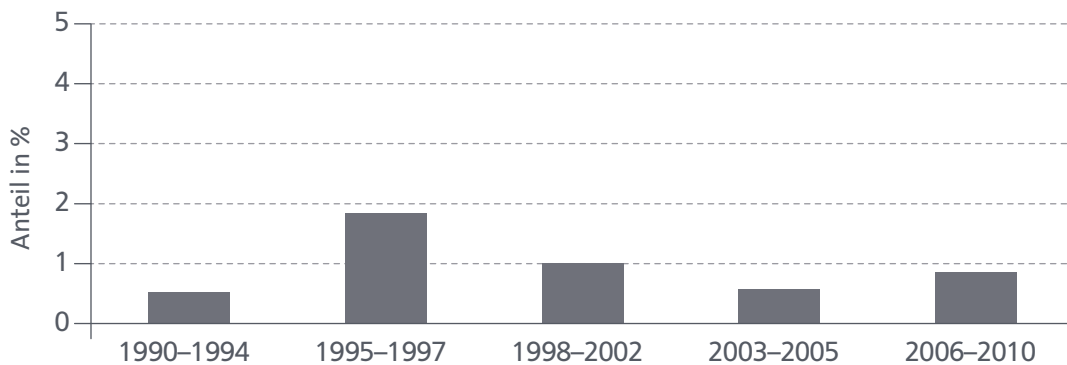


### DYNAMIK IN RUSSLAND

Hinsichtlich des Anteils Russlands an den weltweiten, den Wassersektor betreffenden Patenten kann ein Rückgang nach der Periode von 1995 bis 1997 festgestellt werden (Abb. IV.8). Erst in der Periode von 2006 bis 2010 ist erneut ein leichter Anstieg des Patentanteils auf rund 0,9 % feststellbar.

ABB. IV.8

#### PATENTANTEIL RUSSLANDS AN DEN INTERNATIONALEN PATENTEN IM WASSERBEREICH

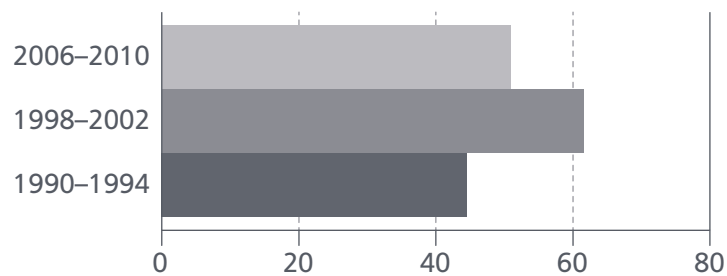


Eigene Auswertung und Darstellung

Trotz eines geringen Patentanteils lässt sich für Russland eine vergleichsweise hohe Patentspezialisierung im Wasserbereich belegen (Abb. IV.9), die im vorderen Mittelfeld einer Vergleichsgruppe der 30 stärksten Länder für Patentanmeldungen im Wassersektor liegt (Tab. III.1, Kap. III.3.2).

ABB. IV.9

#### PATENTSPEZIALISIERUNG RUSSLAND

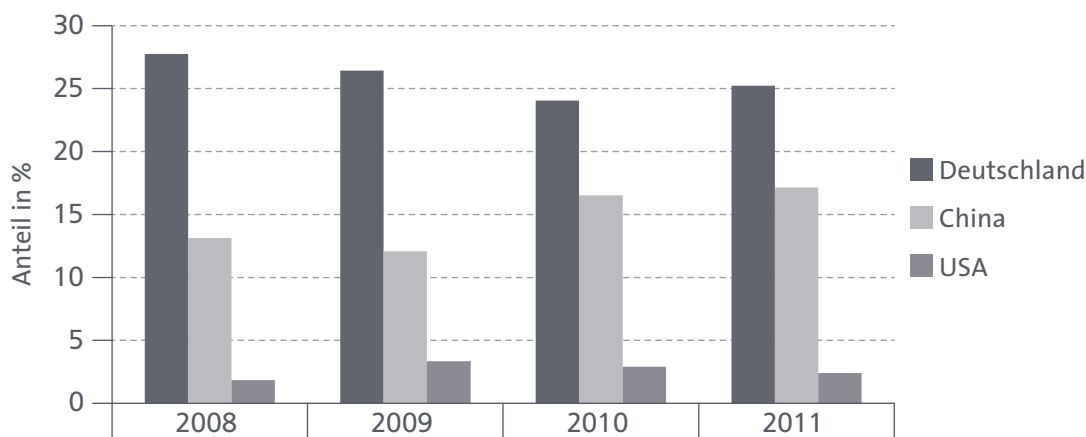


Eigene Auswertung und Darstellung

Hinsichtlich der Publikationsdynamik im Wasserbereich kann für Russland in der Berichtsperiode keine nennenswerte Publikationsaktivität festgestellt werden. Insofern ist auch die Publikationsdynamik Russlands als sehr gering einzustufen.

Bei der Betrachtung der Importanteile ist die hohe Abhängigkeit von Deutschland, von wo etwa 25 % der wasserrelevanten Technologien stammen, auffällig (Abb. IV.10). Der Rückgang der deutschen Importquote in Russland von 2008 bis 2011 lässt sich anhand der wachsenden Bedeutung Chinas auf rund 17 % erklären. Insgesamt bezieht Russland Technologien im Wasserbereich aus einer Vielzahl von Ländern Europas, deren jeweilige Importquote daher 5 % nicht übersteigt. Entsprechend dieser vergleichsweise breiten Diversifizierung der Handelspartner Russlands ist auch der Anteil amerikanischer Importe, der ansonsten in Schwellenländern 10 % meist übersteigt, gering.

ABB. IV.10 WICHTIGE IMPORTLÄNDER RUSSLANDS



Eigene Auswertung und Darstellung

## INDIEN

2.3

### SITUATION IN INDIEN

Die sektorenübergreifende Untersuchung der Qualität der durch die indische Infrastruktur erbrachten Dienste, die auf internationaler Ebene für das Weltwirtschaftsforum durchgeführt wurde, kommt zu dem Ergebnis, dass die installierte Infrastruktur im internationalen Vergleich den 89. von 133 Plätzen belegt und damit im internationalen Vergleich im hinteren Mittelfeld liegt (Schwab 2009). Auf dem eingeschlagenen Weg der wirtschaftlichen Entwicklung hin zu einem Industrieland müssen in Indien umfangreiche Investitionen in den Ausbau und die Modernisierung in den Bereichen Energie, Kommunikation, Transport und Wasser getätigt werden. Zurzeit werden durch staatliche Investitionsprogramme mehrere Mrd. Euro in den Auf- und Ausbau kommunaler Wasserinfrastruktur und landwirtschaftlicher Bewässerungstechnik investiert. Im Bereich der Trinkwasserversorgung wird momentan neben dem Aufbau von Versorgungsnetzen

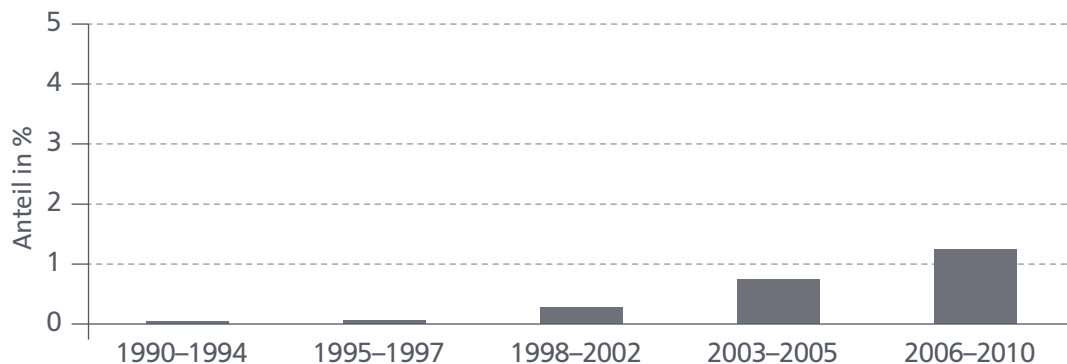
besonders in Meerwasserentsalzungsanlagen investiert, um die Verfügbarkeit von Wasser auszuweiten. Trotz steigender Investitionen in die Abwasserentsorgung werden bislang etwa 60 % des Abwassers ungeklärt abgeleitet. 40 % der in Betrieb befindlichen Abwasseraufbereitungssysteme erfüllen die hygienischen Anforderungen nicht, sodass der Anteil des ungenügend aufbereitet eingeleiteten Abwassers bei rund 80 % liegen dürfte (Tilotia 2010).

Der regulative Rahmen Indiens erlaubt eine 100 %ige Privatisierung nationaler Infrastruktur, auch durch ausländische Investoren (IDFC 2011; Tilotia 2010). Für einen bedarfsgerechten Ausbau der Wasserinfrastruktur müssen jedoch innerhalb der existierenden Institutionen noch Kapazitäten und besonders auch die nötigen Kompetenzen aufgebaut werden, die eine effiziente Umsetzung von Bauvorhaben ermöglichen. Zudem ist eine Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Institutionen nötig, insbesondere um mittelfristig Wassertarife zu etablieren, die der Knappheit des Gutes Wasser entsprechen (IDFC 2011).

#### DYNAMIK IN INDIEN

Über die vergangenen 20 Jahre, von 1990 bis 2010, ist der indische Anteil an der weltweiten, dem Wassersektor zuordenbaren Patentaktivität merklich angestiegen (Abb. IV.11). Während dieser Anteil in der Periode von 1990 bis 1994 noch bei weniger als 0,05 % lag, betrug er in der Periode von 2006 bis 2010 bereits rund 1,25 %.

ABB. IV.11 PATENTANTEIL INDIEN AN DEN WELTWEITEN PATENTEN IM WASSERSEKTOR



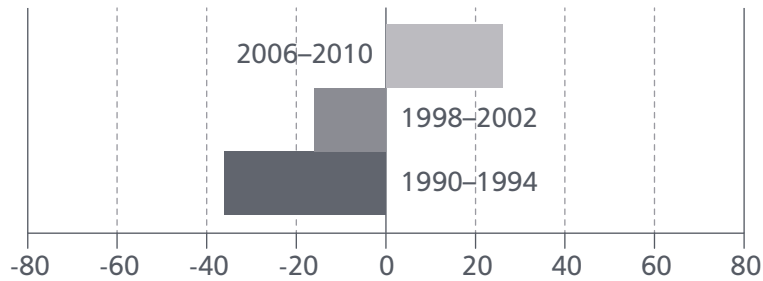
Eigene Auswertung und Darstellung

Auch ist eine zunehmende Spezialisierung auf den Wassersektor identifizierbar (Abb. IV.12). Für den Wassersektor erreichte Indien bis zur Periode von 2006 bis 2010 eine Patentspezialisierung, die im Mittelfeld der Vergleichsgruppe der 30 stärksten Patentanmeldeländer liegt.



ABB. IV.12

PATENTSPEZIALISIERUNG INDIEN

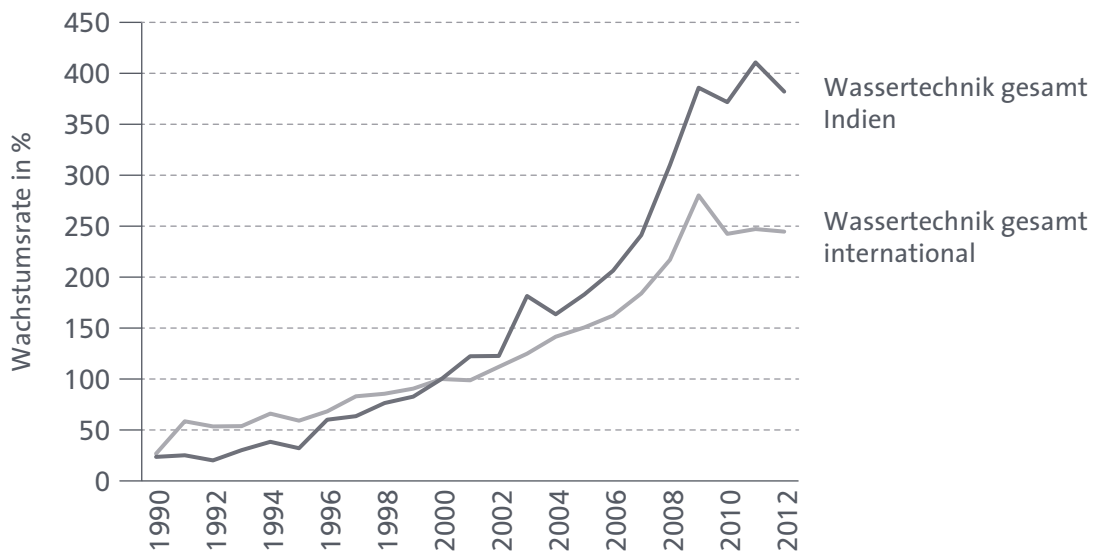


Eigene Auswertung und Darstellung

Die in Indien feststellbare Publikationsdynamik übertrifft die internationale Publikationsdynamik seit dem Jahre 2002 (Abb. IV.13).

ABB. IV.13

PUBLIKATIONSDYNAMIK INDIEN

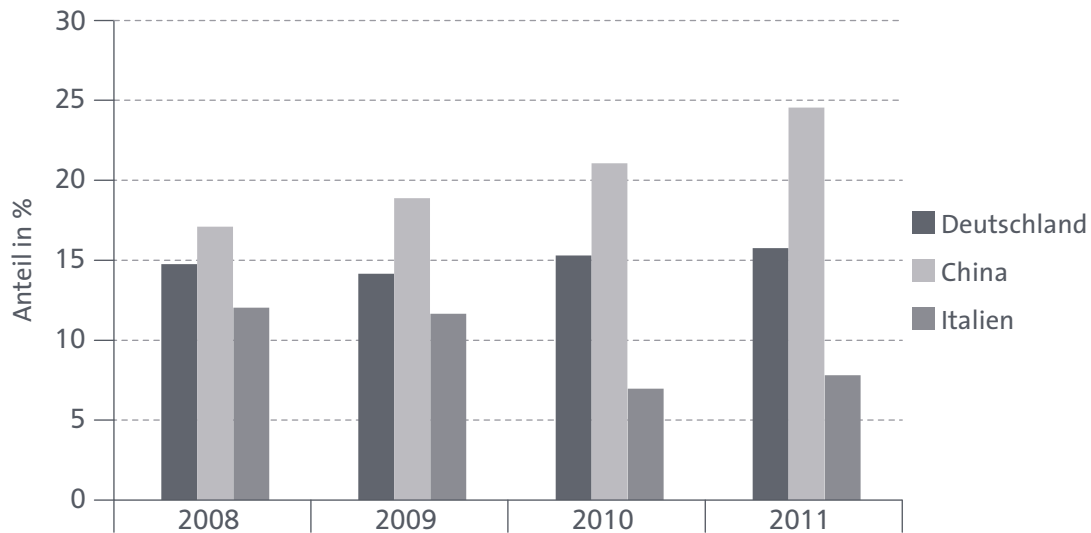


Eigene Auswertung und Darstellung

Indien bezieht Güter für den Wassersektor aus einer Vielzahl von Ländern, wobei die jeweilige Importquote nur für China, Deutschland und Italien 5 % übersteigt (Abb. IV.14). In der Periode von 2008 bis 2011 machten die deutschen Exporte nach Indien rund 15 % der indischen Importe für den Wassersektor aus. Auffällig ist ein starker Rückgang der aus Italien stammenden Importe zugunsten eines starken Anstieges der Importe aus China, von wo im Jahr 2011 bereits rund 25 % der indischen Importe stammen.

ABB. IV.14

## WICHTIGE IMPORTLÄNDER INDIENS



Eigene Auswertung und Darstellung

## CHINA

## 2.4

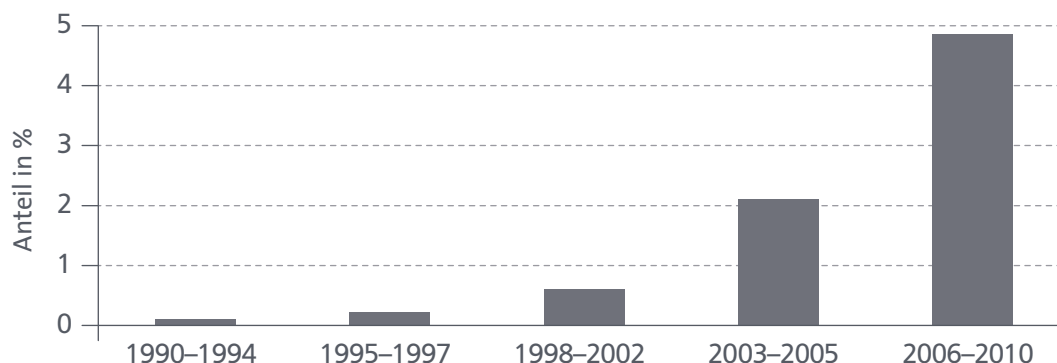
## SITUATION IN CHINA

Im internationalen Vergleich erreicht China für die Qualität seiner Infrastruktur den 66. Platz von 133 (Schwab 2009), womit im Vergleich zu Indien und Brasilien eine bessere Ausgangssituation vorhanden ist. Im Wassersektor steht China vor der Hausforderung, mindestens 500 Mio. Menschen mit hygienischen Toiletten und 120 Mio. Menschen mit Trinkwasser zu versorgen (UNICEF/WHO 2012). Mittelfristig wird bei einem momentanen Marktvolumen von rund 4 Mrd. Euro ein stabiles jährliches Wachstum von 10 % im Wasserinfrastrukturausbau erwartet (Frost & Sullivan 2010). Ende der 1990er Jahre begann China mit dem konsequenten Aufbau von Institutionen, ausgestattet mit den nötigen Kapazitäten und Kompetenzen, um auch internationale Investoren für einen schnelleren Ausbau der nationalen Wasserinfrastruktur zu mobilisieren (Ke et al. 2013).

## DYNAMIK IN CHINA

China hat seinen Anteil an den dem Wassersektor zuordenbaren weltweiten Patentaktivitäten seit Beginn der 1990er Jahre stark ausbauen können – von 0,1 % in der Periode von 1990 bis 1994 auf rund 4,9 % in der Periode von 2006 bis 2010 (Abb. IV.15). Der größte Teil dieser Entwicklung fand in der Periode von 2003 bis 2010 statt.

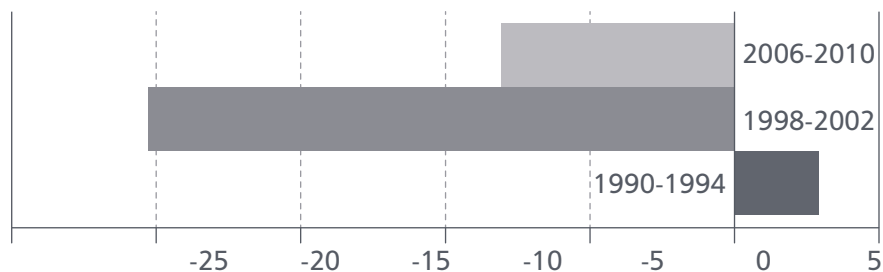
ABB. IV.15 PATENTANTEIL CHINAS AN DEN WELTWEITEN PATENTEN IM WASSERSEKTOR



Eigene Auswertung und Darstellung

Die gleichzeitig abnehmende Patentspezialisierung im Wassersektor kann nur damit erklärt werden, dass die FuE- bzw. Patentierungsaktivitäten in anderen Technikbereichen im gleichen Zeitraum noch wesentlich stärker ausgeprägt gewesen sein müssen (Abb. IV.16).

ABB. IV.16 PATENTSPEZIALISIERUNG CHINA



Eigene Auswertung und Darstellung

Die chinesische Publikationsdynamik lag von 1990 bis 2000 unter der internationalen Publikationsdynamik (Abb. IV.17). Seit 2002 ist jedoch eine sprunghafte Zunahme der im Wasserbereich publizierten wissenschaftlichen Beiträge erkennbar.<sup>12</sup>

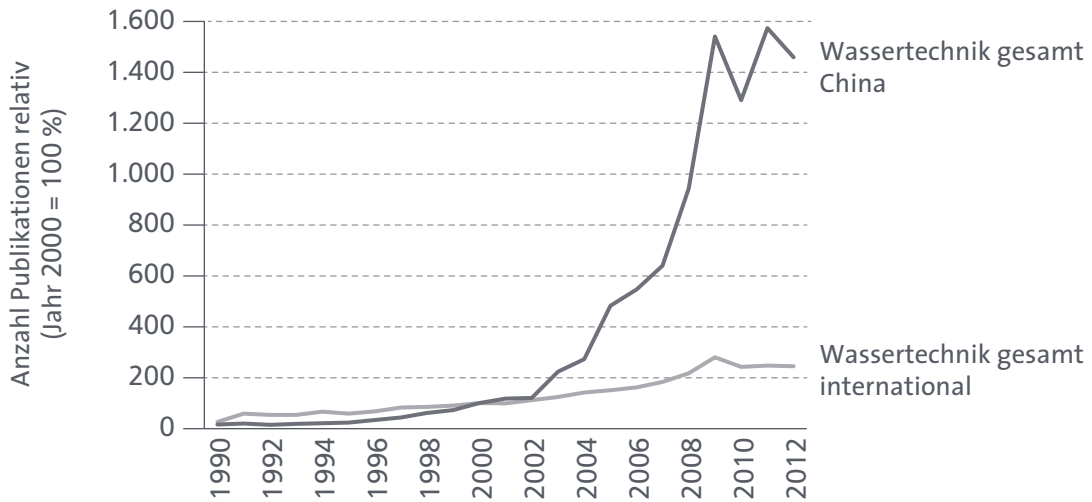
Auch für China ist eine hohe Diversifizierung der Handelspartner beobachtbar, sodass, außer den in Abbildung V.18 gezeigten Nationen, kein Handelspartner mit seinen Exporten mehr als eine Quote von 5 % der chinesischen Importe im Wassersektor erreicht. Auffällig ist die besondere Bedeutung Japans und

12 Zur besseren Darstellung ist für China, im Vergleich zu den Analysen der Publikationsdynamiken für andere Schwellenländer in diesem Kapitel, eine wesentlich höhere Skalierung der Y-Achse gewählt worden.



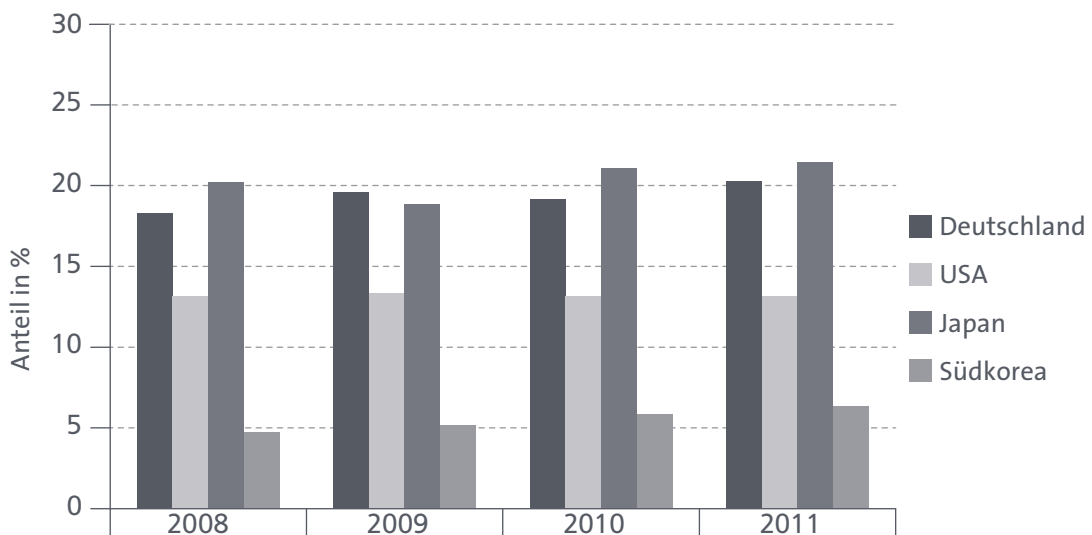
Deutschlands für den chinesischen Wasserinfrastrukturmarkt (mit jeweils rund 20 %) sowie tendenziell ein (wenn auch moderater) Importanstieg aller vier Länder. Durch die USA werden seit 2008 etwa 13 % der chinesischen Importe gedeckt; Südkorea etabliert sich zunehmend als Handelspartner.

ABB. IV.17 PUBLIKATIONSDYNAMIK CHINA



Eigene Auswertung und Darstellung

ABB. IV.18 WICHTIGE IMPORTLÄNDER CHINAS



Eigene Auswertung und Darstellung

## SÜDAFRIKA

2.5

### SITUATION IN SÜDAFRIKA

Seit in den späten 1990er Jahren eine Modernisierung des nationalen Planungsprozesses, eine Reorganisation der nationalen Institutionen und eine Budgetreform stattfand, fließen dem Ausbau von Infrastruktursystemen vermehrt finanzielle Ressourcen zu. Schon nach wenigen Jahren zeigte sich, dass die eingeleiteten Reformen wenig erfolgreich waren, und bis heute wird in Südafrika die anhaltende Unzulänglichkeit der Wasserinfrastruktursysteme für eine flächendeckende Versorgung aller Bürger zu annehmbaren Kosten diskutiert. Der schnelle und bedarfsgerechte Ausbau der nationalen Wasserinfrastruktursysteme wird durch institutionelle Hemmnisse, wie zu wenig und unzureichend geschultes Personal, geringe Kostendeckungsbeiträge aus den Wassertarifen und Nachholbedarf bei der Schaffung eines adäquaten gesetzlichen und regulativen Rahmens, erschwert. Auf der Ressourcenseite erschweren die rapide abnehmende Wasserqualität, marode Wasserstauwerke, von denen ein Großteil der Wasserversorgung bereitgestellt wird, und die zunehmend spürbaren negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die vorhandenen Wasserressourcen die Bedienung der steigenden Nachfrage. Zudem findet in der südafrikanischen Wasserwirtschaft durch ein rasches Bevölkerungswachstum, zunehmende Urbanisierung sowie rapide fortschreitende Industrialisierung und Ausweitung des Rohstoffabbaus mit negativen Auswirkungen auf die Wasserqualität ein starker Umbruch auf der Nachfrage-seite statt. Als Reaktion auf den mangelhaften Zustand und den ungenügenden Ausbaugrad der nationalen Infrastruktur, die sich zunehmend als Hemmschuh für wirtschaftliches Wachstum in Südafrika erweist, wurde 2010 ein staatliches Investitionsprogramm aufgelegt, in dessen Fokus der Energie- und Transportsektor stehen. Bis 2015 soll eine nationale Strategie zur Bewirtschaftung der Wasserressourcen erarbeitet werden. (DBSA 2012; DWAFSA 2012).

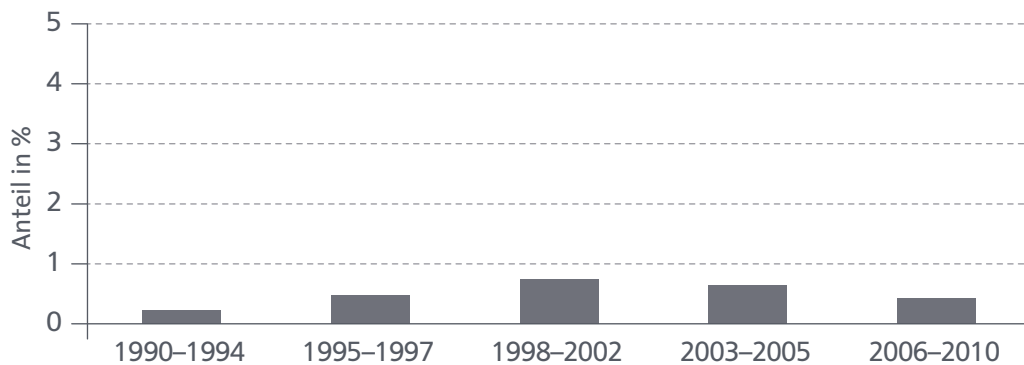
### DYNAMIK IN SÜDAFRIKA

Für Südafrika lässt sich im Zeitraum von 1990 bis 2010 ein relativer Höchststand der Patentaktivität im Wassersektor in der Periode von 1998 bis 2002 (mit einem globalen Anteil von 0,7 %) erkennen. In den Folgeperioden hat der Anteil abgenommen und lag von 2006 bis 2010 bei nur noch rund 0,4 %.

Trotz der Abnahme der Patentierungsaktivität im Wassersektor hat Südafrika über die vergangenen 20 Jahre einen beachtlichen Spezialisierungsgrad beibehalten und befindet somit unter der Vergleichsgruppe der 30 am stärksten spezialisierten Länder (Abb. IV.20).

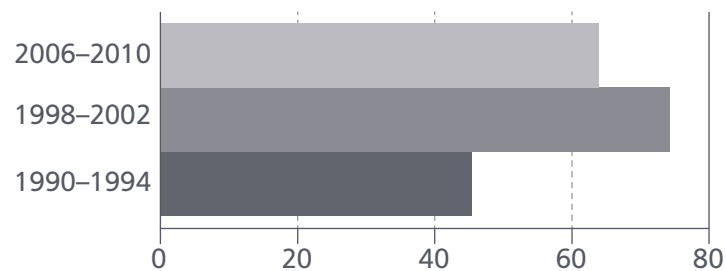


ABB. IV.19 PATENTANTEIL SÜDAFRIKAS AN DEN INTERNATIONALEN PATENTEN  
IM WASSERSEKTOR



Eigene Auswertung und Darstellung

ABB. IV.20 PATENTSpezialisierung SÜDAFRIKA



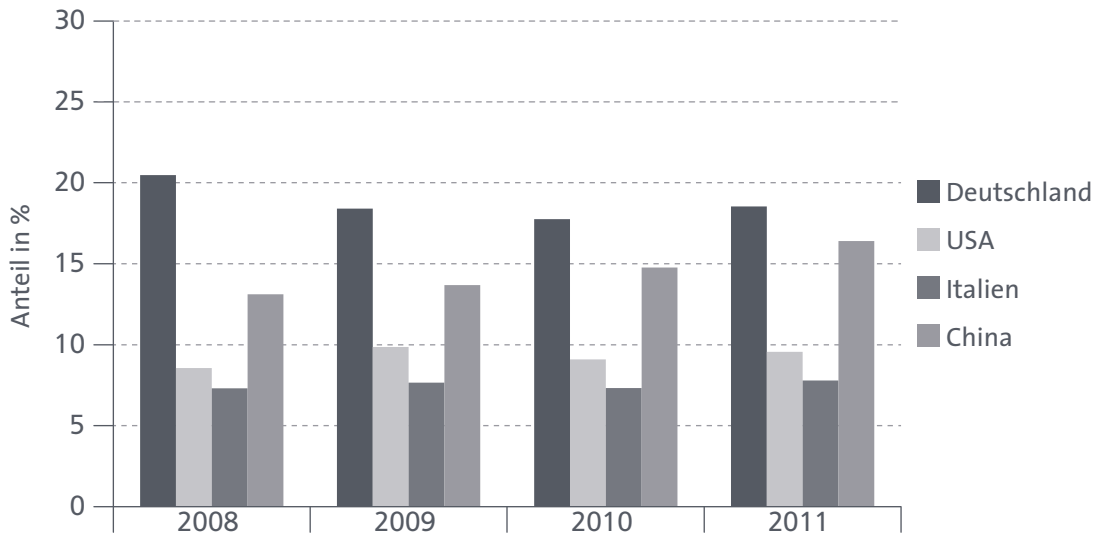
Eigene Auswertung und Darstellung

Die südafrikanische Publikationsaktivität ist für die Berichtsperiode vernachlässigbar gering. Auch in den letzten Jahren ist keine deutliche Steigerung der Aktivitäten zu erkennen.

Zur Deckung der Nachfrage nach Wasserinfrastruktur durch Import wird in Südafrika vorwiegend auf Technologien aus Deutschland, China, Italien und den USA zurückgegriffen (Abb. IV.21). Bei den beiden wichtigsten Handelspartnern, Deutschland und China, ist wie im Fall Russlands eine gegenläufige Tendenz erkennbar. Während der Anteil der deutschen Importe in Südafrika von 2008 bis 2011 leicht abnahm (von 20 auf 18 %), stiegen die Importe aus China kontinuierlich (von 13 auf 17 %).

ABB. IV.21

WICHTIGE IMPORTLÄNDER SÜDAFRIKAS



Eigene Auswertung und Darstellung

## MARKTVOLUMEN IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN

### 3.

Zur genaueren Analyse und Bewertung des Marktvolumens in Entwicklungsländern muss zunächst eine eindeutige Zuordnung aller Länder in Entwicklungs-, Schwellen-, und Industrieländer erfolgen. Dazu steht eine Systematik der Weltbank zur Verfügung, die entsprechend dem Bruttonationaleinkommen eines Landes eine Zuordnung aller Länder in die drei Kategorien »Niedriges Einkommen von bis zu USD1025«, »Mittleres Einkommen« mit »Niedriges mittleres Einkommen von USD1025 – USD4035« und »Hohes mittleres Einkommen von USD4036 – USD12475« sowie »Hohes Einkommen mit mehr als USD12476« pro Jahr vornimmt.<sup>13</sup> Vom Entwicklungsausschuss der OECD wird eine der Weltbank ähnliche Kategorisierung anhand von Kennwerten vorgenommen, die etwas niedriger liegen als die der Weltbank.<sup>14</sup> Für die vorliegende Analyse wurde auf die Liste der Weltbank zurückgegriffen.

13 Diese Kategorisierung ist öffentlich und wird von der Weltbank im Internet zur Verfügung gestellt unter <http://data.worldbank.org/about/country-classifications/country-and-lending-groups>.

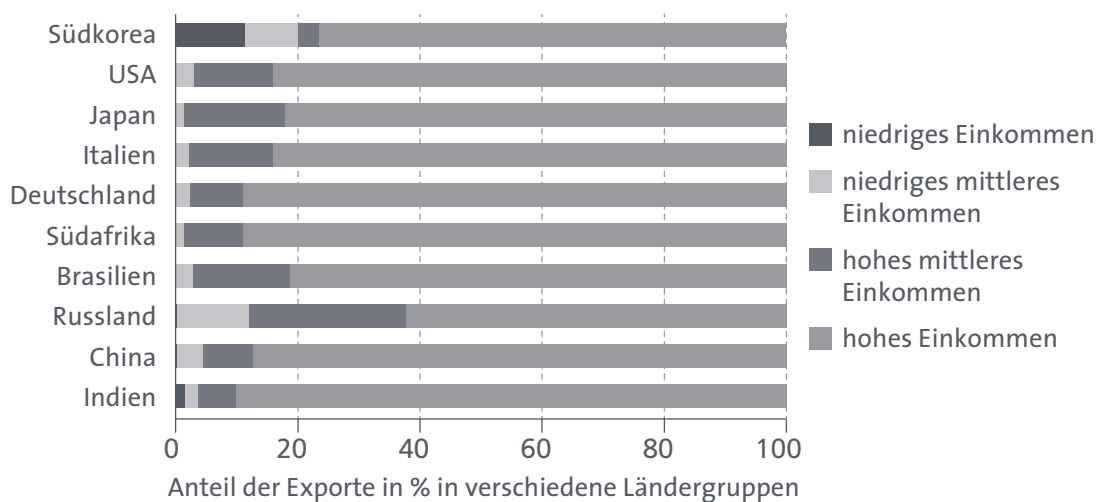
14 Diese DAC Liste wird alle 3 Jahre überprüft und im Internet zur Verfügung gestellt ([www.oecd.org/dac/stats/daclistofodarecipients.htm](http://www.oecd.org/dac/stats/daclistofodarecipients.htm)).

## MARKTBEDEUTUNG DER ENTWICKLUNGSLÄNDER

3.1

Die Gruppe der Entwicklungsländer (hier: Länder mit niedrigem und niedrigem mittlerem Einkommen) spielt für die Exporte der Industrieländer nur eine untergeordnete Bedeutung. Mit Ausnahme von Südkorea, dessen Exporte in Entwicklungsländer rund 20 % der Gesamtexporte ausmachen, exportieren die hier betrachteten Industrieländer im Schnitt weniger als 5 % ihrer Wassertechnologien in Entwicklungsländer. Für Deutschland machen die Exporte in Entwicklungsländer im Jahr 2008 nur rund 2,5 %, in Schwellenländer rund 11 % der Gesamtexporte aus.

