

## Grundwasser

Wilhelm Struckmeier, Gudrun Franken, Fritz-Rainer Haut, Thomas Himmelsbach,  
Klaus Schelkes, Franca Schwarz und Markus Zaepke

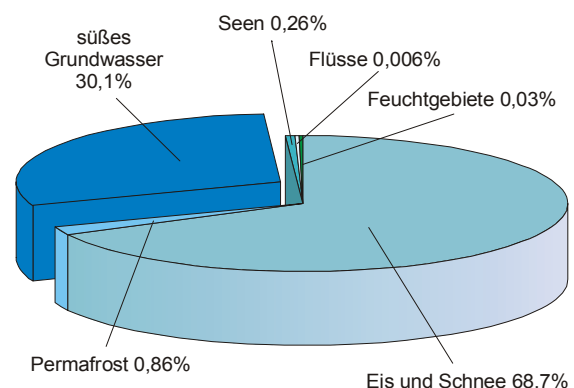
**Grundwasser ist der am weitesten verbreitete und meist genutzte Rohstoff, zugleich einmaliges, nicht ersetzbares Lebensmittel. Vor allem in den Trockenzonen der Erde ist es von unschätzbarem Wert. Die Bedeutung der Grundwasserressourcen als qualitativ hochwertige und sichere Grundlage der Wasserversorgung wird in Zukunft erheblich wachsen. Bei vernünftiger, nachhaltiger Nutzung kann uns Grundwasser aus der globalen Wasserkrise führen.**

Grundwasser ist die Basis für nachhaltige Entwicklung und erweist sich zunehmend als ein wichtiges Wirtschaftsgut. Mehrere internationale Konferenzen (Dublin 1992, Río de Janeiro 1992, Bonn 2001, Johannesburg 2002, Kyoto 2003) behandelten die Forderung nach einem schonenden Umgang mit den Wasserressourcen und verständigten sich über Grundsätze für ein nachhaltiges Wassermanagement. In der Sorge um die Ressource Wasser haben die Vereinten Nationen das Jahr 2003 zum Internationalen Jahr des Süßwassers erklärt.

Für die Nutzung in Landwirtschaft, Industrie und Haushalten ist das Grundwasser und seine Qualität ebenso wichtig wie die Oberflächengewässer. Durch die Bodenzone ist es auf natürliche Weise gegen Verschmutzung geschützt. Allerdings lassen sich Grundwasservorkommen, in die Schadstoffe eingedrungen sind, nur durch zeit- und kostenintensive Maßnahmen reinigen oder müssen völlig aufgegeben werden. Diese Fakten hat die internationale Gemeinschaft erkannt.

### Wasser wird knapp

Wasser ist unser wichtigster Rohstoff, unersetzlich als Nahrungsmittel für Menschen, Tiere und Pflanzen. Bis vor wenigen Jahren galt Wasser als unerschöpfliche natürliche Ressource. Auf der Erde gibt es Wasser im Überfluss, denn gut 70 Prozent der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Der größte Teil ist jedoch salzig, nur 2,5 Prozent der globalen Wasserressourcen sind Süßwasser - etwa 35 Millionen Kubikkilometer, das sieben Hunderttausendfache des Bodensees. Doch bei genauerer Betrachtung schrumpft diese Süßwassermenge erheblich, denn rund 69 Prozent bestehen aus Eis und Schnee, die vor allem in der Antarktis und in Grönland gebunden sind (Abb.1).



**Abb. 1: Die Süßwasserressourcen der Erde (nach UNESCO 2003)**

*Die Süßwasservorräte sind vor allem als Eis und Schnee sowie im Grundwasser gespeichert. Nur etwa drei Tausendstel davon sind Oberflächenwasser in Flüssen und Seen. Dieser Bruchteil wird allerdings im Jahresverlauf größtenteils regeneriert und stark genutzt.*

Mehr als 30 Prozent bilden die unterirdischen Grundwasserressourcen, die bedeutendste nutzbare Wasserreserve der Zukunft. Nicht einmal 0,5 Prozent ist auf Seen, Flüsse und Stauseen verteilt. Dennoch dominiert dieser verschwindend geringe, aber für Jedermann sichtbare Anteil unser Bild der globalen Wassersituation.

