



2.2 Wasserbedarf und Wasserverbrauch privater Haushalte und der Industrie nach Ländern

SIMONE MALZ & ULRICH SCHEELE

Water demand and water consumption of private households and the industrial sector by countries: Water is a critical and essential resource. Worldwide, the provision of new water services is out-pacing population growth. Actually 1.2 billion people still lack safe drinking water and in spite of substantial progress, about 2.4 billion people have no access to adequate sanitation. The universally accepted goal of improving the sustainability of development can only be achieved through an integrated resource management strategy. The main driver for water crises is population growth, particularly in developing countries. While for most people in Europe and other industrial countries, access to clean water in abundant quantity is taken for granted, in developing countries the growing water demand of the private household sector but especially of the industrial and agricultural sectors leads to severe pressures on water resources. In order to balance water supply and water demand a better understanding of the factors influencing the structure and future development of water demand is a precondition for any water policy strategy. The article focuses on water withdrawals and water consumption of the private household and the industrial sector. It indicates that water crisis is not a problem of water availability on a global scale but represents a regional problem.

Die Verfügbarkeit von genügend Wasser in ausreichender Qualität ist eine essentielle Voraussetzung für das tägliche Leben und Überleben eines Menschen und die Basis für die wirtschaftliche Entwicklung von Gesellschaften. Vor dem Hintergrund einer wachsenden Nachfrage nach Trinkwasser sowie den vielfältigen Nutzungsansprüchen von Industrie, Energiewirtschaft und vor allem Landwirtschaft ist Wasser in vergangenen Jahrzehnten zu einer immer wertvolleren Ressource geworden. In vielen Teilen der Welt ist Wassermangel bereits heute an der Tagesordnung. Er wird durch Verschmutzung und übermäßige Nutzung der vorhandenen Vorkommen und in den nächsten Jahrzehnten durch die Bevölkerungsentwicklung und den fortschreitenden Klimawandel verschärft. Während sich in den letzten

50 Jahren die Weltbevölkerung verdoppelte, hat sich der globale Wasserverbrauch vervierfacht.

Betroffen sind nicht nur Entwicklungsschwache Länder in tropischen und subtropischen Gebieten, auch wohlhabende Industrienationen leiden zunehmend unter Wasserstress. Damit steigt auch die Gefahr für politische Konflikte um die Ressource Wasser. Die Chancen für eine nachhaltige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung in vielen Ländern der Welt werden in den nächsten Jahrzehnten also insbesondere auch vom geschickten Management der Wasserressourcen abhängen.

Die besondere Problematik ergibt sich weniger aus der absoluten Knappheit der Ressource, auch wenn nur ein Bruchteil des Wassers, das die Erdoberfläche

Aus: WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3. Auflage (2011)
- Hrsg. Lozán, J. L. H. Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese

bedeckt, in Form von Süßwasser für den Menschen grundsätzlich nutzbar ist und zum überwiegenden Teil auch noch gefroren an den Polen oder in Gletschern gebunden ist. Es ist vielmehr die ungleichmäßige regionale Verteilung der nutzbaren Vorkommen, die eine ausreichende Versorgung jedes Menschen mit sauberem Wasser erschwert. Dies gilt umso mehr, als Trinkwasser ein nicht substituierbares Gut ist.

Insbesondere in vielen Entwicklungsländern fehlen daneben häufig die erforderlichen finanziellen, institutionellen und technischen Voraussetzungen für den Aufbau von Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystemen. Im Jahre 2000 haben die Vereinten Nationen sog. Millenniums-Entwicklungsziele ausgerufen, nach denen bis zum Jahre 2015 die Lebensverhältnisse der gesamten Weltgemeinschaft nachhaltig verbessert werden sollen. Eines dieser Ziele ist die Halbierung der Anzahl der Menschen, die keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und zu einer sanitären Infrastruktur haben.

Neue Untersuchungen zeigen, dass sich die Ausstattung mit wasserwirtschaftlicher Infrastruktur in den letzten Jahren zwar im Durchschnitt deutlich verbessert hat, und dies vor allem auch in ländlichen Gebieten, dennoch sind die Defizite groß. Laut dem Weltwasserentwicklungsbericht der Vereinten Nationen haben derzeit etwa 884 Mio. Menschen keinen Zugang zu einer adäquaten Wasserversorgung und rund 2,4 Mrd. Menschen bleiben ohne eine angemessene Abwasserentsorgung (VEREINTE NATIONEN 2010). Wasserbedingte Krankheiten zählen nach wie vor zu den häufigsten Todesursachen in den Entwicklungsländern. Die UN gehen davon aus, dass täglich etwa 5.000 Kinder an den Folgen unzureichender Wasserver- und -entsorgung sterben.

Ein gleichbleibendes Tempo bei dem Infrastrukturausbau unterstellt, werden die Millenniumsziele in den meisten Regionen nicht erreicht werden können, in einigen Gebieten steht sogar eine Verschlechterung der Lage zu befürchten (VEREINTE NATIONEN 2010, SCHEELE 2010). Es wird daher enormer finanzieller und auch politischer Anstrengungen bedürfen, um zumindest eine Trendwende einzuleiten. In diesem Zusammenhang wird auch das Wissen um die Faktoren, die den Wasserverbrauch bestimmen, als auch um neue Konzepte des Wassernachfragemanagements eine wichtige Rolle spielen.