ABB. IV.22 EXPORTBEDEUTUNG DER ENTWICKLUNGSLÄNDER (2008)



Eigene Auswertung und Darstellung

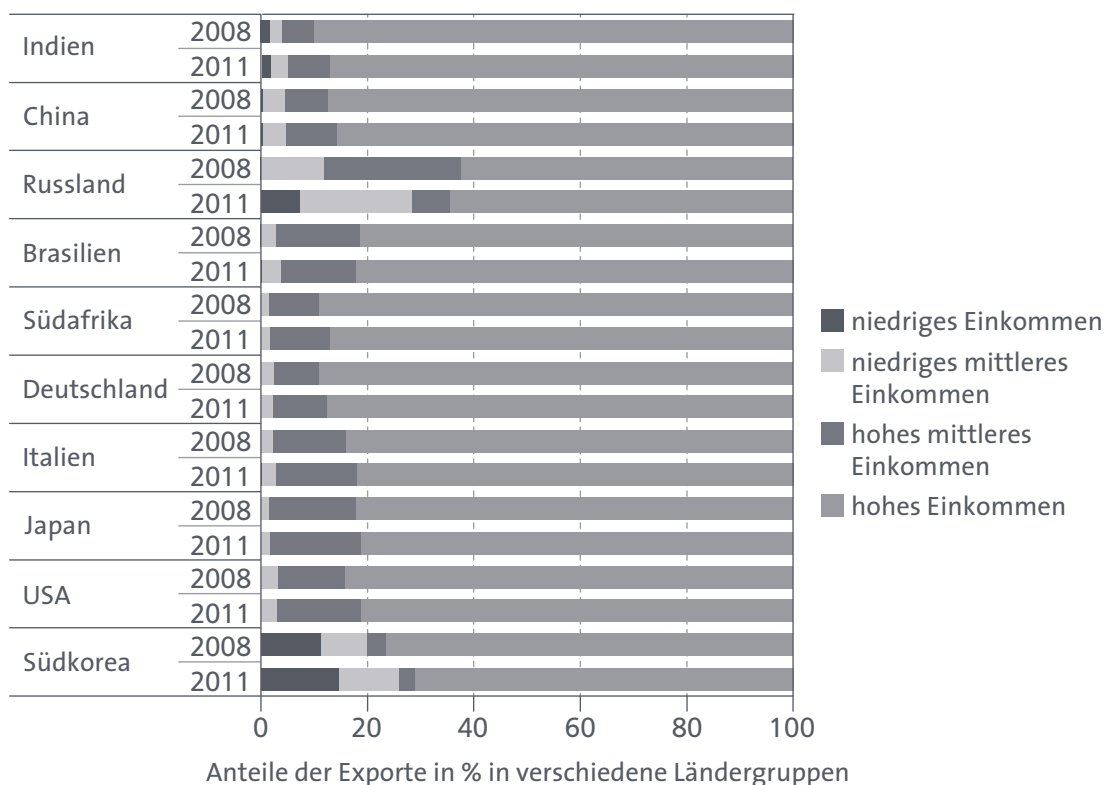
Wie ebenfalls der Abbildung IV.22 zu entnehmen, sind auch die Exporte der betrachteten Schwellenländer in Entwicklungsländer gering. Mit Ausnahme von Russland (12 %) betragen die Ausfuhren der Gruppe der BRICS-Länder in Entwicklungsländer weniger als 5 % der gesamten Exporte von Gütern, die dem Wassersektor zugerechnet werden können. Eine vergleichende Analyse der Exportbedeutung in Entwicklungsländer zwischen den Jahren 2008 und 2011 ergibt eine leichte Zunahme der Exporte in Entwicklungsländer und auch in Länder mit hohem mittlerem Einkommen (Abb. IV.23).<sup>15</sup>

Für die im unteren Teil der Abbildung IV.23 betrachteten BRICS Länder liegt der Exportanteil in Industrienationen mit Ausnahme von Russland (65 %) in beiden Jahren bei mehr als 80 %. Für die im oberen Teil der Abbildung IV.23

<sup>15</sup> Für Abbildung V.23 wurde die X-Achse bei 40 % abgeschnitten, um die Veränderungen der Exportanteile in die Nichtindustrieländer besser darstellen zu können.

dargestellten Industrieländer liegt der Anteil des an Industrieländer gerichteten Exportanteils ebenso wie in den Schwellenländern bei rund 80 %. Einzige Ausnahme hierbei ist Südkorea mit einem Exportanteil in Entwicklungsländer von rund 25 % im Jahre 2011. Länder mit hohem mittlerem Einkommen sind für die Industrie- und Schwellenländer nach den Industrieländern die wichtigsten Außenhandelspartner im Wasserbereich. Die Exporte beider Gruppen in die Länder mit hohem mittlerem Einkommen liegen nach den vorliegenden Angaben zwischen 5 und 15 % mit deutlich steigender Tendenz im Zeitraum 2008 bis 2011 (Ausnahmen: Südkorea mit <5 % und Russland mit 25 % im Jahr 2008). Die in Form des Exportanteils in Entwicklungsländer ausgedrückte Exportbedeutung der Entwicklungsländer für die Schwellen- und Industrieländer ist für die Gruppe der Industrieländer und der Schwellenländer mit wenigen Ausnahmen (Russland und Südkorea) sehr ähnlich. Sie ist mit unter 5 % als (noch) gering zu bewerten (Abb. IV.23).

ABB. IV.23 ENTWICKLUNG DER BEDEUTUNG VON ENTWICKLUNGSLÄNDERN FÜR EXPORTE AUS INDUSTRIE- UND SCHWELLENLÄNDERN (2008–2011)



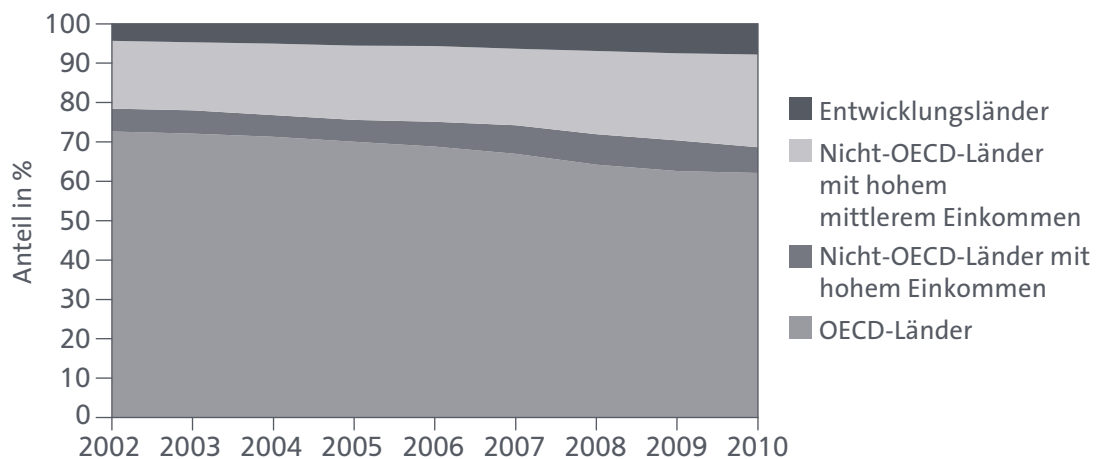
Eigene Auswertung und Darstellung

In Abbildung IV.24 ist dargestellt, wie sich der weltweite Exportanteil in eine bestimmte Ländergruppe (OECD-Länder, Schwellenländer, Entwicklungsländer)



in den Jahren 2002 bis 2010 verändert hat. Der Weltexportanteil, der in Entwicklungsländer exportiert wird, hat sich danach kaum verändert. Im Gegensatz dazu haben die Exporte in Schwellenländer, hier als Nicht-OECD-Länder mit hohem mittlerem Einkommen bezeichnet, wie bereits für den Vergleich der Jahre 2008 und 2011 in Abbildung IV.23 angedeutet, deutlich zugenommen.

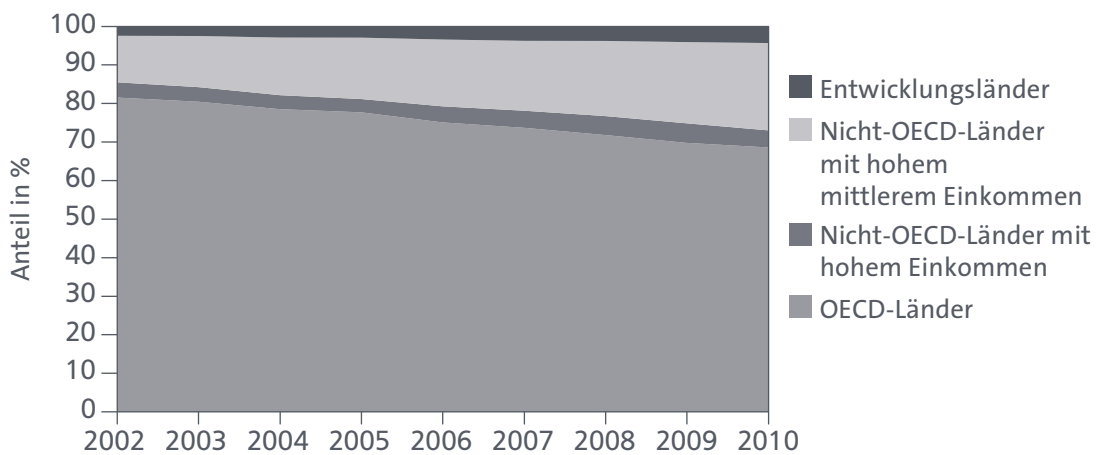
ABB. IV.24 WELTEXPORTANTEILE NACH LÄNDERGRUPPEN



Eigene Auswertung und Darstellung

Zum Vergleich sind in Abbildung IV.25 die Zielregionen der deutschen Exporte aufgetragen. Danach entsprechen die Anteile beim deutschen Export weitgehend den Weltexportanteilen.

ABB. IV.25 DEUTSCHE EXPORTANTEILE NACH LÄNDERGRUPPEN

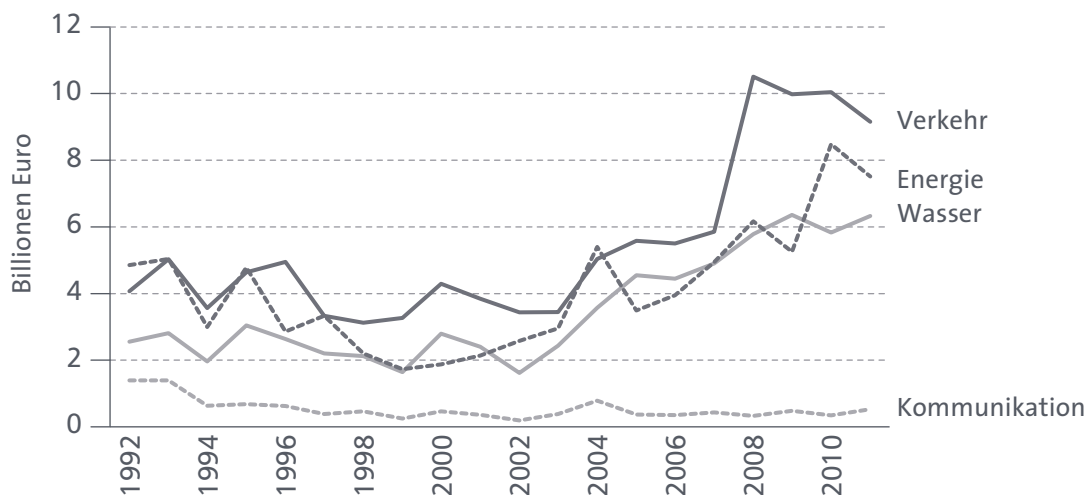


Eigene Auswertung und Darstellung

**INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IM WASSERSEKTOR 3.2**

Industrieländer beteiligen sich im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit durch monetäre Transferleistungen der Entwicklungshilfe sowie Wissenstransfer daran, durch den Aufbau von Kapazitäten die wirtschaftliche und soziale Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern zu fördern. Hierzu zählt auch die technische Kooperation im Bereich der Infrastrukturentwicklung. Wie in Abbildung IV.26 dargestellt, steigt die internationale Entwicklungshilfe für den Aufbau von Infrastruktur seit Ende der 1990er Jahre; ausgenommen davon ist der Kommunikationssektor. In den drei Sektoren Energie, Verkehr und Wasser sind die internationalen Leistungen seit 2003 jeweils etwa verdoppelt worden. Im Wassersektor betrug die von den Geberländern insgesamt bereit gestellte Entwicklungshilfe im Jahr 2011 rund 6 Mrd. Euro.

**ABB. IV.26 INTERNATIONALE ENTWICKLUNGSHILFE FÜR DEN AUFBAU VON INFRASTRUKTUR IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN**



Quelle: OECD 2013

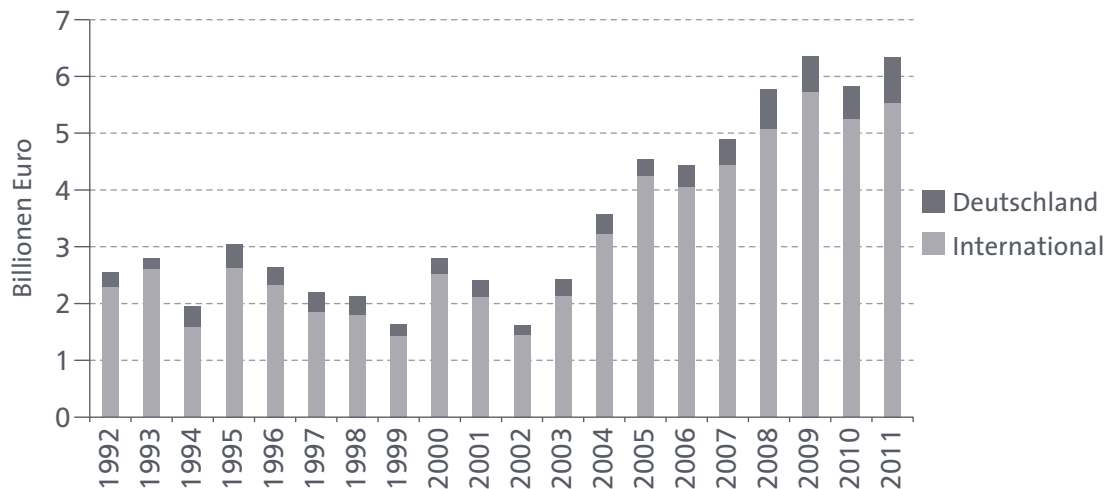
Durch bi- und multilaterale Institutionen und Vereinbarungen hat Deutschland in den vergangenen 20 Jahren ca. 10 bis 20 % der internationalen Hilfszahlungen im Wassersektor geleistet (Abb. IV.27). Insgesamt wurden die internationalen Hilfsleistungen in den vergangenen 10 Jahren im Wassersektor etwa verdoppelt. Auch Deutschland steigerte seine Ausgaben im Rahmen der Entwicklungshilfe in den vergangenen 5 Jahren und trug im Jahre 2011 einen Anteil von 14 % (rund 800 Mio. Euro) der internationalen Zahlungen.

Entsprechend den Statistiken der OECD trugen Japan (ca. 30 %) und Deutschland (ca. 10 %) in der Periode von 2007 bis 2010 den größten Anteil zu den internationalen Hilfsleistungen für den Wasserbereich bei. Indien war in den Perio-

den von 2007 bis 2008 und von 2009 bis 2010 mit jeweils etwa 500 Mio. Euro (rund 8 % der gesamten internationalen jährlichen Hilfsleistungen für den Wassersektor) der größte Empfänger. Daneben waren der Irak (rund 6 %), Vietnam (rund 5 %) und Marokko (rund 3 %) in beiden Perioden maßgebliche Empfängerländer. Im Gegensatz dazu gingen die Geldleistungen für den Wassersektor Chinas seit 2007 (etwa 5 %) auf 2 % im Jahr 2010 stark zurück.

ABB. IV.27

ENTWICKLUNGSHILFE FÜR DEN WASSERSEKTOR



Quelle: OECD 2013

Im Jahr 2010 entfiel von den rund 6,3 Mrd. Euro, die insgesamt für den Wassersektor an Entwicklungshilfe geleistet wurde, etwa die Hälfte auf den Aufbau von großen Infrastruktursystemen für Trink- und Abwasser. Der zweitgrößte Teil von rund 30 % floss in einfachere Systeme (wie gemeinschaftlich genutzte Sanitäreinrichtungen oder öffentliche Wasser kioske, an denen Trinkwasser kostengünstig erworben werden kann), die dazu dienen, die MDGs bis zum Jahr 2015 zu erreichen. Zudem wurde ein Anteil von etwa 10 % (ca. 600 Mio. Euro) in den Aufbau von Kompetenzen und Kapazitäten der relevanten Institutionen in den Partnerländern investiert, um die Wasserressourcen effizient zu nutzen (OECD 2012). Wie Jiménez/Pérez-Foguet (2008) zeigten, werden die Hilfszahlungen im Wassersektor allerdings nicht zielgerichtet an die Regionen vergeben, in denen die meiste Hilfe nötig ist, um die MDGs zu erreichen. So wurden in der Periode von 1995 bis 2004 lediglich etwa 15 % der Hilfsgelder nach Zentral- und Südasiens transferiert, wo etwa 45 % Weltbevölkerung ohne Zugang zu verbesserten Sanitäreinrichtungen und rund 35 % der Weltbevölkerung ohne Zugang zu Trinkwasser leben. Im Gegensatz dazu gingen rund 20 % der Hilfsleistungen nach Südamerika, eine Region, in der nur rund 5 % der Bevölkerung ohne Zugang zu verbesserten Toiletten und Trinkwasser beheimatet ist.







---

## BEDINGUNGEN FÜR DIE ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN IN DEUTSCHLAND

V.

Hinsichtlich der Entwicklung und Diffusion neuer Technologien spielen sehr unterschiedliche Faktoren eine Rolle, sodass zur Beschreibung des Innovationsystems im Bereich der Wassertechnologien in Deutschland ein systemischer Blick auf die Wasserwirtschaft und die vor- und nachgelagerten Akteure notwendig ist.

Im Rahmen einer Untersuchung für das deutsche Elbeeinzugsgebiet wurde bei Abwasserentsorgern abgefragt (Sartorius/Hillenbrand 2008), welche Triebkräfte bzw. Hemmnisse bei der Umsetzung von Innovationen eine wichtige Rolle spielen. Befragt wurden 634 in der Abwasserableitung und Abwasserbehandlung tätige Betriebe. Die Rücklaufquote von 26 % deckte hinsichtlich der Kläranlagenkapazität 50,4 % der im Gebiet vorhandenen Kapazität von knapp 24 Mio. Einwohnerwerten (Maßzahl für die Belastung kommunaler Kläranlagen als Summe aus angeschlossenen Einwohnern und gewerblichen Abwässern) ab (Sartorius/Hillenbrand 2008). Die wichtigsten Ergebnisse der Befragung sind:

- › Wesentliche Triebkräfte für die Einführung technischer Neuerungen sind einschlägige Gesetze und Verordnungen sowie die Ausschöpfung von Kostensenkungspotenzialen. Daneben spielen Verbandsnormen und -regeln, anstehende Ersatzinvestitionen, Motivation der Geschäftsführung und die Kommunalpolitik eine wichtige Rolle.
- › Die Kosten der neuen Techniken und Probleme bei der Finanzierung wurden dagegen als die wesentlichen Hemmnisse genannt. Andere Aspekte wie Erfahrungsdefizite oder rechtliche Rahmenbedingungen besitzen nach diesen Befragungsergebnissen dagegen eine geringere Bedeutung.

Im Vergleich zu einer älteren Erhebung zu den Innovationstreibern in Wasserbetrieben führt (RWI Essen et al. 2005, auch zitiert in ZVEI 2009), zeigen sich demnach keine wesentlichen Veränderungen. Allerdings haben sich in den letzten Jahren durch Veränderungsprozesse, die vor allem durch den Klima- und den demografischen Wandel ausgelöst werden, neue Handlungsnotwendigkeiten ergeben, die inzwischen von der Wasserwirtschaft deutlich wahr- und angenommen werden (Kap. II). Dadurch entstehen zusätzlich Anstöße für Innovationen im Bereich der Wasserwirtschaft. Für die Entwicklung und Diffusion entsprechender Innovationen sind, neben den aus der Sicht der Anwender relevanten Faktoren, weitere Punkte von Bedeutung. Eine systematische Analyse aller relevanten Aspekte war im Rahmen des Projekts allerdings nicht möglich. Ausgehend von einem Überblick über das Innovationssystem der Wasserwirtschaft, in



dem auf die verschiedenen Akteure und Wechselwirkungen eingegangen wird, wird im Folgenden die Struktur der deutschen Wasserwirtschaft genauer beschrieben. Anschließend werden einzelne Aspekte, die eine größere Relevanz hinsichtlich des Innovationspotenzials der deutschen Wasserwirtschaft besitzen, näher beleuchtet:

- › die Forschungsförderung im Bereich der Wasserwirtschaft,
- › Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der öffentlichen Förderung von wasserwirtschaftlichen Infrastrukturmaßnahmen in Deutschland,
- › Unternehmensnetzwerke im Bereich Wassertechnologien und
- › die Rolle technischer Normen und Regelwerke.

Die Ergebnisse werden dann hinsichtlich des Innovationssystems der Wasserwirtschaft zusammengefasst. Darauf aufbauend wird abschließend das Potenzial des Bedarfsfelds Wasser als Leitmarkt bewertet.

---

### INNOVATIONSSYSTEM DER WASSERWIRTSCHAFT

### 1.

Für die Entwicklung von Innovationen muss das bei unterschiedlichen Akteuren vorliegende Wissen kombiniert werden. Dies erfordert vielfältige Kommunikationsbeziehungen zwischen den einzelnen Akteuren und institutionelle Rahmenbedingungen, die sowohl die erstmalige Erprobung als auch die schnelle Durchsetzung neuer Lösungen begünstigen. Ein funktionierendes Innovationssystem ist daher nicht nur durch innovative Einzelakteure, sondern auch durch Netzwerkbildung zwischen Forschung, Entwicklung und Anwendung sowie innovationsfreundliche Institutionen gekennzeichnet. Entsprechend dem Erkenntnisinteresse lassen sich dabei nationale und regionale, aber auch sektorale und technologische Innovationssysteme abgrenzen. Entsprechend dem Systemcharakter des Innovationsprozesses sind bei der Analyse sehr unterschiedliche Aspekte einzubeziehen. Als wesentliche Erfolgsbedingungen eines Innovationssystems werden von Bergek et al. (2008) sowie Hekkert/Negro (2009) aufgeführt:

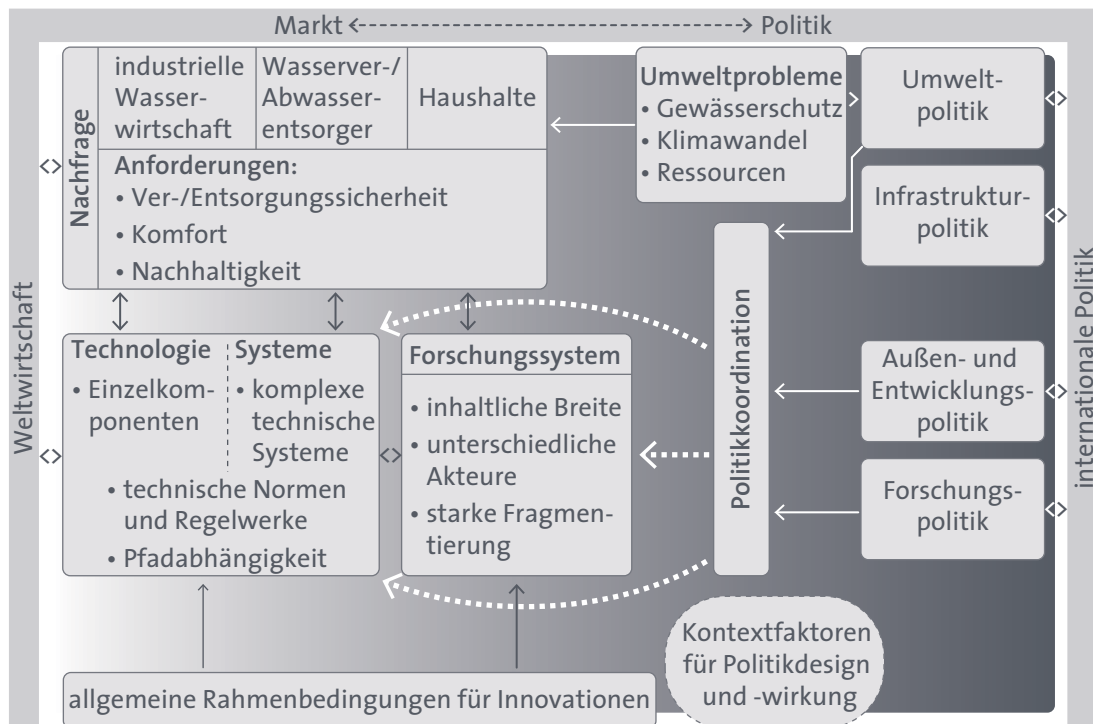
- › Hervorbringung neuen Wissens,
- › Austausch von Informationen und Wissen,
- › Spezifizierung der Anforderungen der Nachfrager und Orientierungshilfe bei den Suchprozessen,
- › Hervorbringen von Legitimität neuer technischer Lösungen,
- › Herausbildung eines Marktes,
- › Bereitstellung von Ressourcen und
- › Organisation der Interessen und Harmonisierung konkurrierender Interessen.

Durch Wechselwirkungen können sich diese Erfolgsbedingungen selbst verstärken oder abschwächen mit dem Resultat eines Wachstums- oder Schrumpfungsprozesses für das betrachtete Innovationssystem. Abbildung V.1 stellt in Anleh-



nung an die zuvor genannten Arbeiten schematisch das Innovationssystem im Bereich der Wasserwirtschaft dar.

ABB. V.1 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES INNOVATIONSSYSTEMS DER WASSERWIRTSCHAFT



Eigene Darstellung

Im Innovationssystem wird grundsätzlich unterschieden zwischen den durch die Politik für das betrachtete Untersuchungsfeld gestalteten Rahmenbedingungen (rechte Seite) und den marktbezogenen Einflussfaktoren (linke Seite), die teilweise durch die politischen Rahmenbedingungen verändert werden können. Bei Umweltinnovationen sowie den durch Leitungsgebundenheit geprägten Infrastrukturen kommt den durch die Politik beeinflussten Rahmenbedingungen eine besonders hohe Bedeutung zu (Rennings 2000; Walz 2007). Die Besonderheiten in der Nachfragegenerierung, die bei Umweltinnovationen gegenüber »normalen« Innovationen bestehen, treten auch beim Innovationssystem Wasserwirtschaft auf. Die Nachfrage wird wesentlich durch die Umweltpolitik geprägt – gerade im Bereich der Wasserinfrastrukturen wurden und werden wesentliche technischen Entwicklungslinien durch die deutsche bzw. in jüngster Zeit verstärkt die EU-Umweltpolitik festgelegt. Der Zusammenhang von Regulierung, d. h. Umweltpolitik, sowie – vor dem Hintergrund der besonderen Merkmale leitungsgebundener Infrastrukturen – Infrastrukturpolitik und Innovation ist deshalb von zentraler Bedeutung.

Marktseitig wird die Nachfrage durch sehr unterschiedliche Akteursgruppen geprägt. Eine entscheidende Rolle spielen die Wasserver- und Abwasserentsorger, die i. d. R. auf kommunaler Ebene organisiert sind und damit eine sehr kleinteilige, öffentlich geprägte Struktur aufweisen. Die Bedeutung der Haushalte hat durch neuere technische Entwicklungen zugenommen, ist aber weiterhin auf kleinere Technikbereiche beschränkt z.B. hinsichtlich der Wassernutzungseffizienz oder dezentraler Ver- oder Entsorgungsstrukturen. Die Anforderungen, denen sich die kommunalen Ver- und Entsorger stellen müssen, werden jedoch sehr stark durch Endnutzer bestimmt (beispielsweise hinsichtlich der Ver- und Entsorgungssicherheit, des Komforts oder der Nachhaltigkeitsziele). Eine deutlich eigenständigere Rolle spielt daneben die industrielle Wasserwirtschaft, die in der Vergangenheit teilweise eine Vorreiterrolle bei der Umsetzung innovativer Techniken (z.B. Membrantechnik, Wasserrecycling oder Schadstoffelimination) übernommen hat.

Auf der Angebotsseite spielen die technischen Besonderheiten der Wassertechnologien als Teil großer technischer Infrastruktursysteme eine wesentliche Rolle. Diese komplexen, in Deutschland über Jahrzehnte gewachsenen Systeme bestehen aus einer Vielzahl einzelner Komponenten und weisen aufgrund der großen Bedeutung von Komponenten mit teilweise sehr langen Nutzungsdauern von über 50 Jahren (Leitungs- und Rohrnetze) geringe Flexibilitäten auf. Wegen der langen Lebensdauer und der Irreversibilität einmal getroffener Investitionsentscheidungen treten hohe versunkene Kosten (»sunk costs«) auf, die eine starke Pfadabhängigkeit hinsichtlich der einmal eingeschlagenen Ausrichtung der technischen Systeme begründen. Vor dem Hintergrund, dass das Zusammenspiel der Einzelkomponenten bis auf Systemebene gewährleistet sein muss, ist auch die große Bedeutung von Normen und technischen Regelwerken in diesem Bereich zu verstehen. Innovationen umzusetzen, ist vor diesem Hintergrund nur dann mit geringem Aufwand möglich, wenn damit verbundene Auswirkungen auf einzelne Komponenten beschränkt bleiben. Weitergehende Innovationen sind nur dann umsetzbar, wenn sie den vom Gesamtsystem gesetzten Restriktionen Rechnung tragen. Die stark mittelständisch geprägte und auf einzelne Komponenten fokussierte Struktur der Technologieanbieter in Deutschland und das Fehlen großer Systemanbieter machen es erforderlich, eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure in solche Prozesse mit einzubinden. Der entsprechende Handlungsdruck wird deutlich durch die anstehenden Umweltprobleme im Bereich Wasser, die in der Abbildung unter den Stichworten Gewässerschutz (Schadstoffbelastungen), Klimawandel (Auswirkungen auf Wasserverfügbarkeit und Niederschlagsgeschehen) und Ressourcen (Effizienzverbesserungen und Rückgewinnung) angedeutet sind.

Diesen Herausforderungen muss sich auch das Forschungssystem stellen, das im Wasserbereich in Deutschland durch eine große Breite sehr unterschiedlicher Akteure und Forschungsinhalte charakterisiert ist. Die damit verbundene Fragmentierung ist allerdings auch mit der Gefahr verbunden, dass die notwendige

Systemsicht vernachlässigt wird. Aufgrund der besonderen Systemanforderungen und Akteursstrukturen des Marktes sowohl auf der Angebots- als auch der Nachfrageseite kommt außerdem dem Übergang der Forschungsergebnisse in die Praxis eine zentrale Bedeutung zu. Nur durch eine entsprechende Förderung dieses Übergangs können erfolgreiche Wechselwirkungen zwischen Forschungssystem, Technologieanbieter und Nachfrager erreicht werden.

Für das dargestellte Innovationssystem sind Impulse durch die im Jahre 2010 auf europäischer Ebene verankerte Strategie »Europa 2020« zu erwarten. In ihr enthalten sind sieben Leitinitiativen mit dem Ziel, durch »intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum« die durch die Wirtschaftskrise aufgedeckten strukturellen Schwächen zu überwinden und Europa auf die sich ändernden Rahmenbedingungen Demografie, Klimawandel und Ressourcenknappheit vorzubereiten. Aus diesen europapolitischen Entwicklungen heraus ergeben sich Neuerungen für das europäische System, die im auf das Kapitel V.3.3 folgenden Exkurs detailliert dargestellt werden.

---

## STRUKTURELLE ASPEKTE DER DEUTSCHEN WASSERWIRTSCHAFT

## 2.

Hinsichtlich der relevanten Entwickler und Technikanbieter wurden bereits im Kapitel III.2 die Techniken näher beschrieben. Dabei wurde deutlich, dass die relevanten Unternehmen keine klar abgegrenzte Branche darstellen, sondern aus teilweise sehr unterschiedlichen Bereichen stammen. Beispiele sind Anlagen- oder Pumpenhersteller aus dem Maschinenbau, Unternehmen für Mess-, Steuer- und Regelungstechnik aus der Elektroindustrie, Hersteller von Rohren und Leitungen beispielsweise aus der Chemieindustrie oder Planer, Softwareunternehmen und Consultants aus dem Dienstleistungssektor. Die Querbeziehungen zur Elektroindustrie werden beispielhaft in der Roadmap »Automation 2020+ Wasser und Abwasser« sehr deutlich aufgezeigt (ZVEI 2009). Demgegenüber stehen die Anwender dieser Produkte, die sich zu einem großen Teil aus den Wasserversorgungsunternehmen und den Betreibern der Anlagen zur Abwasserentsorgung zusammensetzen.

Im Allgemeinen gelten die Unternehmen der Wasserwirtschaft in Deutschland als mittelständisch. Tabelle V.1 listet wichtige Unternehmen der deutschen Wassertechnikanbieter auf und zeigt, dass bei einzelnen Komponenten auch größere deutsche Firmen auf dem Markt agieren.

Aus der Leitungsgebundenheit der Infrastrukturen resultierende monopolistische Flaschenhälse führen zu Wettbewerbseinschränkungen, die eine sektorspezifische Regulierung rechtfertigen. Gleichzeitig befinden sich die Wasserver- und Abwasserentsorger überwiegend in öffentlichem Besitz.



V. ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN

TAB. V.1 WIRTSCHAFTSDATEN AUSGEWÄHLTER DEUTSCHER WASSERTECHNIKUNTERNEHMEN

Unternehmen	Wirtschaftsdaten 2009 (in Mio. Euro)		Hauptprodukte
	Umsatz	Mitarbeiter	
Alfa Laval Mid Europe GmbH	88,775	224	Anlagenbau: Wärmeübertragung, Separation und »fluid handling«
Gebr. Bellmer GmbH Maschinenfabrik	59,651	250	Anlagenbau: Separationstechnik
BWS Technologie GmbH	5,706	59	Anlagenbau: Mischtechnik
BWT Wassertechnik GmbH	59,971	316	Hersteller/Anlagenbau: Filtersysteme und Wasseraufbereitungstechniken
Chemieanlagenbau Chemnitz GmbH	39,445	205	Dienstleistungen/Anlagenbau: Verfahrenstechnik, Chemieanlagen
Envirochemie GmbH	34,054	121	Anlagenbau: Wasseraufbereitung und Abwassertechnik
Fichtner GmbH & Co. KG	151,135	1.482	Planung und Beratung: Ver- und Entsorgungswirtschaft (u.a. Wasserinfrastruktur)
GE Water & Process Technologies Deutschland GmbH	12,192	65	Technologie-, Service- und Finanzunternehmen, u.a. Wasser- und Abwasseraufbereitung
Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH	57,295	416	FuE-Anlagenbau: Wasseraufbereitung (u.a. Membrananlagen, UV, Ionentauscher)
Hager + Elsässer GmbH (Geschäftsjahr Juli–Juni)	54,387	k.A.	Anlagenbau: Prozess- und Reinstwasseraufbereitung, Abwasserbehandlung, Wasser- und Wertstoffrückgewinnung
Hans Huber GmbH & Co. KG	127,146	731	Anlagenbau: Maschinen, Anlagen und Ausrüstungsteile zur Behandlung von Wasser, Abwasser etc.
HERCO Wassertechnik GmbH	12,644	59	Anlagenbau: Wasseraufbereitungstechnik (u.a. Membrantechnologie)
Herding GmbH Filtertechnik	11,637	177	Hersteller: Filtermedien, Entstaubungsanlagen und Filteranlagen
Invent Umwelt- und Verfahrenstechnik AG	8,559	k.A.	Dienstleistungen und Anlagen zur industriellen Wasser- und Abwasserreinigung
ITT Water & Wastewater Herford GmbH	56,286	314	Anlagenbau: Transport und Behandlung von Wasser und Abwasser

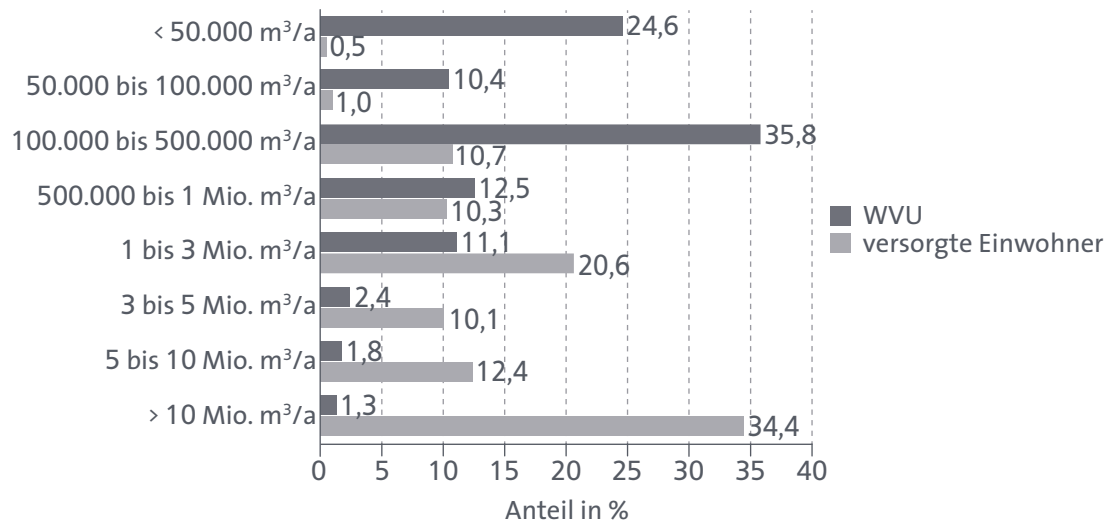
Unternehmen	Wirtschaftsdaten 2009 (in Mio. Euro)		Hauptprodukte
	Umsatz	Mitarbeiter	
ITT Water & Wastewater Deutschland GmbH	61,397	173	Hersteller/Anlagenbau: Transport und Behandlung von Wasser und Abwasser
ITT Lowara GmbH	30,9	63	Hersteller: Pumpsysteme
KSB AG	768,451	4.156	Hersteller: Pumpen, Armaturen und Systeme
KSB Konzern	1892,84	14.249	Hersteller: Pumpen, Armaturen und Systeme
PWT Wasser- und Abwas- sertechnik GmbH	31,61	176	Dienstleistungsunternehmen: Planung, Realisierung und Betrei- ben von Trink- und Abwasseranla- gen
Prominent Dosiertechnik GmbH (Konzernabschluss)	218,546	2.079	Hersteller: Dosiertechnik, Dosier- pumpen und Wasseraufbereitung
RBS Wave GmbH	9,463	k.A.	Dienstleistungsunternehmen: Energie, Wasser und Infrastruktur
VWS Deutschland GmbH	75,57	377	Dienstleistungsunternehmen: Auf- bereitung von Trinkwasser, Pro- zesswasser, Produktwasser und Abwasser
WTE Wassertechnik GmbH (Geschäftsjahr Okt.–Sept.)	67,315	142	Dienstleistungsunternehmen: Wasser- und Umweltwirtschaft
Wilo SE	926,097	6.027	Hersteller: Pumpen/Pumpen- systeme u. a. für Wasserversor- gung/Abwasserentsorgung

Quelle: EUWID-Sonderveröffentlichung

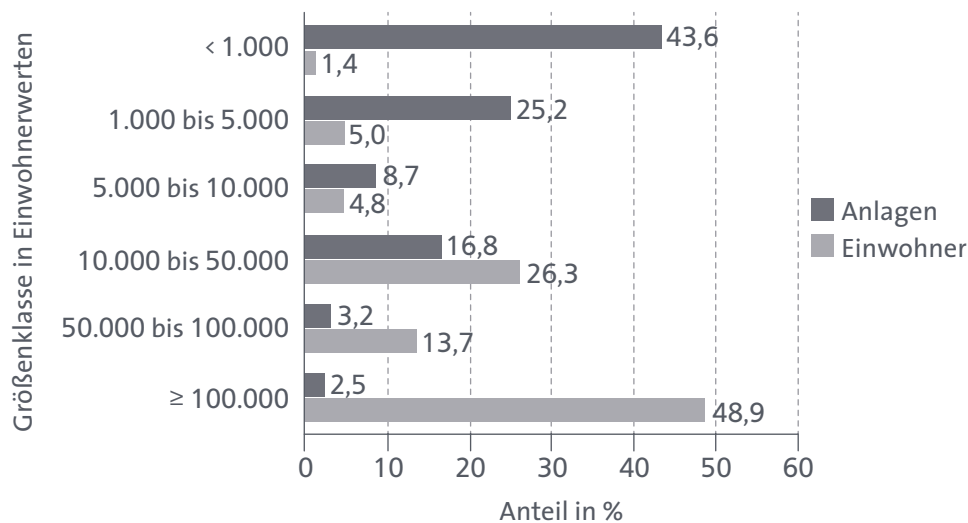
Für die Anwenderseite stehen detaillierte Statistiken zur Verfügung, nach denen 6.211 Betriebe und Unternehmen im Bereich der Wasserversorgung (in öffentlich-rechtlichen oder privatrechtlichen Organisationsformen) und mehr als 6.900 Abwasserbeseitigungsbetriebe (überwiegend in öffentlich-rechtlicher Organisationsform) bestehen (ATT et al. 2011). Dass die Struktur dieser Betriebe und Unternehmen sehr stark von den kommunalen bzw. räumlichen Bedingungen abgeleitet wurde, spiegelt sich hinsichtlich ihrer Größe die Siedlungsstruktur wider. Eine große Zahl ist im ländlichen Raum für eine geringe Zahl an Einwohnern verantwortlich. Im Bereich der Großstädte gibt es dagegen eine vergleichsweise kleine Zahl, die für eine große Einwohnerzahl Verantwortung trägt. Vor allem in Nordrhein-Westfalen und teilweise auch in den Neuen Bundesländern wurden für die Wasserver- bzw. Abwasserentsorgung Verbandsstrukturen geschaffen, die auch zu deutlich größeren Einheiten geführt haben (Abb. V.2).

