

### 4.3 Möglichkeiten zu Wassereinsparungen und Entwicklung von Konzepten und Instrumenten für ein nachhaltiges Wasser-Management

ULRICH SCHEELE & SIMONE MALZ

*Water saving - Measures, concepts and technologies for a sustainable water management: Water stress and water scarcity are measures of medium and high unmet water needs. The conditions of water stress and water scarcity exist in many parts of the world. Water scarcity occurs at the regional scale and is a result of a combination of physical and social factors: climate and hydrological conditions, population growth and level of economic development. Several policy options for managing water stress and scarcity exist. In the past, water policy has typically focused on supply oriented strategies, now the demand side management approach gains more and more attention. These strategies consist of measures and instruments to influence or control the amount of water used. There is a large technical potential for reduction of water demand in the different sectors. To exploit these potentials, an economic approach is necessary: Water prices have to reflect the true cost of water use and send the right signals to the customers for a more efficient use of water.*

Der Druck auf die weltweiten Wasserressourcen nimmt zu: die Zunahme der Weltbevölkerung, die wachsende Nachfrage der Industrie, aber vor allem des Agrarsektors, führt in vielen Regionen der Welt zu wachsenden Problemen bei der Bereitstellung von Wasser. Übermäßige Entnahmen oberhalb der Regenerationsraten bewirken eine Erschöpfung von Wasservorkommen, gleichzeitig nimmt die Einleitung von Schadstoffen zu und verschlechtert den ökologischen Zustand der Gewässer mit allen negativen Konsequenzen für die Ökosysteme.

Alle vorliegenden regionalen Angebots- und Nachfrageanalysen verweisen mit Deutlichkeit auf das Problem: die Zahl der Regionen und der Menschen, die unter den Folgen von Wasserknappheit zu leiden haben, wird in den nächsten Jahrzehnten stark ansteigen, sollte nicht eine Trendwende erreicht werden und der Übergang zu einer integrierten Ressourcenbewirtschaftung gelingen. Neue Herausforderungen für das Management

von Wasserressourcen ergeben sich vor allem durch den Klimawandel: Je nach klimatischer Region sind Auswirkungen auf das Wasserdargebot aber auch Veränderungen auf der Nachfrageseite zu erwarten (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME 2009, BATES et al. 2008, COVICH 2010, LE QUESNE et al. 2010)

Der Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage nach Wasser wird in Zukunft immer weniger über eine traditionelle Strategie der Angebotsausweitung erreicht werden. Zentraler Bestandteil aller Vorschläge eines Ressourcenmanagements sind daher Ansätze des Wassersparens oder allgemeiner gefasst, des Nachfragemanagements und des effizienten Umgangs mit der knappen Ressource.

Je nach Ausmaß des akuten oder drohenden Wassermangels ist die Notwendigkeit eines Nachfragemanagements räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt. Dies gilt sowohl im globalen Maßstab als auch innerhalb der Regionen, in denen jeweils sehr spezifische naturräumliche Gegebenheiten mit unterschiedlichen wirtschaftlichen und siedlungsstrukturellen Entwicklungen einhergehen können.

Art und Ausmaß potenzieller Einsparungen unterscheiden sich dabei ganz erheblich zwischen den Nutzungskategorien, alle vorliegenden Studien und Projektionen verweisen jedoch auf große, bislang nur unzureichend ausgeschöpfte Effizienzpotenziale in allen Sektoren (EEA 2010, WINTGENS et al. 2008). Die Chancen, diese Potenziale auch realisieren zu können, hängen dabei nicht nur von der Verfügbarkeit entsprechender Technologien ab, sondern sind maßgeblich durch die ökonomischen und rechtlich-institutionellen Rahmenbedingungen mit bestimmt.

#### Management der Wassernachfrage: Hintergründe und Zielsetzungen

Die meisten Industrienationen verfolgen bis in die



1980er Jahre hinein eine angebotsorientierte Strategie: Erkennbaren oder drohenden Versorgungsengpässen wurde allein durch die Erschließung neuer Wasservorkommen oder durch den Aufbau von Fernversorgungssystemen begegnet. Auch wenn heute noch in Regionen mit extremen Wasserengpässen großtechnische Optionen wie Meeresswassersalzung oder großräumiger Wassertransfer eine Rolle spielen, stößt ein derartiger angebotsorientierter Ansatz jedoch immer mehr an Grenzen.

Der globale Handlungsdruck ist in zahlreichen Studien und offiziellen Berichten deutlich herausgearbeitet worden, so etwa von »The 2030 Water Resources Group« (THE 2030 WATER RESOURCES GROUP 2009), einem Zusammenschluss zahlreicher privater und sozialer Organisationen, die durch internationale Experten unterstützt werden und sich detailliert mit den Instrumenten zur Schließung der Bedarfslücke befassen. Wie *Abb. 4.3-1* zeigt, wird unter Standard-Bedingungen bis 2030 nur ein geringer Teil des prognostizierten zusätzlichen Wasserbedarfs durch eine Erhöhung der Wasserproduktivität abgedeckt werden können, die sich an den Produktivitätsfortschritten der Vergangenheit orientiert. In dieser Darstellung bezieht sich das verfügbare Wasserdargebot auf die Wassermenge, die langfristig nachhaltig genutzt werden kann, die bereits aktuell existierende Lücke zwischen Dargebot und Nachfrage kann somit nur durch Rückgriff auf nicht erneuerbare Grundwasserbestände gedeckt werden.

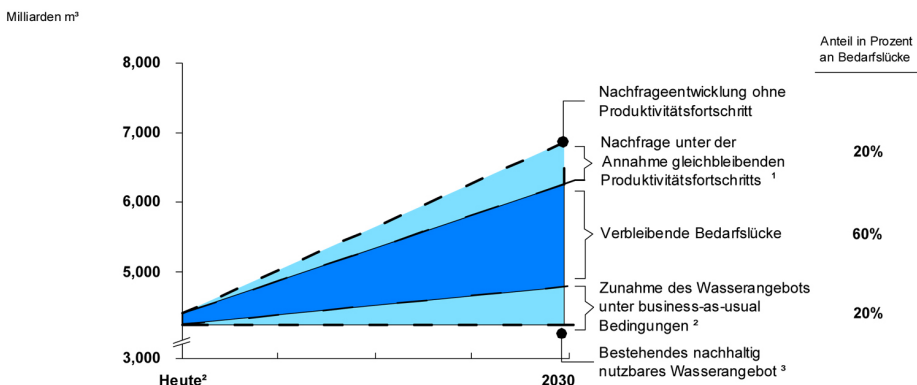
Eine Antwort auf dieses Problem des Auseinanderfallens von verfügbarem Wasserdargebot und steigendem Wasserbedarf kann also nur darin bestehen,

dass vor allem alle Ansätze zur Beeinflussung der Nachfrage nach Wasser intensiviert werden und dabei auch neue Wege gegangen werden müssen. Das Management der Wassernachfrage umfasst dabei alle Politikansätze und Maßnahmen mit dem Ziel, die Menge des aus den Grund- und Oberflächenwasservorkommen entnommenen und genutzten Wassers zu reduzieren und insgesamt die Effizienz der Wassernutzung zu intensivieren (GLEICK et al. 2003).

Die Ausgangsbedingungen für die Entwicklung dieser Strategien sind im Einzelfall immer von den konkreten regionalen Bedingungen abhängig, dennoch lassen sich Gemeinsamkeiten identifizieren (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME 2009, OECD 2003a):

- Ein zunehmender Wasserbedarf stößt auf eine begrenzte verfügbare Wassermenge; Strategien zur Erhöhung des regionalen Wasserdargebots sind entweder technisch nicht möglich oder finden ihre Grenzen in der mangelnden Wirtschaftlichkeit;
- Regionen wehren sich dagegen als Wasserexportregionen für die Versorgung der Agglomerationsräume zu dienen und dabei gleichzeitig die negativen ökologischen Folgen zu tragen, ohne dafür angemessen kompensiert zu werden;
- neue gesetzliche Auflagen und Standards begünstigen die Entwicklung und Umsetzung neuer Technologien zur effizienten Nutzung von Ressourcen;
- in der Umwelt- und Ressourcenpolitik setzen sich vermehrt ökonomische Steuerungsansätze durch, die an die Stelle der bisherigen ordnungspolitischen »command and control« Ansätze treten;
- das Umweltbewusstsein der Verbraucher hat deutlich

### Business- as- usual Ansätze reichen nicht aus, um den Wasserbedarf zu decken



<sup>1</sup> Basierend auf den Wachstumsraten der landwirtschaftlichen Erträge von 1990-2004 (Quelle: FAOSTAT) und Daten zur Effizienzsteigerung im Industriesektor (Quelle: IFPRI)

<sup>2</sup> Gesamte Zunahme an nutzbarem Wasserangebot durch Erweiterung der Infrastruktur, ohne Berücksichtigung nicht nachhaltiger Wasserentnahmen

<sup>3</sup> Wasserangebot auf Grundlage der Annahme einer 90% Verfügbarkeit, berücksichtigt geplante und finanzierte Infrastrukturinvestitionen bis 2010, das gegenwärtige „90%-Wasserangebot deckt nicht die durchschnittliche Nachfrage

**Abb. 4.3-1:** Entwicklung des globalen Wasserbedarfs. Aus: *The 2030 WATER RESOURCES GROUP 2009* mit Erlaubnis durch die McKinsey Company.

zugenommen. Gestützt durch ökonomische Anreize sind sie immer eher bereit, bei ihren Konsum- und Investitionsentscheidungen auch die Auswirkungen auf die Ressourcen und die Umwelt mit in Betracht zu ziehen.