Erläuterung wichtiger Begriffe und Anmerkungen

Allgemein wird von Wasserknappheit gesprochen, wenn die Ressource nicht in ausreichender Menge bzw. Qualität zur Verfügung steht. Als Indikator für Wasser-

knappheit wird häufig die Relation von Bevölkerungszahl und verfügbarem Wasser verwendet (sogenannter Falkenmark-Index, benannt nach der schwedischen Wissenschaftlerin Malin Falkenmark). Danach wird von einem Wassermangel gesprochen, wenn einer Person in einem Land im Durchschnitt weniger als 1.700 m³ Wasser pro Jahr zusteht. Sind es weniger als 1.000 m³, herrscht Wasserknappheit (GRIMM et al. 2010). Nach dieser Abgrenzung sind derzeit 20 Ländern von Wasserknappheit betroffen. Experten gehen davon aus, dass ihre Zahl in Zukunft ansteigen wird. Ein anderer, oft genutzter Indikator ist der sogenannte relative Wasserstress-Index. Er berücksichtigt das Verhältnis von Wasserentnahmen zu erneuerbarem Wasserdargebot und gilt grundsätzlich als relativ gut aussagefähiger Indikator. Ein Wert von 20% gilt als kritische Grenze, bei einem Wert von über 40% wird von einer extremen Wasserknappheit gesprochen. In einigen Veröffentlichungen wird der Wasserstress-Indikator auf Länderebene ermittelt, was die reale Wasserkrise dann erheblich unterschätzen kann. Für Spanien insgesamt nennt die European Environment Agency einen Wert von rd. 30–40%, auf der Ebene von Wassereinzugsgebieten erreicht der Index jedoch Werte von bis 180% (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2010). Weitergehende Ansätze zur Definition von Wasserengpässen versuchen, die Grenzen von Wasserentnahmen aus dem ökologischen System detaillierter und differenzierter zu bestimmen. Diese »peak water«-Konzepte erlauben interessante Schlussfolgerungen vor allem für das nachhaltige Ressourcenmanagement. Ihre Anwendung steht jedoch gegenwärtig erst am Anfang (GLEICK & PALANIAPPAN 2010).

Da Wasser eine sich stetig erneuernde Ressource darstellt, ist der Begriff des Wasserverbrauchs näher zu erläutern. Unterschieden wird zwischen Wasserentnahme und Wasserverbrauch. Wasserentnahmen (engl. *water withdrawals*) bezeichnen die Wassermengen, die aus Grund- und Oberflächenwasservorkommen für anthropogene Nutzungen entnommen werden. Wasserverbrauch (engl. *water consumption*) meint hingegen diejenigen Wasserentnahmen, die nach der Nutzung dem Vorfluter nicht wieder zugeführt werden. Nicht verbrauchte Wassermengen werden in der Regel an anderer Stelle als dem Entnahmepunkt dem Kreislauf wieder zugeführt. Nicht zu unterschätzen ist dabei, dass selbst bei einer im Vergleich zum Wasserdargebot geringen Wasserentnahme ernsthafte ökologische Belastungen die Folge sein können (z.B. Austrocknen von Flüssen).

Das entnommene Wasser dient sehr unterschiedlichen Verwendungszwecken. Ganz allgemein kann zwischen der Nutzung im privaten Haushaltsbereich,

der Industrie und der Landwirtschaft unterschieden werden, wobei zumindest global der letztgenannte Sektor mit Abstand der größte Wassernutzer ist.

Im Hinblick auf die Wassernutzung kann man global zwei große Ländergruppen unterscheiden: in der ersten Gruppe, bestehend hauptsächlich aus afrikanischen, asiatischen und südamerikanischen Ländern, dominiert die Landwirtschaft als wichtigster Wasserverbraucher, in der zweiten Gruppe (Europa, Nordamerika) entfällt der größte Teil des Wasserverbrauchs auf den Industrie- und Energiesektor (s. *Abb. 2.2-1*). In beiden Ländergruppen ist die Wassernachfrage des privaten Haushaltssektors relativ gering.

Für viele Untersuchungen ist diese Nutzer-Kategorisierung noch zu unspezifisch. In der industriellen Wassernutzung wird z.B. weiter nach Trink-, Prozess- und Kühlwasser differenziert. In der Produktion kann Prozesswasser dabei als Transportmedium oder Lösemittel dienen; teilweise findet es auch direkt Eingang in das Produkt. Die Industrie kann deshalb je nach Verwendungszweck Wasser unterschiedlicher Qualität nutzen. Im Gegensatz dazu bezieht sich der Wasserbedarf privater Haushalte – abgesehen von wenigen Ausnahmen – auf qualitativ hochwertiges Trinkwasser.

Die Informationslage bezüglich Höhe und Struktur der Wassernutzung sowie mit Blick auf Entwicklungstrends ist grundsätzlich eher begrenzt. Dies erschwert vor allem auch internationale Vergleiche. Die Qualität der Informationssysteme variiert natürlich zwischen den Ländern und hängt im konkreten Fall auch davon ab, ob es etwa eine entwickelte Wasserwirtschaftsverwaltung und leistungsfähige Wasserversorger gibt. Es gibt aber auch einige grundlegende Schwierigkeiten: (WWDR 2009)

- Wasserverbrauchsstatistiken basieren häufig eher auf Schätzungen und weniger auf tatsächlichen Mes-

sungen. Dies trifft auf alle Verbrauchsbereiche zu, ist aber besonders im Bereich der landwirtschaftlichen Wasserentnahmen ausgeprägt.

- Die Verbrauchssektoren sind nicht nach einheitlichen Kriterien abgegrenzt; so enthält in einigen Ländern der Sektor »private Haushalte« auch die Verbrauchsmengen des sog. Kleinstgewerbes.
- Langfristige Datenreihen, die auch weitergehende Trendanalysen erlauben, sind oft nicht vorhanden bzw. von geringer Qualität.
- Es gibt nach wie vor Unklarheiten mit Blick auf die zugrundeliegenden Konzepte und Terminologien.