ABB. V.2 GRÖSSENSTRUKTUR BEI WASSERVER- UND ABWASSERENTSORGUNG IN DEUTSCHLAND

Größenstruktur der Wasserversorgungsunternehmen in 2010



Größenstruktur der Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen in 2007



Eigene Darstellung nach Daten des Statistisches Bundesamtes, Fachserie 19, 2009 bzw. 2013

Bei der Beurteilung der Effizienz öffentlicher Unternehmen wird üblicherweise das Prinzipal-Agenten-Modell der Institutionenökonomik herangezogen. Dabei wird argumentiert, dass bei öffentlichen Unternehmen die Informationsasymmetrien zwischen Beauftragtem (Agent) und Beauftragendem (Prinzipal) besonders ausgeprägt sind, da sie auf zwei Ebenen wirksam werden: Erstens zwischen Management (Agent) und den politisch Verantwortlichen, die die Eigentümerfunktion wahrnehmen (Prinzipal), zweitens aber auch zwischen den politisch



Verantwortlichen selbst als Agent des Prinzipals »Bevölkerung«. Da zudem die Wettbewerbsmöglichkeiten aufgrund der Leitungsgebundenheit der Netze begrenzt sind, lässt sich aus theoretischer Perspektive ableiten, dass es in derartig strukturierten Wirtschaftszweigen deutliche Effizienzpotenziale geben sollte. Die entsprechenden Argumentationen finden sich für die Wasserwirtschaft auch in der Privatisierungs- und Liberalisierungsdiskussion wieder, die Anfang der 2000er Jahre in Deutschland stattfand (Brackemann et al. 2000; dbresearch 2000; Ewers et al. 2001; Michaelis 2001). Hierbei blieb allerdings umstritten, wie hoch entsprechende Effizienzpotenziale tatsächlich sind, und ob sie nicht durch andere Maßnahmen wie anreizorientierte Regulierung oder durch den systematischen Vergleich von Wasserver- und Abwasserentsorgern mithilfe von technischen Benchmarks aktiviert werden können bzw. müssen.

Aus dieser Argumentation ließe sich ableiten, dass in der Wasserwirtschaft auch der Innovationsdruck schwächer ausgeprägt ist. Dem ist entgegenzuhalten, dass die besondere Akteursstruktur es ermöglicht, gesellschaftliche Anforderungen in besonderem Ausmaß zu erfüllen. Dieses Argument spielte auch bereits bei der Debatte über die Umweltwirkungen einer Privatisierung der Wasserwirtschaft eine Rolle: Hier wurde argumentiert, dass eine öffentlich geprägte Wasserwirtschaft die Option bietet, über das gesetzliche geforderte Mindestmaß hinaus weitere Umweltschutzmaßnahmen vorzunehmen (Walz 2001). Entsprechend ließe sich argumentieren, dass eine öffentliche Wasserwirtschaft es eher erlaubt, die Innovationstätigkeit auf umweltfreundliche Langfristinnovationen auszurichten. Unterstützung findet eine derartige Argumentation durch die empirischen Ergebnisse von Munari et al. 2002 sowie Munari/Oriani 2005, die die FuE-Aktivitäten von ehemals öffentlich Unternehmen nach ihrer Privatisierung untersuchten. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass eine Privatisierung zu einer Steigerung der einzelwirtschaftlichen Rendite der FuE-Aktivitäten führt, die aber gleichzeitig von einer Reduktion der langfristig angelegten und auf gesellschaftliche Herausforderungen gerichteten FuE-Aktivitäten begleitet wird.

Der Zusammenhang von Regulierung und Innovationstätigkeit bildete bisher keinen zentralen Schwerpunkt der empirischen Innovationsforschung. Blind (2012) betont, dass einerseits den Wettbewerb stärkende Rahmenbedingungen die Innovationstätigkeit begünstigen, andererseits aber auch durch Produkt- und Umweltregulierungen zusätzliche Innovationsaktivitäten induziert werden.

Neben der Eigentümerstruktur und der Regulierungsintensität ist ein Spezifikum der deutschen Wasserwirtschaft die z.T. sehr geringe Größe der Unternehmen. Zahlreiche für unterschiedlichste Sektoren durchgeführte Untersuchungen über die Bedeutung der Firmengröße für die Vornahme von Innovationen kommen zu widersprüchlichen Aussagen. Allerdings erscheint eine Mindestgröße unabdingbar für Innovationen. Gerade bei kapitalintensiven Sektoren deutet auch einiges darauf hin, dass eher größere Firmen innovativ tätig werden (Symeonidis 1996;

Acs/Audretsch 1987). Eine Übertragung dieser Zusammenhänge auf die deutsche Wasserwirtschaft führt zu der Hypothese, dass vor dem Hintergrund der bestehenden Größenstrukturen hier ganz erhebliche Restriktionen für zahlreiche Unternehmen zu erwarten wären. Des Weiteren wird im Zuge der Globalisierung beobachtet, dass die Innovationstätigkeit, insbesondere bei einer Internationalisierung der Aktivitäten ansteigt, wobei häufig Zulieferer und Anwender als gemeinsames Netzwerk international tätig werden (Narula/Zanfei 2005). Der kommunale Fokus der deutschen Wasserver- und Abwasserentsorger dürfte also eine solche Strategie erschweren.

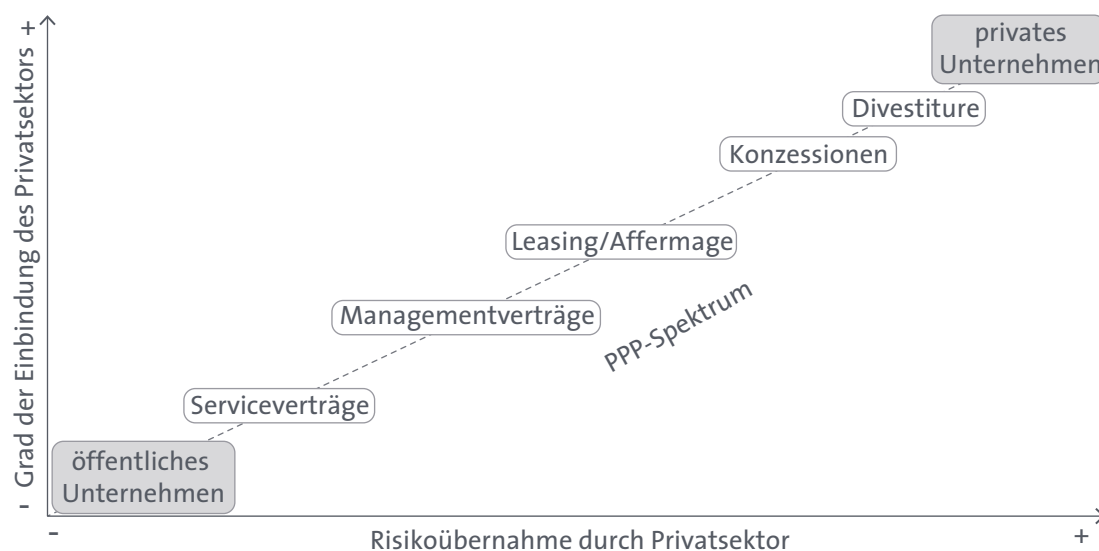
Zur Finanzierung von Investitionsprojekten in die Wasserinfrastruktur können Eigenmittel der Betriebe bzw. Kommunen oder Fremdkapital eingesetzt werden. Die betriebliche Praxis zeigt, dass die Finanzierung nötiger Investitionen in Infrastruktur durch Eigenmittel der Kommunen zurzeit nur bedingt möglich ist. Laut KfW (2012) können etwa 40 % der Gemeinden die zur Beantragung von Fördermitteln der Länder und des Bundes nötigen Eigenanteile aus den laufenden Haushalten nicht oder nur mit großen Einschnitten in andere Bereiche des kommunalen Haushaltes aufbringen. Auch bedeutet besonders in Zeiten von Austerität und hoher Schuldenlasten des öffentlichen Sektors die Aufnahme von Fremdkapital zusätzliche Risiken für die Kommunen, insbesondere wenn die Kredite zur Umsetzung innovativer Technologien verwendet werden. Für die Innovationstätigkeit der Wasserver- und Abwasserentsorger spielen entsprechend die Optionen, die für die Finanzierung der benötigten Investitionen in Infrastruktur in Betracht kommen, eine wesentliche Rolle. Vor diesem Hintergrund erscheint die Annahme plausibel, dass in Anbetracht der gegenwärtigen Haushaltssituation besonders die kleinteilige deutsche Wasserwirtschaft nur geringe Anreize erhält, in die Erforschung und Anwendung innovativer Technologien zu investieren, und stattdessen vorrangig auf erprobte Technologien zurückgreifen wird, deren Kosten mit hinreichender Sicherheit kalkulierbar und deren Stärken und Schwächen als hinreichend bekannt erachtet werden.

Eine solche, durch Austerität induzierte Zunahme der Risikovermeidung des öffentlichen Sektors gegenüber neuen Technologien erscheint aus Sicht der Innovationsforschung als eine mögliche Ursache für eine geringe Innovationstätigkeit. Die Mobilisierung privater Investoren zur Finanzierung von Infrastruktursystemen kann vor diesem Hintergrund als Möglichkeit gesehen werden, Investitionsrückstände abzubauen und innovative Technologien zu erproben. Das zur Verfügung stehende Instrumentarium zur Einbindung des privaten Sektors bietet zwischen den beiden Polen der vollständig privaten, oder aber der vollständig öffentlichen Organisation der Wasserwirtschaft einen fließenden Übergang (Abb. V.3).

Zwischen diesen beiden Formen ist eine Vielzahl von vertraglichen Übereinkommen möglich, in deren Rahmen durch den privaten Partner Investitionen in die öffentliche Infrastruktur getätigt werden können oder der Betrieb der Systeme

me an den privaten Sektor abgegeben wird. Ermöglicht wird dadurch eine Aufteilung der mit den Investitionen – auch in innovative Technologien – verbundenen Belastungen und Risiken auf beide Vertragsparteien und ein gemeinsames Einbringen von Kernkompetenzen beider Sektoren, um ein Investitionsprojekt zum Erfolg zu bringen. Voraussetzung ist die richtige Vorbereitung des Projekts und der entsprechenden Ausgestaltung der unterliegenden vertraglichen Übereinkünfte entsprechend dem rechtlichen und regulativen Rahmen.

ABB. V.3 SPEKTRUM DER ZUR VERFÜGBAR STEHENDEN PRIVATISIERUNGSTRUMENTE



Eigene Darstellung in Anlehnung an Kwak et al. 2009

## FORSCHUNGSFÖRDERUNG IM BEREICH DER WASSERWIRTSCHAFT

### 3.

Wie im Bereich der Unternehmen der Wasserwirtschaft ist auch die Forschungslandschaft im Wasserbereich sehr breit und heterogen strukturiert. Nach den Ergebnissen einer aktuellen Analyse (Krüger et al. 2012) haben in Deutschland 451 Organisationseinheiten in 152 öffentlich geförderten Einrichtungen einen Schwerpunkt im Bereich Wasserforschung. Fachlich/inhaltlich zählen dazu so unterschiedliche Bereiche/Disziplinen wie Hydrologie, Ingenieurwissenschaften, Ökologie bis hin zur Sozioökonomie und Rechtswissenschaften. Die Vielzahl an unterschiedlichen Einrichtungen mit sehr unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten und auch Finanzierungsstrukturen bedeutet auf der einen Seite eine enorme Vielfalt an unterschiedlichen Forschungsansätzen und Forschungsthemen mit teilweise sehr guten Kompetenzen, auf der anderen Seite wird diese

Struktur als zu fragmentiert eingestuft, um den Herausforderungen in der Zukunft gerecht zu werden. So wurde von der Senatskommission für Wasserforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft bereits 2003 festgestellt, dass die deutsche Wasserforschungscommunity hinsichtlich ihrer individuellen Expertise gut entwickelt, allerdings sehr fragmentiert und nicht angemessen strukturiert sei (DFG 2003). In diesem Zusammenhang wurden u. a. vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) im Jahr 2009 Arbeiten für eine Initiative »Water Science Alliance« gestartet mit dem Ziel, einen Rahmen für die integrierte Bearbeitung komplexer Themen der Wasserforschung zu schaffen, die allerdings erst Anfang 2013 zur Gründung des Water Science Alliance e.V. führten. Details zur Struktur der Forschungslandschaft im Bereich Wasser und zu Zielen und Strukturen der »Water Science Alliance« sind bei Krüger et al. (2012) und UFZ (2011) beschrieben. Aus ähnlicher Motivlage wurde im Jahr 2007 innerhalb der Fraunhofer Gesellschaft eine Allianz »SysWasser« gegründet mit der Aufgabe, die Arbeiten im Bereich Wasser zu bündeln und zu koordinieren, um die Umsetzung neuester Techniken in praxisorientierte Anwendungen zu erleichtern.

Für die Inhalte und Ergebnisse der Forschungsförderung sind neben den sehr heterogenen institutionellen Strukturen der Forschungsinstitutionen die inhaltlichen und finanziellen Rahmenbedingungen, die durch die Forschungsmittelgeber gesetzt werden, entscheidend. Hier spielen die durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vergebenen Mittel eine wesentliche Rolle. Es sind (bzw. waren) hinsichtlich der Fördersummen jedoch auch andere Fördermittelgeber bedeutend, wie im Folgenden gezeigt wird.

Das BMBF hat vor dem Hintergrund der großen Herausforderungen hinsichtlich der Ressource »Wasser« und des weiter wachsenden Weltmarkts »Wassermanagement« einen Förderschwerpunkt »Nachhaltiges Wassermanagement« (NaWaM) im Rahmenprogramm »Forschung für nachhaltige Entwicklungen« (FONA) aufgelegt (BMBF 2012). Dieses Konzept beschreibt den Rahmen der BMBF-Förderaktivitäten im Bereich der Wasserforschung für die nächsten Jahre. Bislang wurden drei Fördermaßnahmen gestartet (Risikomanagement im Wasserkreislauf (RiskWa), Intelligente Infrastrukturen (INIS), energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft (ERWAS)), zwei weitere sind für 2013 und 2014 bereits konkret vorbereitet. Als übergeordnetes Ziel des Förderschwerpunkts wird u. a. genannt, unterschiedliche Schlüsseltechnologien und Managementkonzepte themenübergreifend zu erforschen und die führende Position Deutschlands im Leitmarkt »Wassermanagement« zu stärken (BMBF 2012).

Dieser Schwerpunkt ist in seiner Ausrichtung und seiner Breite neu. Allerdings hat es auch in der Vergangenheit gezielte Ausschreibungen und Bekanntmachungen zu einzelnen Themen gegeben. Insgesamt haben die programmorientierten Fördermaßnahmen deutlich zugenommen. Inwieweit es in den letzten Jahren auch hinsichtlich anderer struktureller Aspekte (z. B. Internationalität, Beteili-

gung unterschiedlicher Akteursgruppen) Veränderungen gegeben hat, wird im Folgenden anhand statistischer Auswertungen näher untersucht. Dabei werden auch andere im Bereich der Projektförderung aktive Projektmittelgeber in die Auswertungen einbezogen, sofern die Daten dazu in den Datenbanken zur Forschungsförderung enthalten sind. Nach Angaben des BMBF (2012) wird ein Großteil der Wasserforschung im öffentlichen Bereich in Deutschland durch die Grundfinanzierung der Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen getragen. Etwa ein Drittel wird über die Projektförderung finanziert.

---

## VORGEHEN ZUR STATISTISCHEN ANALYSE

### 3.1

Für die statistische Analyse der Strukturen der Forschungsförderung im Bereich »Wasser in Deutschland« wurden im Wesentlichen der Förderkatalog des Bundes<sup>16</sup> sowie die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT des Umweltbundesamtes<sup>17</sup> herangezogen.<sup>18</sup> Der Förderkatalog des BMBF ist eine Datenbank, die mehr als 110.000 abgeschlossene und laufende Vorhaben der Projektförderung des Bundes beinhaltet. Während Verbundprojekte, die durch das BMBF finanziert wurden, vor Mitte der 1990er Jahre i. d. R. als ein gemeinsames Projekt organisiert wurden, ist es seit Mitte der 1990er Jahre üblich, sie auch vertraglich als Einzelprojekte (pro Projektpartner) durchzuführen und entsprechend zu registrieren. Im Sinne einer einheitlichen Auswertung wurden die Daten dahingehend konsolidiert, dass die Einzelprojekte eines Verbundes grundsätzlich zu einem Verbundprojekt zusammengefasst werden. Die UFORDAT beinhaltet Forschungsvorhaben von unterschiedlichen Fördermittelgebern aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde die UFORDAT von Mitarbeitern des UBA auf wasserwirtschaftliche Themen mithilfe verschiedener Suchabfragen (Umweltklassen Wasser<sup>19</sup> und 69 ausgewählte Schlagwörter) untersucht. Der Ergebnisdatensatz wurde für diese Auswertung zur Verfügung gestellt. Von den ermittelten 15.860 Projekten wurden lediglich diejenigen betrachtet, deren ausführende Institution in Deutschland angesiedelt war.

Diejenigen Projekte in der UFORDAT, deren Hauptfinanzgeber das BMBF ist, wurden separat erfasst, um Dopplungen zum Förderkatalog des BMBF auszuschließen. Da das BMBF erst 1994 aus dem Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBW) und dem Bundesministerium für Forschung und Techno-

---

16 <http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StartAction.do>; abgerufen 2013-02-05

17 [http://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=B611E6692EF75AB71F7D2B826DDEB116?service=direct/1/POOLUBAD\\_4B00FF00\\_2B195980/\\$Tree.treeNodes&sp=SH&requestCount=5](http://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=B611E6692EF75AB71F7D2B826DDEB116?service=direct/1/POOLUBAD_4B00FF00_2B195980/$Tree.treeNodes&sp=SH&requestCount=5)

18 Für die Auswertung der UFORDAT konnte auf die Unterstützung des Umweltbundesamtes zurückgegriffen werden; in der benötigten Form waren die Daten nicht öffentlich verfügbar.

19 Die Inhalte der UFORDAT sind thematisch nach Umweltklassen sortiert.



logie (BMFT) hervorgegangen ist, wurden Projekte des BMBW und des BMFT dem BMBF mit zugeordnet. Die Datenbanken wurden im Hinblick auf unterschiedliche wasserwirtschaftliche Einzelthemen untersucht und die relevanten Projekte herausgefiltert. Zur Darstellung und Analyse von Trends der Forschungsförderung wurden Daten wie jährliche Fördersummen, Verteilung der Projekte auf die verschiedenen Projektnehmer und internationaler Bezug der Projekte seit 1990 ausgewertet.

Die Basis der in den folgenden Kapiteln dargestellten Daten sind heterogen gewachsene Datenbanken, deren Strukturen und Inhalte über den Betrachtungszeitraum immer wieder Veränderungen unterworfen waren. Die UFORDAT kann aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Eine systematische Erfassung ist bislang nur für die Bundesforschung möglich<sup>20</sup>. Die Ergebnisse sind deshalb unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen als Trends zu interpretieren. Auf wichtige Veränderungen im erfassten Zeitraum und deren Einflüsse auf die dargestellten Informationen wird im Einzelnen hingewiesen. Die Ergebnisse geben einen Überblick über die Entwicklung der Forschungs- und Förderaktivitäten der letzten 2 Jahrzehnte, bezogen auf das Technologie- und Forschungsfeld »Wasser«. Für weiter gehende Aussagen, z.B. im Vergleich zu anderen Themengebieten, wären detailliertere Analysen erforderlich.

Die Preisangaben in den ausgewerteten Datenbanken sind nicht inflationsbereinigt. Entsprechend den Angaben des Statistischen Bundesamts (2013) ergibt sich für den Verbraucherpreisindex in den alten Bundesländern für den Zeitraum 1990 und 2011 eine Preissteigerung von knapp 51 %.

---

## AUSWERTUNGEN DES BMBF-FÖRDERKATALOGS

## 3.2

Als Datengrundlage für die Analyse des BMBF-Förderkatalogs wurden die relevanten Leistungsplansystematiken<sup>21</sup> sowie die unter den Stichworten »Wasser« und »Kläranlage« gefundenen Projekte weiterer Leistungsplansystematiken aus dem Förderkatalog herausgefiltert. Einbezogen wurden nur die durch das BMBF geförderten Projekte (3.149 Projekte). In der Tabelle A.1 (Anhang) ist dargestellt, aus welchen Leistungsplansystematiken die in die Untersuchungen einfließenden Projekte stammen. Der ganz überwiegende Teil der so gefundenen Projekte (> 3.000) findet sich in den Feldern FC 2010 bis FC 3099.

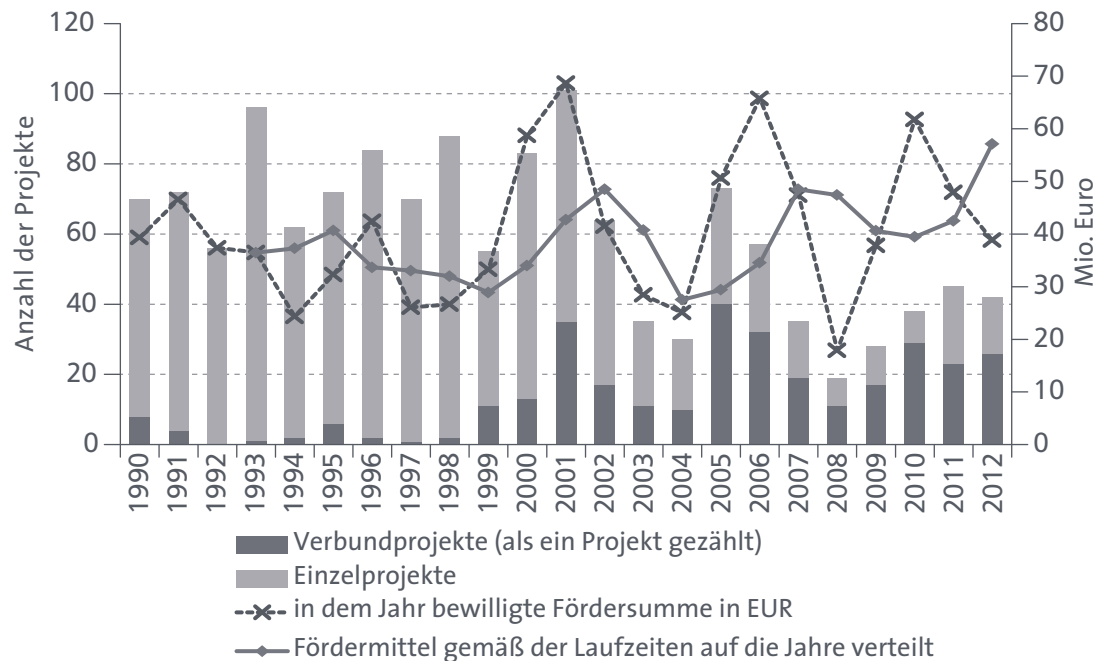
---

20 Mündliche Mitteilung UBA, März 2013

21 Fachprogramme und Forschungsprojekte des BMBF werden entsprechend der ressortunabhängigen FuE-Leistungsplansystematik des Bundes nach forschungsthematischen Gesichtspunkten gegliedert.



ABB. V.4 ANZAHL DER VERBUND- UND EINZELPROJEKTE UND BEWILLIGTE FÖRDERSUMMEN IM BMBF-FÖRDERKATALOG



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

Die jährlich bewilligte Fördersumme (Abb. V.4) zeigt einen signifikant schwankenden und mindestens seit der Jahrtausendwende deutlich zyklischen Verlauf. Der Zyklus liegt bei etwa 5 Jahren. Verteilt man die Fördermittel auf die jeweiligen Projektlaufzeiten, nivelliert sich der Verlauf etwas, bleibt aber in der Tendenz bestehen. Ursache dieses Verlaufs dürfte die in den letzten Jahren vom BMBF praktizierte Vergabep Praxis sein, dass in gewissen zeitlichen Abständen einzelne Förderthemen ausgeschrieben werden und sich die Bewilligung der Projekte ganz überwiegend an diesen Schwerpunkten orientiert.

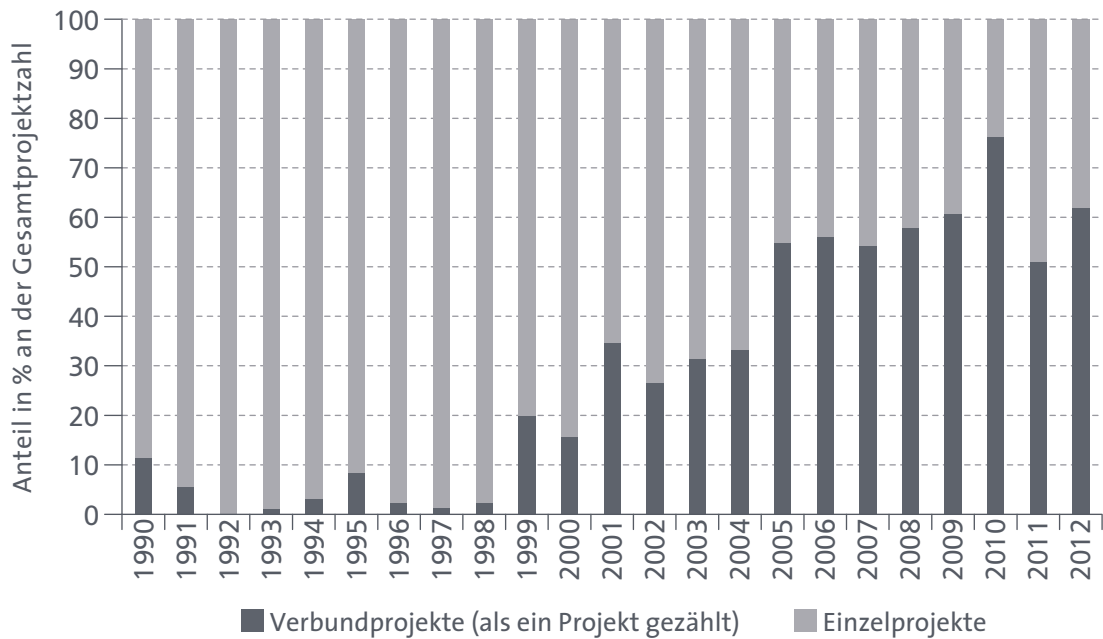
Die Anzahl der bewilligten Projekte und die bewilligten Fördersummen korrelieren. Allerdings liegt das Niveau der Projektzahlen seit dem Jahr 2000 deutlich niedriger. Ursache dafür ist die ab diesem Zeitpunkt steigende Anzahl größerer Verbundprojekte (Abb. V.5). Eine wichtige Entwicklung ist außerdem die Internationalisierung der Forschungsprojekte (Abb. V.6).

Die Verbundprojekte setzen sich aus vielen Einzelprojekten mit unterschiedlichen Projektnehmern zusammen. Die verschiedenen Mittelnehmer werden zur Analyse der Verteilung von Projektanzahl und Fördermittel in den Abbildungen V.7 und V.8 separat gezählt.



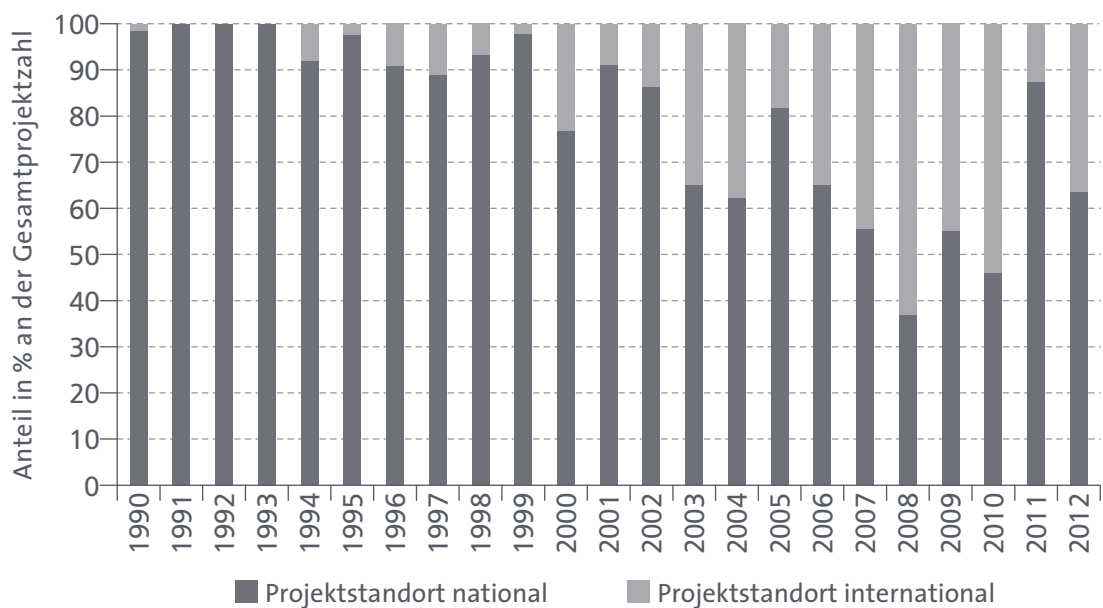
## V. ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN

ABB. V.5 ANTEIL VON VERBUNDPROJEKTEN UND EINZELPROJEKTEN AN DER GESAMTPROJEKTZAHL IM BMBF-FÖRDERKATALOG



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

ABB. V.6 ANTEIL VON NATIONALEN UND INTERNATIONALEN PROJEKTEN AN DER GESAMTPROJEKTZAHL IM BMBF-FÖRDERKATALOG



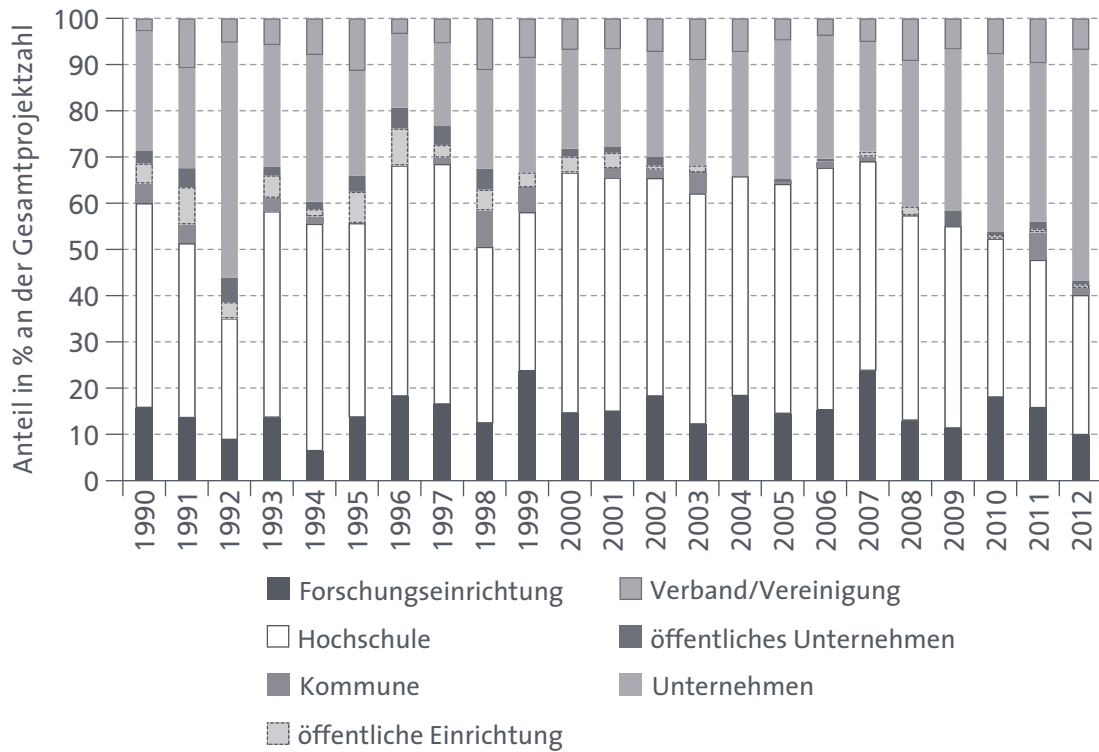
Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs





Die Mittelnehmer setzen sich aus Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Kommunen, öffentlichen Einrichtungen, öffentlichen Unternehmen und Verbänden zusammen. Im Mittel betragen die Anteile (gemessen an der Anzahl der Projekte) zu 43 % bei Hochschulen, zu 15 % bei sonstigen Forschungseinrichtungen und zu 28 % bei Unternehmen. Wie Abbildung V.7 zeigt, stieg in den vergangenen Jahren der Anteil der Unternehmen von ca. 30 % auf nunmehr etwa 40 %. Dies erfolgte im Wesentlichen auf Kosten des Anteils der Hochschulen (von ca. 50 auf nur noch gut 30 % im Jahr 2012) und der öffentlichen Einrichtungen (von etwa 5 auf unter 1 %) an. Für die anderen Akteure lässt sich kein signifikanter Trend erkennen.

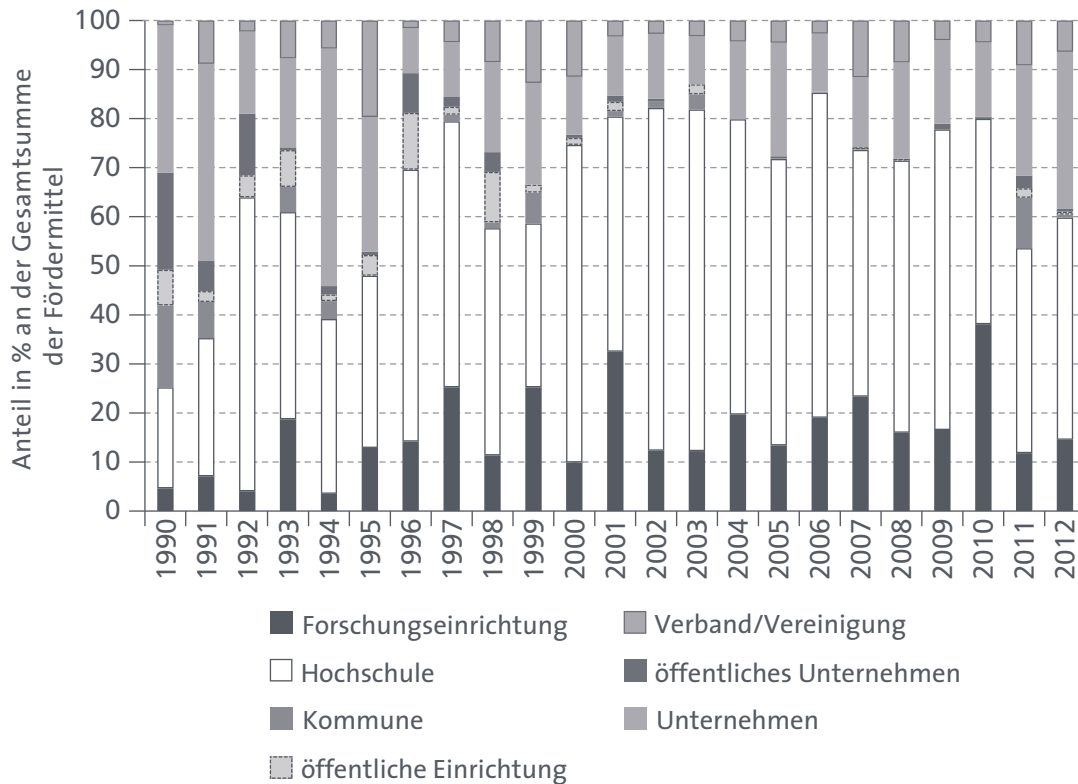
ABB. V.7 ANTEILE DER VERSCHIEDENEN PROJEKTNEHMER AN DER GESAMTZAHL DER PROJEKTE IM BMBF-FÖRDERKATALOG



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

Auch hinsichtlich der Aufteilung der Fördersumme gibt es deutliche Schwankungen (Abb. V.8). Einen Trend gibt es bei den Forschungseinrichtungen, deren Anteil an den Fördermitteln seit den 1990er Jahren im Mittel leicht zugenommen hat. Der Fördermittelanteil der Hochschulen hat bis Anfang der 2000er Jahre deutlich zugenommen, ist seitdem aber wieder leicht zurückgegangen.