Die vielfältigen Maßnahmen und Instrumente, die auf der Seite der Nachfrage nach Wasser ansetzen, lassen sich nach sehr unterschiedlichen Kriterien kategorisieren (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY/EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR 2001):

- nach der Art der Anreize:
  - Gesetzliche Verpflichtungen
  - Ökonomische Anreize
  - Information und Motivation
- nach der Art des Instruments:
  - Infrastrukturverbesserungen
  - Nicht- strukturelle Maßnahmen
- nach dem Zeithorizont:
  - Notmaßnahmen
  - Mittel- bis langfristige Maßnahmen
- nach Ansatzpunkt innerhalb des Wasserversorgungssystems:
  - Wasserförderung
  - Wasserreservoir
  - Wasserverteilung
  - Endnutzer
- nach der Einrichtung, die Maßnahmen umsetzt:
  - Öffentliche Institutionen und Agenturen
  - Wasserversorgungsunternehmen
  - Endnutzer
- nach der Ermächtigungsgrundlage:
  - Internationale Verträge und Konventionen
  - Europäische Gesetzgebung und Politik
  - Nationale Gesetzgebung
  - Lokale und regionale Initiativen
- nach dem Sektor, in dem die Maßnahmen umgesetzt werden:
  - Haushalte und Kleingewerbe
  - Industrie
  - Landwirtschaft

Erfolgreiche Ansätze des Wassermanagements sind in der Regel Bestandteil einer umfassenderen Nachhaltigkeitsstrategie, die sowohl ökosystemare Zusammenhänge stärker in den Vordergrund rückt als auch das Wassermanagement in den Rahmen der regionalen wirtschaftlichen Entwicklung stellt (BRODIE 2009, SHARMA et al. 2008, PALME 2009).

### **Wasserknappheit: der europäische Ansatz**

Europa gilt als eine Region, die im Allgemeinen über ausreichende Wasserressourcen verfügt, um die aktuelle und auch die zukünftige Wassernachfrage zu bedienen (EEA 2009, 2010; FARMER et al. 2008). Diese

Einschätzung gilt jedoch nicht bei einer räumlich differenzierten Betrachtung. Insbesondere der Mittelmeerraum zählt zu den Wasserstressregionen, in denen bereits ein großer Teil der verfügbaren Wasservorkommen für unterschiedliche Nutzungen entnommen wird. Nach allen vorliegenden Studien wird sich dort unter Standard-Bedingungen die Wasserknappheit infolge des Klimawandels aber auch aufgrund der wachsenden Wassernachfrage etwa durch den Tourismus oder die Landwirtschaft verschärfen.

Langfristige Ungleichgewichte zwischen Wasserangebot und Wassernachfrage sind aber nicht nur auf die südlichen Länder beschränkt; so erweisen sich Wasserressourcenengpässe immer mehr auch als Restriktion für die regionale Entwicklung bspw. im Südosten Englands. Auch in anderen europäischen Regionen werden nach vorliegenden Klimaszenarien die Wasserressourcen zukünftig beeinträchtigt. Im Jahre 2007 waren in Europa insgesamt 11% der Bevölkerung und rd. 17% des Territoriums von Wasserknappheit betroffen. Die volkswirtschaftlichen Kosten von Dürreperioden sind nicht einfach zu ermitteln, die Europäische Umweltagentur hat die Kosten für die Dürreperioden der letzten drei Dekaden grob auf über 100 Mrd. Euro geschätzt. (EEA 2010)

Vor dem Hintergrund des wachsenden Drucks auf die Wasserressourcen hat sich auch die Europäische Kommission vermehrt dieser Thematik angenommen (EUROPEAN COMMISSION 2010b). Von zentraler Bedeutung ist dabei die Europäische Wasserrahmenrichtlinie, mit der sich die Europäische Union eine umfassende rechtliche Grundlage geschaffen hat, um ihre Wasserressourcen zu sichern und ihre nachhaltige Entwicklung zu gewährleisten. Mit der Wasserrahmenrichtlinie hat die EU im Jahre 2000 einen in mehrerer Hinsicht innovativen Weg beschritten. Das Wassermanagement erfolgt nunmehr auf der räumlichen Ebene von Flussgebietseinheiten; die Wasserrahmenrichtlinie setzt den Mitgliedsstaaten bestimmte Fristen für die Umsetzung einzelner Schritte, um das flächendeckende Ziel eines guten Zustands der Wasservorkommen zu erreichen. Die innovativen Prinzipien des Wassermanagements umfassen u.a. erstmals eine umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit an der Erarbeitung von Managementplänen und vor allem die stärkere Betonung ökonomischer Prinzipien. Alle Wassernutzer (Industrie, Energiewirtschaft, Landwirtschaft, private Haushalte) sollen die vollen Kosten der jeweiligen Wasserdienstleistungen tragen. Die den Wassernutzern in Rechnung gestellten Wasserpreise sollen dabei nicht nur die Kapital- und die Betriebskosten abdecken, sondern auch die mit der Nutzung des Wassers verbundenen Umwelt- und Ressourcenkosten. Die Wasserrahmenrichtlinie verlangt zudem von den Mitgliedsstaaten eine Auswahl

geeigneter Maßnahmen auf der Grundlage von ökonomischen Analysen, wobei vor allem die Kosten alternativer Lösungen in die Entscheidungsprozesse integriert werden sollen (EUROPEAN COMMISSION 2010a).

Seit dem Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie und der Umsetzung in die jeweiligen nationalen Gesetze hat es im Bereich des Wassermanagements zwar Fortschritte gegeben, dennoch verweisen die meisten Studien auf erhebliche Defizite. Die Umsetzungsfristen können in den meisten Mitgliedsstaaten nicht eingehalten werden und insbesondere bei der Realisierung einer kostendeckenden Preispolitik gibt es sowohl methodische als auch praktische Probleme.

Auf die besonderen Herausforderungen, die sich aus den wachsenden Ungleichgewichten zwischen Wasserdargebot und Wasserbedarf, der Zunahme von Dürreperioden und der eher mangelnden Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie ergeben, hat die Europäische Kommission im Jahre 2007 mit einer besonderen Mitteilung reagiert, die als wichtiger Baustein einer europäischen Wasserpolitik gilt (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 2007). In dieser Mitteilung definiert die Kommission verschiedene Optionen:

- Die Festsetzung von Wassertarifen, von denen Anreize für einen effizienten Umgang mit Wasser ausgehen,
- eine sachgemäßere Zuteilung von Wasserrechten und wasserwirtschaftsbezogenen Finanzmitteln,
- eine verbesserte Dürreerisikosteuerung,
- die Planung zusätzlicher Wasserversorgungsinfrastrukturen,
- die Förderung wassersparender Technologien und Verfahren,
- die Förderung einer wassersparfreundlichen Kultur in Europa und
- die Schaffung einer verbesserten Informationsgrundlage.

Bei der Forderung nach einer kostendeckenden Preispolitik bezieht sich die Kommission explizit auf die Wasserrahmenrichtlinie und bestätigt noch einmal die Notwendigkeit der dort enthaltenen Verpflichtungen.

Die Kommission sieht langfristig in Wassersparen und der Steigerung der Wassereffizienz die zentrale Lösung für die Wasserprobleme in der Europäischen Union. Dennoch plädiert sie dafür, auch vorhandene Ansätze für eine Ausweitung des Wasserdargebots zu prüfen. Sie verweist jedoch auch auf die potenziellen negativen Effekte, die vor allem mit dem Ausbau großräumiger Infrastrukturen verbunden sein können, und sieht daher in der angebotsorientierten Strategie eher eine second-best Lösung.

Für jede Form einer effizienten Wassermanagementstrategie sind ausreichende Daten und Informatio-

nen über den Status der Wasserressourcen, ihre aktuelle Nutzung, zukünftige Entwicklungstrends oder auch etwa über die Auswirkungen von Wasserentnahmen auf Ökosysteme notwendig. Hier gibt es trotz Fortschritten in den letzten Jahrzehnten immer noch erhebliche Lücken, auf die die Kommission in ihrer Mitteilung verweist und die sie durch geeignete Maßnahmen schließen möchte.

Die Mitteilung der Kommission aus dem Jahre 2007 ist durch weitere Berichte (Follow-up-Reports) ergänzt worden, in denen jeweils die bisherige Entwicklung und entsprechende konzeptionelle und instrumentelle Anpassungen dargelegt werden (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN 2007, 2008).

Im Oktober 2007 hatte sich der Europäische Rat mit der Mitteilung der Kommission auseinandergesetzt und die Kommission aufgefordert, bis zum Jahre 2012 eine umfassende Strategie als Antwort auf die Probleme der Wasserknappheit zu entwickeln. Die Kommission hat als Reaktion darauf zahlreiche detaillierte Analysen zu den verschiedenen Instrumenten und Managementkonzepten vorgelegt. Die Ergebnisse dieser Studien sollen in die Entwicklung einer umfassenden Wasserstrategie einfließen. Die wichtigsten Arbeiten sind:

- Effizienzstandards für wasserverbrauchende Geräte
- Zusammenhänge zwischen dem Ausbau der Bioenergie und Wasserverfügbarkeit
- Wassereffizienz von Gebäuden
- Szenarien zum Wassernachfragemanagement
- Bewertung der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie auf der europäischen Ebene
- Bewertung von vier alternativen Wasserversorgungsoptionen (Entsalzung, Abwasserrecycling, Grundwasseranreicherung, Regenwassernutzung)
- Entwicklung von Richtlinien für Dürremangementpläne
- Analyse des Wassereinsparpotenzials in Europa

Das Wassereinsparpotenzial wird z.B. auf über 40% gegenüber dem *Status quo* veranschlagt. Die einzelnen Maßnahmen beziehen sich dabei nicht nur auf technische Konzepte, sondern auch auf eine grundlegende Integration der Anforderungen einer Wasserstrategie in andere Politikbereiche. So verweisen zahlreiche Studien im Auftrag der EU auf die besonderen Herausforderungen, die sich aus dem Ausbau der Bioenergie für die Sicherung der Qualität und die Quantität der Wasserressourcen ergeben. Vorgeschlagen wird aus diesem Grunde eine Verlagerung der wasserintensiven Produktion von Bioenergie in die mit Wasser eher besser ausgestatteten Regionen Nordeuropas. Eine solche Strategie des Wassermanagements erfordert natürlich eine grundlegende Neuorientierung der europäischen Agrarpolitik und ist entsprechend kurz- bis mittelfristig nur schwer umsetzbar.



