



Hauptveranstaltung zum
International Year of Planet Earth

System **Erde – Mensch**

Handlungsoptionen und Managementstrategien

Bedeutung geowissenschaftlicher Forschung für
Gesellschaft, Wirtschaft und Politik

Dokumentation der Strategiekonferenz am 12. und 13. Juni 2008 in Berlin
gemeinsam veranstaltet von der GeoUnion und der Geokommission der DFG

Herausgegeben von Rolf Emmermann, Gerold Wefer und Volker Mosbrugger

TERRA NOSTRA

Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung – Vol. 2009/2

Wasser: eine global bedrohte Georessource?

Peter Grathwohl, Hermann Rügner, Georg Teutsch

Die Erde verfügt über große Reserven an Süßwasser, die im Eis der Polkappen gebunden sind (68,9 %), als Grundwasser (30,8 %) oder Oberflächengewässer (0,3 %) vorkommen. Diese essentielle Ressource ist auf der Erde ungleich verteilt. Viele große Grundwasservorkommen stammen aus der Vorzeit und erneuern sich heute nicht mehr. Gleichzeitig nimmt der Wasserbedarf der Weltbevölkerung zu und die oft grenzüberschreitenden fossilen Vorräte werden vor allem in ariden Regionen unwiederbringlich ausgebeutet. Erschwerend kommt die Umweltverschmutzung hinzu, die vor allem eine Nutzung von (Grund-)Wasservorkommen als Trinkwasser gefährdet. Vom Menschen in die Umwelt entlassene Chemikalien finden sich in Wasser, Boden und Luft, sie haben mittlerweile die Pole und die höchsten Gebirge erreicht. Großflächige Boden- und Grundwasserverunreinigungen sind praktisch irreparabel und gefährden eine Nutzung dauerhaft. Die Geowissenschaften sind gefordert, Konzepte zu entwickeln, um einer globalen Wasserkrise begegnen zu können. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Menschen Zugang zu sauberem Trinkwasser erhalten und genügend Wasser zur Produktion ihrer Nahrungsmittel zur Verfügung haben.

Zunehmender Wasserbedarf. Wasser ist eine unentbehrliche Ressource für den Menschen und Ökosysteme. Wasser wird nicht verbraucht im eigentlichen Sinne sondern durch die „Verwendung“ unbrauchbar bzw. kann erst

nach aufwändiger technischer Aufbereitung wieder genutzt werden (s.u.). Die Menge Wasser, die für die Produktion von Nahrungsmitteln erforderlich ist, übertrifft i.d.R. den Wasserbedarf an Trink-, Sanitär- und Industrierwasser um ein Vielfaches. Dieses Wasser entstammt normalerweise dem „Grünen Wasserfluss“ (Niederschlagswasser abzüglich Verdunstung; Mauser 2007), wird aber insbesondere in niederschlagsarmen Gebieten zunehmend aus Grund- und Oberflächenwasser gedeckt.

Wie *Abbildung 1* zeigt, nimmt der Wasserbedarf weltweit exponentiell zu. Dies liegt vor allem an der stetig wachsenden Weltbevölkerung und der global stark zunehmenden Bewässerungslandwirtschaft. Es wird erwartet, dass sich der globale Wasserbedarf bis ins Jahr 2025 im Vergleich zu den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts verdoppelt haben wird, wobei der Anstieg in Afrika und Südamerika besonders ausgeprägt ist (Shiklomanov 1999).

Im Jahr 2000 wurden im globalen Durchschnitt ca. 70 % des Wasserbedarfs für landwirtschaftliche Zwecke (v.a. Bewässerung), 22 % für industrielle Zwecke und 8 % für die Trinkwasserversorgung genutzt (UNESCO 2003). Etwa 15 % der zur Produktion von Nahrungsmitteln landwirtschaftlich genutzten Flächen sind bewässert, wobei diese etwa die Hälfte des Wertes der weltweit produzierten Nahrungsmittel liefern (Shiklomanov 1999).