ABB. V.8 ANTEILE DER VERSCHIEDENEN PROJEKTNEHMER AN DER GESAMTSUMME DER FÖRDERMITTEL IM BMBF-FÖRDERKATALOG



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

Hinsichtlich der Relevanz der Forschungsaktivitäten im Bereich Wasser im Rahmen der Projektförderung des BMBF insgesamt, wurden zusätzliche Auswertungen durchgeführt, aufbauend auf den für die Jahre 2003 bis 2011 verfügbaren Statistiken zum BMBF-Förderkatalog.<sup>22,23</sup> In Abbildung V.9 ist die Summe der Projektförderung im Wasserbereich der Fördersumme im Förderbereich F (Klima, Umwelt, Nachhaltigkeit) sowie der Gesamtsumme der BMBF-Projektförderung gegenübergestellt.

Die Gesamtsumme, die das BMBF in den Jahren in Projektförderung investiert hat, ist danach auf fast 225 % des Wertes von 2003 gestiegen. Die hier betrachteten Bereiche, Förderbereich F – Klima, Umwelt, Nachhaltigkeit ebenso wie der im Förderkatalog ausgewertete Wasserbereich, sind an diesem Wachstum nicht bzw. nur unterproportional beteiligt. Abbildung V.10 verdeutlicht, wie stark der Anteil der Förderung im Förderbereich F Klima, Umwelt, Nachhaltigkeit zwi-

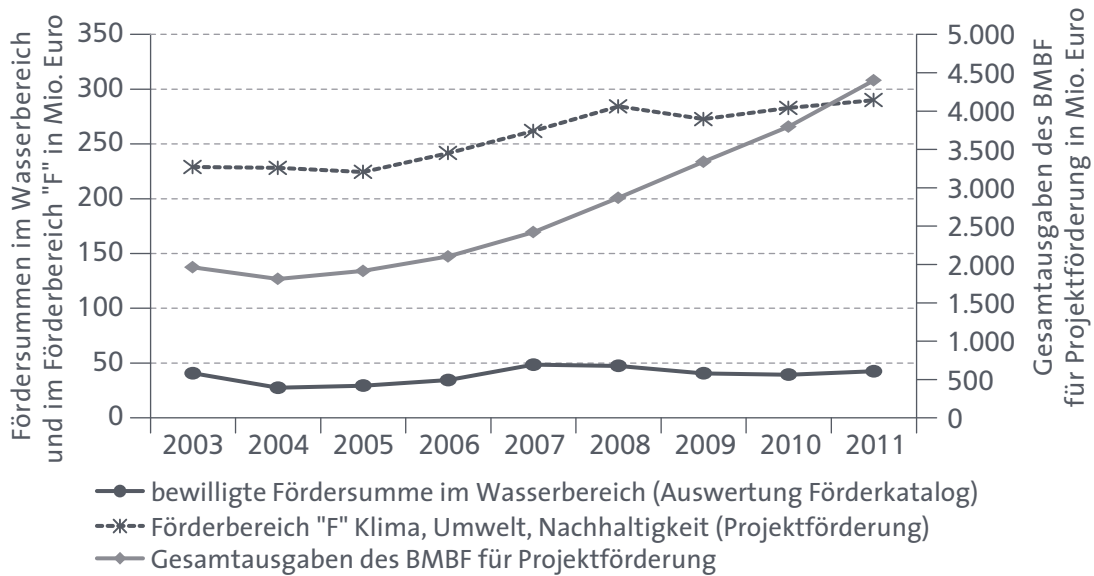
22 <http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StatistikAction.do?actionMode=renderPDF&type=bulgeswz&ressort=BMBF>

23 <http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StatistikAction.do?actionMode=renderPDF&type=foegesfa&ressort=BMBF>



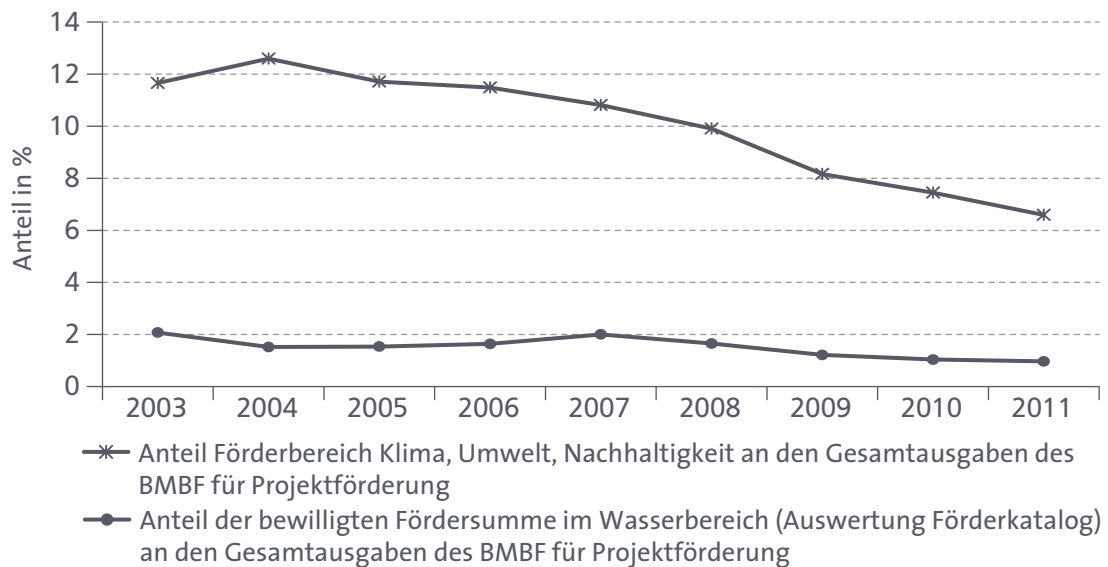
schen 2003 und 2011 gesunken ist (von etwa 12 % auf etwa 6 %). Ähnlich stellt sich der Rückgang des Anteils der für den Wasserbereich verwendeten Förder-summe dar (Rückgang von etwa 2 % auf 1 %).

ABB. V.9 PROJEKTFÖRDERUNG DES BMBF



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

ABB. V.10 ANTEILE DER FÖRDERSUMMEN AN DEN GESAMTAUSGABEN DES BMBF IN DER PROJEKTFÖRDERUNG



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten des BMBF-Förderkatalogs

## AUSWERTUNGEN UFORDAT

## 3.3

Die UFORDAT wurde nach Schlagwörtern und Umweltklassen ausgewertet. Gesucht wurde in bestimmten Umweltklassen gemäß UBA-Notation (Tab. A.2) und mit insgesamt 69 ausgewählten Schlagworten (Tab. A.3, beide im Anhang).

Es wurden alle Projekte mit einer Laufzeit ab dem 1. Januar 1990 und mit dem Projektstatus »G« = Forschungs- und Entwicklungsprojekt gesucht. Für die Auswertungen wurden nur die Jahre 1990 bis 2011 berücksichtigt, da nicht sichergestellt ist, dass die Daten für 2012 schon vollständig erfasst sind. In die Auswertung wurden nur Projekte unter deutscher Federführung einbezogen. BMBF-Projekte werden aufgrund der separaten Auswertung des Förderkatalogs hierbei nicht berücksichtigt. Die auf diese Weise ermittelte Gesamtheit umfasste 4.313 in der UFORDAT archivierte Projekte.

Eine Plausibilitätsüberprüfung der Daten hat gezeigt, dass es Daten- und Erfassungslücken gibt, die auf unterschiedliche Ursachen (z. B. Unvollständigkeit bei der Meldung von Projekten, Möglichkeiten der aktiven Ermittlung durch das UBA, Systemumstellungen, Änderung der Erfassungssystematik etc.) zurückzuführen sind. Augenfällig wurde dies bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), deren Projektförderung seit Ende der 1990er Jahre nach den UFORDAT-Daten auffällig zurückgingen. In beiden Fällen war der Aufbau eigener Datenbanken und der damit verbundene Rückgang der Projektmeldungen an die UFORDAT die Ursache.<sup>24</sup>

Sowohl die DBU als auch die DFG sind relevante Fördermittelgeber, weshalb die Daten, soweit möglich, hier dargestellt und unter Berücksichtigung der Unsicherheiten interpretiert werden. Im Falle der DFG konnte auf eine von der DFG selbst durchgeführte Auswertung der DFG-eigenen Datenbank »gepris«<sup>25</sup> zurückgegriffen werden. Darüber waren belastbare Zahlen für den Zeitraum 2003 bis 2011 zugänglich. Bis 1997 basieren die folgenden Angaben für die DFG auf den Daten der UFORDAT, zwischen 1998 und 2003 gibt es keine belastbaren Zahlen.

Die Datenbank der DBU lässt sich ebenfalls nicht extern im Sinne der hier notwendigen Analysen auswerten. Die DBU-Daten sind in der Gesamtfördersumme enthalten, in den 2010er Jahren aber offensichtlich unterrepräsentiert. Hierfür können als Abschätzung Daten einer Veröffentlichung der DBU (DBU, 2009) herangezogen werden, die aber ohne detaillierte Analyse nur Angaben zu den Gesamtprojektzahlen im Wasserbereich (mehr als 500 Projekte von Mai 2000 bis August 2008) und die dazugehörige Fördersumme von über 65 Mio. Euro

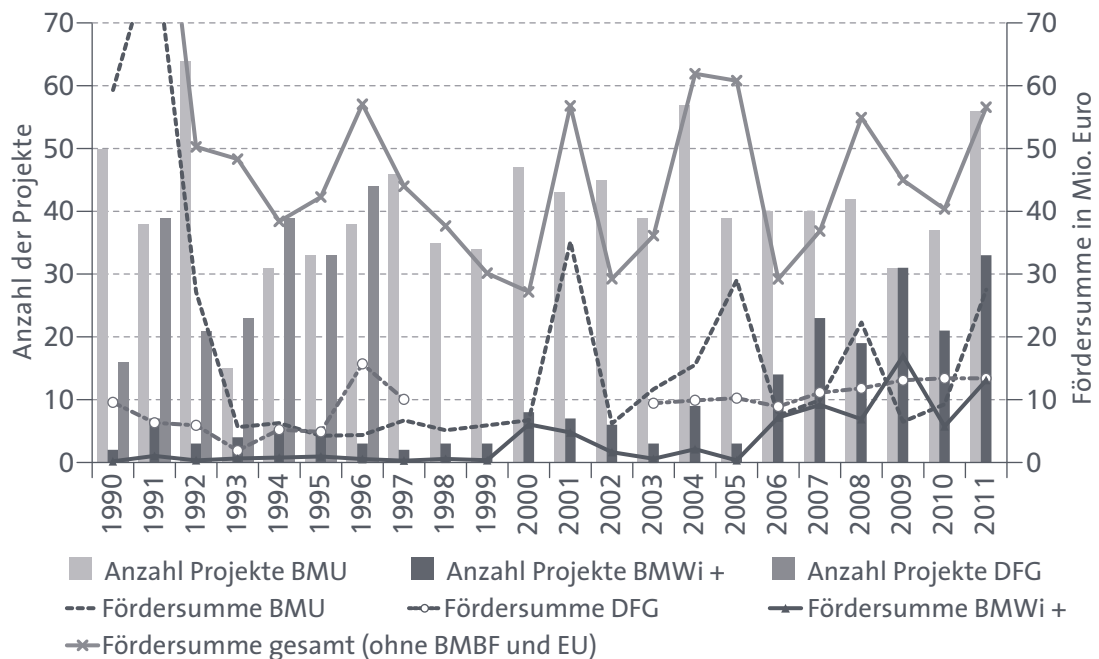
24 mündliche Mitteilungen DBU und DFG

25 <http://gepris.dfg.de/gepris/OCTOPUS/?jsessionid=F248A275E2CA8C939B58D043AAD E83E2?module=gepris>



zulassen. Im Mittel förderte die DBU in der Zeit demnach jährlich mit etwa 8 Mio. Euro Projekte im Wasserbereich.

ABB. V.11 ÜBERSICHT UFORDAT: PROJEKTANZAHL UND FÖRDERSUMMEN VERSCHIEDENER FÖRDERMITTELGEBER



Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten von UBA 2013b

In Abbildung V.11 sind Projektzahlen und Fördersummen der wesentlichen Fördermittelgeber (BMU, DFG, BMWi) sowie die gesamte Fördersumme inklusive sonstiger Fördermittelgeber wie Landesministerien, Stiftungen etc. über den Betrachtungszeitraum dargestellt. Hinsichtlich der DFG ist dabei zu beachten, dass bei den Angaben ab 2003 (Auswertungen gepris) alle Teilprojekte von z. B. Sonderforschungsbereichen und Graduiertenkollegs einzeln gezählt wurden. Das erklärt die hohen Projektzahlen von im Mittel etwa 200 Projekten der DFG pro Jahr, die daher in der Abbildung nicht mehr dargestellt werden. Hinsichtlich der Fördersumme engagiert sich die DFG im Wasserbereich relativ konstant mit leicht steigender Tendenz seit 2006, die möglicherweise auf eine Etatsteigerung durch den Pakt für Forschung und Innovation zurück zu führen ist.<sup>26</sup>

Die Gesamtfördersummen schwanken zwischen 30 und 60 Mio. Euro/Jahr.<sup>27</sup> Die Zahlen sind nicht inflationsbereinigt: Die nominal in etwa konstante Förder-

<sup>26</sup> mündliche Mitteilung DFG; [www.bmbf.de/de/3215.php](http://www.bmbf.de/de/3215.php)

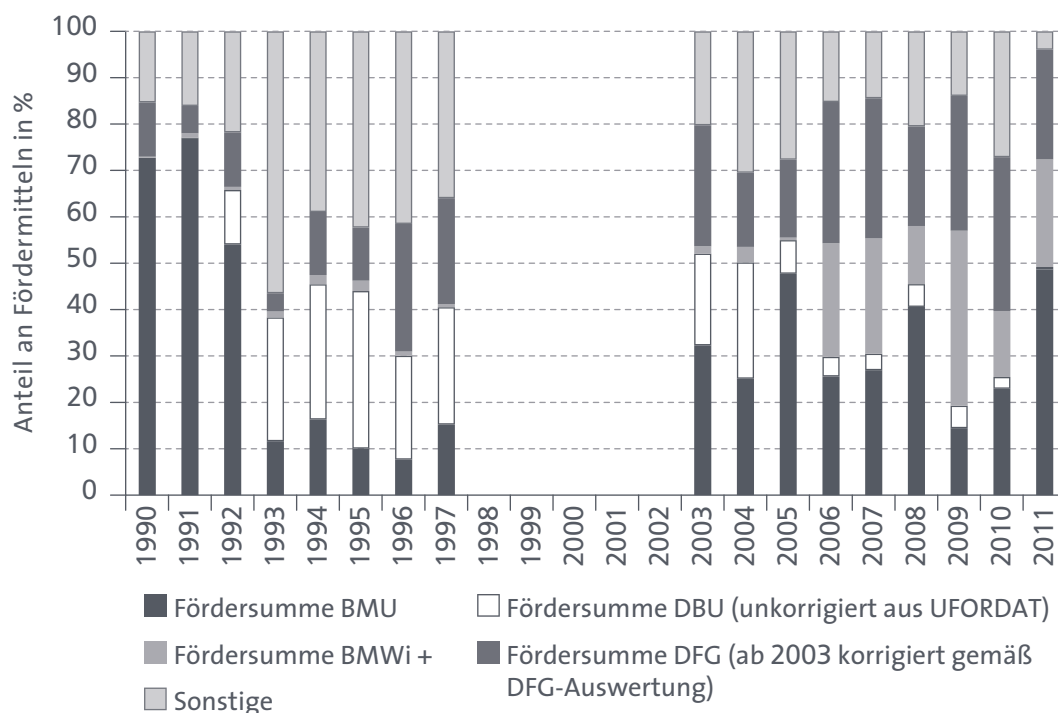
<sup>27</sup> Ausnahme ist das Jahr 1991, in dem aufgrund einer sehr hohen Fördersumme des BMU von über 80 Mio. Euro die Gesamtfördersumme bei 107 Mio. Euro lag.

## V. ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN

summe bedeutet deshalb real einen deutlichen Rückgang der Fördersumme (Preissteigerung um knapp 51 % seit 1990). Insgesamt liegen die hier berücksichtigten Projekte sowohl hinsichtlich der Projektanzahl als auch der Fördersumme in etwa in der Größenordnung der BMBF-Förderung (Abb. V.4).

Betrachtet man den Verlauf der Projektzahlen und Fördersummen, die durch das BMU gefördert wurden, so ist auch hier vor allem bei den Fördermitteln ein stark schwankender Verlauf zu erkennen. Die Peaks der Fördersummen seit 2000 liegen in den Jahren 2001 (35,1 Mio. Euro), 2005 (29,0 Mio. Euro) und 2008 (22,3 Mio. Euro). Die Projektanzahl liegt dagegen vergleichsweise konstant zwischen 35 und 45 Projekten. Gemäß UFORDAT engagiert sich das BMWi seit den 2000er Jahren zunehmend im Wasserbereich. Gegen Ende dieser Dekade erreichen Projektzahlen und Fördermittel des BMWi ein vorläufiges Maximum. Der Anteil des BMWi stieg zwischen 2000 und 2011 sowohl bei der Zahl der Projekte als auch den Fördersummen von unter 1 auf bis zu 30 % an (Abb. V.12).

ABB. V.12 VERTEILUNG FÖRDERSUMMEN AUF DIE FÖRDERMITTELGEBER IN DER UFORDAT



Wegen fehlender Daten für die DFG konnte der Zeitraum 1998 bis 2002 nicht in die Auswertung einbezogen werden.

Eigene Auswertung und Darstellung nach Daten von UBA 2013b (ohne BMBF und EU) gemäß UFORDAT ohne Korrektur der DBU-Daten, mit korrigierten DFG-Daten



Die UFORDAT-Angaben zur DBU-Förderung sind, wie oben beschrieben, vor allem für die jüngeren Jahre unvollständig. In der UFORDAT werden seit 2005 nur noch zwischen 1 und 2 Mio. Euro aus DBU-Mitteln ausgewiesen. Nach Angaben der DBU (2009) liegen diese Summen im Mittel dagegen bei etwa 8 Mio. Euro. Damit liegt der Anteil der DBU an der Förderung wasserrelevanter Forschungsprojekte weiterhin sehr hoch.

Grundsätzlich sind in der UFORDAT auch EU-Projekte erfasst. Durch die Erfassungssystematik sind in der UFORDAT auch bei Projekten unter deutscher Federführung jeweils die gesamten Projektmittel angegeben, von denen ein großer Teil an die anderen europäischen Projektpartner weitergeleitet wird<sup>28</sup>. Inwieweit EU-Projekte mit deutscher Beteiligung, bei denen ausländische Partner federführend auftreten, vollständig enthalten sind, konnte nicht geklärt werden. Ebenso wenig ist sichergestellt, dass die Projekte unter deutscher Federführung vollständig erfasst sind. Aufgrund dieser hohen Unsicherheiten konnten die EU-Projekte nicht in die Auswertungen einbezogen werden.

#### **EXKURS: NEUE ENTWICKLUNGEN ZUR INNOVATIONSFÖRDERUNG IM WASSERBEREICH AUF EU-EBENE**

Neben den unterschiedlichen Fördermöglichkeiten und Fördermittelgebern auf nationaler Ebene spielt zunehmend die Forschungsförderung auf europäischer Ebene eine wichtige Rolle. Eine Analyse der EU-geförderten Forschungsprojekte war zwar nicht Ziel des TAB-Projekts. Als wesentliche neue Entwicklung soll jedoch die Initiative »European Innovation Partnership Water«, ihre Hintergründe und Zielsetzungen im Folgenden näher beschrieben werden.

Unter der im Jahr 2010 auf europäischer Ebene beschlossenen Strategie »Europa 2020« wird in der Tradition der Lissabon-Strategie durch Koordinierung und Verzahnung der europäischen Wirtschaft die Vision von intelligentem, nachhaltigem und integrativen Wachstum gefördert (EC 2010). Im Rahmen der Leitinitiative »Innovationsunion« sollen die Rahmenbedingungen und die Finanzierung für Forschung und Innovation verbessert werden. Auf diese Weise sollen die nötigen Voraussetzungen geschaffen werden, um innovative Ideen schnell in marktfähige Produkte zu transformieren, durch die wiederum Wachstum und Arbeitsplätze geschaffen werden. Neben anderen Leitinitiativen soll im Rahmen von »Europa 2020« zudem die Ressourceneffizienz Europas gesteigert werden, auch um den Übergang zu einem emissionsarmen Wirtschaftsraum zu unterstützen.

Im Zuge der Beratungen der EU wurde Wasser als wichtiges Querschnittsthema für nachhaltige Entwicklung erkannt. Besonders die Gefahren, die von zunehmenden Wasserqualitäts- und Wassermengenproblemen für Umwelt und Gesellschaft ausgehen, stehen hierbei im Mittelpunkt. Vorgeschlagen wurde Mitte

---

28 mündliche Mitteilung UBA, März 2013

2011 eine »Innovationspartnerschaft Wasser« die den beiden Leitinitiativen der »Europa 2020« Strategie »Innovationsunion« und »Ressourceneffizienz« angegliedert ist. Durch die umfassende Einbindung aller relevanten Akteure und Disziplinen sollen im Rahmen dieser Innovationspartnerschaft u. a. Innovationshemmnisse beseitigt und Innovationen gezielt gefördert werden, um die Herausforderungen im Bereich Wasserqualität und Wassermenge überwinden zu können und Europa so in eine Führungsposition zu bringen.

Die »Innovationspartnerschaft Wasser« hat sich als Aufgabe gesetzt, bis Ende des Jahres 2013 erste Ergebnisse zu liefern. Diese Ziele wurden im Laufe des Jahres 2012 mit der Vision »kreative und innovative Lösungen, die maßgeblich dazu beitragen, sich in Europa und weltweit den Herausforderungen im Bereich Wasser zu stellen und gleichzeitig nachhaltiges Wachstum und Arbeitsplätze zu fördern«, in einem strategischen Implementationsplan des »European Innovation Partnership Water – EIP Water« (EIPW 2012) formalisiert. Die Arbeit des EIP soll auf fünf Technik- bzw. Anwendungsfelder konzentriert werden:

- > Wiederverwendung und Wiederaufbereitung von Wasser,
- > Wasser- und Abwasserbehandlung, inklusive Ressourcenrückgewinnung,
- > Wasser und Energie Nexus,
- > Risikomanagement im Falle wasserbedingter Extremereignisse und
- > Ökosystemdienstleistungen.

Übergreifend wurden die Themenfelder Wassergovernance, Entscheidungsunterstützung und Monitoring, Bewirtschaftungsmodelle und Finanzierung von Innovation als Querschnittsthemen erkannt, die auf der einen Seite die Rahmenbedingungen für Innovationen im Wasserbereich beeinflussen und auf der anderen Seite Katalysatoren für alle Technologiekerngebiete sind. Intelligente Technologien (sensorgestützte Technologien, die einen flexibleren Betrieb der Infrastruktur erlauben) bilden einen wichtigen Schlüsselfaktor, der alle Technologiekerngebiete umfasst und als Schnittstelle zwischen den einzelnen Gebieten anzusehen ist. Diese Arbeitsfelder sind schematisch in Abbildung V.13 dargestellt.

Anfang 2012 forderte das EIP die europäischen Akteure der Forschungslandschaft, Industrie, Finanzbranche, Interessengruppen etc. zur Formierung von Aktionsgruppen auf. Allerdings verfügt das EIP Wasser nicht über eigene Mittel, um die Arbeit in den aufgezeigten Arbeitsbereichen aufzunehmen oder an Partner auszuschreiben. Für die zu bildenden gemischten Akteursgruppen, die selbstständig unter dem Dach der EIP in den Arbeitsbereichen arbeiten, soll das EIP eine Kommunikations- und Lenkungsfunktion übernehmen, ohne dabei ein neues Förderprogramm, Förderinstrument oder juristische Person zu sein. Die Finanzierung der Arbeit erfolgt über die existierenden Förderinstrumente der Europäischen Union und durch Eigenmittel der Aktionsgruppen (EIPW 2012). Durch das 7. Forschungsrahmenprogramm werden 40 Mio. Euro bereitgestellt,

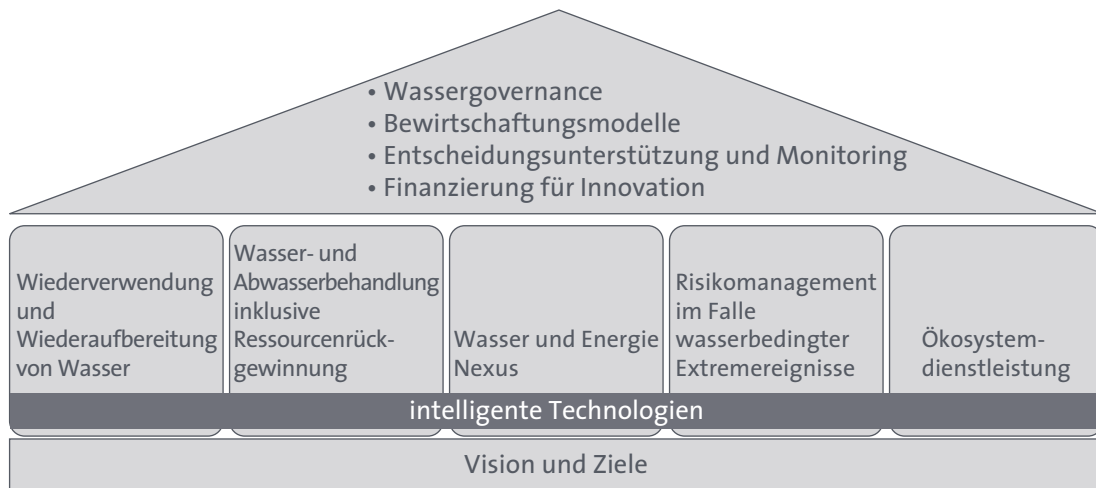




um Forschungsprojekte der Aktionsgruppen zu unterstützen (EC 2012). Es wird erwartet, dass bis zum Sommer 2013 die ersten Aktionsgruppen eingerichtet sind und ihre Arbeit aufnehmen können.

ABB. V.13

ARBEITSBEREICHE DER EUROPÄISCHEN  
INNOVATIONSPARTNERSCHAFT WASSER



Quelle: EIPW 2012

ÖFFENTLICHE FÖRDERUNG VON WASSERWIRTSCHAFTLICHEN  
INFRASTRUKTURMASSNAHMEN IN DEUTSCHLAND 4.

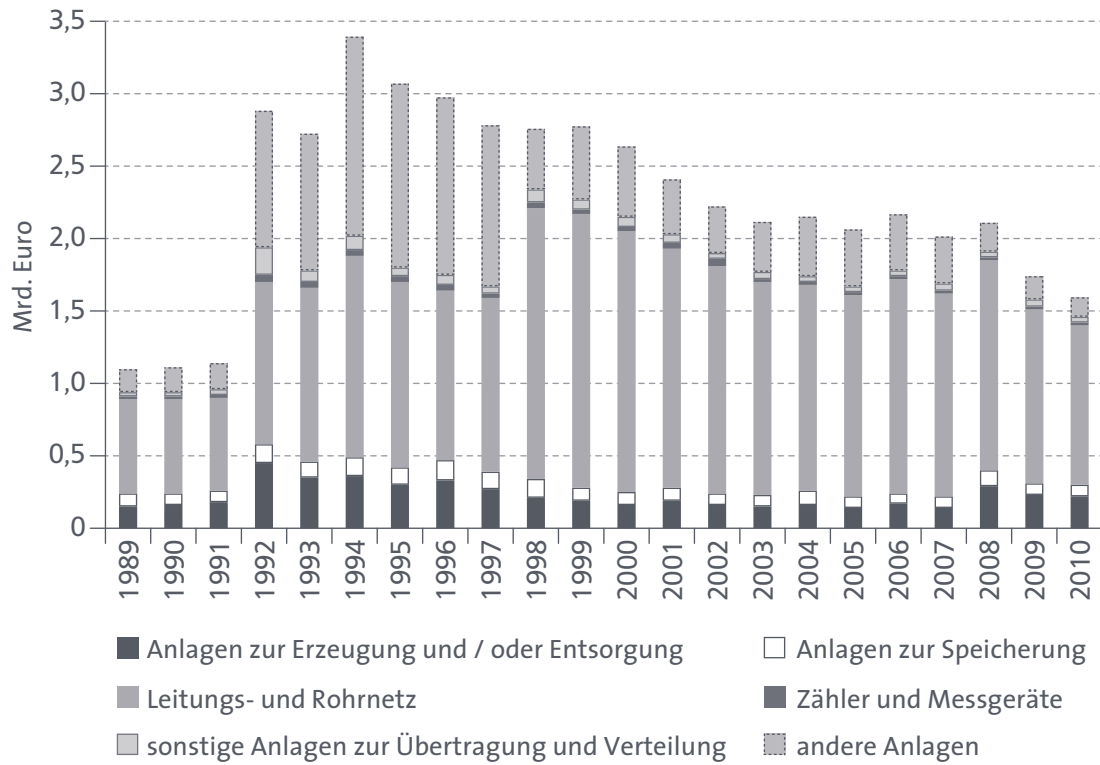
Die öffentliche Förderung von wasserwirtschaftlichen Infrastrukturmaßnahmen läuft im Wesentlichen über die Bundesländer, die dazu unterschiedliche Strategien sowohl hinsichtlich der Ansatzpunkte als auch im Hinblick auf die Bandbreite der Förderinstrumente verfolgen. Einerseits gibt es Unterstützungsmaßnahmen, deren Konzeption auf einen bestimmten Sektor ausgerichtet ist (z. B. für die Wasserwirtschaft), andererseits gibt es auch solche, die auf die gesamte Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zielen.

Zum Investitionsvolumen im Bereich der deutschen Wasserwirtschaft liegen u. a. Erhebungen des Statistischen Bundesamtes, des BDEW, sowie Angaben aus dem Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft (ATT et al. 2011, S. 76 f.) vor, die im Wesentlichen auf der Verbandsstatistik des BDEW beruhen (Abb. V.14 u. V.15).

Entsprechend den Zahlen des deutschen Bundesamtes für Statistik, die ab 1995 mit den Angaben im Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft für die Wasserversorgungsseite in etwa übereinstimmen, liegt die Investitionstätigkeit im Bereich der deutschen Trinkwasserversorgung für das letzte Jahrzehnt bei ca. 2 Mrd. Euro.

ABB. V.14

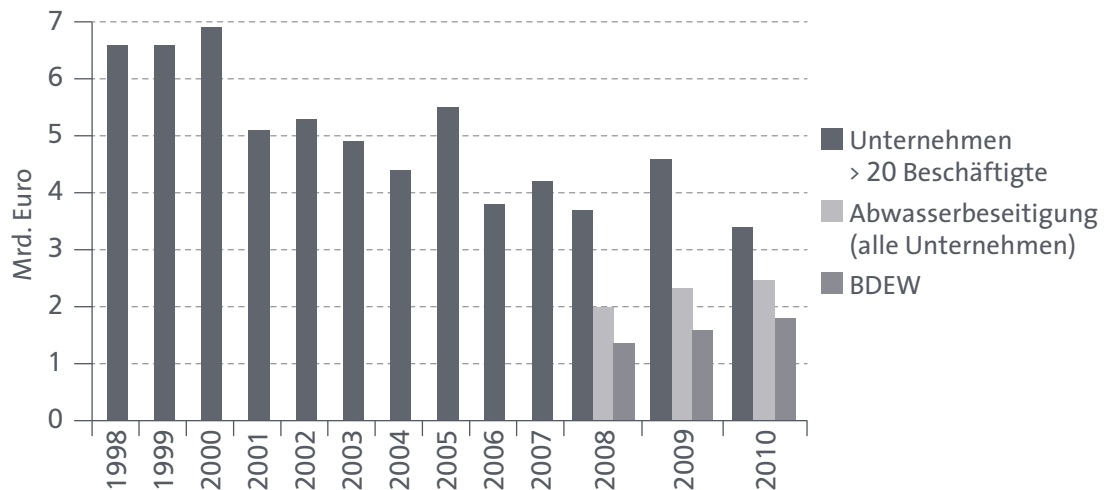
INVESTITIONEN IN DIE WASSERVERSORGUNG



Quelle: Statistisches Bundesamt 2013

ABB. V.15

INVESTITIONEN IN DIE ABWASSERENTSORGUNG

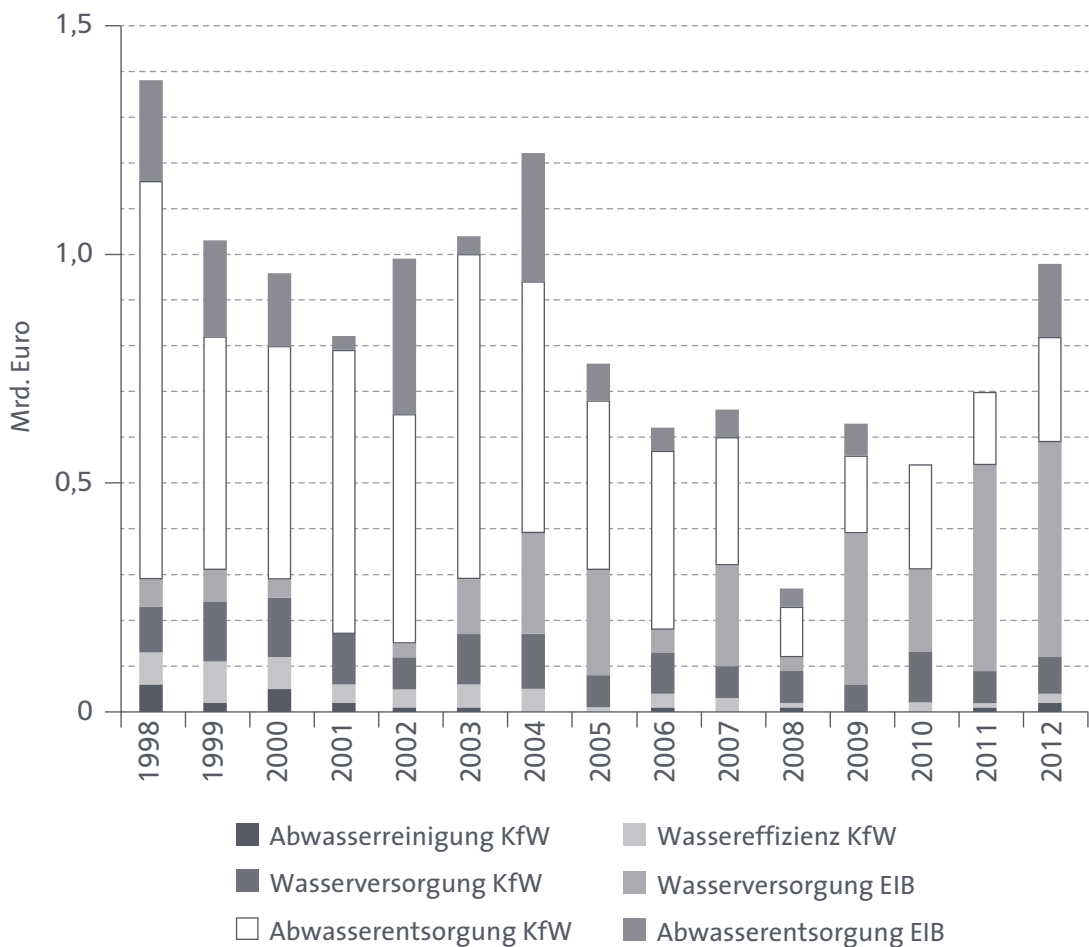


Quelle: ATT et al. 2011, S.77; BDEW 2012; Statistisches Bundesamt 2001 u. 2013



Auf der Abwasserentsorgungsseite weisen die Verbandsstatistiken, die bis mindestens 1998 zurückreichen, wesentlich höhere Investitionssummen auf als die amtliche Statistik (Abb. V.15). Die Ursachen für die Unterschiede in den Angaben werden in den unterschiedlichen Erhebungsmethoden beider Institutionen vermutet. Im Durchschnitt des letzten Jahrzehnts, wofür nur auf Daten aus der Verbandsstatistik zurückgegriffen werden kann, liegen die Investitionen in die Abwasserentsorgung bei etwa 4,8 Mrd. Euro jährlich.

ABB. V.16 FINANZIERUNG VON WASSERINFRASTRUKTUR DURCH KfW UND EIB



Eigene Darstellung (persönliche Kommunikation mit EIB und KfW)

Zusätzlich zeigt Abbildung V.16 die von der EIB (Europäische Investitionsbank) und der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) zugesagten Mittel zur Finanzierung von Wasserinfrastruktur in Deutschland. Entsprechend eigenen Berechnungen wurden durch die KfW und die EIB in der Periode von 1998 bis 2010 etwa 12 % der jährlichen deutschen Investitionen in die kommunale Wasserwirtschaft finanziert. Entsprechend den Finanzierungsprioritäten bekennt sich die EIB klar

zu den Zielen der Strategie Europa 2020 und legt in der Finanzierungspolitik einen deutlichen Fokus auf Forschung und Innovation für den Wassersektor, um geeignete Technologien sowie neue Forschungsergebnisse in die Projektvorbereitung und -durchführung einzubinden (EIB 2012).