Die Europäische Kommission hat im Frühjahr 2010 einen neuen Diskussionsprozess mit Blick auf die zukünftige Wasserpolitik eingeleitet (EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT (2010). Ziel ist es dabei, die Ergebnisse

- der kritischen Überprüfung der »Strategie für Wasserknappheit und Dürren«,
- der Analyse des Standes der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie,
- sowie der Untersuchung zur Verletzbarkeit der Umweltressourcen (Wasser, Boden, Biodiversität etc.) im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels in eine neue »Blaupause zur Sicherung der Europäischen Gewässer« zusammenzuführen. Sie wird dann die Richtung für die zukünftige europäische Wasserpolitik vorgeben.

### **Steigerung der Wassereffizienz: eine sektorale Differenzierung**

#### ***Wassersparmaßnahmen in privaten Haushalten***

Insbesondere im privaten Haushaltsbereich sind in den letzten Jahrzehnten zahlreiche, teilweise sehr innovative Ansätze der effizienten Wassernutzung erprobt und umgesetzt worden. Vor allem der technische Fortschritt bei den Haushaltsgeräten hat zu einer kontinuierlichen Reduzierung des Wasserverbrauchs beigetragen, wobei die technischen Innovationen oft vorrangig vom Motiv der Energieeinsparungen getragen wurden und die Reduzierung des Wasserverbrauchs quasi ein Nebenprodukt darstellt (STABEN 2008). Der Rückgang der spezifischen Verbrauchswerte wurde jedoch zumindest in der Vergangenheit durch die verbesserte technische Ausstattung der Haushalte oft kompensiert.

#### ***Wasserneutralität***

Der Südosten Englands und hier vor allem der Großraum London zählen mit zu den Regionen, die sich einerseits – auch klimatisch bedingt – durch einen Wassermangel auszeichnen, die andererseits aber auch Wachstumsregionen mit einem hohen Siedlungsdruck sind (GREATER LONDON AUTHORITY 2009). Die mangelnde Wasserverfügbarkeit erweist sich hier als besondere Restriktion für die wirtschaftliche und siedlungsstrukturelle Entwicklung und erfordert neue innovative Ansätze. Das Projekt »Thames Gateway« zwischen London und der Themse-Mündung gilt mit einer Fläche von mehr als 10.000 ha als eines der größeren urbanen Sanierungsprojekte in Europa. In diesem Gebiet sind insgesamt 165.000 neue Wohnungen geplant. Hinzu kommen neue Gewerbeansiedlungen und Büroflächen. Da alle Ansätze über eine Ausweitung des Wasserangebots (bsp. über den Ausbau der Fernwasserversorgung)

entweder technisch nicht machbar oder aber ökonomisch nicht tragfähig sind, wurde in Zusammenarbeit mit dem britischen Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) und der Environment Agency das Konzept der sog. Wasserneutralität entwickelt (ENVIRONMENT AGENCY 2009c). Sie bedeutet dabei, dass nach der Fertigstellung und Erschließung dieses neuen Areals insgesamt nicht mehr Wasser verbraucht wird, als in der Ausgangssituation. Um dieses Ziel zu erreichen, sind auf allen Ebenen Maßnahmen zum Wassersparen und zur effizienten Wassernutzung umzusetzen, u.a.

- Einführung neuer Tarifsysteme,
  - Neue technische Standards (Codes for sustainable homes) für wassersparende Architektur und die Ausstattung von Wohngebäuden mit wasserverbrauchender Technik,
  - Reduzierung von Wasserverlusten,
  - Nutzung von Regenwasser,
  - Wasserrecycling,
  - Duale Wasserversorgungssysteme, etc.
- (aus ENVIRONMENT AGENCY 2009a,b; SCHEELE & LIBBE 2010).

Anhand verschiedener Szenarien kann gezeigt werden, dass diese ambitionierten Ziele erreichbar sind und sogar unter bestimmten Bedingungen überschritten werden können.

Das Einsparpotenzial im Bereich der privaten Haushalte ist relativ hoch und wird bis 2030 auf über 40% geschätzt (EEA 2010, FIEDLER 2008, DURHA 2009, WATERWISE 2009, IFMA FOUNDATION 2010). Besondere Einsparmöglichkeiten werden generell im Bereich der Toilettenspülung gesehen, wo nicht unbedingt Wasser mit Trinkwasserqualität erforderlich ist, und auf den in den meisten Industrieländern rd. 25–30% des gesamten häuslichen Wasserverbrauchs entfällt. Häufig reichen bereits technisch simple Installationen, um größere Einsparungen zu erzielen.

Technisch anspruchsvoller sind etwa hausinterne Recycling-Lösungen, die wichtige komplementäre Bausteine zur zentralen Versorgung darstellen können. Oft werden diese Technologien ergänzt durch Ansätze dezentraler Wassergewinnung (OECD 2009, MAKROPOULOS & BUTLER 2010, ALLEN et al. 2010, ZHANG et al. 2009). Diese neuen Versorgungsmodelle haben ihre Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt, sie sind bisher aber nur in wenigen Fällen wirtschaftliche Lösungen. Sie rechnen sich allenfalls bei der infrastrukturellen Erschließung neuer Wohngebiete und Wohnanlagen. Bei vielen der in der Literatur erwähnten Vorhaben handelt es sich zudem um Modellprojekte der jeweiligen Wasserversorgungsunternehmen. Auch doppelte Versorgungsnetze, über die je nach Verwendungszweck un-

terschiedliche Qualitäten geliefert werden, haben sich, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht durchgesetzt (SCHEELE et al. 2008, SCHEELE & LIBBE 2010, CHUNG et al. 2008). In Entwicklungsländern, in denen die konventionellen zentralen Versorgungslösungen an wirtschaftliche und ökologische Grenzen stoßen, werden zunehmend auch alternative »low cost«-Lösungen als Alternative zur zentralen Versorgung gefördert (BMBF/FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE 2001, KLUGE & SCHEELE 2008). Auch sie können mit dazu beitragen, den Druck auf die Wasserressourcen zu mindern.

Der Wasserverbrauch privater Haushalte ist nicht allein technisch determiniert, sondern wird auch durch Veränderungen im Lebensstil beeinflusst. So kann etwa die Freizeitgestaltung ganz entscheidend zu einer Erhöhung des Wasserverbrauchs beitragen. Beispielhaft steht dafür etwa die Entwicklung des Golfsports. So wird unter den spezifischen klimatischen Bedingungen in Spanien davon ausgegangen, dass für die Bewässerung eines 18-Loch-Golfplatzes jedes Jahr 700.000 Kubikmeter Wasser verbraucht werden. Damit könnte ein Jahr lang eine Stadt mit 15.000 Einwohnern mit Trinkwasser versorgt werden.

Diese Art des Umgangs mit einer knappen Ressource ist auch das Resultat einer Preispolitik, die den Wasserverbraucher nicht mit den wahren Kosten seiner Verbrauchsentscheidung konfrontiert.

Zentraler Bestandteil aller Konzepte des Ressourcenmanagements ist daher neben den technischen Ansätzen, die Forderung nach der Einführung kostendeckender Preise für die Bereitstellung von Wasserdienstleistungen (CANTIN et al. 2005, OECD 2003a, b). Wasserpreise sollen entsprechend der europäischen Wasserrahmenrichtlinie die sozialen Grenzkosten der Wassernutzung widerspiegeln und den Verbrauchern Anreize für einen sparsamen Umgang mit Wasser liefern. Eine solche Preispolitik richtet sich nicht nur an die privaten Trinkwasserkonsumenten, sondern sie soll alle Akteure umfassen, die Wasserressourcen nutzen, also auch die Landwirtschaft, die Energiewirtschaft und den industriellen Sektor insgesamt. Zwar gibt es in vielen europäischen Ländern diverse umweltökonomisch motivierte Steuern und Abgaben, mit denen die externen Kosten der Wassernutzung erfasst und über die Preise an die Konsumenten weitergegeben werden sollen, dennoch besteht hier ein hoher Nachholbedarf. Selbst aus europäischen Mitgliedsländern sind Beispiele bekannt, in denen etwa die Landwirtschaft kaum die Kosten ihres Verbrauchs trägt und auch die öffentliche Wasserversorgung subventioniert wird.

Im Hinblick auf den privaten Haushaltssektor ist die Effektivität preispolitischer Instrumente grundsätz-

lich umstritten: die Wassernachfrage privater Haushalte ist weitestgehend technisch bestimmt, das heißt, dass Haushalte jeweils nur sehr begrenzt in der Lage sind, unmittelbar auf Preisänderungen zu reagieren. Die meisten empirischen Studien verweisen daher zumindest bei kurzfristiger Betrachtung auf eine eher unelastische Nachfrage. Langfristig werden Haushalte dann bei ihren Investitionsentscheidungen die steigenden Preise mit in Betracht ziehen (DALHUISEN et al. 2003). Dies erklärt auch die oft sehr langsame Durchsetzung von Wasserspartechnologien am Markt selbst dann, wenn die Rentabilität einer solchen Investition offenkundig ist (JORGENSEN et al. 2009).