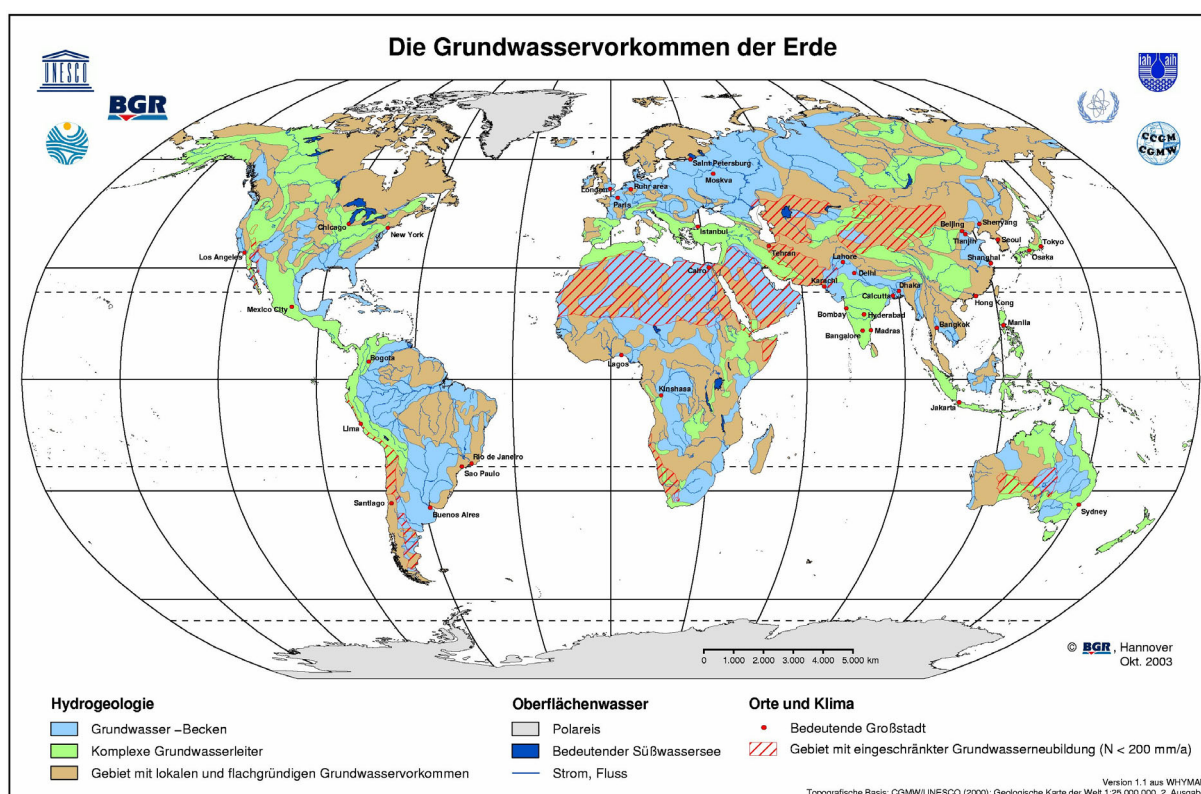
Weltweit wird im Jahresmittel mit einer Wassermenge von etwa 43.000 Kubikkilometern als erneuerbares globales Wasserdargebot gerechnet. Dies entspricht etwa der Hälfte des Süßwassers aller natürlichen Seen oder dem Zehnfachen aller Stauseen. Rein rechnerisch stünden also jährlich für jeden Erdenbürger über 7000 Kubikmeter erneuerbares Wasser zur Verfügung. Dennoch herrscht in vielen Regionen der Welt Wassermangel.

Aufgrund des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums steigt die Nachfrage nach Wasser, z. B. als Trinkwasser oder für die landwirtschaftliche Bewässerung. Gleichzeitig nehmen die weltweit verfügbaren Wasserressourcen durch Übernutzung oder Verschmutzung ab.

Die Schere zwischen Nachfrage (Bedarf) und Angebot (Dargebot) öffnet sich zusehends. In mehr als 30 Ländern herrscht heute bereits akute Wasserknappheit.

## Grundwasser – blaues Gold im Untergrund

Grundwasser stellt eine bedeutende Süßwasserressource dar (Abb. 2). Wie das Oberflächenwasser, wird das Grundwasser teilweise im Jahresverlauf erneuert und kann so dauerhaft genutzt werden (jährlich ca. 10.000 Kubikkilometer). Grundwasser bildet in weiten Gebieten der Erde die Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung. Die Trinkwasserversorgung erfolgt in vielen Ländern größtenteils aus Grundwasser, in Deutschland zu mehr als 70 Prozent. In Indien basieren sogar mehr als 80 Prozent des Trinkwasserverbrauchs und mehr als die Hälfte des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs auf Grundwasser. Auch in den Trockengebieten der Erde sind Süßwasservorkommen nachgewiesen, die sich in früheren Zeiten unter feuchteren Klimaverhältnissen gebildet haben.