Mehrere Förderprodukte der KfW sind auf die Finanzierung kommunaler Infrastruktur, damit auch die Wasserver- und Abwasserentsorgung ausgerichtet. Neben Eigenmitteln verfügt die KfW auch über Mittel aus dem ERP Sondervermögen<sup>29</sup> und stellt zudem günstige Kreditprogramme aus Bundesmitteln bereit, wodurch sie eine Sonderrolle in der deutschen Finanzierungslandschaft einnimmt. Einige der Kreditprogramme sind speziell auf die Förderung energieeffizienter Wasserver- und Abwasserentsorgung auf Quartiersebene oder die Anpassung technischer Wasserinfrastruktur ausgerichtet.

Um die entstehenden Kostenbelastungen zu begrenzen und um gleichwertige Lebens- und Arbeitsbedingungen zu verwirklichen, werden wasserwirtschaftliche Maßnahmen von öffentlicher Seite gefördert. Hierfür werden Mittel aus der Abwasserabgabe und zusätzlich Bundes-, Landes- sowie auch EU-Mittel verwendet. Der Bund und auch jedes Bundesland verfügen über individuell gestaltete Förderprogramme mit unterschiedlichen Anreizen zur Entwicklung bzw. für den Einsatz innovativer Techniken.

Grundsätzlich zeigt die Analyse der einzelnen Förderprogramme des Bundes und der Länder ein sehr differenziertes Bild, sowohl in Hinblick auf die Förderziele als auch bezüglich der Höhe der eingesetzten Mittel. In allen Ländern fließt das Aufkommen der Abwasserabgabe – die für Maßnahmen zweckgebunden ist, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen – nach Abzug des Verwaltungsaufwands für die Erhebung der Abgabe in entsprechende Förderprogramme. Vor diesem Hintergrund wird deshalb zunächst das Abwasserabgaberecht im Bund und den einzelnen Ländern in Bezug auf ihre direkte Wirkung für die Verbreitung innovativer Technologien beschrieben. Im Anschluss werden die Förderprogramme an sich in Bezug auf ihre Innovationswirkung gruppiert und erläutert.

---

29 Das ERP (»European Recovery Program«), auch als Marschallplan bekannt, diente nach Ende des zweiten Weltkrieges dem Wiederaufbau in Europa. Im Rahmen dieses Programmes legten die USA einen finanziellen Grundstock für die Investitionsfinanzierung in Deutschland. Nach Auslaufen des Marschallplans 1953 wurden die Mittel in ein Sondervermögen überführt und dienen bis heute der Finanzierung von Förderprogrammen. Seit 2007 verwaltet die KfW das ERP-Sondervermögen.

---

**DAS ABWASSERABGABENRECHT****4.1**

Das Abwasserabgabenrecht sieht seit 1981 die Erhebung einer Abgabe auf schädliche Abwassereinleitungen vor und stellt damit die erste gesetzgeberische Konkretisierung einer umweltökonomischen Lenkungsabgabe dar (Gawel/Fälsch 2012a, S. 1060). Die Höhe der zu entrichtenden Abgabe hängt von der Schädlichkeit des Abwassers ab. Ihr Aufkommen ist zweckgebunden für Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wassergüte. Die Abwasserabgabe wird durch die Länder gemäß den jeweiligen Gesetzen zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes (AG AbwAG) erhoben und ist entweder von den Direkteinleitern (= Grundstückseigentümer) oder von Körperschaften des öffentlichen Rechts (Abwasserzweckverbände) zu entrichten (§ 9 Abs. 1 u. 2 AbwAG). Die Abwasserabgabe stellt aus ökonomischer Sicht eine lenkende Umweltabgabe dar, die das Ziel einer Allokationskorrektur hat. Das heißt, sie bezweckt eine Verhaltensänderung bei der Nutzung von Wasserressourcen und versucht, dieses Ziel durch eine Veränderung der relativen Preise zulasten der Ressourcennutzung (als Produktionsfaktor oder Konsumgut) zu erreichen (Gawel et al. 2011, S. 3). In diesem Sinne sollen langfristig Innovationen zur Abwasserbehandlung bzw. -vermeidung begünstigt werden. Zugleich sollen den Faktor- und Absatzmärkten die wahren Kosten der Gewässernutzung signalisiert und weitere Anpassungsschritte initiiert werden (Gawel/Fälsch 2012a, S. 1061 f.).

Es gibt allerdings mehrere Ausnahmen von der Abgabepflicht. Eine Option, von der die Länder Gebrauch machen können, ist in § 10 Abs. 3 und 4 AbwAG geregelt. Demnach können Aufwendungen für die Errichtung oder Erweiterung von Abwasseranlagen mit der Abwasserabgabe für einen Zeitraum von 3 Jahren verrechnet werden, wenn deren Betrieb »eine Minderung der Fracht einer der bewerteten Schadstoffe oder Schadstoffgruppen in einem zu behandelnden Abwasserstrom um mindestens 20 % sowie eine Minderung der Gesamtschadstofffracht beim Einleiten in das Gewässer erwarten lässt«. Aufgrund dieser Kostenvorteile stellt dies ein finanzielles Anreizinstrument dar, in Anlagen zu investieren, die dem Stand der Technik entsprechen. Die Auswertung der Ausführungsgesetze hat ergeben, dass zehn von sechzehn Bundesländern von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht haben.

Vor dem Hintergrund der deutlichen Verbesserung der Gewässergüte in Deutschland in den letzten Jahrzehnten und zur Kostenentlastung der Abwasserentsorger wird teilweise die Abschaffung der Abwasserabgabe gefordert (Ulland 2010), teilweise wird auch eine Reform der Abwasserabgabe angestrebt, um den Anreiz zu Innovationen weiter aufrecht zu erhalten (Ammermüller o.J.; DWA 2011; Gawel et al. 2011). Gawel et al. (2011, S. 6) stellten fest, dass die verbleibende Zahllast auf die Restverschmutzung »durch reduzierte effektive Abgabesätze jenseits wasserrechtlicher Anforderungen, durch Verrechnungsklauseln und

durch reale Entwertung der Zahllast im Zeitablauf durch Stagnieren der nominalen Abgabesätze« systematisch herabgemindert wurde. Dieses Effizienzversagen führe dazu, dass die Innovationseffekte schwach blieben. Aus finanzwissenschaftlicher Sicht müsse ein Bekenntnis zu marktwirtschaftlichem Umweltschutz gleichzeitig eine merkliche Zahllast auf die Inanspruchnahme einer Wasserressource darstellen. Dies könne dadurch erreicht werden, dass anstelle der praktizierten »Bescheidlösung« eine alternative »Messlösung« zur Bestimmung der Höhe der Abwasserabgabe eingeführt wird. Dabei würde die Abgabe nicht auf genehmigten Emissionswerten, sondern auf den tatsächlichen durchschnittlichen Einleitungsverhältnissen beruhen.

Für die Niederschlagsentwässerung und die Kleineinleitungen gibt es besondere Regelungen (§§ 7 u. 8 AbwAG). Dabei werden unter Kleineinleitungen diejenigen Schmutzwassereinleitungen verstanden, die weniger als 8 m<sup>3</sup> pro Tag ausmachen. Das AbwAG sieht eine pauschalierte Abgabenverpflichtung durch die Kommunen vor, die allerdings von den einzelnen Bundesländern ganz oder teilweise aufgehoben werden kann, wenn die Anlage mindestens den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht und die ordnungsgemäße Schlammbe-seitigung sichergestellt ist (§ 8 Abs. 12 AbwAG). Darüber hinaus können die Länder nach § 7 Abs. 2 AbwAG bestimmen, »unter welchen Voraussetzungen die Einleitung von Niederschlagswasser ganz oder zum Teil abgabefrei bleibt« Eine Sichtung der Ausführungsgesetze ergab, dass davon fast alle Länder Gebrauch gemacht haben.

Aufgrund der zunehmenden Relevanz der Niederschlagsentwässerung für den Gewässerschutz (zu erwartende Zunahme von Starkregen als Folge des Klimawandels, zunehmende Versiegelung, steigende ordnungsrechtliche Anforderungen) sowie vor dem Hintergrund der EU-weiten Verpflichtung der Einführung von angemessenen fiskalischen Anreizen zur effizienten Nutzung der Wasserressourcen (Art. 9 WRRL) wäre eine stärkere Berücksichtigung der dadurch bedingten Gewässerbelastungen bei der Bemessung der Abgabe zu diskutieren (auch Gawel et al. 2011, S. 192). Eine Möglichkeit zur Herstellung der Verursachergerechtigkeit mit vertretbarem Verwaltungsaufwand wäre die Heranziehung der (notfalls geschätzten) abflusswirksamen Fläche bei öffentlicher Entwässerung und die Berücksichtigung des technischen Ableitungssystems (Misch- oder Trennsystem). Diese abflusswirksame Fläche muss ohnehin im Rahmen der gesplitteten Abwassergebühr erhoben werden, sodass hier kein zusätzlicher Verwaltungsaufwand entsteht. Zusätzliche Innovationsanreize könnten auch durch eine Einbindung gewerblicher und industrieller Indirekteinleiter in die Abwasserabgabe erreicht werden (Palm et al. 2012, S. 1055).

Das BMU arbeitet an einer Gesetzesnovelle zur Weiterentwicklung der Abwasserabgabe, in der einige der zuvor genannten Kritikpunkte aufgegriffen werden. Dabei muss die neue Abgabe den sich widerstreitenden Zielen Lenkungsintensi-



tät, Praktikabilität, Aufkommen und wirtschaftliche Vertretbarkeit gerecht werden. Vom BMU wird in dem Zusammenhang ausdrücklich die innovationsfördernde Wirkung durch ökonomische Anreize zur Weiterentwicklung des Standes der Technik in der Wasserwirtschaft betont. Genannt werden die Steigerung der Energieeffizienz von Kläranlagen, die notwendige Rückgewinnung von Phosphor sowie die Reduzierung der Belastung der Gewässer durch Spurenstoffe (Holzwarth 2012).

Einen ähnlichen Lenkungszweck soll auch das Wasserentnahmeentgelt für die Entnahme von Grund- und/oder Oberflächenwasser erfüllen. Es wird in 13 Bundesländern erhoben und soll durch die Berücksichtigung der Umweltkosten zu einer Erhöhung der Wassernutzungseffizienz beispielsweise durch technologische Alternativen im Produktionsprozess bei gewerblichen Wasserentnehmern führen. Allerdings fallen das tatsächliche Substitutionspotenzial und die damit verbundenen Kosten sehr unterschiedlich aus. Während im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe der spezifische Wassereinsatz zwischen 1991 und 2007 um etwa 30 % zurückging, konnte eine deutliche Anpassung in der Papierindustrie nicht festgestellt werden (Gawel et al. 2011, S. 121 f.). Der allgemeine Anstieg der Wasserproduktivität ist allerdings nur zum Teil durch das Wasserentnahmeentgelt verursacht, denn diese Entwicklung hängt auch mit den allgemein gestiegenen Wasser- und Abwasserentgelten sowie technologischen Fortschritten zusammen, die unabhängig von dem Entgelt stattgefunden haben (Hillenbrand/Böhm 2008; Statistisches Bundesamt 2003, S. 46).

---

## VERWENDUNG DER ABWASSERABGABE IN DEN EINZELNEN BUNDESLÄNDERN

### 4.2

Hinsichtlich der mit der Abwasserabgabe verbundenen Innovationswirkung spielen nicht nur die Anreize, die durch die Erhebung der Abgabe entstehen, eine Rolle, sondern auch die mit der Verwendung der erhobenen Mittel verbundenen Effekte. Die zur Verfügung stehenden Mittel in den einzelnen Bundesländern sind dabei sehr unterschiedlich: Vergleicht man das auf die Einwohnerzahl bezogene spezifische Aufkommen, so reichen die Einnahmen von rund 0,70 Euro pro Einwohner in Hamburg bis zu 12,50 Euro pro Einwohner im Saarland (bei Gesamtaufkommen 1,3 bzw. 12,49 Mio. Euro). In den meisten Bundesländern betragen die Einnahmen zwischen 2 und 4 Euro pro Einwohner (bei Gesamtaufkommen zwischen 2,7 und 41,6 Mio. Euro; alle Werte für 2008; Gawel et al. 2011, S. 98). Hintergrund dieser großen Unterschiede sind unterschiedliche Ermäßigungs- und Befreiungstatbestände, deren Harmonisierung auch aufgrund der damit verbundenen wirtschaftspolitischen Verzerrungen diskutiert wird. Die Prüfung der Ausführungsgesetze der Länder im Hinblick auf die Zweckbestim-

mung der Abgabe ergab deutliche Unterschiede, die im Folgenden näher beschrieben werden.

In *Bayern* regelt Artikel 16 Abs. 1 Nr. 4 und 5 des BayAbwAG<sup>30</sup>, dass die Abgabe bevorzugt u. a. für den Bau von Modellanlagen zur Behandlung von Abwasser sowie für Abwasseranlagen zu verwenden ist, an die *erheblich über dem Durchschnitt liegende* Anforderungen gestellt werden. Diese Modellanlagen (»Die Kläranlage der Zukunft«) zielen z. B. auf die Steigerung der Energieeffizienz durch Co-Vergärung und Wärmerückgewinnung, erproben neue Verfahren zur Stickstoffelimination oder beinhalten die Nachrüstung von Kläranlagen mit aeroben Stabilisierungsanlagen.<sup>31</sup>

In *Hamburg* sind die Mittel aus der Abwasserabgabe unter besonderer Berücksichtigung »örtlicher Schwerpunkte für die Sanierung von Gewässern« sowie »sektoraler Schwerpunkte der Gewässerverschmutzung durch besonders schädliche Faktoren« zu verwenden (§ 13 Abs. 1 HmbAbwAG<sup>32</sup>).

Auch in *Rheinland-Pfalz* wird der Bau von Modellanlagen als Verwendungszweck der Abgabe explizit in § 16 Abs. 1 Nr. 4 des LAbwAG<sup>33</sup> erwähnt. Dabei ist die Schädlichkeit des Abwassers in einem Umfang zu vermindern, der über die Mindestanforderungen des Wasserhaushaltgesetzes (§ 7 a Abs. 1 WHG, (alte Fassung)<sup>34</sup> hinausgeht (§ 16 Abs. 2). Diese Modellanlagen umfassen Kläranlagen mit Energieeinspar- und Optimierungsmaßnahmen, innovative Verfahren der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen, Klärschlammwässerung/-trocknung/-verbrennung, organisatorische Maßnahmen sowie innovative Maßnahmen im Kanal (weitergehende Mischbehandlung, Abwasserwärmenutzung, Fremdwasser- bzw. Außengebietswasserreduzierung).<sup>35</sup>

Auch im *Saarland* ist das Aufkommen aus der Abwasserabgabe bevorzugt für innovative Maßnahmen zu verwenden. Genannt werden regionale Schwerpunkte der Sanierung von Gewässern (§ 140 Abs. 2 SWG<sup>36</sup>), der Bau von Modellanla-

---

30 Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. September 2003

31 [www.lfu.bayern.de/wasser/abwasser\\_kommunale\\_anlagen/klaeranlage\\_zukunft/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/abwasser_kommunale_anlagen/klaeranlage_zukunft/index.htm)

32 Hamburgisches Gesetz zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes (HmbAbwAG) vom 21. Dezember 1988

33 Landesgesetz zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes (Landesabwasserabgabengesetz LAbwAG) vom 22. Dezember 1980

34 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), neugefasst am 19. August 2002. § 7a hat auf den Stand der Technik verwiesen. Die seit März 2010 geltende Nachfolgeregelung gemäß Art. 1 Gesetz vom 31. Juli 2009 regelt das Einleiten von Abwasser in Gewässer im § 57. In Abs. 1 Nr. 1 wird auch hier wieder auf den »Stand der Technik« verwiesen.

35 <http://geoportal-wasser.rlp.de/servlet/is/8343>

36 Saarländisches Wassergesetz (SWG) vom 28. Juni 1960





gen zur Behandlung von Abwasser, Anlagen der Fremdwasserentflechtung und zur Behandlung von Niederschlagswasser sowie Maßnahmen zur Gewässerrenaturierung.

In *Thüringen* verweist § 12 Abs. 3 ThürAbwAG<sup>37</sup> bezüglich der bevorzugten Verwendung des Aufkommens aus der Abwasserabgabe ebenfalls auf Gewässer-sanierung und den Bau von Pilotanlagen. Daneben werden aber auch ganz allgemein der Bau von Abwasseranlagen sowie der Bau von Anlagen zur Klärschlamm-beseitigung genannt. Zusätzlich wird die Verwendung für die Qualifi-zierung des Betriebspersonals von Abwasserbehandlungsanlagen aufgelistet.

In den Gesetzen der anderen elf Bundesländer finden sich keine besonderen Aus-führungsbestimmungen zur Zweckbindung des Aufkommens. In allen Bundes-ländern gibt es jedoch wasserwirtschaftliche Förderprogramme, in die das Auf-kommen teilweise einfließt. In manchen Ländern wird das Volumen durch Mit-tel aus dem europäischen Regionalfonds ergänzt. Allerdings wird bezüglich der Mittelverwendung in der Literatur ein Mangel an Transparenz beklagt, sodass eine Berichtspflicht der Länder gefordert wird (Gawel et al. 2011, S. 14, 151 u. 195). Auch die Analyse der Förderprogramme sowie die stichprobenartige Um-frage bei den Ländern im Rahmen dieses Projekts haben ergeben, dass die in den Ausführungsgesetzen genannten Zweckbestimmungen für innovative Vorhaben, wie Pilot-/Modellanlagen oder spezielle Maßnahmen für das Niederschlagswas-ser, sich nicht zwangsläufig in entsprechenden Förderprogrammen niederschla-gen. So gibt es z. B. in Thüringen trotz des Verweises auf den Bau von Pilotan-lagen kein spezielles Förderprogramm und dementsprechend bisher nur einen ein-zigen diesbezüglichen Förderantrag (Entfernung von PFT aus dem Abwasser eines galvanotechnischen Betriebes).<sup>38</sup> In Rheinland-Pfalz werden hingegen Mo-dellvorhaben explizit in der Förderrichtlinie der Wasserwirtschaftsverwaltung erwähnt und dementsprechend vielfältige innovative Projekte gefördert, darunter Bau- und Ausrüstungsmaßnahmen von Abwasseranlagen mit innovativem Cha-rakter (z. B. Kläranlagen mit Blockheizkraftwerken, Mikrogasturbinen, anaerobe Faulungstechnik, solare Klärschlamm-trocknung, Biocos-Verfahren, Phosphor- und Stickstoffelimination)<sup>39</sup> (zu den Förderprogrammen im Einzelnen Kap. 4.3).

Die Wirkung der Abwasserabgabe hängt außerdem von den bereits genannten Ausnahmebestimmungen für Niederschlagswasser sowie Kleineinleitungen ab. Die Ausführungsgesetze der Länder sehen in der Regel vor, dass keine Abgaben erhoben werden, wenn die Abwasseranlage dem »Stand der Technik« bzw. den »allgemein anerkannten Regeln der Technik« entspricht. Dabei ist der inzwi-

---

37 Thüringer Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz

38 Auskunft vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Natur-schutz per E-Mail im Dezember 2012

39 Auskunft vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten in Rheinland-Pfalz per E-Mail im Januar 2013



schen in der Wasserwirtschaft etablierte Begriff vom »Stand der Technik« im Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (§ 3 Nr. 11 WHG) wie folgt definiert:

»...Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt; bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in der Anlage 1 aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.«

Insgesamt stellen die Einnahmen aus der Abwasserabgabe, deren Gesamtaufkommen 2008 254 Mio. Euro betrug und damit 5,5 % der Investitionssumme im Abwasserbereich von 4,6 Mrd. Euro entsprach (ATT et al. 2011, S. 76; Gawel et al. 2011, S. 98) – eine wichtige Finanzierungsquelle für die Abwasserentsorgung dar, sodass sie *indirekt* wesentlich dazu beitragen können, die Einführung innovativer Technologien zu fördern. Auf der anderen Seite fördert die Abwasserabgabe aber auch *direkt* Innovationen, da die Höhe der Abgabe von der Menge und der Schädlichkeit des eingeleiteten Abwassers abhängt.

---

## FÖRDERUNG DER KOMMUNALEN WASSERINFRASTRUKTUR 4.3

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die Inhalte der verschiedenen Förderprogramme des Bundes und der Länder, die auf Innovationen in der Wasserwirtschaft abzielen. Teilweise stellen wasserwirtschaftliche Anlagen allerdings nicht das primäre Förderobjekt dar, sondern werden aufgrund ihrer impliziten Funktion für übergeordnete Förderziele (z. B. einer wirtschaftsnahen Infrastruktur) unterstützt. Häufig werden explizit Kleinkläranlagen gefördert, meist dürfen Kommunen, manchmal auch Privatunternehmen Anträge auf Förderung stellen. Die Finanzierung der Programme erfolgt teilweise aus der Abwasserabgabe; sie stellen also eine Umsetzung der oben beschriebenen Verwendungsgebote der jeweiligen AG AbwAG dar.

In Tabelle V.2 sind Förderprogramme für Unternehmen und Kommunen auf Bundes- und Landesebene aufgelistet, die mit einem *starken Anreiz für den Einsatz innovativer Techniken* verbunden sind.

TAB. V.2 FÖRDERPROGRAMME MIT STARKEN INNOVATIONSANREIZEN

Land	Förderprogramm (Fördersumme)	Fördergegenstand
Bund	BMU: Umweltinnovationsprogramm (UIP) – (ca. 25 Mio. Euro/Jahr)  KfW: Energieeffiziente Quartiersversorgung	Demonstrationsvorhaben u. a. in den Bereichen Abwasserreinigung/Wasserbau; u. a. Förderschwerpunkt »Energieeffiziente Abwasseranlagen«  Investitionen in die energieeffiziente Wärme- und Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung im Quartier; Umrüstung von Energierückgewinnungssystemen in Gefällestrecken; Wärmerückgewinnung in öffentlichen Kanalsystemen; Energiegewinnung aus Klär- und Faulgasen
Baden-Württemberg	UM: Förderung wasserwirtschaftlicher Vorhaben (u. a. aus EFRE, ELER)	Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zur Vermeidung unzumutbarer Gebühren-/Beitragsbelastung; Flächenentsiegelung/Entsiegelungsprogramme; Maßnahmen zur Eliminierung von organischen Spurenschadstoffen aus dem Abwasser, u. a.
Bayern	STMUG: Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben (RZWas 2005)	Maßnahmen in den Bereichen Hochwasserschutz, Gewässerentwicklung, Wasserversorgung Abwasserbeseitigung, Sonderprogramme und kommunale Pilotvorhaben
Berlin	SSU: Umweltentlastungsprogramm (UEP II) (160 Mio. Euro von 2007–2013)	Innovative und ressourcenschonende Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung; Forschungsvorhaben zur Entfernung pathogener Mikroorganismen aus dem gereinigten Abwasser
Bremen	SUBV: Ökologische Regenwasserbewirtschaftung	Flächenentsiegelungsmaßnahmen; Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; Gebäude mit Regenwassernutzungsanlagen; Dachbegrünung
Hamburg	BSU: Förderprogramm für Umwelttechnologie	Effizienter Umgang mit Ressourcen wie Energie, Wasser und Rohstoffen und nachhaltige Reduzierung von CO <sub>2</sub> und anderen Emissionen
Nordrhein-Westfalen	MKULNV: Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW (Zuschuss Darlehen); NRW.Bank: Ergänzungsprogramm Abwasser (Darlehenshöchstbetrag pro Projekt 5 Mio. Euro)	Energiesparmaßnahmen für öffentliche Abwasseranlagen; (dezentrale) Niederschlagswasseranlagen; Fremdwasserproblematik



## V. ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN

Land	Förderprogramm (Fördersumme)	Fördergegenstand
Rheinland-Pfalz	MULEWF: Zuwendungen für wasserwirtschaftliche Maßnahmen	Einsatz innovativer neuer Techniken, wenn die Investitionen wasserwirtschaftlich sinnvoll und zugleich ökoeffizient sind; Interkommunale Zusammenarbeit zur Leistungsoptimierung wasserwirtschaftlicher Anlagen; Modellvorhaben
Saarland	MUV: Aktion Wasserzeichen (135 Mio. Euro gesamt)	Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung sowie zur Fremdwasservermeidung und -entflechtung zur Reduzierung der hydraulischen Belastung von Abwasseranlagen
Thüringen	MLNU: Maßnahmen zur Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte  MBLV: Modernisierung und Instandsetzung von Mietwohnungen	Pilotanlagen zur Ableitung und Behandlung von Abwasser  Maßnahmen zur Verbesserung der Energie-, Wasserversorgung und Abwasserableitung und der Heizungs- und Warmwasserversorgung

Quelle: [www.foerderdatenbank.de](http://www.foerderdatenbank.de), ergänzende Recherchen (zu den verwendeten Abkürzungen siehe Anhang 4)

In Baden-Württemberg wird aus dem Programm »Förderung wasserwirtschaftlicher Vorhaben« unter anderem das Kompetenzzentrum Spurenstoffe gefördert. Es wird von der Universität Stuttgart in Kooperation mit der Hochschule Biberach und dem Landesverband Baden-Württemberg der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) betrieben und führt u. a. Forschungsvorhaben zur Untersuchung und Optimierung der Eliminierung organischer Spurenstoffe durch (UM 2012). Einen weiteren regionalen Förderschwerpunkt zur Reduzierung von Mikroschadstoffen gibt es in Nordrhein-Westfalen mit dem Programm »Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW«, das bis zu 70 % der Investitionskosten für die technologische Nachrüstung der Kläranlagen abdeckt. Außerdem wurde auch hier ein »Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW« gegründet.

Daneben konnten weitere Förderprogramme identifiziert werden, bei denen ebenfalls, aber in geringerem Maße *Innovationsaspekte angesprochen* werden (Tab. V.3).

TAB. V.3 FÖRDERPROGRAMME MIT GERINGEREN INNOVATIONSANREIZEN

Land	Förderprogramm (Fördersumme)	Fördergegenstand
Bund	KfW-Umweltprogramm: Finanzierung von Umweltschutzmaßnahmen gewerblicher Unternehmen	Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz/Materialeinsparung, zur Verbesserung der Abwasserreinigung und zur Abwasserreduzierung und -vermeidung
Bayern	STMUG: Richtlinien für die Zuwendung für Kleinkläranlagen 2010	biologische Reinigungsstufe in Kleinkläranlagen
Brandenburg	MWE: Gemeinschaftsaufgabe »Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur« – Förderung der wirtschaftsnahen kommunalen Infrastruktur – GRW – (GRW-I)	Errichtung, Ausbau oder Anpassung von Anlagen für Abwasserbeseitigung bzw. -reinigung; Nachweis der Nachhaltigkeit sowie Einfluss der Maßnahme auf demografische Entwicklung erforderlich
Mecklenburg-Vorpommern	MLUV: Förderung von Abwasseranlagen (FöRi-AW) (seit 2004 insgesamt 120 Mio. Euro)	Kleinkläranlagen zur biologischen Reinigung von Abwasser aus bestehenden Wohngebäuden für eine Abwassermenge bis zu 8 m <sup>3</sup> /Tag
Niedersachsen	MU: Kommunale Abwasserbeseitigung WRRL (förderfähige Gesamtinvestitionsvolumen ca. 13,4 Mio. Euro EFRE-Mittel)	Bau und Ausbau von Abwasserbehandlungsanlagen, mit dem Ziel, die Abwasserreinigung über den Stand der Technik hinaus zu betreiben, insbesondere mit innovativen Verfahren
Sachsen	SMUL: Förderrichtlinie Siedlungswasserwirtschaft 2009, ELER-Mittel	Neubau/Ertüchtigung von (Klein-)Kläranlagen, Misch- und SW-Kanäle sowie Teilortskanalisation und Sonderbauwerke (private KKA dann, wenn das Grundstück auf Dauer nicht an die öffentliche Abwasserentsorgung angeschlossen wird)
Sachsen-Anhalt	IB-Darlehen für Kleinkläranlagen (Sachsen-Anhalt KLAR) (max. Darlehenssumme 25.000 Euro)	Errichtung oder Umrüstung einer Kleinkläranlage oder abflusslosen Sammelgrube auf einem für überwiegend wohnwirtschaftliche Zwecke genutzten Grundstück
Schleswig-Holstein	MELUR: Anpassung von Kleinkläranlagen an die allgemein anerkannten Regeln der Technik (Nachrüstung) (ca. 40,9 Mio. Euro bis Ende 2008),	für Kleinkläranlagen privater Wohngebäude, in denen mindestens zweistufige Abwasserreinigung durchgeführt wird

Quelle: [www.foerderdatenbank.de](http://www.foerderdatenbank.de), ergänzende Recherchen (zu den verwendeten Abkürzungen siehe Anhang 4)

Die Tabellen zeigen, dass nahezu jedes Bundesland innovative Aspekte der Wasserver- und Abwasserentsorgung fördert. Besonders hervorzuheben sind die aktuellen Bestrebungen, die Belastung der Gewässer von Mikroschadstoffen durch innovative Techniken und Konzepte in der Abwasserreinigung zu reduzieren. Die Quelle dieser anthropogenen Spurenstoffe sind z. B. Medikamente, Kosmetika und Industriechemikalien bzw. ihre spezifischen Anwendungsformen. Eine besondere Relevanz dieses Problems ist dann gegeben, wenn die Trinkwassergewinnung direkt oder indirekt aus Oberflächengewässern erfolgt.

Die Förderprogramme zeigen z. T. deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Zielsetzungen und Anforderungen. Die (nur teilweise) verfügbaren Angaben zu den Fördersummen deuten an, dass der Anteil der Förderbeträge an den Gesamtinvestitionssummen bei Wasserinfrastrukturmaßnahmen eine erhebliche Relevanz besitzt. Dementsprechend verfügen die öffentlichen Förderprogramme über ein hohes Potenzial zur gezielten Förderung innovativer Techniken oder Konzepten.

Neben diesen vor allem durch die Bundesländer initiierten Programmen existieren bzw. existierten auch auf kommunaler Ebene Förderprogramme für den Einsatz neuer Technologien im Bereich der Wasserwirtschaft. Vor allem in den 1980er und 1990er Jahren gab es eine Vielzahl von Fördermaßnahmen zur Erhöhung der Wassernutzungseffizienz bzw. zur Nutzung von Regenwasser. Gerade im Bereich der Regenwassernutzungsanlagen kam diesen Förderprogrammen eine zentrale Bedeutung bei der Entwicklung des nationalen Markts zu, von dem ausgehend die Hersteller dann auch international eine sehr gute Marktposition erlangen konnten. Obwohl diese Fördermaßnahmen mittlerweile weitestgehend ausgelaufen sind, ist der Wachstumstrend dieser Branche ungebrochen. Gründe sind die Zunahme von Baugenehmigungen im Eigenheimbau, steigende Investitionen in Immobilien und in qualitativ hochwertige Anlagen sowie steigende Trink- und Abwassergebühren (Euwid 2012).

In einigen Programmen werden wasserrelevante Innovationen auch im Zusammenhang mit der Verbesserung der Energieeffizienz gefördert (z. B. im KfW-Programm »Energieeffiziente Quartiersversorgung«). Neben Wärmerückgewinnungsanlagen als Passivhauskomponente spielen auch Anlagen zur Erzeugung von regenerativer Energie (Fotovoltaik und Solarthermie) für die Warmwasserbereitung eine wichtige Rolle (MBV NRW 2009). Daneben stehen andere KfW-Mittel sowie Mittel des BMU (Klimaschutzinitiative und Marktanreizprogramm) zur Verfügung, um kommunale Energie- und Klimaschutzprogramme zu finanzieren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Finanzierung durch private Geldgeber über Contracting. Zu nennen ist außerdem die Förderung der Grauwassernutzung, durch die gleichzeitig die Energie- und die Wassernutzungseffizienz verbessert werden kann (Sellner 2012), in einigen Bundesländern und Kommunen (u. a. in Hamburg und Düsseldorf, [www.ewu-aqua.de/de/kompetenzen/grauwasser/foerderung.html](http://www.ewu-aqua.de/de/kompetenzen/grauwasser/foerderung.html)).

## UNTERNEHMENSNETZWERKE IM BEREICH WASSERTECHNOLOGIEN

5.

Die deutschen Wassertechnologieanbieter sind überwiegend klein- und mittelständisch strukturiert, die Ver- und Entsorgungsunternehmen sind weitgehend auf den Binnenmarkt konzentriert. Die Entwicklung innovativer Lösungen, insbesondere wenn es um übergreifende Systemansätze geht, sowie die Vermarktung der Produkte auf dem Weltmarkt stellen deshalb für die deutschen Anbieter aus der Wasserbranche oft eine besondere Herausforderung dar. Seit einigen Jahren gibt es deshalb Versuche, Netzwerke zwischen unterschiedlichen Institutionen zu gründen, die diese Innovations- und Markthemmnisse verringern sollen. Im Einzelnen werden folgende Gründe für die Notwendigkeit einer stärkeren Vernetzung von Akteuren angeführt:

- › Schaffung einer breiteren Informationsbasis über Lösungen und Märkte,
- › Generierung oder Verbesserung »integrierter Lösungskompetenzen«,
- › Ergänzung der Wertschöpfungskette,
- › gemeinsame Nutzung von Vertriebswegen,
- › integrierte Entwicklung angepasster Verfahren und Technologien,
- › Kostenreduktion durch die gemeinsame Nutzung von Ressourcen und
- › Schaffung einer höheren Erfolgswahrscheinlichkeit bei Akquisition von Auslandsaufträgen, resultierend aus einem stärkeren Leistungsangebot (Kluge et al. 2010, S. 57 f.).

Insgesamt soll die Vernetzung dazu dienen, die Wettbewerbssituation der Unternehmen langfristig zu verbessern.

Basierend auf den Ergebnissen des Projekts »Wasser 2050« können folgende Exportnetzwerke als relevant für die Wasserwirtschaft genannt werden (Kluge et al. 2010, S. 59 ff.):

- › *Bayern International – Bayerische Gesellschaft für Internationale Wirtschaftsbeziehungen mbH:*  
Mittelständische Exportförderung durch den Freistaat Bayern durch Meseförderung, Delegations- und Unternehmensreisen – auch für die Wasserwirtschaft; im Rahmen der Marketing- und Vertriebsinitiative »Bayern – Fit for Partnership« werden u. a. internationale Entscheidungsträger der Wasserwirtschaft für Weiterbildungsprogramme eingeladen ([www.bayern-international.de](http://www.bayern-international.de));
- › *Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung e.V. – BDZ:*  
Plattform im Bereich dezentrale Abwassertechnik mit Mitgliedern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung ([www.bdz-abwasser.de/](http://www.bdz-abwasser.de/));

^  
>  
v  
V. ENTWICKLUNG UND DIFFUSION NEUER TECHNOLOGIEN

- > *Bremen Overseas Research and Development Association e.V. – BORDA:*  
entwicklungspolitisches Netzwerk zur Verbesserung der Lebensverhältnisse sowie Erhaltung des Ökosystems ([www.borda-net.org](http://www.borda-net.org));
- > *Deutsch-Polnische Wirtschaftsentwicklungsgesellschaft mbH:*  
Beratung, Analysen, Kontaktvermittlung und Kooperationsanbahnungen zwischen deutschen, polnischen und rumänischen Unternehmen; Projekte betrafen u. a. den Aufbau von Handelsstrukturen hinsichtlich Wasser- und Abwasseranlagen ([www.depowi.de](http://www.depowi.de));
- > *Euro-Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH – EITEP:*  
Hilfestellung für klein- und mittelständische Produzenten, Dienstleister und Betreiber aus dem Energie-, Wasser- und Umweltfach ([www.eitep.de/de](http://www.eitep.de/de));
- > *Internationales Dialogzentrum Umwelt und Entwicklung – IDCED:*  
Aufbau leistungsfähiger Infrastrukturen in der Wasser-, Abfall- und Energiewirtschaft und Umsetzung umweltorientierter Unternehmenskonzepte in der Wirtschaft ([www.idced.com](http://www.idced.com));
- > *KompetenzNetzwerk Hamburg Wasser:*  
Zusammenschluss von Unternehmen und Institutionen mit dem Ziel, gebündeltes Know-how für nachhaltige und zukünftige Technologien und Projekte einzusetzen, [www.hamburgwasser.de](http://www.hamburgwasser.de) );
- > *Kompetenzzentrum Wasser Berlin:*  
Gemeinnützige Netzwerksgesellschaft für Wasserforschung und Wissenstransfer mit den Gesellschaftern Veolia Wasser, Berlinwasser Gruppe und TSB Technologiestiftung Berlin ([www.kompetenz-wasser.de](http://www.kompetenz-wasser.de));
- > *Norddeutsches Wasserzentrum – NWZ:*  
Kompetenzzentrum und Netzwerk der Wasserbranche als *Forum* für Wissen, Kompetenz und zum Ausgleich von Interessen sowie als *Börse* zur Vermittlung von Produkten, Ingenieurleistungen und Betreiber-Know-how ([www.water-click.de/nwz\\_aktuell.cfm](http://www.water-click.de/nwz_aktuell.cfm));
- > *Projekt Technologietransfer Wasser – TTW:*  
Bayrisches Netzwerk von kleinen und mittleren Unternehmen zum Technologietransfer im Sinne der Agenda 21 ([www.lfu.bayern.de/wasser/ttw/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/ttw/index.htm)).