Mit Blick auf die Anreizwirkungen ist nicht nur die Höhe der Wasserpreise, sondern auch die Tarifstruktur von Bedeutung. Bei der Festlegung von Tarifen müssen unterschiedliche Zielsetzungen in Einklang gebracht werden:

- Die Kosten der Wasserversorgung müssen gedeckt werden,
- die Tarifstruktur sollte so gestaltet sein, dass für die Nutzer entsprechende Anreize für einen effizienten Umgang gesetzt werden,
- die Tarifstruktur sollte zu einer sozial verträglichen Belastung aller Wasserverbraucher führen.

Zwischen diesen Zielsetzungen gibt es offensichtlich Konflikte: So kann bspw. eine kostendeckende Tarifstruktur nur geringe Anreize für Wassersparen setzen und auch sozial unausgewogen sein. Mit Blick auf die Tarifstruktur im Bereich der öffentlichen Trinkwasserversorgung sind folgende unterschiedliche Differenzierungen denkbar:

*Wasser – Abwasser:* üblich ist eine Differenzierung nach dem Wasserbezug und der abgeleiteten Abwassermenge. Die Erfassung des Wasserverbrauchs über Zähler ist zwar die Regel, aber selbst in Europa nicht in allen Staaten (Beispiel England und Wales) flächendeckend umgesetzt. Die Abwassermenge wird in der Regel nicht gesondert erfasst, die Abrechnung erfolgt über den sog. Süßwassermaßstab.

*Abwasser:* Bei der Berechnung der Abwassergebühren wird in der Zwischenzeit mehrheitlich auf gesplittete Abwassertarife gesetzt, d.h., die an die Kanalisation angeschlossenen Bürger zahlen eine Schmutzwassergebühr (in Höhe des Wasserverbrauchs) sowie eine Gebühr für die Niederschlagsentwässerung, die sich in der Regel am Umfang der versiegelten Fläche orientiert, von der aus das Niederschlagswasser abgeleitet wird. Eine solche Tarifstruktur hat auch zur Entwicklung neuer Verfahren des Regenwassermanagements geführt (innerbetriebliche Regenwassernutzung etc.)

*Wasser:* In der Wasserversorgung dominieren zwei-

teilige Tarife bestehend aus einem Grundpreis (in der Regel abhängig von der Zählergröße) und dem Arbeitspreis, d.h. einem Preis pro m<sup>3</sup> Wasser. Das Verhältnis der beiden Preisbestandteile ist in der Praxis sehr unterschiedlich, in der Regel ist der Grundpreisanteil an der Wasserrechnung dabei eher gering. Diese Tarifstruktur ist insofern kritisch, als sie der Kostenstruktur in der Wasserversorgung mit dem sehr hohen Anteil an Fixkosten widerspricht. Vor diesem Hintergrund sind auch die Forderungen nach einer Tarifreform zu sehen, bei der Grundpreise erhöht würden, um somit auch die Unternehmen weniger anfällig gegenüber den Schwankungen auf der Nachfrageseite zu machen. Die weitestgehenden Vorschläge reichen in diesem Zusammenhang bis hin zur Einführung einer Flatrate: In diesem Fall würde der Kunde nicht den Bezug einer bestimmten Menge an Wasser zahlen, sondern für die Bereitstellung der Wasserversorgungsinfrastruktur.

Räumliche Differenzierung: In den meisten Ländern gilt nachwievor das Prinzip der Tarifeinheit im Raum, d.h., jeder Kunde zahlt den gleichen Preis unabhängig davon, wo innerhalb des Versorgungsgebietes er seinen Standort hat und wie hoch die spezifischen Anschlusskosten an das System sind. Dies bedeutet gleichzeitig dann auch, dass es zu einer Quersubventionierung zwischen Nachfragergruppen kommt. Vorschläge für eine Abkehr von diesem Zuordnungsprinzip basieren auf der grundsätzlichen Annahme, dass jeder Kunde die Kosten zu tragen hat, die er für das System verursacht. Die Transaktionskosten eines differenzierten Preissystems wären jedoch sehr hoch; gleichzeitig wird die bisherige Tarifstruktur auch als wichtige Grundlage für eine flächendeckende Infrastrukturversorgung gesehen, sodass eine grundlegende Abkehr von der Tarifeinheit im Raum wenig wahrscheinlich ist.

### **Wasserbedarfsprognosen**

Die Wasserversorgung ist in der Regel auf die Nutzung lokaler bzw. regionaler Wasservorkommen angewiesen, auch weil der Aufbau großräumiger Fernversorgungssysteme entweder technisch und/oder wirtschaftlich nicht realisierbar ist. Um innerhalb einer Region eine langfristig sichere Wasserversorgung zu gewährleisten, können Wasserbedarfsprognosen eine wichtige Rolle spielen. Sie dienen dann als Grundlage für die Ableitung von geeigneten Maßnahmen sowohl auf der Angebots- als auch der Nachfrageseite.

In Deutschland ist die Situation der Wasserversorgung relativ entspannt. Im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Ländern hat es hier in den letzten Jahren daher auch nur relativ wenige systematische Bedarfsprognosen gegeben. Erst in jüngster Zeit sind solche Projektionen aber durchaus wieder ein Thema geworden,

dies nun jedoch weniger unter dem Gesichtspunkt der Ressourcennutzung, als vielmehr vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung. Unternehmerische Entscheidungen über den Neubau, den Rückbau oder die grundlegende Sanierung von Infrastrukturanlagen sind ganz wesentlich auf verlässliche Absatzprognosen angewiesen. Für ein Wasserversorgungsunternehmen kann selbst unter günstigen wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Förderung von Wassersparaktivitäten auf der Kundenseite sinnvoll sein, wenn damit auf Investitionen in sehr teure, langlebige Versorgungsinfrastrukturen verzichtet werden kann (RENZITTI 2005, KLUGE & LIBBE 2010). Jede Investition, die unter den heute geltenden Rahmenbedingungen getätigt wird, wird bei abnehmender Bevölkerungszahl deutlich überdimensioniert sein, wenn man die Lebensdauer der Anlagen in der Wasserwirtschaft berücksichtigt.

Grundlage der Abschätzung des zukünftigen Wasserbedarfs ist jeweils eine systematische Analyse der spezifischen Verbrauchsscharakteristika einzelner Nutzergruppen. In der Regel wird zwischen

- privaten Haushalten inklusive Kleinstgewerbe,
- gewerblichen Nachfragern (produzierendes Gewerbe, Handel, Verkehr und Dienstleistungen), und
- sonstigen öffentlichen Einrichtungen (Krankenhäuser, Bundeswehr, Schulen etc.)

unterschieden. In den verschiedenen Bedarfsstudien und Verbrauchsanalysen haben sich sehr unterschiedliche Faktoren als bedeutsam erwiesen:

- Zahl der zu versorgenden Einwohner und die Bevölkerungsstruktur,
- Verbrauchsgewohnheiten und Lebensstandard der Bevölkerung, insbesondere die Ausstattung von Gebäuden und Wohnungen mit Bädern, Toiletten, Urinalen und anderen verbrauchsbestimmenden Geräten und Armaturen,
- Belegungsdichte (Einwohner) je Wohneinheit,
- Umfang vorhandener Eigen- und Einzelwasserversorgung,
- klimatische und meteorologische Faktoren wie Niederschlagshöhe, -verteilung und -dauer, mittlere Jahres- sowie sommerliche Höchsttemperaturen, Luftfeuchte und Verdunstung,
- Art der Erschließung und Bebauung, Grundstücksgrößen (Ein- oder Mehrfamilienhäuser), Größe von Garten- und Grünflächen,
- Stand des Ausbaus der Kanalisation,
- Wasserbedarf öffentlicher Einrichtungen,
- Art, Zahl und Wasserbedarf von Gewerbe- und Industriebetrieben und öffentlichen Einrichtungen,
- Viehbestand landwirtschaftlicher Betriebe und Bewässerungsbedürftigkeit von landwirtschaftlichen Nutzflächen,

- Preisgestaltung in der Wasserver- und Abwasserentsorgung,
- Räumliche Mobilität (Freizeit, Arbeit),
- Löschwasserbedarf,
- Wasserverluste,
- Wasserbewusstsein.

Angesichts der Komplexität der Wirkungszusammenhänge und der Vielzahl der Faktoren (HILLENBRAND & SCHLEICH 2009, SCHLEICH & HILLENBRAND 2009, HIESSL 2001, ROSCHER 2006) arbeiten die aktuellen Bedarfsprognosen in der Zwischenzeit mit Szenariomethoden (KLUGE et al. 2008, GROSSMANN & HOFMANN 2008).

Für die deutsche Wasserversorgung stellt sich mit der demographischen Entwicklung eine besondere Herausforderung. Einige Regionen sind bereits heute mit teilweise deutlichen Bevölkerungsrückgängen konfrontiert. Der damit zumindest langfristig verbundene Rückgang des Wasserverbrauchs mindert zwar den Druck auf die natürlichen Ressourcen, führt aber auf der anderen Seite zu dem Problem nicht ausgelasteter Infrastruktursysteme (BDEW 2010). Bei dann überdimensionierten Wasserversorgungssystemen stellt sich nicht nur das Problem der Kostendeckung – die hohen Fixkosten verteilen sich auf eine nun geringere Nachfrage –, auch negative Folgen für die Trinkwasserqualität können nicht ausgeschlossen werden. Zwar kann nicht von einfachen linearen Zusammenhängen zwischen Demographie und Wasserverbrauch ausgegangen werden (s. LUX 2008, 2009), die Wasserversorgungsunternehmen und ihre kommunalen Eigentümer haben sich jedoch in der Zwischenzeit diesen Herausforderungen angenommen und versuchen mit neuen Konzepten darauf zu reagieren (KLUGE & LIBBE 2010, LIBBE & SCHEELE 2009).