Auch in den meisten Industrienationen sind die wenigsten Landwirtschaftsbetriebe und nur ein geringer Teil der industriellen Wassernutzer an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen, sondern decken ihren Wasserbedarf aus eigenen Quellen. Diese Eigenförderung wird in den amtlichen Statistiken nicht immer ausreichend erfasst.

Die Versorgung der privaten Haushalte mit Trinkwasser erfolgt in den meisten Ländern über zentrale Wasserversorgungssysteme. Während in vielen westeuropäischen Staaten der Anschlussgrad privater Haushalte an die öffentliche Trinkwasserversorgung bei fast 100% liegt, sind im internationalen Vergleich jedoch viele Haushalte immer noch auf eine Eigenversorgung angewiesen. Hinzu kommt, dass – anders als etwa in Deutschland – in vielen Ländern die Wassernutzung der privaten Haushalte nicht vollständig über Wasserzähler erfasst wird. Die Verteilung der Kosten des Wasserversorgungssystems auf die einzelnen Haushalte erfolgt dann nach Kriterien wie beispielsweise Haushaltsgröße, Anzahl der Bewohner oder es werden Einheitswerte für Immobilien zugrunde gelegt. Diese unterschiedlichen Organisationsstrukturen und institutionellen Regelungen erschweren damit Strukturverglei-

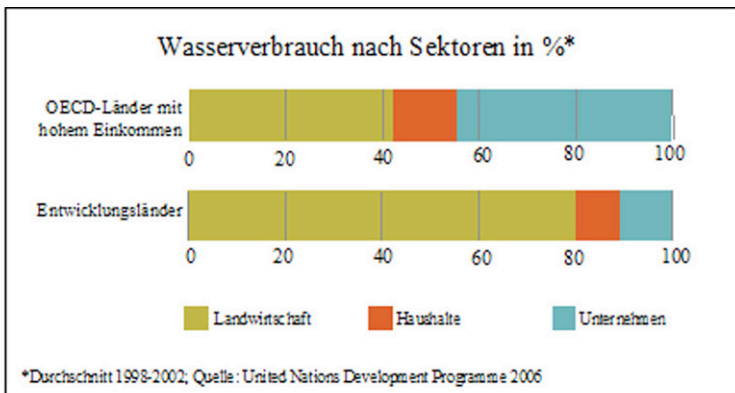


Abb. 2.2-1: Wasserverbrauch nach Sektoren und Ländergruppen. Aus: United Nations Development Programme 2006.

che insbesondere im Hinblick auf die Wassernutzung des privaten Sektors. Bei internationalen Vergleichen kann erschwerend hinzukommen, dass der Umfang der Wasserverluste innerhalb des öffentlichen Wasserversorgungssystems unterschiedlich hoch ausfällt und oft nur grob geschätzt werden kann.

Wassernutzung privater Haushalte

Jeder Mensch benötigt zur Befriedigung elementarer Grundbedürfnisse wie Trinken, Waschen und Kochen ca. fünf Liter Wasser je Tag. Aufgrund klimatischer Bedingungen und individueller physiologischer Merkmale kann dieser Wert schwanken; die Abweichungen nach oben wie nach unten sind jedoch vergleichsweise gering.

Der spezifische Wasserbedarf erhöht sich, wenn eine angemessene Lebensqualität und annehmbare sanitäre Verhältnisse gewährleistet werden sollen. Hier reichen die Angaben von 20 bis 80 Liter Wasser pro Kopf und Tag (EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR 2000). Legt man diese Minimalstandards zugrunde, dann zeigen aktuelle Studien zur weltweiten Wasserversorgung, dass für die Hälfte der Weltbevölkerung diese Mindeststandards nicht gewährleistet sind.

Der Bedarf der privaten Haushalte variiert zwischen den Regionen enorm: während in den ländlichen Regionen in afrikanischen Trockengebieten rd. 20 Liter pro Tag zur Verfügung stehen, benötigt ein US-Amerikaner im Durchschnitt 300 l/Tag. Der Durchschnittskonsum innerhalb der Europäischen Union liegt gegenwärtig bei rund 150 l/Tag, wobei es auch hier Unterschiede zwischen den Ländern gibt.

In Deutschland hat der spezifische Wasserverbrauch der privaten Haushalte in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich abgenommen und lag 2009 bei etwa 122 l/Tag. 1990 waren es noch 147 l pro Person und Tag gewesen. Dieser Rückgang wird vor allem auf ein verändertes Verbraucherverhalten durch den Einsatz moderner Technik zurückgeführt. Mit Belgien hat Deutschland den niedrigsten personenbezogenen Wasserverbrauch in den Industriestaaten (BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENERGIE UND WASSERWIRTSCHAFT e.V. 2010) (s. Abb. 2.2-2). Tab. 2.2-1 stellt die Zusammensetzung des privaten Wasserkonsums dar. Da innerhalb eines Haushalts der Wasserverbrauch nicht nach Nutzungsarten differenziert gemessen wird, beruhen solche Angaben zur Wasserverwendung in der Regel auf Schätzungen oder auch Ergebnissen von Modellstudien. Dies könnte sich ändern, wenn sich in der Zukunft stärker intelligente Verbrauchszähler (smart meters) im Haushaltsbereich durchsetzen, die eine differenziertere Erfassung von Energie- und Wasserverbrauch ermöglichen.