Darüber hinaus gibt es allgemeine Netzwerke von Unternehmen aus der Umwelttechnik, in denen die Wasserwirtschaft eine Teilmenge darstellt. Einige Programme zur Unterstützung einer solchen Vernetzung in den Bundesländern zeigt Tabelle V.4. Diese Vielzahl von Netzwerken führt dazu, dass zahlreiche Informationen über die relevanten Märkte und Länder vorhanden sind und auch verbreitet werden. Allerdings besteht bei den regionalen, parallel arbeitenden Netzwerken die Gefahr von Doppelarbeit beispielsweise hinsichtlich der Aufarbeitung von Informationen und somit einer geringen Effizienz der Informationsverbreitung. Die Zusammenarbeit beschränkt sich meist auf eine geringe Zahl von Unternehmen und einfache Maßnahmen wie z.B. Ausrichtung von Gemein-



schaftsständen (Kluge et al. 2010, S. 83 f.). Die Einsicht in die Notwendigkeit, in wesentlich stärkerem Umfang Netzwerkstrukturen zu fördern, Informationen zentral auszuwerten und zur Verfügung zu stellen sowie für eine Exportförderung effizient zu nutzen, führte 2009 zur Gründung der Dachmarke »German Water Partnership« (GWP). Die aus einem Zusammenschluss von dreizehn wasserwirtschaftlichen Unternehmen in Nordrhein-Westfalen (German Water e.V.) hervorgegangene Plattform zur Bündelung wasserwirtschaftlicher Interessen hat vier Bundesministerien sowie das Auswärtige Amt als Partner. Es handelt sich um ein Netzwerk von privaten und öffentlichen Unternehmen aus dem Wasserbereich sowie Fachverbänden und Institutionen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung. GWP bündelt Aktivitäten, Informationen und Innovationen des deutschen Wassersektors mit dem Ziel, die internationale Wettbewerbsposition von Wirtschaft und Forschung zu stärken. Die Finanzierung erfolgt über Mitgliedsbeiträge, die nach Art und Größe der Institution gestaffelt sind ([www.germanwaterpartnership.de](http://www.germanwaterpartnership.de)).

**TAB. V.4** NETZWERKE VON UMWELTECHNISCHEN UNTERNEHMEN

Baden-Württemberg	Kompetenzatlas Umwelttechnologie und Ressourceneffizienz	<a href="http://www.kompetenzatlas-umwelttechnik.de">www.kompetenzatlas-umwelttechnik.de</a>
Bayern	Cluster Offensive Bayern	<a href="http://www.umweltcluster.net/">www.umweltcluster.net/</a> <a href="http://www.cluster-bayern.de">www.cluster-bayern.de</a>
Berlin/Brandenburg	Gemeinsame Innovationsstrategie der Länder Berlin und Brandenburg (innoBB)	<a href="http://www.innovatives-brandenburg.de/index.maintenance.html">www.innovatives-brandenburg.de/index.maintenance.html</a>
Bremen	initiative umwelt unternehmen	<a href="http://www.umwelt-unternehmen.bremen.de">www.umwelt-unternehmen.bremen.de</a>
Hamburg	Unternehmen für Ressourcenschutz	<a href="http://www.klima.hamburg.de">www.klima.hamburg.de</a>
Hessen	Aktionslinie Hessen-Umwelttech	<a href="http://www.hessen-umwelttech.de">www.hessen-umwelttech.de</a>
Sachsen	Wirtschaftsförderung Sachsen	<a href="http://www.sab.sachsen.de">www.sab.sachsen.de</a>
Schleswig-Holstein	Innovationsberatung, -audit, Förderprogramme	<a href="http://www.wtsh.de">www.wtsh.de</a>
Thüringen	Thüringen Greentech	<a href="http://www.thueringen.de">www.thueringen.de</a>

Quelle: BMU 2012, S.208 ff.

Das Netzwerk ist inzwischen etabliert und in mehrere Regierungsinitiativen, wie beispielsweise die Hightech-Strategie, eingebunden. Eine besondere Stärke ist die Möglichkeit, durch mehr als 300 Mitglieder aus Wirtschaft, Forschung und Politik Know-how aus einer Hand anzubieten: von der Projektidee über die Entwicklung, die Planung und den Bau bis hin zum langfristigen Betrieb von Anlagen.



Untersuchungen von Niederste-Hollenberg et al. (2012) zeigten, dass das teils schwierige Umfeld auf dem internationalen Markt es erforderlich macht, das Netzwerk noch weiter zu stärken, um einerseits effektiv als »Türöffner« in bestimmten Ländern zu fungieren und andererseits die Bereitschaft der zum Teil konkurrierenden Unternehmen zum Wissensaustausch zu erhöhen. Daher erscheinen weitere Schritte zur dauerhaften Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wasserwirtschaft auf internationalen Märkten notwendig. So sollte die GWP ihre Rolle als Wissensmanager aktiver ausüben. Dazu gehört die Etablierung eines systematischen Erfahrungs- und Wissensaustauschs zu Themen wie interkulturelle Kompetenz, Vertragsrecht oder bewährte Vorgehensweisen vor Ort. Des Weiteren könnte die Unterstützung von KMU bei (internationalen) Förderanträgen institutionalisiert werden.

---

## ÜBERBLICK ÜBER DIE BEDEUTUNG TECHNISCHER NORMEN UND REGELWERKE IM WASSERSEKTOR

6.

Die Rolle technischer Normen und Regelwerke im Bereich der Wassertechnologien wird bereits seit vielen Jahren diskutiert. In einer umfassenden Studie wurden vor einiger Zeit die grundsätzlichen Aspekte dieser Fragestellung aufgearbeitet und anhand von Analysen der Prozesse der Normenbildung und -fortschreibung sowie konkreter Fallbeispiele empirisch für den Bereich der kommunalen Abwasserentsorgung untersucht (Böhm et al. 1998 u. 1999). Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeiten werden im Folgenden zusammengefasst sowie hinsichtlich ihrer Aktualität überprüft.

Grundsätzlich ist der Nutzen von Normen für den Warenverkehr, die Massenproduktion oder die Ausgestaltung technischer Prozesse nicht infrage zu stellen. Allerdings wird diskutiert, wie weit sie, im Übermaß oder an falscher Stelle eingesetzt, kontraproduktiv wirken und durch überzogene Standards volkswirtschaftliche Belastungen entstehen, beispielsweise durch die Hemmung oder Verhinderung von Innovationen. Im deutschen Umweltrecht werden teilweise Rechtsbegriffe verwendet, die erst auf der Ebene der Ausführungsverordnung mit technischen Einzelheiten und Standards konkretisiert werden. Diese Konkretisierung wird teilweise durch private Normungsinstitutionen vorgenommen, im Wasserbereich beispielsweise durch die DWA oder die DVGW. Über solche Institutionen kann der technische Sachverstand, das Branchen-Know-how, organisiert und relativ schnell auf technische Entwicklungen reagiert werden. Auf der anderen Seite können bei solchen Prozessen Interessenskonflikte zwischen den Beteiligten auftreten und es ist deshalb auf eine ausgewogene Zusammensetzung und eine adäquate Arbeitsweise dieser Normungsgremien zu achten.



Im untersuchten Bereich besteht eine Vielzahl an relevanten Regelungen. Der überwiegende Teil besitzt jedoch vorwiegend koordinierenden Charakter mit dem Ziel, beispielsweise einheitliche Maße, Qualitätsniveaus oder Lieferbedingungen festzuschreiben. Diesen Regelungen wird nur eine geringe Kostenrelevanz zugeschrieben, durch Erleichterungen beispielsweise bei der Massenproduktion führen sie eher zu einer Kostenreduktion. Daneben gibt es Normen bzw. Regelwerke mit stark regulierendem Charakter, die beispielsweise bei Planungsaufgaben, bei der Bemessung und Ausführung von Verfahrens- und Anlagentechnik sowie bei Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen angewendet werden und entsprechend eine hohe Kostenreduktion bewirken.

Vor allem durch neue Anforderungen und neue technische Entwicklungen wurde für die 1980er und 1990er Jahre ein deutlicher Anstieg der Normen festgestellt, der sich vor dem Hintergrund der Entwicklungen beispielsweise zur Elimination von Mikroschadstoffen oder zur Verbesserung der Energieeffizienz zwischenzeitlich fortgesetzt haben dürfte.

Die empirischen Untersuchungen zeigten die große Bedeutung der Regelwerke: In Deutschland wird im Bereich der Wasserwirtschaft fast nur unter Nutzung dieser Regelwerke geplant und gebaut. Relevant sind dabei besonders die regulierenden Normen, die jedoch grundsätzlich Spielraum lassen, beispielsweise bei der Verfahrenswahl oder der Bemessung gezielt abzuweichen. Dies setzt jedoch entsprechend gute Kenntnisse des Planers sowie die Akzeptanz durch Betreiber und Genehmigungsbehörde voraus. Aufgrund des damit verbundenen Haftungsrisikos wird dieser Spielraum nur sehr selten genutzt.

Bedingt durch diese unzureichende Nutzung der eigentlich vorhandenen Spielräume bei der Anwendung regulierender Normen ist davon auszugehen, dass hinsichtlich der Innovationswirkung negative Effekte überwiegen, obwohl insgesamt eine überwiegend positive Wirkung der Normenanwendung festgestellt wurde.

Aufbauend auf den vorgeschlagenen Maßnahmen, die die erkannten Defizite bei der Erarbeitung und Anwendung von Normen abbauen oder beseitigen sollten (unterteilt nach den Bereichen Normeninhalte, Gremienbeteiligung, Verbesserung der Normenbildung und Verbesserung der Normenanwendung) wurden in den letzten Jahren Verbesserungen erreicht. Dies betrifft insbesondere die breitere Öffnung der Gremien, die regelmäßige Überarbeitung der Normen oder auch eine grundsätzliche Berücksichtigung von Kostenaspekten. Vor dem Hintergrund der Erfahrungen des Fraunhofer ISI (vgl. Hillenbrand/Hiessl, 2010) bei der Umsetzung innovativer Wasserinfrastrukturkonzepte in Deutschland ist allerdings davon auszugehen, dass es hinsichtlich des für die Innovationswirkung wichtigen Punktes, der Nutzung der vorhandenen Spielräume der Regelwerke zum Einsatz von innovativen Lösungen, keine wesentlichen Veränderungen gegeben hat. An dieser Stelle besteht deshalb weiterhin Handlungsbedarf.

---

## PERSPEKTIVEN DEUTSCHLANDS FÜR EINE LEITANBIETERPOSITION

7.

Die im Kapitel IV.1 beschriebene Marktentwicklung für Wassertechnologien eröffnet Exportchancen für die Anbieter dieser Technologien. In der wissenschaftlichen Diskussion über »Leitmärkte« haben sich unterschiedliche Faktoren herauskristallisiert, die in einer Gesamtschau in ihrer Kombination analysiert werden müssen, damit die Fähigkeit eines Landes vergleichend beurteilt werden kann, zukünftig als Leitanbieter auf den Weltmärkten aufzutreten. In diesem Abschnitt erfolgt eine entsprechende Einschätzung der Positionierung Deutschlands bei diesen Faktoren, um darauf aufbauend eine Gesamtbewertung der Erfolgsaussichten Deutschlands für eine Leitanbieterposition auf den Märkten für Wassertechnologien vorzunehmen.

Neben der preislichen Wettbewerbsfähigkeit werden Außenhandelserfolge auch durch den Qualitätswettbewerb bestimmt. Gerade bei technologieintensiven Gütern hängen hohe Marktanteile von der Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft und der frühzeitigen Marktpräsenz ab (Cantwell 2005). Besonders pointiert werden diese Zusammenhänge in dem Begriff »first-mover advantage« ausgedrückt: Eine forcierte nationale Strategie, die den heimischen Markt zum weltweiten Leitmarkt entwickelt, führt demnach dazu, dass sich die betreffenden Länder frühzeitig auf die Bereitstellung der hierzu erforderlichen Güter spezialisieren. Bei einer nachfolgenden Zunahme der internationalen Nachfrage nach diesen Gütern sind diese Länder dann aufgrund ihrer frühzeitigen Spezialisierung und des erreichten Innovationsvorsprungs in der Lage, sich im internationalen Wettbewerb durchzusetzen und zum Leitanbieter zu werden. Die Gestaltung der Leitmärkte ist damit ein nachfrageorientiertes Instrument der Innovationspolitik (Edler et al. 2007), das im Ergebnis die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie stärken und ihre Chancen für eine Leitanbieterposition erhöhen soll.

Allerdings reicht eine nachfrageorientierte Innovationspolitik allein nicht aus, um die erwünschten Wettbewerbserfolge zu erzielen. Erstens müssen leistungsstarke heimische Anbieter existieren, die in der Lage sind, erfolgreich auf dem Weltmarkt zu agieren. Zweitens können die First-Mover-Vorteile nur bei Gütern über längere Zeit aufrechterhalten werden, bei denen die kurzfristigen Kostenvorteile nicht der allein entscheidende Wettbewerbsparameter sind. Drittens wird eine hohe Bedeutung des Qualitätswettbewerbs durch eine hohe Wissensintensität und Innovationsdynamik der betrachteten Güter begünstigt. Sind diese Bedingungen erfüllt, wird der Aufbau der zur Produktion in Drittländern notwendigen Kompetenzen komplexer und die Bedeutung der Kostenfaktoren im Wettbewerb nimmt an Bedeutung ab (Amable/Verspagen 1995; Wakelin 1997; Archibugi/Pietrobelli 2004; Asheim/Gertler 2005). Die Dynamik der Wissensgenerierung und Patententwicklung bei Wassertechnologien, die in den Kapi-

teln III.3 und III.4 untersucht wurde, deutet darauf hin, dass dies auch für Wassertechnologien gilt. Damit können diejenigen Länder am ehesten ein bedeutender Leitanbieter auf den Exportmärkten werden bzw. längerfristig bleiben, die sowohl ein leistungsfähiges und ausdifferenziertes Innovationssystem aufgebaut und auf die Bedürfnisse des Weltmarktes abgestimmt haben als auch über wettbewerbsfähige Anbieter mit entsprechenden Erfahrungen verfügen. Die Kombination dieser angebots- und nachfrageorientierten Faktoren führt dann zu Leistungsverbänden, die nicht einfach kopiert oder verlagert werden können.

Folgende Faktoren haben sich als relevant für die Beurteilung der Aussichten herauskristallisiert, eine Leitanbieterposition einzunehmen (Wakelin 1997; Beise 2004; Cantwell 2005; Walz 2006; 2010; 2012): technologische Leistungsfähigkeit, Marktkontextfaktoren auf der Angebots- und der Nachfrageseite, Akteurs- und Systemstruktur sowie Regulierungsvorteile. Für die Einschätzung des Potenzials Deutschlands, die Position eines Leitanbieters bei Wassertechnologien einzunehmen, ist es erforderlich, diese Faktoren aus systemischer Sicht zu beurteilen. Eine belastbare Beurteilung des Potenzials für eine Leitanbieterstellung erfordert eine Vielzahl von quantitativen und qualitativen Einschätzungen. Im Hinblick auf die Vorbereitung einer Gesamtbewertung wurden die einzelnen Einschätzungen für jeden der fünf Faktoren zu einem numerischen Gesamtwert zwischen 1 (weniger gute Bedingungen) und 3 (sehr gute Bedingungen) verdichtet. Dabei ist zu bedenken, dass die einzelnen Technologielinien innerhalb der Wassertechnologien diese Bedingungen jeweils besser oder schlechter erfüllen.

Außenhandelserfolge bei technologieintensiven Gütern setzen eine hohe technologische Leistungsfähigkeit voraus (Dosi/Soete 1988; Fagerberg 1995). Entsprechend kommt Indikatoren wie transnationalen Patenten oder Publikationen, die die Leistungsfähigkeit technologiespezifisch und zugleich ländervergleichend messen, auch erhebliche Bedeutung für die Erklärung von Außenhandelserfolgen zu (Wakelin 1997; Andersson/Ejermo 2008; Madsen 2008). Die Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit beruht auf den Analysen mit den Innovationssindikatoren, wie sie im Kapitel III.3 vorgestellt wurden. Mit einem Patentanteil von 12,7% liegt Deutschland hier doch deutlich hinter den USA und Japan, die auf 18% bzw. 17% kommen. Die Spezialisierung ist bei den Patenten unterdurchschnittlich ausgeprägt (RPA von -12). Hinsichtlich der Publikationen ist eine deutlich unterdurchschnittliche Spezialisierung festzuhalten (RLA von -35). Insgesamt wird die technologische Leistungsfähigkeit des Bedarfsfeldes zwischen weniger gut und gut bewertet (Score von 1,6).

Die Marktkontextfaktoren auf der Nachfrageseite beruhen auf den Arbeiten von Porter (1990) und Hippel (1988), und wurden von Beise (2004) in die Faktoren Nachfrage- und Preisvorteil eingeteilt. Ein Nachfragevorteil liegt vor, wenn ein Land die globalen Trends und die künftigen Anforderungen an die Technologien früher antizipiert als andere Länder. Bezüglich des Nachfragevorteils gilt, dass

Deutschland in Teilbereichen nach wie vor eine Vorreiterrolle in der Einführung von Neuerungen einnimmt. Dies gilt insbesondere in Bereichen wie der Elimination von Mikroschadstoffen, der Steigerung der Energieeffizienz von Wassertechnologien oder dem Phosphorrecycling. Ein technologiespezifischer Preisvorteil liegt vor, wenn in einem Land die durch Lern- und Skaleneffekte sowie durch Verbundvorteile hervorgerufenen Preisreduktionen von Innovationen besonders stark ausgeprägt sind. Ein Indiz für die nachfrageseitigen Faktoren ist damit das Wachstum des Heimmarktes. Wenn er überproportional stark wächst, kann es sowohl zu skalenbedingten Preisvorteilen kommen als auch besonders viele Gelegenheiten für die Gewinnung von Anwendererfahrungen und die Interaktion zwischen Nutzern und Herstellern von Technologien geben. In Deutschland spricht der erhebliche (Re-)Investitionsbedarf aufgrund des Sanierungsbedarfs der bestehenden Netze, des zusätzlichen Anpassungsbedarfs aufgrund des Klimawandels und des demografischen Wandels für eine auch in Zukunft hohe Nachfrage nach Wassertechnologien. Auch werden von den steigenden ökologischen Anforderungen sowie den Schnittstellen zur Energiewende Impulse ausgehen, die eine Steigerung der Nachfrage bewirken. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Nachfragesteigerung in den Ländern, die noch vor dem Neuaufbau der Wasserinfrastruktur stehen, noch höher ausfallen wird. Des Weiteren könnte die immer wieder neu auflebende Diskussion um die Begrenzung der Wasserpreise und damit verbundener Spardruck dazu führen, dass Investitionen soweit wie möglich zeitlich verschoben werden. Insgesamt werden die nachfrageseitigen Marktkontextfaktoren daher mit gut bis sehr gut (Score von 2,5 im Spinnendiagramm) beurteilt.

Von Beise (2004) werden mit dem Transfer- und Exportvorteil ebenfalls zwei Erfolgsfaktoren angeführt, die sich auf die Marktkonstellation des Angebots beziehen. Der Transfervorteil beschreibt einen Demonstrationseffekt über die Funktionsfähigkeit der Technologie, die exportiert werden soll. Je bekannter und angesehener Wassertechnologien aus Deutschland auf der ganzen Welt sind, umso stärker fällt der Transfervorteil aus. Des Weiteren fällt der Transfer von Technologien umso leichter, je größer die Kompetenzen der Exporteure im internationalen Marketing und ihre Kenntnisse über die ausländischen Märkte sind. Diese Faktoren sind im internationalen Vergleich besonders gut ausgeprägt, wenn das betrachtete Land im jeweiligen Technologiefeld bereits einen hohen Exportanteil und eine hohe Exportspezialisierung erreicht hat. Deutschland weist bei den potenziell wichtigen Wassertechnologien einen Welthandelsanteil von 16,6 % auf und ist damit führender Exporteur in diesem Bereich. Dies drückt sich auch in einer überdurchschnittlichen Spezialisierung auf diese Güter im deutschen Exportportfolio (RWA von 45) und im Außenhandelsaldo (RCA von 51) aus. Bezüglich des Transfervorteils ist also eine sehr gute Ausgangsposition Deutschlands festzustellen.

Ein Exportvorteil liegt vor, wenn das Angebot der Technologiehersteller auch die länderspezifischen Anforderungen an die Technologien abdeckt und damit auf unterschiedliche Nachfragebedingungen auf dem Weltmarkt eingehen kann. Je gleichmäßiger sich die Exporte auf die einzelnen Exportmärkte verteilen, desto eher ist zu erwarten, dass das Exportangebot in der Lage ist, die unterschiedlichen Nachfragebedingungen auch tatsächlich abzudecken (Cleff/Rennings 2012; Walz/Köhler 2014). Vorgeschlagen wird daher, die räumliche Konzentration der Exporte auf die sechs größten Zielländer als Indikator für die Beurteilung des Transfervorteils heranzuziehen. Die Ergebnisse im Kapitel III.5 belegen, dass 37,4 % der wassertechnologiebezogenen Exporte Deutschlands in die sechs größten Zielländer gehen. Damit liegt dieser Wert in der Größenordnung des Werts von 40 %, der im Durchschnitt aller Industriegüterexporte Deutschlands erreicht wird. Da Deutschland als exportorientiertes Land nicht nur auf einige wenige Zielmärkte fokussiert ist, kann eine räumliche Konzentration, die noch unter dem Durchschnittswert aller Industriewaren liegt, als positiv gewertet werden. Einschränkend muss jedoch bedacht werden, dass Deutschland überwiegend in die EU-Staaten und andere OECD-Länder exportiert, d.h. nicht in die Staaten, in denen ein besonders großes Wachstum des Wassertechnikmarktes zu erwarten ist. Die Verteilung auf unterschiedliche Zielländer, die als Indikator für eine breite Erfassung der vielfältigen Präferenzen des Auslandsmarktes herangezogen wird, wird daher insgesamt als »gut« beurteilt. In der Gesamtbewertung der angebotsbezogenen Marktkontextfaktoren führt dies zu einem Gesamtergebnis zwischen gut und sehr gut (Score von 2,5).

Die Verbesserung der eigenen Position im Qualitätswettbewerb hängt auch von der Akteurs- und Systemstruktur ab. Neben Größenaspekten der einzelnen Akteure und der Bildung von Unternehmensnetzwerken ist auch die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Herstellern und Nutzern der Technologien von Bedeutung (Lundvall 1988). Eine Systemstruktur, die zu einer Koordination der Wertschöpfungskette führt, und auf Wissen aus wettbewerbsfähigen, produktionstechnisch eng verbundenen Sektoren zurückgreifen kann, begünstigt ebenfalls eine Leitanbieterposition (Fagerberg 1995). Die Beurteilung der System- und Akteursstruktur greift auf die qualitativen Einschätzungen zurück, die bei der Analyse des Innovationssystems der deutschen Wasserwirtschaft und der Struktur der Wasserwirtschaft erarbeitet wurden (Kap. V.1 bis V.5). Hierbei ergibt sich ein gemischtes Bild. Die deutschen Anbieter sind vielfach KMU, die mit großen ausländischen Playern konkurrieren. Große und erfolgreiche deutsche Player gibt es am ehesten unter den Herstellern einzelner Komponenten (z. B. Pumpenhersteller, Mess-/Steuer-/Regelungstechnik). In Deutschland ist die gesamte Wertschöpfungskette durch heimische Anbieter vertreten. Allerdings sind im Vergleich zu ausländischen Konkurrenten kaum Systemanbieter vorhanden. Insbesondere für Erfolge auf sich neu entwickelnden Märkten ist dies ein Manko, da hier vielfach ein integriertes Angebot unter Einbezug von Finanzierungs- und Betreiberkon-

zepten gefordert wird. Die Vernetzung zwischen den Akteuren hat sich in den letzten Jahren eher verbessert, was im Hinblick auf die Exportinitiativen insbesondere in den Aktivitäten der German Water Partnership seinen Ausdruck findet. Bei den Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft spielen Verbundforschungsvorhaben und damit auch die Forschungsförderung eine wichtige Rolle. Hier bleibt abzuwarten, ob die in der jüngsten Vergangenheit auf den Weg gebrachte Steigerung der Intensität der Zusammenarbeit der verschiedenen Akteursgruppen (Wissenschaft, Technikanbieter und -anwender) die gewünschten Erfolge zeigt und zur dauerhaften Vernetzung beitragen kann. Hinsichtlich der komplementären Sektoren ist der Maschinenbau gerade für die Wassertechnologien ein zentraler Akteur. Der Maschinenbau ist in Deutschland traditionell ein sehr wettbewerbsfähiger und innovativer Sektor, von dessen Wissensgenerierung die Wassertechnologien profitieren können. In der Gesamtschau aller Faktoren, die für die Akteurs- und Systemebene betrachtet werden, kann die Ausgangsposition als (etwas besser als) gut charakterisiert werden (Score von 2,25).

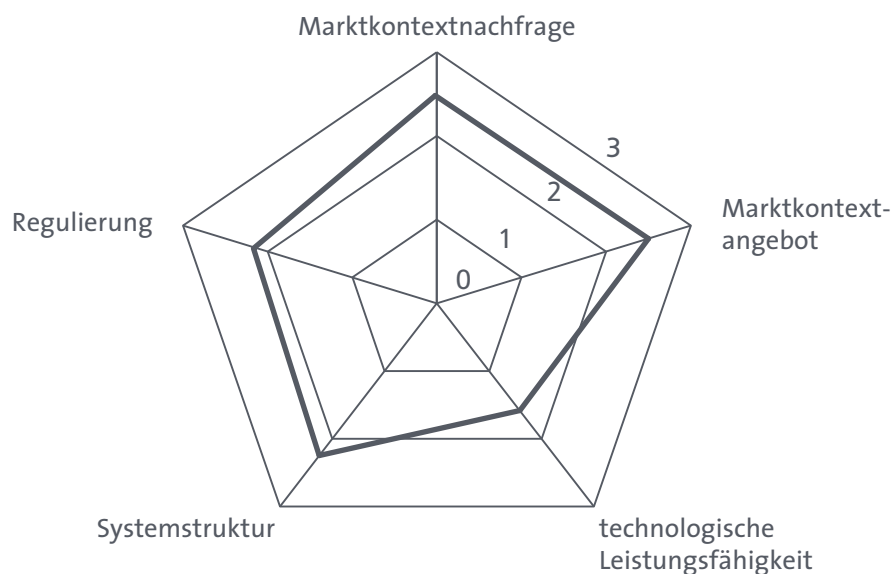
Innovationen werden darüber hinaus in vielfältiger Weise von der Regulierung beeinflusst. Im Kapitel V.1 wurde bereits beschrieben, dass das Innovationssystem der Wasserwirtschaft sehr stark durch die Umweltpolitik beeinflusst wird. Dem Land, das ein fortschrittliches Regulierungssystem aufweist, das von anderen Ländern übernommen wird, winken Vorteile: Die Unternehmen passen sich in ihren institutionellen Arrangements an die jeweiligen Anforderungen an. Setzt sich ein nationales Regulierungsregime international durch, weisen die heimischen Unternehmen aufgrund ihrer frühzeitigen Anpassung auch auf dem internationalen Wettbewerb Vorteile auf. Dabei ist es wichtig, dass die Akteure die Regulierung als stabil und vorhersehbar erachten. Gleichzeitig kommt der Regulierung die Funktion zu, mittelfristige ambitionierte Ziele zu spezifizieren, die zur Orientierung der Innovationsrichtung beitragen (Jänicke/Lindemann 2010). Die Beurteilung der Regulierungsfaktoren beruht weitgehend auf qualitativen Einschätzungen, die sich aus den Ausführungen in den Kapiteln V.1 bis V.4 ergeben. In der Vergangenheit hatte Deutschland eine Vorreiterrolle inne, z.B. bei der Initiierung von Anforderungen an die kommunale oder industrielle Abwasserbehandlung, die u. a. in die EU-Kommunalabwasserrichtlinie mündeten. Seit der Etablierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie hat sich der Schwerpunkt neuer Politikansätze jedoch stärker auf die EU-Ebene verlagert. Das durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie postulierte Flussgebietsmanagement ist nicht mit einer Vorreiterrolle Deutschlands verbunden. In Teilbereichen der Konkretisierung weiter gehender wasserwirtschaftlicher Zielsetzungen kommt Deutschland hingegen beispielsweise bei der Problematik der Mikroschadstoffe und den mit dem Energie- und Ressourceneinsatz verbundenen Aspekten noch immer eine Vorreiterrolle zu. Die Stabilität der rechtlichen Rahmenbedingungen ist in Deutschland insgesamt als positiv einzustufen. Allerdings bestehen Unsicherheiten z.B. hinsichtlich gewisser Detailregelungen, vor allem wenn diese zwischen den Bundes-



ländern umstritten sind bzw. mit deutlichen Unterschieden umgesetzt werden. Insgesamt kann die Position Deutschlands derzeit bezüglich der Regulierungskomponenten daher mit gut bewertet werden (Score von 2,2).

Einen Überblick über die Einschätzung der Leitanbieterfähigkeit Deutschlands gibt Abbildung V.17. Hierbei wird die qualitative Einschätzung in eine Punkteskala übersetzt, die zu Punktwertungen für die Leitanbieterposition zwischen 1 (weniger gut) bis 3 (sehr gut) führt. Hinsichtlich der einzelnen Faktoren heben sich die angebots- und nachfrageseitigen Marktkontextfaktoren nach oben ab. Auch die system- und akteursbezogenen Elemente sowie die Regulierungsseite werden insgesamt noch etwas besser als gut eingeschätzt. Auffallend ist jedoch, dass gerade bei der technologischen Leistungsfähigkeit der Wert abfällt. Bei diesem Faktor hat sich die Position Deutschlands im Verlauf der Jahre signifikant verschlechtert.

ABB. V.17 GESAMTEINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN LEITANBIETERFÄHIGKEIT DEUTSCHLANDS BEI WASSERTECHNOLOGIEN



Eigene Darstellung

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist das Zusammenspiel der Faktoren im Zeitablauf zentral. Die Erfolge Deutschlands in der Vergangenheit beruhen auf einem klassischen First-Mover-Advantage: Der Handlungsdruck in Deutschland führte zu einer Vorreiterrolle Deutschlands. Damit einher ging der Aufbau einer sehr hohen technologischen Leistungsfähigkeit. Dies hat zu beträchtlichen Wettbewerbserfolgen der deutschen Anbieter geführt, was wiederum den Transfer- und Exportvorteil Deutschlands und damit die angebotsseitigen Marktkontextfaktoren erhöht und zu einer Selbstverstärkung der Leitanbieterfähigkeit



geführt hat. Diese hervorragende Positionierung Deutschlands in der Vergangenheit wirkt bis heute nach und spiegelt sich in den beträchtlichen heutigen Exporterfolgen wider.

Allerdings haben sich im Laufe der Zeit einige wichtige Änderungen ergeben: Nach den erreichten Erfolgen im Gewässerschutz in Deutschland ist die öffentliche Bedeutung des Wasserbereichs gegenüber anderen Umweltthemen wie dem Klimaschutz etwas in den Hintergrund geraten. Die im Zeitablauf fluktuierende Forschungsförderung hat diese Wahrnehmung auch gegenüber den Akteuren im Innovationssystem signalisiert. Innerhalb der Gewässerpolitik hat zudem eine Verschiebung hin zu regulativen Ansätzen stattgefunden, bei denen Deutschland nicht zu den wichtigsten Vorreitern gehört. Das Zusammenspiel dieser Entwicklungen hat die Innovationsdynamik der Wassertechnologien in Deutschland beeinflusst und dazu geführt, dass Wassertechnologien nicht mehr zu den Bereichen gehören, auf die sich Deutschland bei der technologischen Leistungsfähigkeit spezialisiert. Gleichzeitig ergeben sich Verschiebungen in den Exportmärkten. Mit der zunehmenden Bedeutung der Märkte in Entwicklungs- und Schwellenländern werden die Existenz von Systemanbietern und eine hervorragende Vernetzung und Koordination der Anbieter immer bedeutsamer. Dies gilt umso mehr, als auch in den Schwellenländern selbst neue Wettbewerber entstehen, die gerade auf die stark wachsenden Märkte drängen. Insgesamt haben sich die Erfolgsaussichten Deutschlands, auch in Zukunft als Leitanbieter auf den Weltmärkten auftreten zu können, verschlechtert, wenn man die absehbaren Verschiebungen in der Weltnachfrage hin zu Schwellen- und Entwicklungsländern bedenkt.



Die Relevanz des Wasserthemas wird zukünftig weltweit weiter zunehmen. Der Wasserbedarf wird in vielen Regionen schon alleine aufgrund des Bevölkerungswachstums, aber auch als Folge des Klimawandels ansteigen. Gleichzeitig wird der Klimawandel in bestimmten Regionen zu einer Abnahme der verfügbaren Wassermengen führen. Als weitere Probleme kommen vielfältige stoffliche Belastungen des Wasserkreislaufs hinzu, die verbunden sind mit einer erheblichen Beeinträchtigung der ökologischen Qualität und damit auch der Nutzungsmöglichkeiten der unterschiedlichen Wasserströme. Insgesamt lässt sich ein erheblicher und wachsender Handlungsbedarf erkennen – nicht nur in Entwicklungsländern, sondern auch in den Schwellen- und Industrieländern einschließlich Deutschland, wenn auch mit deutlich unterschiedlichen Schwerpunkten. Aus einer Innovationsperspektive kann aus dieser Entwicklung ein wachsender Markt für Wassertechnologien abgeleitet werden – alle vorliegenden Marktprognosen gehen von einem sehr großen Gesamtvolumen und hohen Wachstumsraten aus.

Wassertechnologien gehören bisher zu einer wichtigen Stütze der deutschen Erfolge im Außenhandel. Die in der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Analysen und Ergebnisse signalisieren allerdings, dass diese – auf den Export bezogene – Vorreiterstellung Deutschlands vor neuen Herausforderungen steht.

Einerseits verändern sich die Märkte. Die Zunahme der Problemlagen in Schwellen- und Entwicklungsländern lässt erwarten, dass sich die Technologienachfrage weiter hin zu diesen Ländern verschieben wird. Dies könnte den Trend verstärken, dass die Nachfrager verstärkt ihr Augenmerk auf Systemanbieter richten. Vor allem dann, wenn diese zudem in der Lage sind, zur Umsetzung von Betreiberkonzepten und Erstellung von Finanzierungskonzepten beizutragen. Ein derartiger Strukturwandel auf der Nachfrageseite würde für deutsche Anbieter besonderen Anpassungsbedarf hervorrufen, da die bisherigen Stärken eher auf der Ebene einzelner Technologiekomponenten und weniger bei der Entwicklung von Systemlösungen bestehen.

Andererseits verändert sich im Globalisierungsprozess die Struktur der Anbieter. Insbesondere in den Schwellenländern ist nicht nur eine erhebliche Zunahme des Problemdrucks zu verzeichnen, sondern zumindest einige dieser Länder – vor allem Brasilien, Indien und China – bauen systematisch ihre Forschungs- und Entwicklungskapazitäten im Bereich der Wassertechnologien aus. Die Dynamik liegt hier teilweise deutlich über den ohnehin schon mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden Aufholprozessen der allgemeinen technologischen Leistungsfähigkeit und hat dazu geführt, dass sich diese Länder ganz erheblich auf Wassertechnologien spezialisiert haben. Die ökonomischen Strategien vieler Schwellenländer folgen sehr stark einem Muster von exportbasierten Aufholprozessen. In der



Zukunft ist entsprechend auch ein Schub neuer Wettbewerber bei Wassertechnologien zu erwarten, wie er heute bereits in Teilbereichen der erneuerbaren Energien zu beobachten ist.

Die Herausforderungen für den deutschen Wassersektor liegen aber nicht nur in den Veränderungen des Marktumfeldes. In den letzten 20 Jahren ist eine deutliche Verschlechterung der deutschen technologischen Leistungsfähigkeit (gemessen an Patent- und Publikationsindikatoren) eingetreten. Hier dürfte u. a. eine Rolle gespielt haben, dass das Ausmaß der wasserbezogenen Forschungsförderung mit derjenigen der anderen Technologiefelder nicht ganz Schritt halten konnte. Gleichzeitig wurde die umweltpolitische Vorreiterrolle Deutschlands nicht zuletzt durch die Europäisierung des Regulierungsrahmens reduziert.

Insgesamt nehmen also die Anforderungen der Nachfrager tendenziell gerade hinsichtlich der Merkmale zu, in denen Deutschland traditionell weniger stark ist. Die Herausbildung neuer Wettbewerber und die Abschwächung der früher hervorragenden technologischen Ausgangsposition kommen hinzu.

Damit Deutschland auch in Zukunft seine Vorreiterrolle im Bereich der Wassertechnologien und seine erfolgreiche Außenhandelsposition halten kann, erscheint eine Verstärkung der Anstrengungen auf verschiedenen Ebenen unabdingbar. Im Folgenden werden dazu verschiedene Ansätze in den Bereichen Forschungsförderung, Förderung der Implementierung von Innovationen auf nationaler Ebene sowie Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit näher beschrieben.

---

### FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Angesichts der weiter zunehmenden weltweiten Relevanz der Wasserproblematik ist dieses Thema in der deutschen Forschungsförderung langfristig zu verankern. Für die Akteure im Bereich der Wasserforschung ist eine kontinuierliche Förderung sowohl auf institutioneller als auch auf projektbezogener Ebene wesentlich. Die Analyse der projektbezogenen Förderung durch das BMBF wie auch durch die weiteren relevanten Forschungsmittelgeber wie z. B. DFG, DBU, BMU und BMWi zeigt erhebliche Schwankungen und macht den Bedarf für eine Verstetigung der eingesetzten Mittel deutlich. Inhaltlich ist eine kontinuierliche Anpassung an die sich verändernden Anforderungen notwendig. Dies betrifft beispielsweise die Stärkung der Systemintegration (u. a. hinsichtlich der Kopplung technischer mit organisatorischen Innovationen, der Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturbereichen oder auch der Berücksichtigung institutioneller Aspekte), die Einbindung der unterschiedlichen, für eine spätere Umsetzung erforderlichen Akteure bereits in der FuE-Phase (Verbundprojekte) und die internationale Ausrichtung. Die Analysen des vorliegenden Berichts zeigen, dass im Rahmen der BMBF-geförderten Projekte in den letzten Jahren bereits Anpassungen bei den Projektstrukturen stattgefunden haben. Ausgehend von dem derzeitigen

gen BMBF-Förderschwerpunkt »NaWaM« (Nachhaltiges Wassermanagement), in dem bisherige Anforderungen und Entwicklungen mit den sich daraus ergebenden Forschungsschwerpunkten beschrieben sind, wäre es deshalb wesentlich, frühzeitig den weiteren Bedarf in Abstimmung mit allen relevanten Akteuren (einschließlich der anderen Forschungsmittelgeber) zu analysieren, um Anschlussprogramme starten zu können. Ein wesentlicher Bestandteil sollte eine Evaluierung der bis dahin erzielten Ergebnisse sein, um darauf aufbauend gezielt Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren zu können.