Die demographische Entwicklung hat auch der Debatte über Sinn und Unsinn des Wassersparens neue Impulse gegeben; d.h. ist es überhaupt in einem wasserreichen Land sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll, ganz bewußt in Maßnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs zu investieren, wenn damit gleichzeitig das Problem der Unterauslastung verstärkt wird? (LEIST 2007).

### Wassereinsparmöglichkeiten in der Industrie

Die Industrie gilt nach der Landwirtschaft weltweit als größter Wasserverbraucher; in Deutschland setzt die Industrie aktuell rd. 35 Mrd. m<sup>3</sup> Wasser ein, der weitest- aus größte Teil davon entfällt dabei auf den Einsatz als Kühlwasser in der Energiewirtschaft. Wie in den meisten Industrieländern konnte auch in Deutschland die Industrie in den letzten Jahrzehnten den Wasserverbrauch kontinuierlich reduzieren.

Der sektorale Strukturwandel mit dem Übergang von der Industrie- in eine Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft geht in erster Linie zu Lasten der ressourcenintensiven Wirtschaftsbereiche. Allgemein haben neue Produkte und neue Produktionstechnologien, die Mehrfachnutzung von Wasser und geschlossene Kreisläufe zu einer deutlichen Reduzierung der Wasserintensität beigetragen (WOLFF & GLEICK 2002). Die Einsparung von Wasser in industriellen Produktionsprozessen selbst geschieht primär unter dem Gesichtspunkt der Kostenreduzierung und der Verbesserung der unternehmerischen Wettbewerbsfähigkeit.

Die Wasserintensität wird als Wassereinsatz in m<sup>3</sup> je Einheit Bruttowertschöpfung ausgewiesen. Für den gesamten Industriesektor ist die Wasserintensität zwischen 1995 und 2007 um über ein Drittel gesunken. Die Möglichkeiten zur Senkung des Wasserverbrauchs hängen von den jeweiligen spezifischen Bedingungen des Industriesektors und den technischen Merkmalen des Produktionsprozesses ab. Die Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichte großer Industriekonzerne enthalten dazu vielfältige Beispiele. Eine abnehmende Wasserintensität muss nicht gleichzeitig auch zu einer Reduzierung des gesamten Wassereinsatzes führen. Der Wasserverbrauch der deutschen chemischen Industrie ist zwischen 1996 und 2009 relativ stabil geblieben, da einer Reduzierung der Wasserintensität um fast 20% im gleichen Zeitraum eine Zunahme der Produktion um fast 19% gegenüberstand (VCI 2010). Nach vorliegenden Studien wird sich auch in der Zukunft diese Entwicklung im industriellen Wasserverbrauch fortsetzen, bis 2020 werden Reduzierungen der Wasserintensität um bis zu 50% je nach Branche erwartet. Über geschlossene Wasserkreisläufe kann bis zu 90% des Wasserverbrauchs reduziert werden (HILLENBRAND et al. 2008, WOLFF & GLEICK 2002, SENATSERWALTUNG FÜR

**Tab. 4.3-1:** Wassereinsatz in der deutschen Industrie (Mio.m<sup>3</sup>).

1995	1998	2001	2004	2007	
Alle Wirtschaftsbereiche	45510	42550	40668	37319	34643
Energieversorgung	28100	26728	25247	22919	20176
Chemische Industrie	3442	3464	3488	3676	3230
Metallerzeugung u. -bearb.	992	870	734	742	726
Papiergewerbe	735	602	540	541	528

**Tab. 4.3-2:** Relative Wasserintensität der deutschen Industrie.

1995	1998	2001	2004	2007	
Alle Produktionsbereiche	100	88,71	79,08	71,35	61,33
Energieversorgung	100	95,51	.	80,33	66,62
Chemische Industrie	100	102,40	95,48	97,86	75,07
Metallerzeugung u. -bearb.	100	19,82	70,91	66,73	53,33
Papiergewerbe	100	57,94	56,05	61,10	65,66

Wasserintensität: - Wassereinsatz je Bruttowertschöpfung, preisbereinigt; Kettenindex 1995 = 100

Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 2010, Tab. 7.2 und 7.7



STADTENTWICKLUNG BERLIN 2007, GRIMM et al. 2008).

Die Reduktionspotenziale hängen dabei nicht nur allein von der verfügbaren Technologie ab, sondern auch davon, wie sich die spezifischen Kosten der Technologien entwickeln werden (LOPEZ-GUNN & LLAMAS 2008, THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING 2010). Gleichzeitig ist bei allen Ansätzen zur Reduktion des Wasserverbrauchs darauf zu achten, dass Erfolge auf der Wasserseite nicht mit einer Zunahme des Energieverbrauchs verbunden sind. Innerbetriebliches Wasserrecycling erfordert in der Regel zusätzliche Reinigungsprozesse und Maßnahmen, mit denen das Wasser heruntergekühlt wird. Andererseits sind gerade von der Entwicklung der Energiekosten zusätzliche Anreize zur Steigerung der unternehmerischen Ressourceneffizienz und damit auch mit einer Reduktion des Wasserverbrauchs und des Abwasseranfalls zu rechnen.

### **Water footprints und virtuelles Wasser**

Jeder Europäer verbraucht ca. zwischen 100 und 200 l pro Tag, die er aus dem öffentlichen Trinkwassernetz entnimmt. Berücksichtigt man jedoch auch, dass für die Produktion von Gütern und Dienstleistungen Wasser benötigt wird, dann ist die Menge Wasser, die jeder Bürger täglich verbraucht, um ein Zigfaches höher. In den 1990er Jahren hat der britische Wissenschaftler John Anthony Allen das Konzept des virtuellen Wassers entwickelt (s. Kap. 4.7). Unter diesen Begriff wird die Menge an sauberem Wasser zusammengefasst, die zur Herstellung eines Produkts verbraucht, verdunstet oder verschmutzt wird. Für unzählige Industriegüter liegen in der Zwischenzeit entsprechende Werte vor: so wird für eine Tasse Kaffee rd. 140 l Wasser benötigt, für eine handelsübliches T-Shirt rd. 4.100 l und die verbrauchte Wassermenge für einen Neuwagen wird wegen des hohen Rohstoff- und Materialaufwands – auf bis zu 450.000 l veranschlagt (WWF DEUTSCHLAND 2009).

Eine Weiterentwicklung des Konzepts des virtuellen Wassers ist der »water footprint«: der Wasserfußabdruck gilt als Indikator für den Wasserverbrauch, wenn sowohl der direkte als auch der indirekte Wasserverbrauch mitberücksichtigt wird (HOEKSTRA et al. 2009). Ein solcher Fußabdruck kann für Einzelpersonen, für Unternehmen, Organisationen oder auch für ganz Länder berechnet werden (HOEKSTRA & CHAPAGAIN 2007, GERBENS-LEENES et al. 2009, MORRISON et al. 2010).

Für die meisten europäischen Länder setzt sich der »water footprint« aber aus von anderen Ländern importiertem, d.h. virtuellem Wasser zusammen. Für die Produktion einer Jeans-Hose werden z.B. 10 m<sup>3</sup> Wasser benötigt. Die für die Produktion benötigte Baumwolle wird in der Regel in Regionen mit Wasserknappheit angebaut und erfordert eine intensive Bewässerung: rd.

84% des Wasserfußabdrucks für Baumwolle liegt damit ausserhalb der EU (EEA 2010, GERBENS-LEENES et al. 2009).

Das Konzept des »water footprints« findet in der Zwischenzeit auch Eingang in politische Entscheidungen und könnte zumindest langfristig auch Auswirkungen auf Handel und die internationale Arbeitsteilung haben. Wasserarme Regionen müssten hauptsächlich auf die Produktion von wasserarmen Produkten setzen und wasserintensive Produkte importieren. In der Regel verfügen diese Länder jedoch nicht über die wirtschaftlichen Ressourcen, um eine derartige Handelsstrategie umzusetzen.

Vor allem global operierende Unternehmen haben in der Zwischenzeit auch die wirtschaftlichen Risiken erkannt, die sich für ihre Produktionen aus der Wasserknappheit und dem Klimawandel ergeben und intensivieren ihre Bemühungen zur Steigerung der Wassereffizienz. Informationen zum »Wasserfußabdruck« stellen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung entsprechender Konzepte dar (MORRISON et al. 2009, WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2009, LLOYD'S 2010).

Der Industriesektor bezieht nur einen Teil seines Wassers aus dem Netz der öffentlichen Wasserversorgung und gewinnt ansonsten sein Wasser aus eigenen Wasserquellen. Die Informationslage über den Kostendruck, der sich für die Industrieunternehmen auf der Beschaffungsseite ergibt, ist eher dürftig. Insbesondere industriellen Großkunden werden bei der Versorgung über das öffentliche Versorgungsnetz häufig Sonderkonditionen eingeräumt, die nicht veröffentlicht werden. Die industrielle Eigenförderung ist in der Regel kostengünstiger, da Investitionen in die Netzinfrastruktur entfallen und die Unternehmen auf bestimmte Schutzstandards etwa bei der Ausweisung von Wasserschutzgebieten verzichten können. Voraussetzung für die industrielle Eigenförderung sind jedoch in den meisten Ländern staatlich zugeteilte Wasserförderrechte. Die Erhebung von Wasserentnahmegebühren, die Einführung eines Systems handelbarer Wasserrechte, aber in erster Linie die Anhebung der Abwassergebühren dürfte zu einer weiteren Erhöhung der Wasserbezugskosten führen und Ansätze des effizienteren Umgangs mit Wasser stärken.