Sieht man von den geringen Mengen ab, die der Mensch unmittelbar für die Flüssigkeitszufuhr und

für die Essenszubereitung benötigt, entfällt der weit-aus größere Teil des Wassers, das über die öffentliche Trinkwasserversorgung den Haushalten zugeführt wird, auf Wasserdienstleistungen sehr unterschiedlicher Art. Wasser wird dabei vor allem für die Toilettenspülungen und für außerhäusliche Nutzungen eingesetzt. Obwohl nur ein Bruchteil des Wassers also Trinkwasserqualität haben muss, haben sich zumindest in der Vergangenheit Wasserversorgungssysteme, über die unterschiedliche Wasserqualitäten bereitgestellt werden, nicht durchsetzen können.

In den obigen Angaben zum spezifischen Wasserverbrauch der privaten Haushalte nicht enthalten sind die Wassermengen, die für die Produktion von Nahrungsmitteln und von den Gütern und Dienstleistungen benötigt werden, die von den privaten Haushalten konsumiert werden. Das Konzept des »virtuellen Wassers« versucht genau diese Wassermengen, die bei der Herstellung von Produkten oder Dienstleistungen benötigt bzw. verschmutzt werden, zu erfassen. Aus den Importen und Exporten eines Landes kann mithilfe des virtuellen Wassers beispielsweise berechnet werden, ob das Land als Nettowasserim- oder -exporteur auftritt.

Beim virtuellen Wasser unterscheidet man zwischen drei Komponenten (WWF 2009):

- Die Regenwassermenge, die im Boden gespeichert ist und während des Wachstumsprozesses von Pflanzen aufgenommen wird, bezeichnet man als »grünes virtuelles Wasser«.
- Das »blaue virtuelle Wasser« meint die Menge an Grund- bzw. Oberflächenwasser, das zur Herstellung eines Produktes im industriellen Bereich oder im häuslichen Gebrauch genutzt und nicht mehr zurückgeleitet werden kann. In der Landwirtschaft gehören dazu die Mengen, die zur Bewässerung auf den Feldern ausgebracht werden. Wasser, das in Kanälen oder künstlichen Wasserspeichern verdunstet, zählt ebenfalls zum »blauen virtuellen Wasser«.
- Zum »grauen virtuellen Wasser« gehören die Wassermengen, die während des Herstellungsprozesses direkt verschmutzt werden und damit nicht mehr nutzbar sind. Darunter fallen auch die Mengen, die notwendig wären, um verschmutztes Wasser so weit zu verdünnen, dass es wieder allgemeingültigen Qualitätsstandards genügt.

Tab. 2.2-2 gibt einen Überblick über verschiedene Produkte und deren »virtuellen Wasserverbrauch«. Zu berücksichtigen ist, dass die Menge an Wasser zur Herstellung eines bestimmten Produktes insbesondere von den geografischen, klimatischen und technologischen Faktoren abhängt. So wird beispielsweise in Frankreich für ein Kilogramm Mais 530 Liter Wasser benötigt; in Ägypten hingegen rd. 1.100 Liter (HORLEMANN & NEU-

Tab. 2.2-1: Wasserverwendung im Haushalt. Durchschnittswerte, bezogen auf private Haushalte und Kleingewerbe.

| | |
|--|------|
| Körperpflege (Baden, Duschen) | 36 % |
| Toilettenspülung | 27 % |
| Wäschewaschen | 12 % |
| Geschirrspülen | 6 % |
| Raumreinigung, Autopflege, Garten | 6 % |
| Essen, Trinken | 4 % |
| Kleingewerbeanteil | 9 % |
| Quelle: Bundesverband der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft e. V. 2010 | |

BERT 2006).

Eine Weiterentwicklung des Konzeptes des virtuellen Wassers stellt der Wasser-Fußabdruck dar. Er zeigt, wie viel Wasser bei einem Produkt, von einem Unternehmen oder Land verbraucht wird und woher dieses Wasser stammt. *Abb. 2.2-3* zeigt, welche Komponenten bei der Berechnung des Wasser-Fußabdrucks eines Landes einfließen:

Nach Berechnungen des WWF (2009) beläuft sich Deutschlands Wasser-Fußabdruck auf 159,5 Kubikkilometer (1 km³ = 1 Mrd. m³) pro Jahr (*Abb. 2.2-3*). Dabei wird für die im Inland konsumierten Produkte fast gleich viel Wasser innerhalb und außerhalb Deutschlands verbraucht. Anders ausgedrückt: Deutschland deckt seinen Wasserabdruck nur zur Hälfte aus eigenen

Tab. 2.2-2: Virtueller Wasserverbrauch.

| Produkt | Virtueller Wasserverbrauch (l/kg) |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Rindfleisch | 15.500 |
| Reis | 3.400 |
| Papier | 750 |
| Käse | 5.000 |
| T-Shirts aus Baumwolle | 10.800 |
| Quelle: Water Footprint Network | |

Vorkommen. Bei etwas mehr als 82 Mio. Einwohnern bedeutet das, dass jeder Einzelne täglich 5.288 Liter Wasser verbraucht und davon nur einen verschwindend kleinen Teil direkt als Trinkwasser und für die Essenszubereitung innerhalb der Wohnung.

Wassernutzung in der Industrie

In der Industrie wird Wasser für ganz unterschiedliche Zwecke eingesetzt, die Palette der Nutzungen reicht von Wasser für Reinigungs- und Kühlzwecke über Wasser als Rohmaterial, als Lösungsmittel oder als innerbetriebliches Transportmedium. Etwa ein Fünftel des weltweit genutzten Wassers entfällt auf den gewerblichen und industriellen Bereich.