---

## FÖRDERUNG DER IMPLEMENTIERUNG INNOVATIVER TECHNOLOGIEN UND SYSTEME

Parallel zur Verstetigung, weitergehenden Abstimmung und gezielten inhaltlichen (Neu-)Ausrichtung der Förderaktivitäten ist eine Verbesserung des Übergangs der Forschungsergebnisse in die Praxis anzustreben. Erforderlich ist dazu zum einen eine ausreichende Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft, beispielsweise über Instrumente des Wissens- und Technologietransfers (z. B. entsprechend dem Ansatz der Verbundprojekte). Um frühzeitig einen entsprechenden Rahmen für die notwendigen Entwicklungsrichtungen geben zu können, sollte die Integration von nachfrageseitiger Wasserpolitik (z. B. beim Gewässerschutz-) und Stärkung des Angebots vorangetrieben werden. Die Erstellung des Masterplans »Umwelttechnologien« mit der darin enthaltenen Roadmap für den Bereich »Wassertechnologie« war hier ein wichtiger Schritt, dem weitere folgen sollten. Vor allem erscheint es erforderlich, bei der Umorientierung der deutschen Innovationspolitik auf einen bedarfsorientierten Ansatz, wie er sich in der Hightech-Strategie manifestiert, zu prüfen, ob die Bedeutung des Wassersektors und die internationale Verantwortung, die Deutschland hier wahrnehmen könnte, nicht einen Einbezug des Wassersektors in die prioritären Bedarfsfelder nahelegt.

Eine stärkere Verzahnung von Zielsetzungen der Umweltpolitik und der Forschungsförderung könnte sinnvollerweise an aktuellen Handlungsfeldern der Wasserwirtschaft ansetzen wie z. B. der Verbesserung der Energieeffizienz, der Vermeidung von Mikroschadstoffbelastungen, der Nährstoffrückgewinnung, der erhöhten Flexibilität von Wasserinfrastruktursystemen sowie deren Einbindung in Stadtentwicklungs- und Stadtplanungsprozesse. Eine wesentliche Rolle bei der Ausgestaltung spielt dabei gerade im Wassersektor die föderale Struktur Deutschlands. Konkrete Ansätze zur weitergehenden Förderung der Anwendung innovativer Techniken bzw. Systeme ergeben sich u. a. aus der Ausgestaltung der Regelungen zur Abwasserabgabe. Über die Verwendung der Abwasserabgabe (254 Mio. Euro allein 2008, entsprechend 5,5 % der gesamten Investitionssumme im Bereich der öffentlichen Abwasserbeseitigung) bei entsprechenden Wasserinfrastrukturmaßnahmen könnten gezielte Anreize für den Einsatz innovativer Lösungen gesetzt werden (bei einem angenommenen durch-



schnittlichen Förderanteil von 20 % würden darüber über ein Viertel der gesamten Investitionssumme erfasst). In einzelnen Bundesländern sind entsprechende Ansätze vorhanden, die weiterzuentwickeln wären. Vergleichbare monetäre Anreizmechanismen könnten außerdem über die Wasserentnahmeentgelte oder über die Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Wasserbereich bei Energieförderprogrammen geschaffen werden.

Hinsichtlich der Umsetzung innovativer Lösungen wird außerdem die Wirkung technischer Regelwerke und Normen diskutiert. Weitergehende Untersuchungen zu den Auswirkungen der in den letzten Jahren vollzogenen institutionellen und organisatorischen Veränderungen, die zumindest teilweise bei normgebenden Institutionen stattgefunden haben, konnten im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden. Ziel der Maßnahmen muss die Ausweitung der Spielräume bei der Anwendung technischer Regelwerke sein. Um konkrete umsetzungsbezogene Empfehlungen geben zu können, sind allerdings zusätzliche Analysen zur Rolle der Regelwerke im Innovationsprozess notwendig.

---

### DAUERHAFTE UNTERSTÜTZUNG DER INTERNATIONALEN WETTBEWERBSFÄHIGKEIT

Zur Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit des überwiegend mittelständischen deutschen Wassersektors wäre eine weitere Bündelung und Stärkung der exportfördernden Maßnahmen vorzunehmen. Bereits im Masterplan »Umwelttechnologien« wurde die Bündelung und Profilierung des Technologietransfers und -exports und die Verbesserung der internationalen Positionierung Deutschlands im Wasserbereich als wichtiges Ziel beschrieben. Für diese Aufgabe wurde die German Water Partnership (GWP) gegründet, die sich zwischenzeitlich als wichtiges Element für die exportorientierte deutsche Wasserwirtschaft etabliert und im Ausland breite Akzeptanz gefunden hat. Die mögliche Förderung internationaler Aktivitäten der Unternehmen ist jedoch vor dem Hintergrund des organisatorischen Rahmens von GWP begrenzt und bislang nur bedingt mit den Möglichkeiten der Exportinitiativen »Erneuerbare Energien« oder »Energieeffizienz« zu vergleichen. Weitergehende unterstützende Maßnahmen könnten beispielsweise folgende Punkte umfassen:

- › Ausweitung der länderbezogenen Arbeiten auf weitere Zielländer/-regionen (zusätzliche Länderforen zur Bündelung/Abstimmung der jeweiligen Erfahrungen, spezifische Austausch- und Messeprogramme etc.),
- › Beratungsprogramm für KMU hinsichtlich nationaler und internationaler Finanzierungsmöglichkeiten und -instrumente,
- › Organisation und Koordination von Capacity-Building-Maßnahmen in Abstimmung mit Unternehmen des deutschen Wassersektors sowie
- › Unterstützung und Koordination von interdisziplinären, sektoralen sowie sektorübergreifenden Maßnahmen (z. B. Wasser und Energie, IWRM).

Wie mit Blick auf die Forschungsförderung beschrieben, wären die nachfrageseitigen Anforderungen an die Förderprogramme gerade auch aus der internationalen Sicht zu berücksichtigen. So ergeben sich spezifische Randbedingungen bei Anwendungen in Entwicklungsländern, die neben den technischen Erfordernissen insbesondere organisatorische Aspekte betreffen können.

Die besondere Rolle der deutschen Entwicklungshilfe im Wasserbereich ist im Kapitel IV.3.2 beschrieben. Eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung entsprechender Projekte spielt die KfW. Vor diesem Hintergrund ist zu prüfen, inwieweit sich daraus Ansatzpunkte ergeben, innovative Lösungen umzusetzen und beispielsweise den Übergang von Forschungsergebnissen in die breitere Anwendung zu fördern. Entsprechende Ansätze werden derzeit u. a. im Rahmen von Abstimmungsgesprächen zwischen KfW und GWP diskutiert, die zum übergreifenden Thema Finanzierung begonnen wurden und die zwischenzeitlich Aspekte wie Ausschreibungsmodalitäten, Einbindung von Betreiber-Know-how oder stärkere Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten als wesentliche Elemente identifiziert haben. Beispielhaft werden im Folgenden zwei wichtige Faktoren näher beschrieben:

- › Ein möglicher Ansatzpunkt für die Förderung nachhaltiger Lösungen können den eigentlichen Investitionsprojekten vorgelagerte, umfassende Qualifikations- und Planungsprozesse sein, über die die Grundlagen für die notwendigen, umfassenden Betrachtungen (beispielsweise Ökobilanzbetrachtungen oder Life-Cycle-Costing-Berechnungen) erarbeitet werden. Entsprechende umfassende Betrachtungen sind insbesondere bei Großprojekten notwendig, die im Allgemeinen umfassende Systemlösungen unter Einbindung technischer und organisatorischer Aspekte erforderlich machen und in denen ein Abweichen von konventionellen Lösungsansätzen ausführlicher Begründungen bedarf.
- › Bei entsprechenden Projekten der Entwicklungszusammenarbeit und ihrer Finanzierung spielen einerseits die vorhandenen Strukturen der deutschen Wasserindustrie (KMU-geprägt, Trennung zwischen Technikanbietern und Anwendern, überwiegende kommunal geprägte Strukturen der Anwender) eine wichtige Rolle. Andererseits ist die Einbindung des umfassenden Know-hows der Wasserver- und Abwasserentsorger Voraussetzung dafür, dass robuste und alle wichtigen Aspekte umfassende Lösungen umgesetzt werden. In entsprechende Projektausschreibungen könnten entsprechende Anforderungen aufgenommen werden.

Auf allen Handlungsebenen wird somit deutlich, dass eine grundsätzliche, intensive Abstimmung zwischen den relevanten Akteuren hinsichtlich Forschungsthemen und -schwerpunkten, aber auch hinsichtlich der Finanzierungsmöglichkeiten und notwendigen Innovationsanreizen notwendig ist, um für den Wasserbereich eine in sich abgestimmte, wirkungsvolle Innovationspolitik zu etablieren.







---

## LITERATUR

- 2030 Water Resources Group (2009): Charting Our Water Future. Economic frameworks to inform decision-making. [www.2030waterresourcesgroup.com/water\\_full/Charting\\_Our\\_Water\\_Future\\_Final.pdf](http://www.2030waterresourcesgroup.com/water_full/Charting_Our_Water_Future_Final.pdf) (8.10.2013)
- Acs, Z.J., Audretsch, D.B. (1987): Innovation, Market Structure and Firm Size. In: *The Review of Economics and Statistics* 69(4), S. 567–574
- Alcamo, J., Henrichs, T., Rosch, T. (2000): World Water in 2025. Global Modeling and Scenario Analysis. In: Rijsberman, F.R. (Hg.): *World Water Scenarios Analysis*. World Water Council, Marseille
- Amable, B., Verspagen, B. (1995): The role of technology in market shares dynamics. In: *Applied Economics* 27(2), S. 197–204
- Ammermüller, B. (o.J.): Kommunale Wasserwirtschaft. Abwasserabgabe. [www.vku.de/wasser/wirtschaft/abwasserabgabe/abwasserabgabe.html](http://www.vku.de/wasser/wirtschaft/abwasserabgabe/abwasserabgabe.html) (15.10.2013)
- Andersson, M.; Ejermo, O. (2008): Technology specialization and the magnitude and quality of exports. In: *Economics of Innovation and New Technology* 17(4), S. 355–375
- Archibugi, D., Pietrobelli, C. (2004): The globalisation of technology and its implications for developing countries. Windows of opportunity or further burden? In: *Technological Forecasting and Social Change* 70(9), S. 861–883
- Asheim, B., Gertler, M.S. (2005): The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems. In: Fagerberg, J., Mowery, D.C., Nelson, R.R. (eds.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, S. 291–317
- Ashley, R., Cashman, A. (2006): Offprint of Infrastructure to 2030: Telecom, Land Transport, Water and Electricity. Chapter 5. The Impacts of Change on the Long-term Future Demand for Water Sector Infrastructure. [www.oecd.org/sti/futures/infrastructureto2030/37182873.pdf](http://www.oecd.org/sti/futures/infrastructureto2030/37182873.pdf) (15.10.2013)
- ATT, BDEW, DBVW, DVGW, DWA, VKU (Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V., Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e.V., Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Verband kommunaler Unternehmen e.V.) (Hg.) (2011): *Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2011*. Bonn
- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., Schaepman, M.E. (2008): Proxy global assessment of land degradation. In: *Soil Use and Management* 24(3), S. 223–234
- Barton, B., Berkley, A., Hampton, D., Lynn, W. (2011): The Ceres Agua Gauge: A Framework for 21st century water risk management. [www.ceres.org/resources/reports/aqua-gauge](http://www.ceres.org/resources/reports/aqua-gauge) (29.10.2013)
- BAUA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) (2012): Pressemitteilung 009/12 vom 1. März 2012. ECHA veröffentlicht Aktionsplan bis 2014. [www.baua.de/de/Presse/Pressemitteilungen/2012/03/pm009-12.htm](http://www.baua.de/de/Presse/Pressemitteilungen/2012/03/pm009-12.htm) (15.10.2013)
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) (2012): Zahlen und Fakten Wasserwirtschaft. [www.bdew.de/internet.nsf/id/20120924-pi-wassergebrauch-in-deutschland-geht-weiter-zurueck-de/\\$file/120921 %20Zahlen%20und%20Fakten%20Wasserwirtschaft.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/20120924-pi-wassergebrauch-in-deutschland-geht-weiter-zurueck-de/$file/120921%20Zahlen%20und%20Fakten%20Wasserwirtschaft.pdf) (15.10.2013)



## LITERATUR

- Beckers, R., Heidemeier, J., Hilliges, F. (2012): Kohlekraftwerke im Fokus der Quecksilberstrategie. [www.thru.de/fileadmin/SITE\\_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Kohlekraftwerke\\_Hg.pdf](http://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Kohlekraftwerke_Hg.pdf) (15.10.2013)
- Beise, M. (2004): Lead markets: country specific drivers of the global diffusion of innovations. In: *Research Policy* 33(6–7), S. 997–1028
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. In: *Research Policy* 37(3), S. 407–429
- Birke, M., Rauch, U., Lorenz, H., Kringel, R. (2010): Distribution of uranium in German bottled and tap water. In: *Journal of Geochemical Exploration* 107(3), S. 272–282
- Birke, M., Rauch, U., Raschka, H. (2008): Geochemischer Atlas von Deutschland. In: *Berichte der Geologischen Bundesanstalt* 77, S. 13–15
- Blind, K. (2012): The influence of regulation on innovation. A quantitative assessment for OECD countries. In: *Research Policy* 41(2), S. 391–400
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hg.) (2012): Förderschwerpunkt »Nachhaltiges Wassermanagement« (NaWaM) im Rahmenprogramm »Forschung für nachhaltige Entwicklungen« (FONA). [www.fona.de/mediathek/pdf/BMBF-Nawam-DE\\_barrierefrei.pdf](http://www.fona.de/mediathek/pdf/BMBF-Nawam-DE_barrierefrei.pdf) (15.10.2013)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf) (15.10.2013)
- BMU (2009): GreenTech made in Germany 2.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. [www.euractiv.de/fileadmin/images/greentech2009.pdf](http://www.euractiv.de/fileadmin/images/greentech2009.pdf) (15.10.2013)
- BMU/UBA (Hg.) (2011): Umweltwirtschaftsbericht 2011. Daten und Fakten für Deutschland. Berlin/Dessau-Roßlau [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4210.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4210.pdf) (15.10.2013)
- BMU (2012): GreenTech made in Germany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/greentech\\_3\\_0\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/greentech_3_0_bf.pdf) (10.6.2013)
- BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (2006): Grenzüberschreitende Wasserkooperation. Ein Positionspapier des BMZ. BMZ Spezial 135, Bonn
- Böhm, E., Hiessl, H., Hillenbrand, T. (1999): Effektivität und Effizienz technischer Normen und Standards im Bereich kommunale Abwasserentsorgung. In: *Korrespondenz Abwasser* 46(7), S. 1111–1121
- Böhm, E., Hiessl, H., Hillenbrand, T., Walz, R., Conrad, H., Kühn, V. (1998): Effektivität und Effizienz technischer Normen und Standards für kommunale Umweltschutzaufgaben am Beispiel der kommunalen Abwasserentsorgung. Fraunhofer ISI, Karlsruhe
- Bonsdorf, E., Rönning, C. (2004): Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences. In: *Hydrobiologia* 514, S. 227–241
- Boswinkel, J.A. (2002): Annex 31. International Groundwater Resource Assessment Centre. Netherlands Institute of Applied Geoscience (IGRAC). In: BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde) (2001): Report No.28. Report on the Fifth Meeting of the GRDC Steering Committee, Koblenz, Germany, 25–28 June 2001. Koblenz



- Brackemann, H., Epperlein, K., Grohmann, A., Höring, H., Kühleis, C., Lell, O., Rechenberg, J., Weiß, N., (2000): Liberalisierung der deutschen Wasserversorgung. Auswirkungen auf Gesundheit und Umweltschutz, Skizzierung eines Ordnungsrahmens für eine wettbewerbliche Wasserwirtschaft. UBA-Texte 2/00, Berlin
- Brown, A., Matlock, M.D. (2011): A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. White Paper # 106, The Sustainability Consortium, [www.sustainabilityconsortium.org/wp-content/themes/sustainability/assets/pdf/whitepapers/2011\\_Brown\\_Matlock\\_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf](http://www.sustainabilityconsortium.org/wp-content/themes/sustainability/assets/pdf/whitepapers/2011_Brown_Matlock_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf) (15.10.2013)
- Buffle, M.-O., Hafner-Cai, J., Wild, D. (2010): SAM Study. Zukunftsmarkt Wasser. [www.ethz.ch/news/treffpunkt/downloads/TP20110403\\_SAM\\_Studie](http://www.ethz.ch/news/treffpunkt/downloads/TP20110403_SAM_Studie) (15.10.2013)
- Bundesregierung (2011): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Cornelia Behm ... und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen – Drucksache 17/5843 – Uranbelastung von Böden und Grundwasser durch uranhaltige Phosphatdüngemittel. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/6019, Berlin
- Bundesregierung (2013): Antwort der Bundesregierung auf die auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Ralph Lenkert ... und der Fraktion DIE LINKE. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/12658, Berlin
- Cantwell, J. (2005): Innovation and Competitiveness. In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R.R. (ed.) (2005): The Oxford Handbook on Innovation. Oxford, S.543–567
- Chaves, H.M.L., Alipaz, S. (2007): An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. In: Water Resources Management 27(5), S. 883–895
- Chmielewski, F.-M. (2011): Wasserbedarf in der Landwirtschaft. In: Lozán, J.L., Graßl, L.H., Hupfer, P., Karbe, L., Schönwiese C.-D. (Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? o.O., S. 149–156
- Cleff, T., Rennings, K. (2012): Are there any first-mover advantages for pioneering firms? Lead market orientated business strategies for environmental innovation. In: European Journal of Innovation Management 15(4), S. 491–513
- Coleman, J.M., Huh, O.K., Braud, D.J. (2008): Wetland loss in world deltas. In: Journal of Coastal Research 24(1A), S. 1–14
- Cosgrove C. E., Cosgrove, W. J. (2012): The Dynamics of Global Water Futures. Driving Forces 2011-2050. Report on the finding of Phase one of the UNESCO-WWAP Water Scenarios Project to 2050. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/The%20Dynamics%20of%20Global%20Water%20Futures.pdf>
- dbresearch (Deutsche Bank Research) (2000): Aktuelle Themen 176. Wasserwirtschaft im Zeichen von Liberalisierung und Privatisierung. Frankfurt a.M.
- dbresearch (2010): Weltwassermärkte. Hoher Investitionsbedarf trifft auf institutionelle Risiken. Frankfurt a.M.
- DBSA (Development Bank of Southern Africa) (2012): The State of South Africa's Economic Infrastructure: Opportunities and challenges 2012. [www.dbsa.org/Research/Documents/DBSA%20State%20of%20SAs%20Economic%20Infrastructure%20Report%202012.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www.dbsa.org/Research/Documents/DBSA%20State%20of%20SAs%20Economic%20Infrastructure%20Report%202012.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1) (17.10.2013)



## LITERATUR

- DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) (2009): Die Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. In: Grove, A., Heidenreich, F.-P. (Hg.): Wasser – Zukunftsfähige Nutzungen. Innovative Beispiele aus den Bereichen Gewässer/Wasser/Abwasser. Göttingen
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (Hg.) (2003): Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung – Denkschrift. Weinheim
- Diaz, R.J., Selman, M., Chique-Canache, C. (2010): Global Eutrophic and Hypoxic Coastal Systems: Eutrophication and Hypoxia. Nutrient Pollution in Coastal Waters. Washington, D.C.
- Dobbs, R., Pohl, H., Lin, D.-Y., Mischke, J., Garemo, G., Hexter, J., Matzinge, S., Palter, R., Nanavatty, R. (2013): Infrastructure productivity: How to save \$ 1 trillion a year. McKinsey Global Institute [www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/dotcom/Insights%20and%20pubs/MGI/Research/Urbanization/Infrastructure%20productivity/MGI\\_Infrastructure\\_Executive\\_Summary\\_Jan2013.ashx](http://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/dotcom/Insights%20and%20pubs/MGI/Research/Urbanization/Infrastructure%20productivity/MGI_Infrastructure_Executive_Summary_Jan2013.ashx) (17.10.2013)
- Doshi, V., Schulmann, G., Gabaldon, D. (2007): Lights! Water! Motion! In: Strategy & Business 46. Booz Allen Hamilton. London. [www.strategy-business.com/media/file/sb46\\_07104.pdf](http://www.strategy-business.com/media/file/sb46_07104.pdf) (17.10.2013)
- Dosi, G., Soete, L. (1988): Technical change and international trade. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L.L. (eds.): Technical Change and Economic Theory. London, S. 401–431
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) (Hg.) (2008): Neuartige Sanitärsysteme. DWA-Themen. Hennef
- DWA (2011): Neues DWA Politikmemorandum 2011. [http://de.dwa.de/tl\\_files/\\_media/content/PDFs/Abteilung\\_VuM/Politikmemorandum\\_2011.pdf](http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_VuM/Politikmemorandum_2011.pdf)
- DWAFSA (Department of Water Affairs Republic of South Africa) (2012): Water Affairs. Annual Performance Plan 2012/13–2014/15. [www.dwaf.gov.za/documents/Other/Strategic%20Plan/APP%202012%20-%20-%20201415%20final%20signed%20-%2006%20March%202012-%20tabled%2007032012%20%20%282%29.pdf](http://www.dwaf.gov.za/documents/Other/Strategic%20Plan/APP%202012%20-%20-%20201415%20final%20signed%20-%2006%20March%202012-%20tabled%2007032012%20%20%282%29.pdf) (22.10.2013)
- EC (Europäische Kommission) (2010): EUROPE 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20-%20Europe%202020%20-%20-%20EN%20version.pdf> (22.10.2013)
- EC (2011): European Innovation Partnerships. European Commission draft consultation document for the stakeholders consultation on 20 October 2011. <http://ec.europa.eu/environment/water/innovationpartnership/pdf/Draft%20Consultation%20Document.pdf> (22.10.2013)
- EC (2012): Environment: Euro 40 million for innovations in water. Press release. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-1386\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1386_en.htm) (08.4.2014)
- Eidler, D., Blazejczak, J., Walz, R., Ostertag, K., Eichhammer, W., Angerer, G., Sartorius, C., Doll, C., Büchele, R., Henzelmann, T., Zelt, T. (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation. UBA/BMU (Hg.), Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/07, Dessau/Berlin

- EEA (European Environmental Agency) (2009): Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought. [www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe/at_download/file) (22.10.2013)
- EEA (2011): Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters. An overview. EEA Technical report No. 8/2011 [www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh/at_download/file) (22.10.2013)
- EEA (2012a): Occurrence of Drought in EU RBDs, according to RBMP assessment plus MS information. [www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/occurrence-of-drought-left-and](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/occurrence-of-drought-left-and) (22.10.2013)
- EEA (2012b): Towards efficient use of water resources in Europe. [www.eea.europa.eu/publications/towards-efficient-use-of-water/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/towards-efficient-use-of-water/at_download/file) (22.10.2013)
- EEA (2012c): Water resources in Europe in the context of vulnerability. EEA 2012 state of water assessment. [www.eea.europa.eu/publications/water-resources-and-vulnerability/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-and-vulnerability/at_download/file) (22.10.2013)
- EEA (2012d): European waters – Assessment of status and pressures. [www.eea.europa.eu/publications/european-waters-assessment-2012/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/european-waters-assessment-2012/at_download/file) (22.11.2013)
- EEA (2012e): European bathing water quality in 2011. [www.eea.europa.eu/publications/european-bathing-water-quality-in-2011/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/european-bathing-water-quality-in-2011/at_download/file) (22.11.2013)
- EIB (Europäische Investitionsbank) (2012): Die Europäische Investitionsbank und der Wassersektor: Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Hochwasserschutz. Luxemburg
- EIPW (European Innovation Partnership Water) (2012): Strategic Implementation Plan. <http://ec.europa.eu/environment/water/innovationpartnership/pdf/sip.pdf> (22.10.2013)
- EU (Europäische Union) (2000): Richtlinie 2006/60/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327/1, Brüssel
- Euwid (Europäischer Wirtschaftsdienst) (2012): Mall: Gute Marktlage für Regenwasseranlagen. In: Euwid Wasser und Abwasser 42, S. 4
- Ewers, H.-J., Botzenhart, K., Jekel, M., Salzwedel, J., Kraemer, A. (2001): Optionen, Chancen und Rahmenbedingungen einer Marktöffnung für nachhaltige Wasserversorgung. [www.psp-consult.de/page\\_attachments/0000/0879/D22\\_-\\_Dokument.pdf](http://www.psp-consult.de/page_attachments/0000/0879/D22_-_Dokument.pdf) (22.10.2013)
- Fagerberg, J. (1995): Technology and Competitiveness. In: Oxford Review of Economic Policy 12(3), S. 39–51
- Falkenmark, M., Lundquist, J., Widstrand, C. (1989): Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Aspects of vulnerability in semi-arid development. In: Natural Resources Forum 13(4), S. 258–267
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012): Irrigation in Southern and Eastern Asia in figures. AQUASTAT Survey – 2011. FAO Water Reports 37, Rome. <http://www.fao.org/docrep/016/i2809e/i2809e.pdf> (09.4.2014)
- Frost & Sullivan (2010): China Water and Wastewater Treatment Market. M580-15. [www.frost.com/sublib/display-report.do?id=M580-01-00-00-00&bdata=bnVsbEB%2BQJEJhY2tAfkAxMzkxNzkzOTA1ODg2](http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=M580-01-00-00-00&bdata=bnVsbEB%2BQJEJhY2tAfkAxMzkxNzkzOTA1ODg2) (12.06.2013)



## LITERATUR

- Frost & Sullivan (2012): Strategic Analysis of the Brazilian Municipal Water and Wastewater Treatment Chemicals Market. Investments in Sanitation Boost the Demand for Chemicals. <http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=NBFA-01-00-00-00> (09.4.2014)
- Fuchs, S., Scherer, U., Wander, R., Behrendt, H., Venohr, M., Opitz, D., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Götz, T. (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Dessau
- Gawel, E., Fälsch, M. (2012): Zur Lenkungswirkung der Abwasserabgabe. Teil 1: Lenkungszwecke und Substitutionseffekte. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 59(11), S. 1060–1065
- Gawel, E., Köck, W., Kern, K., Möckel, S., Fälsch, M., Völkner, T., Holländer, R. (2011): Weiterentwicklung von Abwasserabgabe und Wasserentnahmeentgelten zu einer umfassenden Wassernutzungsabgabe. Dessau
- Ghekiere, A., Verdonck, F., Claessens, M., Monteyne, E., Roose, P., Wille, K., Goffin, A., Rappé, K., Janssen, C.R. (2013): Monitoring micropollutants in marine waters, can quality standards be met? In: Marine Pollution Bulletin 69(2), S. 243–250
- Gleick, P.H., Yolles, P., Hatami, H. (1994): Water, war & peace in the Middle East. Environment 36(2), S. 6-42
- Gleick, P.H. (2003): Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. In: Science Magazine 302(5650), S. 1524–8
- Gleick, P.H. (2010): The World's Water Volume 8: The Biennial Report on Freshwater Resources. The World's Water 2002-2003 Data. Table 10: Irrigated Area, by Region, 1961 to 1999 <http://worldwater.org/wp-content/uploads/sites/22/2013/07/Table10.xls> (12.06.2013)
- Global Water Intelligence (2007): Global Water Market 2008. Opportunities in Scarcity and Environmental Regulation. [www.globalwaterintel.com/client\\_media/unrestricted/global-water-market-2008.pdf](http://www.globalwaterintel.com/client_media/unrestricted/global-water-market-2008.pdf) (09.4.2014)
- Gopalakrishnan, S., Gowda, C.L., Prabhakar Reddy, M., Ranga Rao, G.V., Humayun, P., Srinivas, V., Srinivas C., Rupela, O. (2012): Ensuring biological safety of drinking water at International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Andhra Pradesh, India. In: African Journal of Biotechnology 11(67). S. 13115–13118
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik. Berlin u. a. O.
- Haakh, F. (2010): Organische Spurenstoffe – eine *neue* Herausforderung für die Wasserversorgung? [www.lw-online.de/fileadmin/downloads/aktu\\_fachbeitraege/2010\\_Haakh\\_gwf-Beitrag\\_Organische-Spurenstoffe\\_07-08-2010.pdf](http://www.lw-online.de/fileadmin/downloads/aktu_fachbeitraege/2010_Haakh_gwf-Beitrag_Organische-Spurenstoffe_07-08-2010.pdf) (22.10.2013)
- Hadadin, N., Qaqish, M., Akawwi, E., Bdour, A. (2010): Water shortage in Jordan – Sustainable solutions. In: Desalination 250(1), S. 197–202
- Harleman, D.R.F., Murcott, S., Chagnon, F. (2002): Appropriate Wastewater Treatment in Developing Countries: Experiences with CEPT. [http://cd3wd.com/cd3wd\\_40/ASDB\\_SMARTSAN/DRFH\\_Experiences.pdf](http://cd3wd.com/cd3wd_40/ASDB_SMARTSAN/DRFH_Experiences.pdf) (22.10.2013)

- Hekkert, M.P., Negro, S.O. (2009): Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. In: *Technological Forecasting and Social Change* 76(4), S. 584–594
- Hillenbrand, T., Böhm, E.(2008): Entwicklungstrends des industriellen Wassereinsatzes in Deutschland. In: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 55(8), S. 872–882
- Hillenbrand, T.; Hiessl, H. (2010): Dezentrale Wasserinfrastruktursysteme - Konzepte und praktische Beispiele. In: Brickwedde, F. (Hrsg.); Heidenreich, F.-P. (Hrsg.); Jacob, U. (Hrsg.); Wachendorfer, V. (Hrsg.): *Zukunft Wasser: 15. Internationale Sommerakademie St. Marienthal*. Schmidt, Berlin, S. 178-189
- Hillenbrand, T., Niederste-Hollenberg, J., Menger-Krug, E., Klug, S., Holländer, R., Lautenschläger, S., Geyley, S. (2010): Demografischer Wandel als Herausforderung für die Sicherung und Entwicklung einer kosten- und ressourceneffizienten Abwasserinfrastruktur. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/370816305\\_demogr\\_wandel.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/370816305_demogr_wandel.pdf) (22.10.2013)
- Hippel, E. von (1988): *Sources of innovation*. New York <http://web.mit.edu/evhippel/www/sources.htm> (29.10.2013)
- Hirschfeld, J., Nilson, E., Keil, F., (2014): Alles im Fluss. Eine deutsche Wasserbilanz. Poster im Rahmen des Projektes »Wasserflüsse in Deutschland« (FKZ: 033L056) erarbeitet. 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2014. [https://www.fona.de/mediathek/pdf/Alles\\_im\\_Fluss\\_06\\_2013.pdf](https://www.fona.de/mediathek/pdf/Alles_im_Fluss_06_2013.pdf) (09.4.2014)
- Hoekstra, A.Y. (2011): The global dimension of water governance: Why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed. In: *Water* 3(1), S. 21–46
- Holzwarth, F. (2012): Fortentwicklung der Abwasserabgabe. Interview. In: *Wasser und Abfall* 11, S. 35–37
- Horn, J. von, Sartorius, C. (2009): Impact of Supply and Demand on the Price Development of Phosphate (Fertilizer). *Proceedings of the International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams; Vancouver*
- Hu, Q., Feng, S., Guo, H., Chen, G., Jiang, T. (2007): Interactions of the Yangtze river flow and hydrologic processes of the Poyang Lake, China. In: *Journal of Hydrology* 347(1–2), S. 90–100
- Hüttl, R.F., Oliver Benz (2012): *Georessource Wasser – Herausforderung Globaler Wandel. Ansätze und Voraussetzungen für eine integrierte Wasserressourcenbewirtschaftung in Deutschland*. acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (Hg.), Heidelberg u. a. O.
- IDFC (Infrastructure Development Finance Company) (2011): *India Infrastructure Report 2011. Water: Policy and Performance for Sustainable Development*. India
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate Change 2007 Synthesis Report*. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf) (22.10.2013)
- IPCC (2008): *Climate Change and Water. Technical Paper VI*. [www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf) (11.6.2013)
- IWMI, Earthscan (International Water Management Institute) (ed.) (2007): *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Colombo/London



## LITERATUR

- IWMI (2008): Areas of physical and economic water scarcity. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. <http://www.grida.no/graphicslib/OpenFile.aspx?id=cd41782e-fda1-4eff-9b42-bbbdea2e92b6> (11.6.2013)
- Jänicke, M., Lindemann, S. (2010): Governing environmental innovations. In: *Environmental Politics* 19(1), S. 127–141
- Jekel, M., Bahr, C., Höll, W., Riegel, M., Baldauf, G., Schlitt, V. (2009): Schlussbericht zum Verbundprojekt Uranentfernung in der Trinkwasseraufbereitung (2005–2008). Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (02WT059-3/4/5) und den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (W4/02/04), [www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/meindvgw/forschung/w4\\_02\\_04.pdf](http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/meindvgw/forschung/w4_02_04.pdf) (10.6.2013)
- Jiménez, A., Pérez-Foguet, A. (2008): Improving water access indicators in developing countries: a proposal using water point mapping methodology. In: *Water Science & Technology: Water Supply* 8(3), S. 279–287
- Jux, U., Baginski, R.M., Arnold, H.-G., Krönke, M., Seng, P.N. (2002) Detection of pharmaceutical contaminations of river, pond, and tap water from Cologne (Germany) and surroundings. In: *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205(5), S. 393–398
- Kapaj, S., Peterson, H., Liber, K., Bhattacharya, P. (2006): Human health effects from chronic arsenic poisoning. A review. In: *Journal of Environmental Science and Health Part A* 41(10), S. 2399–2428
- Ke, Y., Ling, F.Y.Y., Ning, Y. (2013): Public Construction Project Delivery Process in Singapore, Beijing, Hong Kong and Sydney. In: *Journal of Financial Management of Property and Construction* 18(1). S. 6–26
- KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) (2012): KfW-Kommunalpanel 2011. [www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2011-Langfassung.pdf](http://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2011-Langfassung.pdf) (23.10.2013)
- Kluge, T., Hansjürgens, B., Hiessl, H., Schramm, E. (2010): *Wasser 2050: Nachhaltige wasserwirtschaftliche Systemlösungen – künftige Chancen für die deutsche Wasserwirtschaft*. ISOE, Fraunhofer ISI, UFZ, Frankfurt
- Krüger, E., Borchardt, D., Barthel, R. (2012): *Wasserforschung in Deutschland – Schwerpunkte Akteure Kompetenzen*. UFZ (Hg.), [www.ufz.de/export/data/409/45799\\_Brosch%C3%BCre\\_WEB.pdf](http://www.ufz.de/export/data/409/45799_Brosch%C3%BCre_WEB.pdf) (23.10.2013)
- Kusuda, T. (Hg.) (2009) *The Yellow River. Water and Life*. Singapore
- Kwak, Y.H., Chih, Y.Y., Ibbs, C.W. (2009): Towards a Comprehensive Understanding of Public Private Partnerships for Infrastructure Development. In: *California Management Review* 51(2), S. 51–75
- Legler, H., Krawczyk, O., Rammer, C., Frietsch, R. (2007): *Zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Vergleich*. Berlin
- Legler, H., Krawczyk, O., Walz, R., Eichhammer, W., Frietsch, R. (2006): *Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich*. UBA (Hg.), Texte 16/06, Dessau
- Likhacheva, A. (2011): *Water industry in Russia: Challenges and political priorities*. Fourth annual conference on competition and regulation in network industries. [www.crninet.com/2011/a4c.pdf](http://www.crninet.com/2011/a4c.pdf) (23.10.2013)



- Liu, C., Kroeze, C., Hoekstra, A.Y., Gerbens-Leenes, W. (2012): Past and future trends in grey water footprints of antropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. In: *Ecological Indicators* 18, S. 42–49
- Liu, J., Yang, W. (2012): Water Sustainability for China and Beyond. In: *Science Magazine* 337(6095), S. 649–650
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P. (2005): Intensive groundwater use: a silent revolution that cannot be ignored. In: *Water Science and Technology Series* 51(8), S. 167–174
- Londong, J., Hillenbrand, T., Niederste-Hollenberg, J. (2011): Demografischer Wandel: Anlass und Chance für Innovationen in der Wasserwirtschaft. In: *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 58(2), S. 152–158
- Loos, R., Locoro, G., Comero, S., Contini, S., Schwesig, D., Werres, F., Balsaa, P., Gans, O., Weiss, S., Blaha, L., Bolchi, M., Gawlik, B.M. (2010): Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. In: *Water Research* 44(14), S. 4115–4126
- Loos, R., Locoro, G., Rimaviciute, E., Contini, S., Gawlik, B.M., Bidoglio, G. (2009): EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. In: *Environmental Pollution* 157(2), S. 561–568
- Lundvall, B.-Å. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L.L. (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London, S. 349–369
- Madsen, J. B. (2008): Innovations and manufacturing export performance in the OECD countries. In: *Oxford Economic Papers* 60(1), S. 143–167
- Mara, D.D. (2003): Domestic wastewater treatment in developing countries. [www.pseau.org/outils/ouvrages/earthscan\\_ltd\\_domestic\\_wastewater\\_treatment\\_in\\_developing\\_countries\\_2003.pdf](http://www.pseau.org/outils/ouvrages/earthscan_ltd_domestic_wastewater_treatment_in_developing_countries_2003.pdf) (23.10.2013)
- MBV NRW (Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hg.) (2009): Klimaschutz in der integrierten Stadtentwicklung. Handlungsleitfaden für Planerinnen und Planer. [www.mbwsv.nrw.de/stadtentwicklung/\\_pdf\\_container/KlimaschutzinderStadtentwicklung\\_10-2009.pdf](http://www.mbwsv.nrw.de/stadtentwicklung/_pdf_container/KlimaschutzinderStadtentwicklung_10-2009.pdf) (23.10.2013)
- McNulty, S.G., Sun, G., Myers, J.A.M., Cohen, E.C., Caldwell, P. (2010): Robbing Peter to Pay Paul: Tradeoffs between Ecosystem Carbon sequestration and Water Yield. In: *Watershed Management* 2010, S. 103–114
- Meiners, H.G., Denneborg, M., Müller, F., Bergmann, A., Weber, F.-A., Dopp, E., Hansen, C., Schüth, C., Buchholz, G., Gaßner, H., Sass, I., Homuth, S., Prieb, R. (2012): Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten – Risikobewertung, Handlungsempfehlungen und Evaluierung bestehender rechtlicher Regelungen und Verwaltungsstrukturen. Aachen u. a. O. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/all\\_gemein/application/pdf/gutachten\\_fracking\\_2012.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/all_gemein/application/pdf/gutachten_fracking_2012.pdf) (29.10.2013)
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2011): The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 15(5), S. 1577–1600
- Messner, D. (2009): Klimawandel und Wasserkrisen der Zukunft. In: *S+F Sicherheit und Frieden* 27(3), S. 167–173