### **Effizienzsteigerung in der Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft ist in vielen Regionen der größte Wasserverbraucher. Weltweit entfallen im Durchschnitt rd. 70% der Wasserentnahmen auf die Landwirtschaft. Die Wasserentnahme für Bewässerungszwecke hängt entscheidend von den klimatischen Gegebenheiten

ab, von der Art der landwirtschaftlichen Nutzung und den eingesetzten Bewässerungsmethoden. Wichtigste Quelle ist dabei oberflächennahes Grundwasser; Probleme ergeben sich zunehmend durch die Erschöpfung der Grundwasserleiter und aus der Verschmutzung der Wasservorkommen durch Agrochemikalien (GLEICK & PALANIAPPAN 2010, SIEBERT et al. 2007)

Unzureichende Bewässerungsmethoden haben zur Versalzung vieler landwirtschaftlich genutzter Flächen beigetragen und die Bewässerung immer weiter auf neue Flächen ausgedehnt. Die Subventionierung der Landwirtschaft und speziell des Energie-, Wasser- und Chemikalieneinsatzes hat ganz wesentlich zur Ausweitung der landwirtschaftlichen Bewässerungspraxis beigetragen. Seit 1950 hat sich der Umfang der bewässerten Nutzflächen verdreifacht, von ihnen stammt gegenwärtig ein Drittel der gesamten Agrar- bzw. die Hälfte der Nahrungsmittelproduktion. Trotz der erkennbaren negativen Folgen wird die Bewässerung auch zukünftig eine zentrale Rolle bei der Sicherstellung der Nahrungsmittelversorgung der Weltbevölkerung spielen. Um mit der wachsenden Nahrungsmittelnachfrage Schritt halten zu können, müsste laut vorliegenden Prognosen die bewässerte Fläche bis 2025 um 20–30% zunehmen (BRUINSMA 2009, WORLD ECONOMIC FORUM 2008). Die steigenden Kosten dieser Form der Landwirtschaft und insbesondere die ökologischen Belastungen, aber auch die wachsenden Ansprüche der anderen Verbrauchssektoren setzen dieser Strategie jedoch eindeutige Grenzen. Effizientere Methoden der Bewässerung sind daher zwingend.

Eine Reduktion der Wassernachfrage der Landwirtschaft schlägt sich dabei in der regionalen Wasserbilanz besonders nieder: eine 25%-Reduktion der Wassernachfrage in einer Region, in der der Anteil der Landwirtschaft am gesamten Verbrauch bei 80% liegt, bedeutet z.B., dass sich der Verbrauch aller anderen Verbrauchssektoren rein rechnerisch verdoppeln dürfte.

Ähnlich wie im industriellen Bereich existieren für den Landwirtschaftssektor zahlreiche erprobte Konzepte zur Effizienzsteigerung in der Wassernutzung (PACIFIC INSTITUTE 2010, POSTEL 1999). Erhebliche Einsparungen ergeben sich bei der Anwendung neuer Bewässerungstechnologien (micro irrigation systems, laser leveling), mit denen das Wasser gezielter und gleichmäßiger auf die Flächen verteilt werden kann. Mit den Micro Systemen sind gegenüber konventionellen Methoden Einsparungen bis zu 90% erreichbar (WOLFF & GLEICK 2002). Es gibt relativ wenig Informationen über die weltweite Verbreitung solcher Techniken. Die vorliegenden Angaben stützen jedoch die Vermutung, dass sich ihr Einsatz aufgrund der Kosten dieser Systeme nur bei höherwertigen Produktionen

lohnt. Fortschritte in der Bewässerungstechnologie haben in der Vergangenheit zudem nicht immer zu einer Reduzierung der verbrauchten Wassermengen beigetragen, sondern häufig nur zu einer Ausweitung der bewässerten Areale.

Auch ökonomische Anreizinstrumente können zum Einsatz kommen: eine kostendeckende Wasserpreisgestaltung sowie die Etablierung von Märkten, auf denen Wasserrechte gehandelt werden, schaffen Anreize für einen effizienteren Umgang mit Wasser. Nach bisherigen Erfahrungen reagiert die Nachfrage nach Bewässerungsflächen auf Wasserpreisänderungen jedoch relativ wenig.

Von weitaus größerer Bedeutung sind klimatische Veränderungen, die Entwicklungen auf den Agrarmärkten und natürlich die Agrarpolitik, die letztlich mitentscheidet über die Frage, welche landwirtschaftliche Produktion sich am Markt durchsetzt. Ansätze zur effizienteren Nutzung von Wasser können sich in diesem größten Verbrauchssektor also nicht allein auf technische Konzepte verlassen, sondern müssen in ein umfassendes politisches Konzept eingebunden werden.

## Schlussfolgerungen

Der akuten globalen Wasserkrise, die sich durch den Klimawandel noch verschärft, wird ohne systematische Ansätze zur Steuerung der Nachfrage nach Wasser auch nicht annäherungsweise begegnet werden können. Im vorliegenden Beitrag sind die vorhandenen Technologien und Managementkonzepte sowie das jeweilige Einsparpotenzial insbesondere auch in den Sektoren deutlich gemacht worden, die einen besonders hohen Wasserverbrauch aufweisen. Die Ausschöpfung dieses theoretischen Potenzials wird jedoch durch ökonomische, rechtliche oder institutionelle Faktoren begrenzt. Einsparpotenziale im privaten Haushaltsbereich werden bspw. nicht realisiert, wenn Wohnungsinhaber keine entsprechende Anreize haben, weil ihr Verbrauch nicht gemessen wird, sie pauschal belastet werden oder sie in Mietwohnungen keine baulichen Veränderungen vornehmen dürfen oder wollen. Auch allgemeine technische Normen und Standards, die den Wasserverbrauch mit beeinflussen können, zeigen sich oft als sehr resistent gegenüber Anpassungen. Gerade bei alternativen Ansätzen der Wasserversorgung, die auf dezentrale Konzepte der Wasserver- und Abwasserentsorgung und ganz wesentlich auch auf das Recycling von Wasser setzen, spielt auch die Akzeptanz der Konsumenten eine zentrale Rolle. Nicht selten scheiterten in der Vergangenheit technisch erfolgversprechende Konzepte daran, dass Wasserkunden nicht von der gesundheitlichen Unbedenklichkeit und einer mit der zentralen Versorgung vergleichbaren Dienstlei-

tungsqualität überzeugt werden konnten.

Die krisenhafte Zuspitzung der Ressourcenlage ist in den meisten Fällen jedoch eher eine unmittelbare Folge einer Preispolitik, die den Wassernutzern die tatsächlichen Kosten ihrer Nutzungsentscheidungen nicht in Rechnung stellt und damit Fehlallokation fördert. Während in den Industrienationen zumindest vermehrt die Entwicklungen in die Richtung der Kostendeckung gehen, ist die Ablösung von der Sichtweise, Wasser sei ein freies, kostenloses Gut, in den weniger entwickelten Staaten weitaus schwieriger umzusetzen. Allein die sozialen Implikationen einer solchen Preispolitik stellen oft ein ernsthaftes Hindernis dar (SCHEELE 2010).

Gerade für die von der Wasserkrise ganz besonders betroffenen Entwicklungsländer der südlichen Hemisphäre stellt sich dann die Frage, wie die Finanzierung der für den Aufbau einer Wasserinfrastruktur und eines Systems der Wasserressourcenmanagements erforderlichen Investitionen langfristig gewährleistet werden kann (HEYMANN 2010). Die Debatten auch auf der internationalen Bühne haben sich in dem Zusammenhang dann sehr lange auf die Frage nach dem Pro und Contra der Privatisierung der Wasserver- und Abwasserentsorgung konzentriert und dabei nicht selten den Blick auf die zentralen Herausforderungen des Ressourcenmanagements in diesen Regionen verloren:

- welche Maßnahmen zur Lösung der Wasserprobleme

sind vorhanden,

- was ist ihr jeweiliger Beitrag und
- wieviel kosten sie?

Die »2030 Water Resources Group« hat dazu erstmalig umfassende Analysen für einzelne Länder bzw. Regionen vorgelegt. Entscheidende Kriterien für die Auswahl der Maßnahmen zur Deckung des wachenden Wasserbedarfs sind neben der Verfügbarkeit entsprechender Technologien vor allem die spezifischen Kosten der einzelnen Maßnahmen. Abb. 4.3-2 zeigt den zugrundegelegten Kostenansatz exemplarisch für Indien (UPALI et al. 2010). Auf der horizontalen Achse aufgetragen sind die unterschiedlichen Maßnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs, die Breite der jeweiligen Blocks verdeutlicht den Beitrag der einzelnen Maßnahmen zur Schließung der Bedarfslücke; auf der vertikalen Achse sind die spezifischen Kosten in  $\$/m^3$  abzulesen. Deutlich wird dabei, dass in diesem Fall rd. 1/3 der gesamten Bedarfslücke durch Maßnahmen geschlossen werden kann, die keine Kosten verursachen, sondern bei denen sich sogar ein zusätzlicher Nutzen ergibt (erhöhte Erträge in der Landwirtschaft, gleichzeitige Reduzierung des Energiebedarfs etc. (COOLEY et al. 2010). Zwei Drittel des vorhergesagten Zusatzbedarfs können durch Maßnahmen erhalten werden, deren Realisierung Kosten verursacht. Im Fall Indien verursacht die Schließung der prognostizierten Be-