In Europa liegt der Anteil der Wassernutzung für industrielle Zwecke bei etwa 11%. Nicht eingerechnet ist hier die Wasserentnahme für Kühlzwecke durch

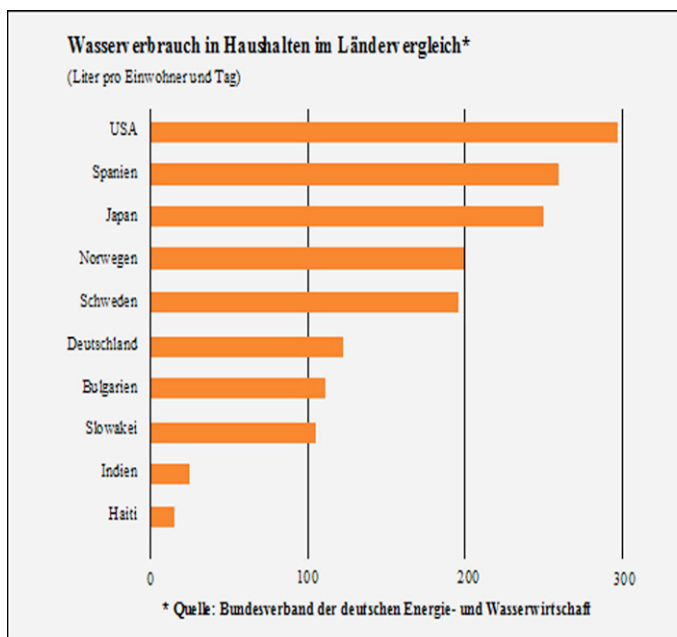


Abb. 2.2-2: Wasserverbrauch privater Haushalte im Ländervergleich. Quelle: Bundesverband der deutschen Energie und Wasserwirtschaft (2010).

die Energieversorgungsunternehmen: im europäischen Durchschnitt entfallen hierauf 44% der gesamten Wasserentnahmen. Parallel zum Wirtschaftswachstum und dem Ausbau des Energiesystems nahm der Wasserbedarf des gesamten industriellen Sektors zunächst kontinuierlich zu, erst ab Mitte der 1990er Jahre hat sich der Trend umgekehrt: Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum haben sich voneinander entkoppelt.

Allein über 40% der gesamten industriellen Wasserentnahmen in der Europäischen Union entfallen auf die beiden Mitgliedsstaaten Deutschland und Frankreich; es folgen dann England & Wales, Schweden und die Niederlande, d.h. Länder mit einem hohen Industriebesatz. Ein drastischer Rückgang des Wasserverbrauchs von bis zu 80% ist insbesondere in den osteuropäischen Ländern zu verzeichnen, die seit dem Zusammenbruch des sozialistischen Systems einen entscheidenden Transformationsprozess durchlaufen haben. Ganz allgemein sind die wesentlichen Gründe für die spezifische Entwicklung des Wasserverbrauchs im industriell-gewerblichen Sektor im Rückgang des Anteils wasserintensiver Industriebranchen (u.a. Stahlproduktion, Bergbau), im Einsatz neuer Technologien zur effizienteren Wassernutzung und in der verstärkten Umsetzung auch effizienterer Verfahren der Abwasser-

wiederaufbereitung zu sehen (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY 2009). Die Bedeutung des Industriesektors als Wassernachfrager variiert zwischen den Staaten ganz erheblich. Dabei spielt vor allem der Grad der Industrialisierung eine Rolle, vor allem aber auch Ausbaustand und Struktur des Energiesektors.

Besonders wasserintensive Produktionsbereiche sind neben der Energieversorgung vor allem die Metallerzeugung und -verarbeitung, die Papierindustrie sowie der Bergbau. *Abb. 2.2-4* zeigt den Wassereinsatz nach wirtschaftlichen Aktivitäten in Deutschland im Jahr 2007.

Die Veränderungen der industriellen Wassernutzung werden in der Literatur durch verschiedene Kennziffern zum Ausdruck gebracht. Dazu gehören Konzepte der Wasserproduktivität, bei denen die Menge der produzierten Güter und Dienstleistungen ins Verhältnis zum Wasser gesetzt wird, das im Herstellungsprozess benötigt wurde. Die ausgebrachten Produktionsmengen können dabei in physischen Einheiten (Anzahl der Produkte, Gewicht etc.) oder in monetären Einheiten (Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung etc.) gemessen werden. Ein anderes Konzept ist die Wassereffizienz, die das Ausmaß der Wassereinsparungen im industriellen Bereich erfassen soll. Sie gibt das Verhält-

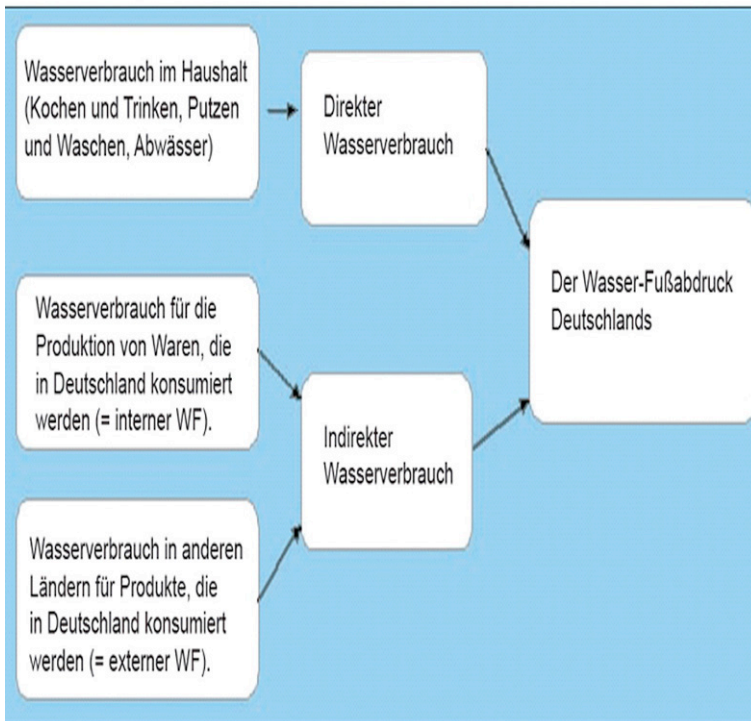


Abb. 2.2-3: Berechnung eines Wasserfußabdrucks. Quelle: WWF 2009.

nis zwischen der Mindestmenge an Wasser an, die für einen bestimmten Zweck benötigt wird und der tatsächlich verbrauchten Menge. Die Reduktion der tatsächlich benötigten Wassermenge verbessert die Effizienz.