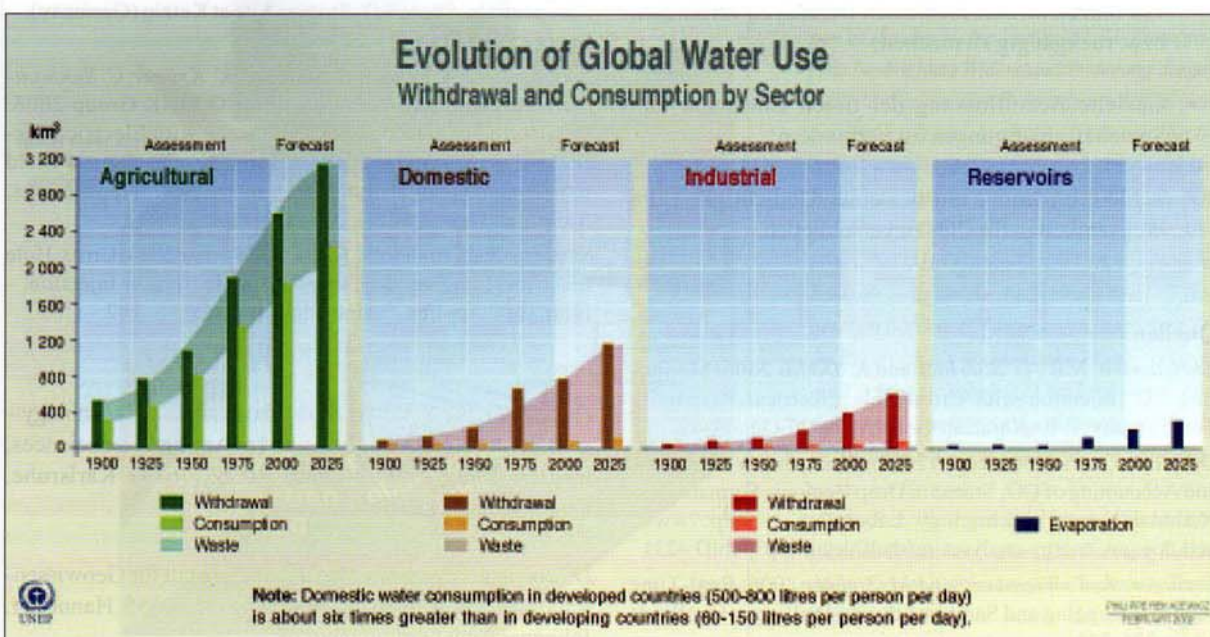


Abb. 1: Globaler Anstieg des Wasserbedarfs bis zum Jahr 2025 (Quelle: UNEP 2002, Shiklomanov 1999).

Der Wasserbedarf beschränkt sich im Wesentlichen auf Süßwasser. Brack- oder Salzwasser ist nur in geringem Umfang brauchbar und wird z.B. als Kühlwasser in Kraftwerken eingesetzt (ca. 1/3 des Kühlwasserbedarfs der USA; USGS 2005). Der Anteil von Grundwasser in der Trinkwasserversorgung ist insbesondere in Mitteleuropa bedeutend (Dänemark 100 %, Österreich 99 %, Deutschland und Polen ca. 73 %; UNESCO 2004). Dies hat in diesen Ländern bereits früh zu einer ressourcenschutzbasierteren Umweltgesetzgebung in Bezug auf das Grundwasser geführt. In den modernen Industriegesellschaften liegt der Pro-Kopf-Wasserverbrauch bei ca. 300-600 Liter pro Tag, wobei man davon ausgeht, dass der Bedarf auf 500-800 Liter pro Tag ansteigen wird. In den landwirtschaftlich geprägten Entwicklungsländern Asiens, Afrikas und Südamerikas können pro Kopf und Tag nur 50-100 Liter bereitgestellt werden, vielerorts sogar nur 10-40 Liter pro Tag (Shiklomanov 1999).