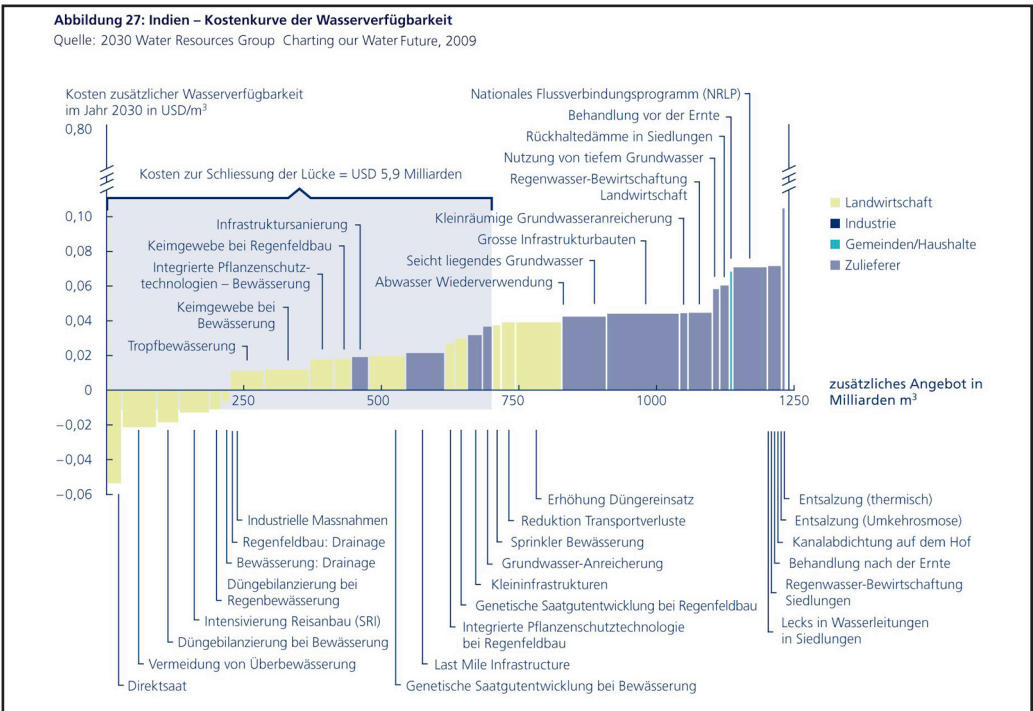


Abb. 4.3-2: Kosten zur Deckung des Wasserbedarfs. Quelle: THE 2030 WATER RESOURCES GROUP 2009. Mit Erlaubnis durch die McKinsey Company und von Wild (SAM Group) für die deutsche Version: Wild et al. 2010.

darfslücke lediglich Kosten von rd. 5,9 Mrd. \$, wenn jeweils die kosteneffizientesten Maßnahmen realisiert werden. Wichtig sind zwei Punkte: Einerseits richten sich die Maßnahmen mehrheitlich auf den Bereich der Wassernutzung durch die Landwirtschaft, andererseits zählen Maßnahmen, wie etwa großmaßstäbliche Grauwassernutzung und vor allem auch die Meereswasserentsalzung. Sie sind mit sehr hohen spezifischen Kosten verbunden und sollten daher zunächst nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Während in den Regionen mit Wasserknappheit Wassersparmaßnahmen auf der Hand liegen, stellt sich das Problem in Deutschland anders. Zunehmend wird hier die Frage nach »Sinn und Unsinn des Wassersparens« diskutiert. In einem Land, in dem es, von regionalen Ausnahmen abgesehen, keine quantitativen Versorgungsprobleme gibt, bzw. in dem eher über die negativen Folgen eines Nachfragerückgangs debattiert wird, ist in der Tat Skepsis bezüglich der Effizienz bestimmter Sparaktivitäten angebracht. Einem hohen Einsatz technischer, personeller und finanzieller Ressourcen steht nur ein begrenzter gesellschaftlicher Nutzen gegenüber. Unter diesem Gesichtspunkt sind dann etwa auch Strategien der Minimierung von Netzverlusten zu problematisieren. Eine solche Ökonomisierung wäre zudem insgesamt unter ökologischen Aspekten zu begrüßen, wenn die frei werdenden Mittel und Ressourcen dorthin gelenkt würden, wo in der Tat die Nutzen-Kosten-Relationen solcher Investitionen eindeutig positiv wären.

## Literatur

- ALLEN L., J. CHRISTIAN-SMITH & M. PALANIAPPAN (2010): Overview of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management. Pacific Institute Oakland, November.
- BATES B.C., Z.W. KUNDZEWICZ, S. WU & J.P. PALUTIKOF (EDS) (2008): Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, June.
- BDEW (2010): Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Wasser/Abwasser-Info. Auswirkungen des Klimawandels und des demografischen Wandels auf die Wasserwirtschaft; Berlin, 28. Juli.
- BMBF (BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE) & FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE (2001): Untersuchung zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme, Bonn und Karlsruhe
- BRODIE M. (2009): Australian examples of residential Integrated Water Cycle Planning — Accepted current practice and a suggested alternative, Desalination and Water Treatment, Vol. 12, S.324–330.
- BRUISMA J. (2009): The Resource Outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations Economic and Social Development Department, Rome June.
- CANTIN B., D. SHRUBSOLE & M. AÏT-OUYAHIA (2005): Using Economic Instruments for Water Demand Management: Introduction, in: Canadian Water Resources Journal, Vol. 30(1), and S. 1–10.
- CHUNG H., B. KU & J. GREGORY (2008): Development of an advanced water treatment system for wastewater reuse, in: Environmental Technology, Vol. 29: 9, S. 931 — 939.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007): Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. Brussels, 18.7., COM(2007) 414 final.
- COOLEY H., J. CHRISTIAN-SMITH, P. H. GLEICK, M. J. COHEN & M. HEBERGER (2010): California's Next Million Acre-Feet: Saving Water, Energy, and Money. Pacific Institute, Oakland, September.
- COVICH A. P. (2010): Adaptations to Sustain High Quality Freshwater Supplies in Response to Climate Change, Resources for the Future, Issue Brief 10-05.
- DALHUISEN J.M., R. J. G. M. FLORAX, J. L. F. DE GROOT & P. NIJKAMP (2003): Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis, in: Land Economics, Vol. 79 (2), S. 292-308.
- DURHA B. (2009): Water reuse potential future guidelines and standards: UK and Europe. EUREAU water reuse working group. Water Conservation. CIWEM, London March.
- ENVIRONMENT AGENCY (2009a): Water Neutrality: An economic assessment for the Thames Gateway, London, September.
- ENVIRONMENT AGENCY (2009b): Delivering Water Neutrality: Measures and funding strategies, London, September.
- ENVIRONMENT AGENCY (2009c): Water Neutrality: An expanded definition, London, September.
- EUROPEAN COMMISSION (2010a): Water is for life: How the Water Framework Directive helps safeguard Europe's resources, Luxembourg.
- EUROPEAN COMMISSION (2010b): Water Scarcity and Drought in the European Union, Brussels August.
- EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT (2010): Water Scarcity & Droughts – 2012 Policy Review – Building blocks, Non-Paper, Brussels.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) (2001): Sustainable water use in Europe - Part 2: Demand management, Environmental issue report No 19/2001, Copenhagen.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) (2009): Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought: EEA Report No 2/2009; Copenhagen.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) (2010): The European Environment: State and Outlook 2010, Water Resources: Quantity and Flows, Copenhagen.
- FARMER A., S. BASSI & M. FERGUSSON (2008): Water Scarcity and Droughts. European Parliament Policy Department Economic and Scientific Policy Study.
- FRIEDLER E. (2008): The water saving potential and the socio-economic feasibility of greywater reuse within the urban sector - Israel as a case study, in: International Journal of Environmental Studies, 65: 1, S. 57 — 69.
- GERBENS-LEENES W., A.Y. HOEKSTRAA & TH. H. VAN DER MEER (2009): The water footprint of bio-