Die industrielle Wasserproduktivität konnte in den meisten Industrieländern in den letzten Jahrzehnten deutlich gesteigert werden, dennoch gibt es erhebliche Unterschiede. Ursachen hierfür sind neben dem unterschiedlichen Ausmaß des realisierten technischen Fortschritts auch Unterschiede im Strukturwandel, Differenzen in den Wasserbezugskosten aber auch Unterschiede bei der konkreten Ausgestaltung der spezifischen Umweltpolitik in den Ländern, von denen jeweils unterschiedliche Anreize zur Steigerung der Wasserproduktivität ausgehen (Tab. 2.2-3).

In den Entwicklungs- und Schwellenländern ist dagegen noch mit einer weiteren Zunahme der industriellen Wassernachfrage zu rechnen; nach wie vor basiert die Industrialisierung dieser Länder zu einem nicht unwesentlichen Teil auf ressourcenintensiven Industriezweigen. Eine deutliche Zunahme der Wassernutzung wird sich dabei vor allem als Folge des gleichzeitig notwendigen Ausbaus der Energieerzeugung ergeben.

Wasserbedarfsprognosen

Für eine langfristig ausgerichtete, nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen ist eine verlässliche Abschätzung der künftigen Angebots- und Bedarfsentwicklung eine grundlegende Voraussetzung. Ältere Bedarfsprognosen arbeiteten häufig mit einfachen Trendexplorationen und basierten im Wesentlichen auf der

Analyse und Fortschreibung historischer Verbrauchsdaten. Zwar unterscheiden sich diese Projektionen nach dem Ausmaß der Differenzierung in Verbrauchskategorien und Nutzergruppen, sie basieren jedoch im Wesentlichen auf dem sog. »fixed-coefficient model«: der zukünftige Wasserbedarf wird ermittelt als Produkt aus einem angenommenen Wasserverbrauch pro Kopf und der prognostizierten Entwicklung der Zahl der Bevölkerung (RENZETTI 2005).

Rückblickend muss festgestellt werden, dass sich kaum eine der auf dieser Methode basierenden Prognosen dann auch tatsächlich bewahrheitet hat. So gingen beispielsweise die in den 1970er und 1980er Jahren im Rahmen des Wasserversorgungsberichts der deutschen Bundesregierung erstellten Bedarfsprognosen von einem kontinuierlich steigenden Wasserverbrauch aus. Im Jahr 2000 lag der tägliche Pro-Kopf Verbrauch im privaten Haushaltsbereich dann bei 136 Litern und nicht bei den vorausgesagten 219 Litern (vgl. BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT e.V. 2010). Diese Abweichungen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass sich verändernde ökonomische, ökologische und technische Rahmenbedingungen nur schwer in die traditionellen Prognosen integrieren lassen.

Im Laufe der Jahre sind die Prognosemethoden, aber auch die Datengrundlagen und deren technische Verarbeitungsmöglichkeiten verbessert worden. In der Regel wird heute mit der Szenariomethode gearbeitet. Szenarien sind keine Prognosen im eigentlichen Sinne, sondern es werden mögliche künftige Entwick-

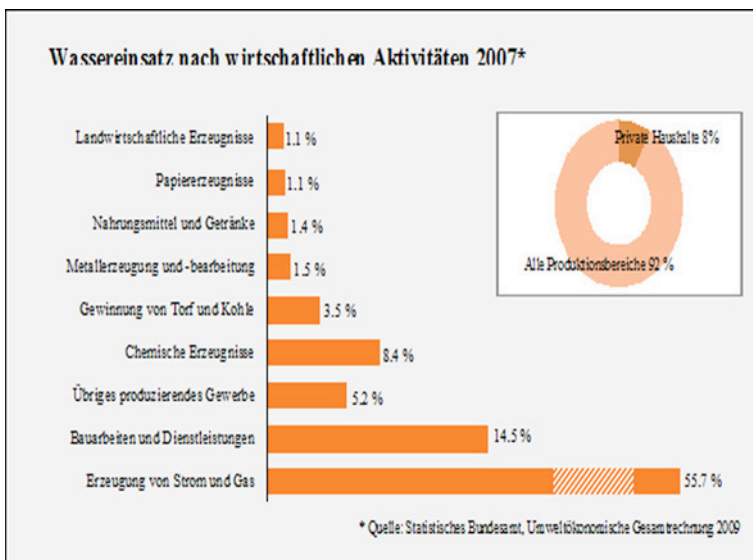


Abb. 2.2-4: Wassereinsatz in der Industrie in Deutschland.