„**Wasserstress**“. Die Erde verfügt insgesamt über große Süßwasservorkommen, die allerdings im Verhältnis zur Bevölkerungsdichte ungleichmäßig verteilt sind. Dies ist besonders evident in Asien, wo mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt (60 %), jedoch lediglich ca. 36 % der Wasserressourcen lokalisiert sind (UNESCO 2003). Länder, in denen das Verhältnis des Wassergesamtverbrauchs zu den erneuerbaren Wasserressourcen 40 % überschreitet, befinden sich im „Wasserstress“ (UNESCO 2006). Obwohl bisher durch den Klimawandel noch keine globale Wasserverknappung eingetreten ist, leben derzeit mehr als 1,2 Mrd. Menschen in Gegenden mit Wassermangel (Gesamtverbrauch > 75 % der erneuerbaren Wasserressourcen; UNESCO 2008). Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Zugang zu sauberem Wasser und Armut. In vielen Ländern fehlt die erforderliche Infrastruktur für die Versorgung der Menschen mit sauberem Trinkwasser und die sichere Entsorgung des Abwassers; derzeit sind ca. 2,6 Mrd. Menschen davon betroffen. Letzteres führt zu hygienischen Problemen und Seuchen. Die dadurch entstehenden Kosten im Gesundheitssystem sind enorm, die Bereitstellung von Wasser im täglichen Lebensablauf erfordert viel Zeit (insbesondere der Frauen) und behindert die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung der betroffenen Länder (Mauser 2007). Man nimmt an, dass ca. 2,3 Mill. Tote jährlich auf die Faktoren fehlendes sauberes Wasser, unzureichende sanitäre Anlagen und mangelhafte Hygienestandards zurückgehen. Bereits im Jahr 2002 hat der UN-Gipfel in Johannesburg die enorme Wichtigkeit dieses Themas betont und für den Zugang zu Wasser und sicherer Abwasserentsorgung die sehr anspruchsvollen Millenniumsziele festgeschrieben: Ziel ist es, die Zahl der Menschen, die keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und zu sanitären Anlagen haben, bis 2015 zu halbieren (United Nations 2000). Die Weltbank schätzt den Investitionsbedarf zur Erreichung dieses Ziels auf über 25 Milliarden Dollar (Weltbank 2003).

Künftige Wasserverfügbarkeit und Klimawandel. Durch den Klimawandel werden sich die Probleme in der Wasserversorgung und beim Schutz vor extremen Ereignissen noch verschärfen. Klimaprojektionen sagen für das 21. Jahrhundert u.a. sinkende Niederschläge für die subtropischen und die angrenzenden Regionen der mittleren Breiten voraus. In vielen semiariden bis ariden Gebieten (u.a. Mittelmeerraum, westliche USA, Südafrika, Nordostbrasilien) ist mit einer Abnahme der verfügbaren Wasserressourcen zu rechnen. Die Anzahl der Gebiete, die unter „Wasserstress“ leiden, wird deutlich zunehmen (Bates et al. 2008). Auch Gebiete mit zunehmenden Niederschlägen können aufgrund der zunehmenden Niederschlagsvariabilität davon betroffen sein. Bereits heute treten auf ca. 30 % der bewässerten Flächen Probleme durch Versalzung auf (UNESCO 2003). Die Übernutzung von Aquiferen führt zu sinkenden Grundwasserspiegeln und Salzwasserintrusion. In Madras, Indien, hat sich die Salzwasserfront bereits in den 1990er Jahren 10 km ins Inland vorgeschoben (UNEP 2000). Eingriffe des Menschen in Wassereinzugsgebieten gefährden die sichere Versorgung mit sauberem Trinkwasser aus Grundwasser, z.B. durch den Eintrag anthropogener Schad- und Nährstoffe (Chemikalien aus Industrie und Landwirtschaft, Verbrennungsprodukte, Pharmazeutika). Veränderung des Wasserhaushaltes können zu Veränderungen der geochemischen Bedingungen in den Grundwasserkörpern und somit zur Mobilisierung geogener Schadstoffe führen (www.eu-aquaterra.de).