- energy, in: PNAS, vol. 106, no. 25, S. 10219–10223.
- GLEICK P. (2003): Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century, in: Science 302, 1524f.
- GLEICK P.H. & M. PALANIAPPAN (2010): Peak water: Conceptual and practical limits to freshwater withdrawal land use, PNAS Early Edition, PNAS June 22, vol. 107, no. 25, S. 11155–11162.
- GREATER LONDON AUTHORITY (2009): The Mayor's draft water strategy. Draft for public consultation, London, August.
- GRIMM V., CH. GLAUNER, H. EICKENBUSCH & A. ZWECK (2008): Wasserknappheit & Technologie. Übersichtsstudie. Zukünftige Technologien Consulting des VDI-Technologiezentrums. Zukünftige Technologien Nr. 76, Düsseldorf.
- GROSSMANN J. & H. HOFMANN (2008): Integrierte Wasserbedarfsprognose-Teil 1: Erstellung einer innovativen Prognosemodells für Hamburg Wasser, in: Gwf Wasser – Abwasser, 149. Jg. 758–763.
- HEYMAN E. (2010): Weltwassermärkte. Hoher Investitionsbedarf trifft auf institutionelle Risiken, Deutsche Bank Research, Aktuelle Themen 476, Frankfurt/M. Februar.
- HISSL R. (2001): Wasserbedarf ein Konzept im Wandel, in: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Umweltbundesamt (Hrsg.), Der Wassersektor in Deutschland: Methoden und Erfahrungen, Berlin.
- HILLENBRAND T., CH. SARTORIUS & R. WALZ (2008): Technische Trends der industriellen Wassernutzung. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Arbeitspapier, Karlsruhe.
- HILLENBRAND T. & J. SCHLEICH (2009): Determinanten der Wassernachfrage in Deutschland, in: energie-wasser-praxis, H. 6, S. 38–42.
- HOEKSTRA A. Y., A. K. CHAPAGAIN, M.M. ALDAYA & M. M. MEKONNEN (2009): Water Footprint Manual State of the Art 2009. Water Footprint Network., Enschede/NL.
- HOEKSTRA A. Y. & K. CHAPAGAIN (2007): Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, in: Water Resources Management, Vol. 21, S. 35–48.
- IFMA FOUNDATION (2010): A Comprehensive Guide to Water Conservation: The Bottom Line Impacts, Challenges and Rewards. IFMA Foundation Sustainability "How-To Guide" Series, Houston.
- JORGENSEN B., M. GRAYMORE & K. O'TOOLE (2009): Household water use behavior: An integrated model Journal of Environmental Management, Vol. 91, S. 227–236.
- KLUGE TH., J. DEFFNER, K. GÖTZ, ST. LIEHR & B. MICHEL (2008): Integrierte Wasserbedarfsprognose - Teil 2: Grundlagen und Methodik, in: Gwf Wasser – Abwasser, 149. Jg., S. 764–772.
- KLUGE TH. & J. LIBBE (Hrsg.) (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser. Difusondokumentation. Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin.
- KLUGE TH. & U. SCHEELE (2008): Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft, in: Moss, T., M. Naumann, M. Wissen (Hrsg.); Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung. Ergebnisse Sozial- Ökologischer Forschung 10, München, S. 143 – 172.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2007): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat. Antworten auf die Herausforderung von Wasserknappheit und Dürre in der Europäischen Union {SEK(2007) 993} {SEK(2007) 996}, Brüssel, den 18.7.2007 KOM(2007) 414 endgültig.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2008): Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Follow-up-Bericht zur Mitteilung über Wasserknappheit und Dürre in der Europäischen Union KOM(2007) 414 endgültig [SEK(2008) 3069] Brüssel, den 19.12.2008 KOM(2008) 875 endgültig.
- LE QUESNE T. J. H. MATTHEWS, C. VON DER HEYDEN, A.J. WICKEL, R. WILBY, J.HARTMANN, G.PEGRAM, E. KISTIN, G. BLATE, G. KIMURA DE FREITAS, E.LEVINE, C.GUTHRIE & C. MCSWENEY (2010): Flowing Forward Freshwater ecosystem adaptation to climate change in water resources management and biodiversity conservation—Final Report—, WWF & World Bank, Washington D.C. June.
- LEIST H.J. (2007): Wasserversorgung in Deutschland. Kritik und Lösungsansätze. Oekom Verlag, München
- LIBBE J. & U. SCHEELE (2009): Transformation städtischer Wasserinfrastrukturen, in: Infrastruktur-Recht (IR), 6.Jg., Nr. 11. 278–282.
- LLOYD'S S (2010): lloyd's global water scarcity: Risks and challenges for business. 360 risk insight, London.
- LOPEZ-GUNN E. & M. R. LLAMAS (2008): Re-thinking water scarcity: Can science and technology solve the global water crisis?, in: Natural Resources Forum, Vol. 32, S. 228–238.
- LUX A. (2008): Shrinking cities and water supply, in: Hummel, D. (ed.), Population Dynamics and Supply Systems: A Transdisciplinary Approach, Frankfurt am Main, S. 161–179.
- LUX A. (2009): Wasserversorgung im Umbruch. Der Bevölkerungsrückgang und seine Folgen für die öffentliche Wasserwirtschaft. Campus Forschung Band 938, Frankfurt am Main/New York.
- MAKROPOULOS CH. & D. BUTLER (2010): Distributed Water Infrastructure for Sustainable Communities, in: Water Resources Management, Vol. 24, S.2795–2816.
- MCKINSEY COMPANY & THE 2030 WATER RESOURCES GROUP (2009): Charting Our Water Future: Economic frameworks to inform decision-making
- MORRISON J., M. MORIKAWA, M. MURPHY & P. SCHULTE (2009): Water Scarcity & Climate Change: Growing Risks for Businesses & Investors. A Ceres Report.
- MORRISON J., P. SCHULTE & R. SCHENCK (2010): Corporate Water Accounting. An Analysis of Methods and Tools for Measuring Water Use and Its Impacts, United Nations Environment Programme, United Nations Global Compact & Pacific Institute.
- OECD (2003a): Improving Water Management: Recent OECD Experience, Policy Brief, March.
- OECD (2003b): Water Performance and Challenges in OECD Countries, Environmental Performance Reviews, Paris.

- OECD (2009): Alternative ways of providing water: Emerging options and their policy implications. OECD Environment Directorate Environment Policy Committee- Working Party on Global and Structural Policies ENV/EPOC/GSP(2008)21/FINAL 11-Mar.
- PACIFIC INSTITUTE (2010): California Farm Water Success Stories, Oakland, March.
- PALME U. (2009): Multiple conceptions of sustainable urban water systems: problem or asset? Water Policy, No. 1, 1–19.
- POSTEL S. (1999): Pillar of Sand. Can the Irrigation Miracle Last?, Norton&Company, New York.
- RENZETTI ST. (2005): Incorporating demand-side information into water utility operations and planning; www.greenleaf-publishing.com/content/pdfs/watrenz.pdf.
- RÖSCHE H. (2006): Wasserrohrnetze im 21. Jahrhundert, in: wwt H. 3, S., 43 – 47.
- SCHÉELE U. J. LIBBE & E. SCHRAMM (2008): Transformation städtischer Wasser-Infrastrukturen: Internationale Erfahrungen, netWORKS-Papers 25, Berlin.
- SCHÉELE U. (2010): Wasser zwischen Wirtschaftsgut und Menschenrecht: Entwicklungspolitische Implikationen, in: Detlef Aufderheite und Martin Dabrowski (Hrsg.), Effizienz und Gerechtigkeit bei der Nutzung natürlicher Ressourcen. Wirtschaftsethische und moralökonomische Perspektiven der Rohstoff-, Energie- und Wasserwirtschaft. Volkswirtschaftliche Schriften Heft 560, Duncker&Humblot, Berlin, S. 103-149.
- SCHÉELE U. & J. LIBBE (2010): Internationale Beispiele, in: Kluge, Th., J. Libbe (Hrsg.); Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser. Difu- Sonderveröffentlichung. Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin, S. 87- 102.
- SCHLEICH J. & HILLENBRAND T. (2009): Determinants of Residential Water Demand in Germany, in: Ecological Economics, Vol. 68, Issue 6, S. 1756-1769.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN (2007): Innovative Wasserkonzepte Betriebswassernutzung in Gebäuden, Berlin.
- SHARMA A.K., C. Gray, S. DIAPER, C. LISTON & C. HOWE (2008): Assessing integrated water management options for urban developments - Canberra case study, Urban Water Journal, Vol. 5: 2, 147-159.
- SIEBERT ST., P. DÖLL, S. FEICK, J. HOOGEVEEN & K. FRENKEN (2007): Global Map of Irrigation Areas version 4.0.1. Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt am Main, Germany / Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- STABEN N. (2008): Technische Möglichkeiten der alternativen Gestaltung städtischer Wasser- und Abwasserinfrastruktur. Eine Technikrecherche im Rahmen des Projekts „Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft“. netWORKS-Paper Nr. 24, Berlin.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2010) Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 4: Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Flächennutzung, Umweltschutzmaßnahmen. Ausgabe 2010, Wiesbaden.
- THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2010): Global Water Security –an engineering perspective, London April.
- UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (2009): Climate Change and Water: An Overview from the World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Special Report, Perugia, Italy.
- UPALI A., U. AMARASINGHE, R.P. S. MALIK, B. & R. SHARMA (2010): Overcoming growing water scarcity: Exploring potential improvements in water productivity in India, in: Natural Resources Forum, Vol. 34, S. 188–199.
- VCI (VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE) (2010): Auf einen Blick: Umwelt – Gesundheit – Sicherheit. Daten der chemischen Industrie 2010, Frankfurt am Main, August.
- WATERWISE (2009): Water Efficiency Retrofitting: A Best Practice Guide, London.
- WILD D., M.-O. BUFFLE & J. HAFNER-CAI (2010): Zukunftsmarkt Wasser 2010. SAM Study, Zürich
- WINTGENS TH. K. TARNACKI, TH. MELIN,- E. DRUZYŃSKA, M. CARUK, I. RIBAROVA, G. DIMOVA & L. VAMVAKERIDOU-LYROUDIA (2008): Water saving in agriculture, industry and economic instruments. Part B – Industry Mitigation of Water Stress through new Approaches to Integrating Management, Technical, Economic and Institutional Instruments. Aquastress Integrated Project, December
- WOLFF G. & P.H. GLEICK (2002): The soft path of water, in: The World's Water 2002-2003: The Biennale Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington D.C. , S. 32ff.
- WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2009): WBCSD Water for Business Initiatives guiding sustainable water management in the private sector. Version August 2009 Conches-Geneva.
- WORLD ECONOMIC FORUM (2008): Managing our Future Water Needs for Agriculture, Industry, Human Health and the Environment. Discussion Document for the World Economic Forum Annual Meeting.
- WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (2009): The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London.
- WWF DEUTSCHLAND (2009): Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands. Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt?, Frankfurt am Main, Stand: August.
- ZHANG Y. D. CHEN L. CHEN & ST. ASHBOLT (2009): Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities, in: Journal of Environmental Management, Vol. 91, S. 222–226.

*Diplom-Ökonom Simone Malz  
Institut für Ökonomische Bildung, Institut für  
Ökonomische Bildung gemeinnützige GmbH,  
Bismarckstraße 31 - 26122 Oldenburg - Malz@ioeb.de*

*Prof. Dr. Dipl.-Ökonom Ulrich Scheele  
Arbeitsgruppe für regionale Struktur-  
und Umweltforschung GmbH (ARSU)  
Escherweg 1 - 26121 Oldenburg - scheele@arsu.de*