**Abb. 2: Die Grundwasservorkommen der Erde**

Fast 30 Prozent der Fläche der Kontinente (ohne Antarktis) sind von relativ homogenen Grundwasserleitern unterlagert, 19 Prozent verfügen über teilweise reichhaltige Grundwasservorkommen in geologisch komplex aufgebauten Gebieten. Die Hälfte der Kontinente enthält eher geringe Grundwasservorkommen, die oberflächennah an Lockergesteine gebunden sind. Die darin verfügbaren Grundwassermengen reichen in der Regel für kleine bis mittlere Ortschaften aus. Auf etwa 15 Prozent der Gesamtfläche der Kontinente fallen im jährlichen Mittel weniger als 200 Millimeter (Liter pro Quadratmeter) Niederschlag. In diesen Gebieten bildet sich sehr wenig neues Grundwasser.

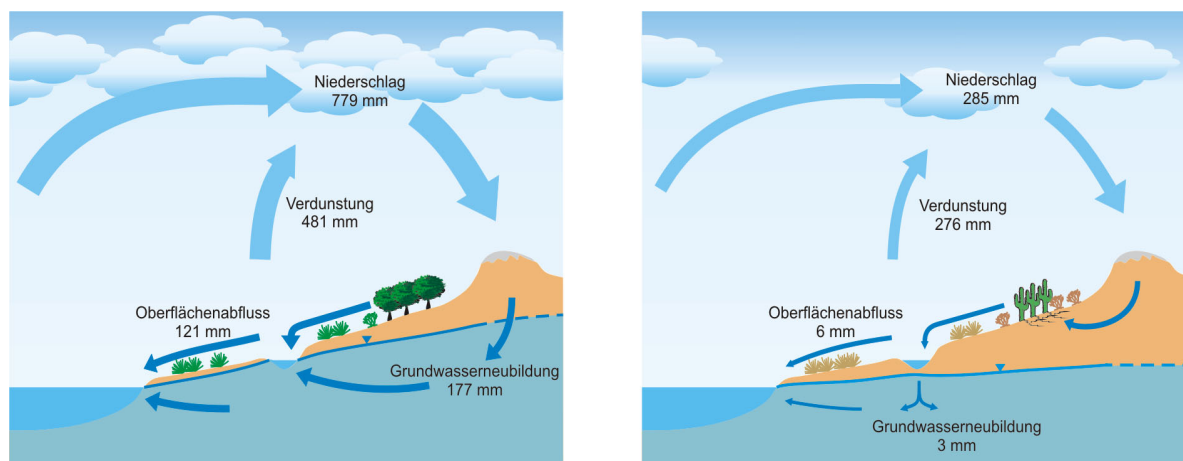
Reichtum oder Armut an Wasser sind durch ortsgebundene, regional wechselnde Faktoren bedingt: Einerseits bestimmen die klimatischen Verhältnisse, im Wesentlichen die Niederschläge, wie viel Grundwasser neu gebildet wird. Andererseits hängt das natürliche Wasserdargebot von den Speichereigenschaften der Gesteine im Untergrund ab. Unabhängig vom heutigen Klima, vorgegeben durch die geologische Situation sowie die Entwicklungsgeschichte der Erde, ist Grundwasser vielerorts als wertvolle Naturressource vorhanden.

Grundwasser bildet den unterirdischen unsichtbaren Teil des natürlichen Wasserkreislaufs, in dem Niederschlag, Verdunstung, Versickerung und Abfluss an oder unter der Erdoberfläche die wichtigsten Komponenten darstellen (Abb. 3). Sie werden besonders stark vom kurzfristigen Klimageschehen, dem Wetter, gesteuert. Die Prozesse unterhalb der Erdoberfläche laufen in der Regel viel langsamer ab.

In vielen Regionen der Welt, selbst in Europa, wird im Jahreszyklus nur ein geringer Teil des gespeicherten Volumens der Grundwasservorräte erneuert.

Tiefere Grundwasserspeicher nehmen nur eingeschränkt am jährlichen Wasserkreislauf teil. Die großen unterirdischen Grundwasserreserven, die überwiegend in den letzten Tausend bis Zehntausend Jahren der Entwicklungsgeschichte der Erde entstanden, bilden Grundwasserlagerstätten. In den Trockenzone der Welt werden sie zunehmend zur Nutzung herangezogen.