Perspektiven – Technologie und Management. Die Forschung im Bereich der Umwelt- und Geowissenschaften kann einen Beitrag leisten, die Probleme im Wassersektor besser zu verstehen und ihre zukünftige Entwicklung positiv zu beeinflussen. Im Vordergrund stehen zum einen Technologieentwicklungen wie beispielsweise Membranfiltration zur (Ab-)Wasseraufbereitung und Meerwasserentsalzung, Konzepte des Wasserrecyclings und des Fernwassertransports sowie die Optimierung von Bewässerungssystemen und der Landwirtschaft (Nature News 2008; Zimmermann et al. 2008). Oft sind diese neuen technologischen Ansätze aber energieintensiv und bedürfen daher eines gleichzeitigen Fortschritts in der (nachhaltigen) Energiegewinnung (die Meerwasserentsalzung benötigt z.B. 4-6 kWh/m³, weshalb dafür der Bau von Kernkraftwerken erwogen wird; www.world-nuclear.org). Bedeutsam ist auch die Entwicklung von Konzepten zum Wassermanagement und zum Ressourcenschutz, d.h. zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen und zum Schutz der Böden und der Vegetation als Filter und Speicher des Wassers (Mauser 2007). Insbesondere aber bedarf es prozessbasierter integrierter Modelle, die in der Lage sind, sowohl die zukünftigen Entwicklungen zu prognostizieren als auch den Einfluss von technischen und nicht-technischen Maßnahmen beurteilen zu können. Die Notwendigkeit, die Forschungsanstrengungen hier zu verstärken, zeigt sich auch darin, dass die UNESCO in der VII. Phase (2008-2013) des Internationalen Hydrogeologischen Programms (IHP) „Water

Dependencies: Systems under Stress and Societal Responses“ u.a. diese Themen aufgreift (UNESCO 2008).

Literatur

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof (eds.) 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – IPCC Secretariat. – Geneva

Mausser, W. 2007: Wie lange reicht die Ressource Wasser? Vom Umgang mit den blauen Gold. – Frankfurt am Main

Nature News 2008: Enough Water to go Around? – Nature **452** (7185): 253-310

Shiklomanov, I.A. 1999: World Water Resources and Their Use – a Joint Report of the State Hydrological Institute (SHI), St. Petersburg, Russia, and UNESCO, Paris. – <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>

UNEP 2000: Global Environment Outlook. – Web version. – <http://www.unep.org/geo2000/index.htm>

UNEP 2002: Vital Water Graphics: an Overview on the State of the World's Fresh and Marine Waters. – Nairobi. – <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/index.htm>

UNESCO 2003: Water for People, Water for Life. 1st UN World Water Development Report. – A Joint Report by the Twenty-three UN Agencies Concerned with Freshwater. – World Water Assessment Programme. – New York et al.

UNESCO 2004: Groundwater Resources of the World and Their Use. – UNESCO IHP Series on Groundwater **6**. – Paris

UNESCO 2006: Water: A Shared Responsibility. 2nd UN World Water Development Report. – New York et al.

UNESCO 2008: Water Dependencies: Systems under Stress and Societal Responses. – International Hydrological Programme (IHP), Phase VII (2008-2013). – Paris

United Nations 2000: Millennium Declaration, UN Resolution A/55/L.2. – New York et al.

United Nations 2008: The UN Millennium Development Goals Report. – United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA). – New York

USGS 2005: Estimated Use of Water in the United States in 2000. – U.S. Geological Survey, Circular **1268**. – Reston, Virginia

World Bank 2003: World Development Report 2004: Making Services Work for Poor People. – London et al.

Zimmermann, J.B., J.R. Mihelcic and J. Smith 2008: Global Stressors on Water Quality and Quantity. – Environmental Science & Technology **42** (12): 4247-4254

Prof. Dr. Peter Grathwohl, Hydrogeochemistry, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Tübingen, Hölderlinstr. 16, 72074 Tübingen, peter.grathwohl@uni-tuebingen.de

Dr. Hermann Rügner, Department Grundwassersanierung, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, hermann.ruegner@ufz.de

Prof. Dr. Georg Teutsch, Geschäftsführer, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, gf@ufz.de