## LITERATUR

- Michaelis, P. (2001): Wasserwirtschaft zwischen Markt und Staat. In: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen 24(4), S. 432–450
- Michaels, C., Simpson, J.L., Wegner, W. (2010): Fractured Communities. Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling. [www.riverkeeper.org/wp-content/uploads/2010/09/Fractured-Communities-FINAL-September-2010.pdf](http://www.riverkeeper.org/wp-content/uploads/2010/09/Fractured-Communities-FINAL-September-2010.pdf) (23.10.2013)
- MKULNV NRW (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2008): Mikrobielle Fließgewässerbelastungen durch abwassertechnische Anlagen und diffuse Einträge. [www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/mikro.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/mikro.pdf) (23.10.2013)
- Montag, D.M. (2008): Phosphorrückgewinnung bei der Abwasserreinigung. Entwicklung eines Verfahrens zur Integration in kommunale Kläranlagen. Dissertation RWTH Aachen, [http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2008/2298/pdf/Montag\\_David.pdf](http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2008/2298/pdf/Montag_David.pdf) (23.10.2013)
- Morgan Stanley (2010): Brazil Infrastructure. Paving the Way. [www.morganstanley.com/views/perspectives/pavingtheway.pdf](http://www.morganstanley.com/views/perspectives/pavingtheway.pdf) (23.10.2013)
- Munari, F., Roberts, E.B., Sobrero, M. (2002): Privatization processes and redefinition of corporate R&D boundaries. In: Research Policy 33(1), S. 31–53
- Munari, F., Oriani, R. (2005): Privatization and economic returns to R&D investments. In: Industrial and Corporate Change 14(1), S. 61–91
- NADO (National Association of Development Organisations) (2010): Natural Gas Drilling in the Marcellus Shale: Regional Economic Opportunities and Infrastructure Challenges. [www.nado.org/wp-content/uploads/2013/08/NADONaturalgas-May2010.pdf](http://www.nado.org/wp-content/uploads/2013/08/NADONaturalgas-May2010.pdf) (23.10.2013)
- Naeem, K., Yawar, W., Akhter, P., Rehana, I. (2010): Atomic absorption spectrometric determination of cadmium and lead in soil after total digestion. In: Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering 7(2), S. 295–301
- Narula, R., Zanfei, A. (2005): Globalization of Innovation. In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R.R. (Hg.): The Oxford Handbook on Innovation, Oxford University Press, Oxford, S. 318–345
- Niederste-Hollenberg, J., Hillenbrand, T., Bark, K., Petry, M., Oldenburg, M., Wrenger, B., Schleifhacken, N., Berendonk, T., Stolpe, H., Brömme, K., Spoth, K. (2012): Modernisierungsstrategie für die Deutsche Wasserwirtschaft – Maßnahmen zur Stärkung der Präsenz der deutschen Wasserwirtschaft auf internationalen Märkten für Wasserdienstleistungen. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3710\\_21\\_203\\_wasserwirtschaft\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3710_21_203_wasserwirtschaft_bf.pdf) (23.10.2013)
- NZZ (Neue Zürcher Zeitung) (2006): Den Flüssen den Weg weisen. [www.nzz.ch/aktuell/startseite/articlee3suz-1.35362](http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/articlee3suz-1.35362) (23.10.2013)
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2012): OECD-Umweltausblick bis 2050. Die Konsequenzen des Nichthandelns. Berlin.
- OECD (2013): Aid (ODA) by sector and donor [DAC5] MetaData: Open Data – Bilateral ODA by sector [DAC5]. <http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=42232&lang=en> (23.10.2013)

- Ohe, P.C. von der, Dulio, V., Slobodnik, J., De Deckere, E., Kuehne, R., Ebert, R.-U., Ginebreda, A., De Cooman, W., Schüürmann, G., Brack, W. (2011): A new risk assessment approach for the prioritization of 500 classical and emerging organic microcontaminants as potential river basin specific pollutants under the European Water Framework Directive. In: *Science of the Total Environment* 409(11), S. 2064–2077
- Ohlsson, L. (2000): Water Conflicts and Social Resource Scarcity. In: *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25(3), S. 213–220
- Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R., Jackson, R.B. (2011): Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences)* 108(20), S. 8172–8176
- Oxfam (2012): Briefing for the UNFCCC work programme on long-term climate finance. [www.oxfam.de/sites/www.oxfam.de/files/oxfam\\_briefing\\_unfccc\\_ltf\\_work\\_programme\\_july\\_2012.pdf](http://www.oxfam.de/sites/www.oxfam.de/files/oxfam_briefing_unfccc_ltf_work_programme_july_2012.pdf) (23.10.2013)
- Pacific Institute (2009): Water Conflict Chronology List. [www.worldwater.org/conflict/list/](http://www.worldwater.org/conflict/list/) (23.10.2013)
- Palm, N., Wermter, P., Grünebaum, T., Lemmel, P., Nisipeanu, P., Pehl, B., Amrath, N. (2012): Kann die Abwasserabgabe zukünftig wieder die Ziele der Wasserwirtschaft unterstützen? In: *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 59(11), S. 1048–1059
- Porter, M.E. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*. New York
- Prüss, A., Kay, D., Fewtrell, L., Bartram, J. (2002): Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and Hygiene at a Global Level. In: *Environmental Health Perspectives* 110(5), S. 537–542
- Raskin, P., Gleick, P.H., Kirshen, P., Pontius R.G., Strzepek, K. (1997): *Water Futures: Assessment of longrange patterns and prospects*. Stockholm.
- Rauch, J.N., Pacyna, J.M. (2009): Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. In: *Global Biogeochemical Cycles* 23(2), S. 1–16
- Ravenscroft, P., Brammer, H., Richards, K. (2009): *Arsenic Pollution. A Global Synthesis*. Singapore
- Reddersen, K., Heberer, T., Dünnebier, U. (2002): Identification and significance of phenazone drugs and their metabolites in ground- and drinking water. In: *Chemosphere* 49(6), S. 539–544
- Rennings, K. (2000): Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. In: *Ecological Economics* 32(2), S. 319–332
- Rönnefahrt, I., Amato, R., Ebert, I., Schönfeld, J. (2012): Arzneimittel in der Umwelt – Ein Risiko? In: *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 21(1), S. 36–43
- Roy, P., Mazumdar, A. (2013): Water Resources in India under Changed Climate Scenario. In: *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* 3(1), S. 954–961
- RWI Essen, Aröw, IAI Bochum, RDI, Ruhrverband, Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH (2005): *AquaSus – Einflussfaktoren und Handlungsbedarfe für Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften. Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Forschungsprojekt des BMBF, Förderschwerpunkt »Rahmenbedingungen für Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften«:[riw]. Endbericht. Essen*



## LITERATUR

- Sartorius, C., Hillenbrand, T. (2008): Abwasserentsorgungstechnologie im Elbegebiet – Bestand und Entwicklung. In: *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 55(4), S. 381–386
- Sartorius, C., Horn, J. von, Tettenborn, F. (2012): Phosphorus Recovery from Wastewater. Expert Survey on Present Use and Future Potential. In: *Water Environment Research* 84(4), S. 313–322
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) (2010): *Global Biodiversity Outlook 3*. Montreal.
- Schäfer, R.B., Ohe, P.C. von der, Kühne, R., Schüürmann, G., Liess, M. (2011): Occurrence and Toxicity of 331 Organic Pollutants in Large Rivers of North Germany over a Decade (1994 to 2004). In: *Environmental Science and Technology* 45(14), S. 6167–6174
- Schwab, K. (2009): *The Global Competitiveness Report 2009–2010*. World Economic Forum. Geneva
- Scopus (2012): Content overview [www.info.sciverse.com/scopus/scopus-in-detail/facts](http://www.info.sciverse.com/scopus/scopus-in-detail/facts) (10.4.2014)
- Sellner, M. (2012): Energie- und Wassereffizienz durch Grauwassernutzung. In: *Moderne Gebäudetechnik* 7–8/2012, <http://www.tga-praxis.de/file/download/B9X9K5N3E6Z8Q6V6V4N5P1D3N8Z1G8P5> (09.4.2014)
- DGF (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (Hg.) (2003): *Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung – Denkschrift*. Weinheim
- Shiklomanov, I.A. (1998): *World fresh water resources. A new appraisal and assessment for the 21st century*. [www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf](http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf) (29.10.2013)
- Shiklomanov, I.A., Rodda, J.C. (2003): *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge, UK
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P., Portmann, F.T. (2010): Groundwater use for irrigation – a global inventory. In: *Hydrological and Earth System Science* 14(10), S. 1863–1880
- Smakhtin, V., Revenga, C., Döll, P. (2004): *Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments*. Comprehensive Assessment Research Report 2, [http://docs.watsan.net/Downloaded\\_Files/PDF/Smakhtin-2004-Taking.pdf](http://docs.watsan.net/Downloaded_Files/PDF/Smakhtin-2004-Taking.pdf) (29.10.2013)
- Statistisches Bundesamt (2013): *Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Lange Reihen ab 1948*. [www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Verbraucherpreise/VerbraucherpreisindexLangeReihenPDF\\_5611103.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Verbraucherpreise/VerbraucherpreisindexLangeReihenPDF_5611103.pdf?__blob=publicationFile) (29.10.2013)
- Statistisches Bundesamt (2011): *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2009*. Wiesbaden. Statistisches Bundesamt (2003): *Umwelt – Umweltproduktivität, Bodennutzung, Wasser, Abfall – Ausgewählte Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnung und der Umweltstatistik*. Wiesbaden

- Statistisches Bundesamt (2001): Produzierendes Gewerbe. Beschäftigung, Umsatz, Investitionen und Kostenstruktur der Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung 1999. WiesbadenSteinhäuser, K. G. (2013): Öffentliches Fachgespräch im Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit am 20.03.2013. [www.bundestag.de/presse/hib/2013\\_03/2013\\_160/01.html](http://www.bundestag.de/presse/hib/2013_03/2013_160/01.html) (30.10.2013)
- Sun, G., McNulty, S.G., Moore Myers, J.A., Cohen, E.C. (2008): Impacts of Climate Change, Population Growth, Land Use Change, and Groundwater Availability on Water Supply and Demand across the Conterminous U.S. [http://awra.org/committees/techcom/watershed/pdfs/AWRA%20H%26WM\\_2008\\_2\\_climatechange.pdf](http://awra.org/committees/techcom/watershed/pdfs/AWRA%20H%26WM_2008_2_climatechange.pdf) (29.10.2013)
- Symeonidis, G. (1996): Economics department, Working Papers No. 161. Innovation, Firm size and market structure: Schumpeterian hypotheses and some new themes. Paris
- Szplinska, P., ((o.J.): Russian Water and Wastewater Market Ripe for Investment. [www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-26/issue-4/regulars/creative-finance/russian-water-and-wastewater-market.html](http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-26/issue-4/regulars/creative-finance/russian-water-and-wastewater-market.html) (11.6.2013)
- Tilotia, A. (2010): Game Changer. Deluge of Opportunity. [www.kotak.com/kotaklp/deluge\\_of\\_opportunity/gamechanger\\_water.pdf](http://www.kotak.com/kotaklp/deluge_of_opportunity/gamechanger_water.pdf)(29.10.2013)
- U.S. Geological Survey (2012): Mineral Commodity Summaries 2012. [minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf) (29.10.2013)
- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005): Climate Change. Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA (Hg.), Climate Change 08/05, Dessau-Roßlau
- Arle, J., Blondzik, K., Claussen, U., Duffek, A., Heidemeier, J., Hilliges, F., Hoffmann, A., Koch, D., Leujak, W., Mohaupt, V., Naumann, S., Richter, S., Ringeltaube, P., Schilling, P., Schroeter-Kermani, C., Ullrich, A., Wellmitz, J., Wolter, R. (2010): Wasserwirtschaft in Deutschland. Teil 2 – Gewässergüte. UBA (Hg.), [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/publikationen/wasserwirtschaft-gewaessergute.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/publikationen/wasserwirtschaft-gewaessergute.pdf) (29.10.2013)
- UBA (Umweltbundesamt) (Hg.) (2010): Bisphenol A. Massenchemikalie mit unerwünschten Nebenwirkungen. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3782.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3782.pdf) (29.10.2013)
- UBA (Hg.) (2013a): Januar 2013 – Quecksilber aus Industriebetrieben in Deutschland. [www.thru.de](http://www.thru.de) (22.3.2013)
- UBA (2013b): Umweltforschungsdatenbank UFORDAT. <http://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/information-als-instrument/umweltforschungsdatenbank-ufordat> (10.04.2013)
- UFZ (Helmholtz Zentrum für Umweltforschung) (Hg.) (2011): Water Science Alliance. White Paper. Prioritäre Forschungsbereiche. [www.ufz.de/export/data/409/36937\\_WhitePaper\\_deutsch\\_final\\_web.pdf](http://www.ufz.de/export/data/409/36937_WhitePaper_deutsch_final_web.pdf) (29.10.2013)
- Ulland, J. (2010): BDEW fordert Abschaffung der Abwasserabgabe. Pressemitteilung vom 10. September 2010. [www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_20100910\\_PM\\_BDEW\\_fordert\\_Abschaffung\\_der\\_Abwasserabgabe](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_20100910_PM_BDEW_fordert_Abschaffung_der_Abwasserabgabe) (29.10.2013)
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg) (2012): Kompetenzzentrum Spurenstoffe nimmt Arbeit auf. Pressemitteilung vom 5.4.2012. [www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/92802](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/92802) (29.10.2013)



## LITERATUR

- UN (United Nations) (2010): Resolution 64/292. The human right to water and sanitation. [www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292) (29.10.2013)
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2008): Vital Water Graphics – An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters. [www.unep.org/dewa/vitalwater](http://www.unep.org/dewa/vitalwater) (29.10.2013)
- UNEP (2012): GEO 5. Global Environmental Outlook. Environment for the future we want. [www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_en.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_en.pdf) (29.10.2013)
- UNEP (2013): Ninamata Convention Agreed by Nations. Pressemitteilung vom 19.1.2013. [www.unep.org/newscentre/default.aspx?DocumentID=2702&ArticleID=9373](http://www.unep.org/newscentre/default.aspx?DocumentID=2702&ArticleID=9373) (29.10.2013)
- Cosgrove, C.E., Cosgrove, W.J. (2012): The Dynamics of Global Water Futures. Driving Forces 2011–2050. Report on the findings of Phase One of the UNESCO-WWAP Water Scenarios Project to 2050. UNESCO (ed.), Paris <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002153/215377e.pdf> (29.10.2013)
- UN-HABITAT (United Nations Human Settlements Programme) (2003): The Challenge of Slums. Global Report on human settlements 2003. [www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=1156&alt=1](http://www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=1156&alt=1) (29.10.2013)
- UNICEF, WHO (United Nations Children's Fund, World Health Organisation) (2012): Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 Update. [www.unicef.org/media/files/JMPReport2012.pdf](http://www.unicef.org/media/files/JMPReport2012.pdf) (29.10.2013)
- UN-Water (2008): Status Report on IWRM and Water Efficiency Plans for CSD16. [www.unwater.org/downloads/UNW\\_Status\\_Report\\_IWRM.pdf](http://www.unwater.org/downloads/UNW_Status_Report_IWRM.pdf) (29.10.2013)
- Vignati, D.A.L., Polesello, S., Bettinetti, R., Bank, M.S. (2013): Mercury Environmental Quality Standard for Biota in Europe: Opportunities and Challenges. In: *Integrated Environmental Assessment and Management* 9(1), S. 167–168
- Vollaard, A.M., Ali, S., van Asten, H.A.G.H., Widjaja, S., Visser, L.G., Surjadi, C., van Dissel, J.T. (2004): Risk factors for typhoid and paratyphoid fever in Jakarta, Indonesia. In: *The Journal of the American Medical Association* 291(21), S. 2607–2615
- Wakelin, K. (1997): *Trade and Innovation*. Cheltenham
- Walz, R. (2001): Umweltauswirkungen einer Privatisierung der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Deutschland. In: Holzwarth, F., Kraemer, A. (Hg.): *Umweltaspekte einer Privatisierung der Wasserwirtschaft in Deutschland*. Berlin, S. 27–44
- Walz, R. (2006): Impacts of Strategies to Increase Renewable Energy in Europe on Competitiveness and Employment. In: *Energy & Environment* 17(6), S. 951–975
- Walz, R. (2007): The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: The case of wind energy. In: *International Journal of Public Policy* 2(1/2), S. 57–88
- Walz, R. (2010) Competences for Green Development and Leapfrogging in Newly Industrializing Countries. In: *International Economics and Economic Policy* 7(2/3), S. 245–265
- Walz, R. (2012): Mapping global eco-innovation capabilities and competitiveness with indicators. Globelics 2012 paper # Globelics12-P-031. Karlsruhe/Hangzhou

- Walz, R., Ostertag, K., Doll, C., Eichhammer, W., Frietsch, R., Helfrich, N., Marscheider-Weidemann, F., Sartorius, C., Fichter, K., Beucker, S., Schug, H., Eickenbusch, H., Zweck, A., Grimm, V., Luther, W. (2008a): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten. UBA/BMU (Hg.), Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/08, Dessau/Berlin
- Walz, R., Ostertag, K., Eichhammer, W., Glienke, N., Jappe-Heinze, A., Mannsbart, W., Peukert, J. (2008b): Research and technology competence for a sustainable development in the BRICS countries. Fraunhofer ISI, Karlsruhe
- Walz, R.; Köhler, J. (2014): Using lead market factors to assess the potential for a sustainability transition. In: Environmental Innovation and Societal Transitions 10, S.20-41
- WHO (World Health Organisation) (2013): Water quality and health strategy 2013–2020. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2013/water\\_quality\\_strategy/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2013/water_quality_strategy/en/index.html) (29.10.2013)
- Wiegel, S., Aulinger, A., Brockmeyer, R., Harms, H., Löffler, J., Reincke, H., Schmidt, R., Stachel, B., von Tümpling, W., Wanke, A. (2004): Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries. In: Chemosphere 57(2), S. 107–126
- Wilderer, P. (2005): Fünftes Forum Globale Fragen – kompakt. Stehen wir auf der Leitung? Wasserpolitik nach dem UN-Gipfel 2005. [www.auswaertigesamt.de/cae/servlet/contentblob/382868/publicationFile/4297/GlobaleFragen5kompakt.pdf](http://www.auswaertigesamt.de/cae/servlet/contentblob/382868/publicationFile/4297/GlobaleFragen5kompakt.pdf) (29.10.2013)
- Wolf Eagle Environmental (2009): Town of DISH, Texas. Ambient Air Monitoring Analysis. Final Report. [http://townofdish.com/objects/DISH\\_-\\_final\\_report\\_revised.pdf](http://townofdish.com/objects/DISH_-_final_report_revised.pdf) (23.10.2013)
- Wolfschmidt, M. (Hg.) (2012): Im Bockshorn. Die EHEC-Krise im Frühsommer 2011. Foodwatch Analyse 2012. [www.foodwatch.org/uploads/media/2012-05-04ImBockshorn\\_DieEHEC-Krise2011\\_foodwatch-Analyse\\_ger\\_02.pdf](http://www.foodwatch.org/uploads/media/2012-05-04ImBockshorn_DieEHEC-Krise2011_foodwatch-Analyse_ger_02.pdf) (29.10.2013)
- WWAP (World Water Assessment Programme) (2012a): The United Nations World Water Development Report 4. Volume 1: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris
- WWAP (2012b): The United Nations World Water Development Report 4. Volume 2: Knowledge Base. Paris
- WWF (World Wildlife Fund) (2009): Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands. Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt? [www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/wwf\\_studie\\_wasserfussabdruck.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/wwf_studie_wasserfussabdruck.pdf) (29.10.2013)
- Yang, H., Reichert, P., Abbaspour, K.C., Zehnder, A.J.B. (2003): A Water Resources Threshold and Its Implications for Food Security. In: Environmental Science and Technology 37(14), S. 3048–3054
- ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) (2009): Integrierte Technologie-Roadmap. Automation 2020 + Wasser und Abwasser. Frankfurt







---

## ANHANG

---

<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>1.</b>
Tab. II.1 Einflussfaktoren für den Wassersektor	29
Tab. II.2 Wasserentnahmen in Deutschland in Mio. m <sup>3</sup>	42
Tab. II.3 Prioritäre, in deutschen Flüssen nachgewiesene Chemikalien	58
Tab. III.1 Spezialisierung verschiedener Patentanmelderländer (gemessen am RPA) in wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen (2006–2010, kumuliert)	82
Tab. III.2 Zuordnung von Publikationssuchabfragen zu den wasserrelevanten Technikbereichen	85
Tab. III.3 Spezialisierung wichtiger Exportländer (gemessen am RCA) in wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen (2011)	93
Tab. III.4 Wichtigste Zielländer und ihr Anteil an den deutschen Exporten wassertechnologischer Güter (2011)	96
Tab. IV.1 Schätzungen des Investitionsbedarfs im Wassersektor	103
Tab. V.1 Wirtschaftsdaten ausgewählter deutscher Wassertechnikunternehmen	132
Tab. V.2 Förderprogramme mit starken Innovationsanreizen	161
Tab. V.3 Förderprogramme mit geringeren Innovationsanreizen	163
Tab. V.4 Netzwerke von umwelttechnischen unternehmen	167
Tab. A.1 Untersuchte Leistungsplansystematiken im BMBF-Förderkatalog	203
Tab. A.2 berücksichtigte Umweltklassen der Suchabfrage in UFORDAT	204
Tab. A.3 Berücksichtigte Schlagworte der Suchabfrage in UFORDAT	205

---

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

**2.**

Abb. Z.1 Gesamteinschätzung der zukünftigen Leitanbieterfähigkeit Deutschlands bei Wassertechnologien	17
Abb. II.1 Einzugsgebiete nach Ursache der Wasserknappheit	25
Abb. II.2 Bewässerte landwirtschaftliche Fläche	26
Abb. II.3 Szenarien der Wassernachfrageentwicklung	31



## ANHANG

Abb. II.4	Wasserknappheit nach IMAGEModell im Jahr 2000	33
Abb. II.5	Wasserknappheit nach IMAGEmodell im Jahr 2050	33
Abb. II.6	Trockenheit und Wasserknappheit in der EU	35
Abb. II.7	Wassernachfrage in ausgewählten europäischen Ländern (2007)	37
Abb. II.8	Wasserentnahme im europäischen Vergleich	38
Abb. II.9	Grund- und Oberflächenwasser in der öffentlichen Wasserversorgung	41
Abb. II.10	Zugang zu sanitären Einrichtungen in der Stadt	46
Abb. II.11	Häufig vorkommende Schadstoffe in europäischen Flüssen und Grundwasserkörpern	52
Abb. II.12	Quecksilbereinträge in die Umwelt in Deutschland	57
Abb. III.1	Entwicklung der Anzahl von Patentanmeldungen in wasserwirtschaftlich relevanten Technologiebereichen	76
Abb. III.2	Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich wasserwirtschaftlich relevanter Technologien und insgesamt auf die Anmelde-länder (2007–2010)	79
Abb. III.3	Veränderung der Verteilung wasserwirtschaftlich relevanter Patentanmeldungen	80
Abb. III.4	Anteile der Anmelde-länder an den Patentanmeldungen in verschiedenen wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen (2007–2010, kumuliert)	80
Abb. III.5	Entwicklung der Spezialisierung Deutschlands als Patent-anmelde-land (gemessen am RPA) in wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen	84
Abb. III.6a	Publikationsspezialisierung (RLA) Deutschlands in verschiedenen Themenfeldern	86
Abb. III.6b	Publikationsspezialisierung (RLA) Deutschlands in verschiedenen Bereichen des Themenfelds »Innovative Ansätze«	87
Abb. III.7	Anteile ausgewählter Länder an der jeweiligen Gesamtanzahl an Publikationen zu verschiedenen Suchworten (in Themengebiete geordnet, 1990–2012)	88
Abb. III.8	Publikationsdynamiken (Mittelwerte)	89
Abb. III.9	Welthandelsanteile der wichtigsten Exportnationen für wasserwirtschaftlich relevante Technologien und für alle Gütergruppen im Vergleich (2011)	91

Abb. III.10	Welthandelsanteile der wichtigsten Exportnationen für verschiedene wasserwirtschaftlich relevante Technologiebereiche (2011)	92
Abb. III.11	Anteile der Technologiebereiche am wasserwirtschaftlich relevanten Exportvolumen Deutschlands (2011)	93
Abb. III.12	Entwicklung der Spezialisierung Deutschlands als Exportland (gemessen am RCA) in wasserwirtschaftlich relevanten Technikbereichen	94
Abb. III.13	Regionale Verteilung der Exporte Deutschlands im Bereich wassertechnologischer Güter und ihrer Teilbereiche (2011)	95
Abb. III.14	Vergleich deutscher Exporte mit allen Exporten wassertechnologischer Güter in verschiedene Regionen der Welt (2011)	97
Abb. IV.1	Globaler Investitionsbedarf für Infrastruktur	102
Abb. IV.2	Globaler Wassermarkt nach Sektoren (2007)	104
Abb. IV.3	Prognose über regionale Anteile am weltweiten Wasserinfrastrukturmarkt in den kommenden 25 Jahren	105
Abb. IV.4	Patentanteil Brasiliens an den internationalen Patenten im Wasserbereich	108
Abb. IV.5	Patentspezialisierung Brasilien	108
Abb. IV.6	Publikationsdynamik Brasilien	109
Abb. IV.7	Wichtige Importländer Brasiliens	109
Abb. IV.8	Patentanteil Russlands an den internationalen Patenten im Wasserbereich	111
Abb. IV.9	Patentspezialisierung Russland	111
Abb. IV.10	Wichtige Importländer Russlands	112
Abb. IV.11	Patentanteil Indiens an den weltweiten Patenten im Wassersektor	113
Abb. IV.12	Patentspezialisierung Indien	114
Abb. IV.13	Publikationsdynamik Indien	114
Abb. IV.14	Wichtige Importländer Indiens	115
Abb. IV.15	Patentanteil Chinas an den weltweiten Patenten im Wassersektor	116
Abb. IV.16	Patentspezialisierung China	116
Abb. IV.17	Publikationsdynamik China	117
Abb. IV.18	Wichtige Importländer Chinas	117



## ANHANG

Abb. IV.19	Patentanteil Südafrikas an den internationalen Patenten im Wassersektor	119
Abb. IV.20	Patentspezialisierung Südafrika	119
Abb. IV.21	Wichtige Importländer Südafrikas	120
Abb. IV.22	Exportbedeutung der Entwicklungsländer (2008)	121
Abb. IV.23	Entwicklung der Bedeutung von Entwicklungsländern für Exporte aus Industrie- und Schwellenländern (2008–2011)	122
Abb. IV.24	Weltexportanteile nach Ländergruppen	123
Abb. IV.25	Deutsche Exportanteile nach Ländergruppen	123
Abb. IV.26	Internationale Entwicklungshilfe für den Aufbau von Infrastruktur in Entwicklungsländern	124
Abb. IV.27	Entwicklungshilfe für den Wassersektor	125
Abb. V.1	Schematische Darstellung des Innovationssystems der Wasserwirtschaft	129
Abb. V.2	Größenstruktur bei Wasserver- und Abwasserentsorgung in Deutschland	134
Abb. V.3	Spektrum der zur Verfügung stehenden Privatisierungsinstrumente	137
Abb. V.4	Anzahl der Verbund- und Einzelprojekte und bewilligte Fördersummen im BMBF-Förderkatalog	141
Abb. V.5	Anteil von Verbundprojekten und Einzelprojekten an der Gesamtprojektzahl im BMBF-Förderkatalog	142
Abb. V.6	Anteil von nationalen und internationalen Projekten an der Gesamtprojektzahl im BMBF-Förderkatalog	142
Abb. V.7	Anteile der verschiedenen Projektnehmer an der Gesamtzahl der Projekte im BMBF-Förderkatalog	143
Abb. V.8	Anteile der verschiedenen Projektnehmer an der Gesamtsumme der Fördermittel im BMBF-Förderkatalog	144
Abb. V.9	Projektförderung des BMBF	145
Abb. V.10	Anteile der Fördersummen an den Gesamtausgaben des BMBF in der Projektförderung	145
Abb. V.11	Übersicht UFORDAT: Projektanzahl und Fördersummen verschiedener Fördermittelgeber	147
Abb. V.12	Verteilung Fördersummen auf die Fördermittelgeber in der UFORDAT	148

Abb. V.13	Arbeitsbereiche der Europäischen Innovationspartnerschaft Wasser	151
Abb. V.14	Investitionen in die Wasserversorgung	152
Abb. V.15	Investitionen in die Abwasserentsorgung	152
Abb. V.16	Finanzierung von Wasserinfrastruktur durch KfW und EIB	153
Abb. V.17	Gesamteinschätzung der zukünftigen Leitanbieterfähigkeit Deutschlands bei Wassertechnologien	175

---

**ERGÄNZENDE TABELLEN**
**3.**


---

**TAB. A.1      UNTERSUCHTE LEISTUNGSPLANSYSTEMATIKEN IM BMBF-FÖRDERKATALOG**


---

**Leistungsplansystematik**

---

B01024	Kooperationsvorhaben (Biotechnologie)
B09902	Förderung der biotechnologischen Industrie – indirekt-spezifische Förderung (II)
C01050	Internationale Kooperationen
EB1425	Solare Meerwasserentsalzung und Brackwasseraufbereitung
EB1430	Solar angetriebene Wasserpumpe
FA5040	Wasserverfügbarkeit, globaler Wasserkreislauf
FC2010	Flüsse und Seen
FC2011	Ökologische Konzeptionen für Fluss- und Seenlandschaften
FC2013	Gewässerschutztechnologien
FC2020	Nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser
FC2021	Planungsinstrumente zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung
FC2022	Entwicklung nachhaltiger Wassertechnologien
FC2023	Hochwassermanagement
FC2024	Integriertes Wasserressourcenmanagement
FC2025	Dezentrale Wasserver- und Abwasserentsorgung
FC2026	Wertstoffe aus der Wasserbehandlung
FC2027	Unkonventionelle Wassergewinnung
FC3010	Wasserversorgung
FC3020	Wasserwiederverwendung
FC3030	Kommunales Abwasser
FC3040	Industrielles Abwasser
FC3050	Klärschlamm
FC3060	Analytik – Sensoren, Messverfahren und Modelle
FC3099	Übergreifende und sonstige Vorhaben der Wasser-/Abfallbehandlung
ZMAN	LP für alle Mandanten

---



TAB. A.2 BERÜCKSICHTIGTE UMWELTKLASSEN DER SUCHABFRAGE IN UFORDAT

Notation		Klassenname
UR		Umweltrecht
UR30		Gewässerschutzrecht
UR31		Wasserwirtschafts- und Wasserversorgungsrecht
UR32		Wasserreinhaltsrecht
UR33		Recht einzelner Gewässer, einschließlich Meeresgewässerschutz
WA		Wasser und Gewässer
WA10		Wasser: Belastungen (Einwirkungen) durch Entnahme, Verunreinigung oder Wärmeeinleitung
WA11		Wasser: Kommunalabwässer, Mengen und Beschaffenheit der Abwässer im Bereich der öffentlichen Kanalisation und Einleitungen in Vorfluter
WA12		Wasser: Gewerbeabwässer, Menge und Beschaffenheit von Abwässern im gewerblichen/industriellen Bereich
WA13		Wasser: Landwirtschaftliche Abwässer, Menge und Beschaffenheit
WA14		Wasser, Gewässer: Eingriffe in den Wärmehaushalt (Entnahme und Einleitung)
WA15		Wasser: Einbringen fester oder pastöser Materialien (Vorsatz und Unfall)
WA20		Wasser: Auswirkungen von Wasserbelastungen und Gewässerbelastungen
WA21		Wasser: Auswirkungen von Belastungen auf die Gewässerqualität oberirdischer Binnengewässer
WA22		Wasser: Auswirkungen von Belastungen auf hohe See, Küstengewässer und Ästuarien
WA23		Wasser: Auswirkungen von Belastungen auf die Gewässerqualität unterirdischer Gewässer
WA24		Wasser: Auswirkungen beeinträchtigter Qualität auf Menschen
WA25		Wasser: Auswirkungen beeinträchtigter Qualität auf aquatische Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen
WA26		Wasser: Auswirkungen veränderter Qualität auf technische Materialien
WA27		Wasser: Auswirkungen der Mengenwirtschaft auf Gewässerqualität oder aquatische Ökosysteme (z. B. durch Grundwasserabsenkung oder Wasserausleitungen)
WA30		Wasser: Methodische Aspekte der Informationsgewinnung (Analytik, Datensammlung und -verarbeitung, Qualitätssicherung, Bewertungsverfahren, chemisch, physikalisch, biologisch)
WA40		Wasser: Qualitätsfragen (Gütekriterien, Richt- und Grenzwerte, Zielvorstellung)
WA50		Wasser: Vermeidung, Minderung oder Beseitigung von Belastungen (Gewässerschutz), Abwasserbehandlung und -entsorgung
WA51		Wasser: Aufbereitung
WA52		Wasser: Abwasserbehandlung, Abwassermeidung, Abwasserwertung
WA53		Wasser: Schutz und Sanierung oberirdischer Binnengewässer
WA54		Wasser: Meeresgewässerschutz



NotationKlassenname	
WA55	Wasser: Schutz und Sanierung des unterirdischen Wassers
WA60	Wasser: Planungsverfahren und -vorschriften der Wasserwirtschaft
WA70	Wasser: Theorie, Grundlagen und allgemeine Fragen
WA71	Wasser: Hydromechanik, Hydrodynamik
WA72	Wasser: Hydrobiologie
WA73	Wasser: Gewässerchemie
WA74	Hydrogeologie
WA75	Wasser: Gewässerkunde der unterirdischen und oberirdischen Binnengewässer
WA76	Wasser: Ozeanografie
WA77	Wasserbau, Ingenieurhydrologie, baulicher Hochwasserschutz, Küstenschutz

TAB. A.3 BERÜCKSICHTIGTE SCHLAGWORTE DER SUCHABFRAGE IN UFORDAT

Schlagworte		
Abwasser	chemische Abwasserbehandlung	Schwarzwasser
Abwasseranlage	chemische Abwasserreinigung	Siedlungsabwasser
Abwasserbehandlung	dezentrale Abwasserbehandlung	städtische Wasserversorgung
Abwasserbehandlung vor Ort	Frackingabwasser	Trinkwasser
Abwasserbehandlungsanlage	Gelbwasser	Trinkwasseraufbereitung
Abwassereinleiter	Gewerbeabwasser	Trinkwasserversorgung
Abwassereinleitung	Grauwasser	vorbeugender Hochwasserschutz
Abwasserentsorgung	Grubenwasser	Wasser
Abwasserfilter	Grundwasser	Wasseraufbereitung
Abwasserhygienisierung	häusliches Abwasser	Wasseraufbereitungsanlage
Abwasserinfrastruktur	Hochwasser	Wasserentkeimung
Abwassermenge	Hochwassermanagement	Wasserentsalzung
Abwasserreinigung	Hochwasserprognose	Wasserschadstoff
Abwasserschlamm	Industrieabwasser	Wasserversorgung
Abwasserverregnung	Kanalisationwasser	Wasserverunreinigung
Abwasserverrieselung	ländliche Wasserversorgung	Wasserwirtschaft
Abwasserwertung	landwirtschaftliches Abwasser	weitergehende Abwasserreinigung
Abwasserwärme	Meerwasserentsalzung	wiederaufbereitetes Wasser



## ANHANG

---

### Schlagworte

---

aerobe Abwasserbehandlung	naturnahe Abwasserbehandlung	Abwasserbeseitigung
aufbereitetes Wasser	Niederschlagswasser	anaerobe Abwasserreinigung
biologische Abwasserbehandlung	Niederschlagswassernutzung	Braunwasser
biologische Abwasserreinigung	Oberflächenwasserbewirtschaftung	Einzelabwasserbehandlung
Brauchwasser	Schutz der Wasserressourcen	

---



---

**ABKÜRZUNGEN**
**4.**

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BSU	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hamburg)
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
IB	Investitionsbank Sachsen-Anhalt
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MBLV	Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (Thüringen)
MBV	Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
MDGs	Millennium Development Goals (Millenniumsentwicklungsziele)
MELUR	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (Schleswig-Holstein)
MKULNV	Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (NRW)
MLNU	Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Thüringen)
MLUV	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz (Mecklenburg-Vorpommern)
MU	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Niedersachsen)
MULEWF	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten (Rheinland-Pfalz)
MUV	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Saarland)
MWE	Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten (Brandenburg)
PPP	Public Private Partnership
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SSU	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Berlin)
STMUG	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
SUBV	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (Baden-Württemberg)
VKU	Verband kommunaler Unternehmen



Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse seit 1990 in Fragen des technischen und gesellschaftlichen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Das TAB kooperierte zur Erfüllung seiner Aufgaben von 2003 bis 2013 mit dem Fraunhofer ISI, Karlsruhe.



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Neue Schönhauser Straße 10  
10178 Berlin

Fon +49 30 28491-0  
Fax +49 30 28491-11 9

[buero@tab-beim-bundestag.de](mailto:buero@tab-beim-bundestag.de)  
[www.tab-beim-bundestag.de](http://www.tab-beim-bundestag.de)