lungslinien durchgespielt, jeweils unter der Annahme bestimmter Rahmenbedingungen. Je nachdem, wie diese Rahmenbedingungen gesetzt und welche weiteren Einflussfaktoren berücksichtigt werden, können verschiedene Zukunftsentwürfe durchgespielt werden. Beispielsweise hat die *World Commission on Water* in einer Studie mit drei Szenarien gearbeitet, die sehr typisch für dieses Untersuchungsdesign sind. Die Studie versuchte eine Abschätzung des globalen Angebots und der Nachfrage nach Wasser bis zum Jahr 2025 zu geben. Ein »business as usual«-Szenario schreibt im Wesentlichen gegenwärtige Trends etwa mit Blick auf den technischen Fortschritt und die Bevölkerungsentwicklung fort. Ein zweites Szenario untersucht die Auswirkungen auf die Wassernachfrage, wenn für den Prognosezeitraum gegenüber dem Basisszenario deutlich höhere Steigerungsraten bei der Wassereffizienz zugrundegelegt werden. Ein drittes Szenario unterstellt weitergehend eine grundlegende Veränderung von Lebensstilen und einen Wertewandel in Richtung nachhaltiger Entwicklung und kommt damit natürlich auch zu einem deutlich geringen Verbrauchsanstieg (ALCAMO et al. 2000). Verschiedene globale Wasserprognosen focussieren vor allem auf die Rolle der Landwirtschaft (vgl. THE 2030 WATER RESOURCES GROUP 2009) und differenzieren nach Industrie- und Entwicklungsländern. Eine Studie des International *Food Policy Research Institute* kommt etwa zu dem Ergebnis, dass über 93% des für den Zeitraum 1995–2025 zusätzlich prognostizierten Anstiegs der Wassernachfrage auf die Entwicklungsländer entfällt (CAI & ROSEGRANT 2002, ROSEGRANT & CAI 2002).

Es gibt eine Vielzahl an Studien zur Entwicklung des Wasserbedarfs auf globaler, nationaler und lokaler Ebene. Als wichtiger Treiber des globalen Wasserbe-

Tab. 2.2-3: Wasserintensität verschiedener Produktionsbereiche (Deutschland 2007) in m³ je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung (in jeweilige Preise).

| | |
|---|-------|
| Landwirtschaftliche Erzeugnisse | 20,5 |
| Produzierendes Gewerbe (ohne Baugewerbe) | 58,5 |
| Nahrungsmittel und Getränke | 15,5 |
| Papiererzeugnisse | 44,2 |
| Chemische Erzeugnisse | 75,5 |
| Glas, Keramik, Verarb. von Steinen und Erden | 12,0 |
| Metallerzeugung und -bearbeitung | 23,4 |
| Erzeugung von Strom und Gas | 666,1 |
| Übriges Produzierendes Gewerbe | 8,7 |
| Bauarbeiten und Dienstleistungen (ohne Abwasserbeseitigung) | 0,4 |
| Alle Produktionsbereiche | 16,0 |
| <i>Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009</i> | |

darfs lassen sich dabei die Bevölkerungsentwicklung und vor allem aber auch die anhaltenden Urbanisierungsprozesse in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern identifizieren. Die Verbesserung des Lebensstandards in vielen Schwellenländern wird u.a. auch die Essgewohnheiten erheblich verändern; so ist eine Zunahme des Fleischkonsums immer auch mit einem Anstieg des Wasserverbrauchs in der Nahrungsmittelindustrie verknüpft.

Die bisherigen Wasserbedarfprognosen basierten jedoch ganz entscheidend auf der (impliziten) Annahme, dass sich die klimatischen Rahmenbedingungen nicht ändern. Vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Klimawandels kann diese Annahme natürlich nicht aufrechterhalten bleiben. Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) schlussfolgert in einem seiner Berichte, dass »... in most cases, climate change problems have not been adequately dealt with in water resources analyses, management and policy formulation. According to many experts, water and its availability and quality will be the main pressures on, and issues for, societies and the environment under climate change; ...« (BATES et al. 2008, S. 7). Während die Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot, seine Qualität und seine räumliche Verteilung und auf die Infrastruktursysteme in der Zwischenzeit hinreichend gut dokumentiert sind, gilt dies für potenzielle Auswirkungen auf die Wassernachfrage nur eingeschränkt (MORRISON et al. 2009).

Offenkundig ist, dass durch den Klimawandel bedingt, vor allem die Wassernachfrage durch den Landwirtschaftssektor zunehmen wird, wenn bspw. der Umfang der zu bewässernden Flächen für die landwirtschaftliche Produktion ansteigt. Der Wasserbedarf des Industrie- und des Energiesektors für Kühlzwecke dürfte ebenfalls im Zuge des Klimawandels deutlich zunehmen.

Nach den bisher vorliegenden Studien werden die unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels auf die Wassernachfrage der privaten Haushalte eher gering ausfallen (ELBERS et al. 2010, PARKER 2010, SCHLEICH & HILLENBRAND 2007; DOWNING et al. 2003; EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2009). Ein Grund dafür ist u.a., dass nur wenige Komponenten des häuslichen Wasserverbrauchs klimasensibel sind (Bsp. Gartenbewässerung). Auch wenn die Nachfrageeffekte insgesamt eher gering ausfallen dürften, können sich für Wasserversorgungsunternehmen jedoch dann besondere Herausforderungen ergeben, wenn sich die Wassernachfrage zeitlich anders verteilt und etwa in heißeren Sommermonaten größere Versorgungskapazitäten vorgehalten werden müssen.

Schlussbetrachtung

In der Zukunft werden mehr Menschen mit steigenden Ansprüchen an die Lebens- und Wohnqualität mit einem geringeren Wasserdargebot auskommen müssen. Die Zahl der Regionen, die unter Wasserstress stehen, wird zunehmen und damit auch die Anzahl der Menschen, die unter Wasserknappheit leiden (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME 2007, UNITED NATIONS 2009). Konzepte zur Lösung dieser Wasserkrise werden schwerpunktmäßig auf der Nachfrageseite ansetzen müssen; wichtige Grundlage für die Entwicklung derartiger Strategien ist dabei eine ausreichende Kenntnis über den aktuellen Stand der Wassernutzung der verschiedenen Wasserverbrauchssektoren und die zukünftigen Entwicklungstrends.

Literatur

- ALCAMO J., HENRICHS T. & RÖSCH T. (2000): World Water in 2025 - Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. Kassel University.
- BATES B.C., KUNDZEWICZ Z.W., WU S. & PALUTIKOF J.P. (eds.) (2008): Climate Change and Water. Technical Paper of the IPCC. Genf.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. (2010): Auswirkungen des Klimawandels und des demografischen Wandels auf die Wasserwirtschaft. Wasser/Abwasser-Info, Berlin.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. (2010): Wasserfakten im Überblick. Stand Januar 2010. Abgerufen am 15.01.2011 unter: www.bdew.de.
- CAI X. & M.W. ROSEGRANT (2002): Global Water Demand and Supply Projections. Part 1: A Modeling Approach, in: Water International Vol. 27, Issue 2, S. 159-169.
- CONNOR R., J.-M. FAURÈS, J. KUYLENSTIERNA, J.MARGAT, P. STEDUTO, D.VALLÉE & W. VAN DER HOEK (2009): Chapter 7 Evolution of water use, in: WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London. 96-226.
- DOWNING T.E, BUTTERFIELD R.E., EDMONDS B., KNOX J.W., MOSS S., PIPER B.S. & WEATHERHEAD E.K. (AND THE CCDEW PROJECT TEAM) (2003): Climate Change and the Demand for Water, Research Report, Stockholm Environment Institute Oxford Office, Oxford.
- ELBERS M., S. KUHN, D. KLEMM, A. ERNST (2010): Domestic water use under social and climatic change: Projections of a coupled spatial simulation system. Proceedings of the 3rd World Congress on Social Simulation, September 6-9, 2010, University of Kassel, Germany.
- EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (2000): Ist Europas Wasser nachhaltig nutzbar? Umweltzustand, Aussichten und Kernfragen. Umweltbewertungsberichte No. 7, Kopenhagen.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2010): The European Environment: State and Outlook 2010, Water Resources: Quantity and Flows, Copenhagen.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2009): Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought. EEA Report No. 2/2009.
- GLEICK P.H. & M. PALANIAPPAN (2010): Peak water limits to freshwater withdrawal and use, PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences, Early Edition, May.
- GRIMM V., CH. GLAUNER, H. EICKENBUSCH & A. ZWECK (2008): Wasserknappheit & Technologie. Übersichtsstudie im Auftrag des VDI, Düsseldorf.
- HEYMANN E., M. LIZIO & M. SIEHLOW (2010): Weltwassermärkte. Deutsche Bank Research. Aktuelle Themen 476, Frankfurt am Main.
- HORLEMANN L. & NEUBER S. (2006): Virtueller Wasserhandel – Ein realistisches Konzept zur Lösung der Wasserkrise? DIE Studies Nr. 22, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), Bonn.
- HUMMEL D. & LUX A. (2002): Demographischer Wandel und Wasserversorgung. In: Politische Ökologie 72.
- HUMMEL D. & LUX A. (2006): Die Rechnung geht nicht auf: Weniger Menschen = niedriger Wasserverbrauch. In Forschung Frankfurt 1/2006, 60-63 (online: www.muk.uni-frankfurt.de/Publikationen/FFFM/dok/2006/2006-1/61-64-wasserverbrauch.pdf).
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report, Genf.
- MORRISON J., M. MORIKAWA, M. HEBERGER, H. COOLEY, P. GLEICK & M. PALANIAPPAN (2009): Climate Change and the Global Water Crisis: What Businesses Need to Know and Do, Pacific Institute and United Nations Global Compact, May.
- PARKER J. (2010): Assessing the sensitivity of UK water demand to climate change. east midlands universities association postgraduate student conference 14th September <http://www.emua.ac.uk/groups/postgrad/papers10/sensitivity.pdf>
- RENZETTI S.J. (2005): Water Demand Forecasting, in: Water Encyclopedia, S. 529-531
- ROSEGRANT M.W., X. CAI (2002): Global Water Demand and Supply Projections. Part 2: Results and Prospects to 2025, in: Water International Vol. 27, Issue 2, S. 170-182
- SCHEELE U. (2010): Wasser zwischen Wirtschaftsgut und Menschenrecht: Entwicklungspolitische Implikationen, in: Detlef Auferheide & 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
- SCHLEICH J. & TH. HILLENBRAND (2007): Determining

- nants of Residential Water Demand in Germany. Fraunhofer ISI Working Paper Sustainability and Innovation, No S 3/, Karlsruhe.
- WWF (2009): Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands. Bearbeitet durch SONNENBERG A., A. CHAPAGAIN, M. GEIGER & D. AUGUST. WWF. www.wwf.de.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2009): Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Wiesbaden.
- THE 2030 WATER RESOURCES GROUP (2009): Charting Our Water Future: Economic frameworks to inform decision-making.
- UNITED NATIONS (2009): Water in a changing world. London. Paris.
- UNITED NATIONS (2010): UN-water global annual assessment of sanitation and drinkingwater (GLAAS) 2010: targeting resources for better results.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (2007): Global Environmental Outlook 4. Nairobi.
- VEREINTE NATIONEN (2010): Millennium-Entwicklungsziele Bericht 2010. New York 2010
- WATER FOOTPRINT NETWORK. Universität Twente Enschede. Abgerufen am 13.01.2011 unter: www.waterfootprint.org.

*Diplom-Ökonomin 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*