Quantitative Betrachtungen des Grundwasseranteils im Wasserkreislauf verlangen ausreichend lange Beobachtungszeiträume (Jahrzehnte), um belastbare wissenschaftliche Aussagen zum Wasserhaushalt treffen zu können. Außerdem gilt es, den Austausch zwischen dem langsam fließenden Grundwasser im Untergrund und den Prozessen des Wasserkreislaufs in der Atmosphäre und am Boden angemessen zu quantifizieren (Abb. 3). Besonders in den Trockengebieten der Erde, in denen Oberflächenwasser nur kurzzeitig und oft in geringer Menge zur Verfügung steht, ist der Wasserkreislauf über der Erdoberfläche weitgehend entkoppelt vom Grundwasserregime. Die Verbindung beschränkt sich hier auf seltene Ereignisse der Grundwasserneubildung und auf die Speisung von Quellen und Feuchtgebieten aus tieferen Grundwasserressourcen.



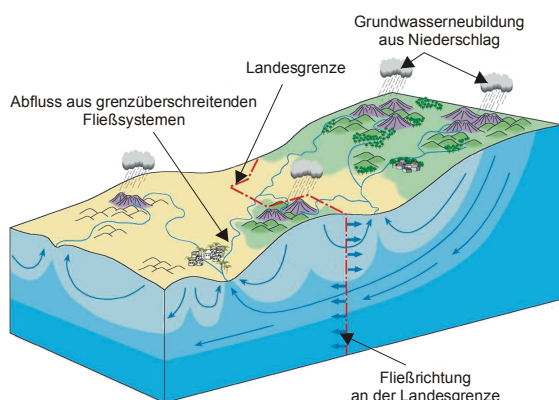
**Abb. 3: Der Wasserkreislauf in verschiedenen Klimazonen der Erde, aufgezeigt an den Beispielen Deutschland (links) und Namibia (rechts)**

*Der Wasserkreislauf in Feucht- und Trockengebieten unterscheidet sich grundlegend beim Grundwasser: In humiden Klimazonen versickern aufgrund hoher Niederschläge größere Mengen Sickerwasser zum Grundwasserspeicher, der aktiv am Wasserkreislauf teilnimmt und während niederschlagsarmer Perioden Bäche, Quellen und Feuchtgebiete speist; in den semi-ariden bis ariden Klimazonen findet kaum noch Austausch zwischen den Oberflächen- und den Grundwasserregimes statt, da das wenige Sickerwasser nach gelegentlichen Niederschlägen die mächtige, trockene (ungesättigte) Bodenzone nur selten durchdringt und daher die Grundwasservorräte kaum aufgefüllt werden.*

Ausschlaggebend für Menge, Qualität und Strömungsverhalten des Grundwassers im Untergrund sind die geologischen Verhältnisse und Speichereigenschaften der Gesteine. Abgesehen von Karstgebieten, in denen Grundwasser gelegentlich in riesigen Tunnel- und Kanalsystemen mit z. T. sehr hohen Geschwindigkeiten fließt, strömt es in den Grundwasserleitern nur sehr langsam, in Größenordnungen von Millimetern bis Metern pro Jahr, bzw. wenigen Kilometern in Jahrhunderten oder gar Jahrtausenden. Dies belegen Isotopen-hydrologische Untersuchungen, mit denen sich das Alter des Wassers an Hand des Verhältnisses bestimmter Isotope des Wassers und darin gelöster Elemente bestimmen lässt.

### Grundwasser kennt keine Grenzen

Grundwasser ist an geologische Strukturen gebunden, die in der Regel nicht mit den politischen Grenzen übereinstimmen (Abb. 4). Da es sich nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten bewegt, müssen hydrogeologische Strukturen in ihrer Gesamtheit, d.h. länderübergreifend, untersucht, bewirtschaftet und überwacht werden. Dies gilt vor allem für die sensiblen Trockenzonen, in denen die Einzugsgebiete der Flüsse oft erheblich von der Ausdehnung der tiefen Grundwasservorkommen abweichen. Die Teilhaber an grenzüberschreitenden Grundwasservorkommen sollten eine gemeinsame Bewirtschaftungsstrategie vereinbaren.



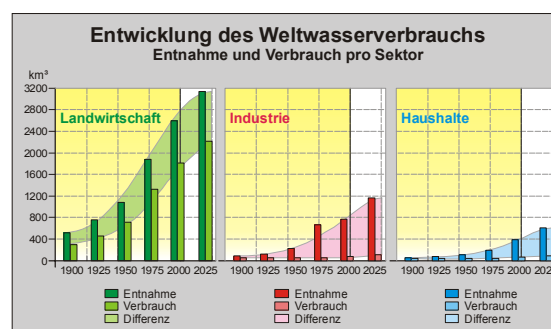
**Abb. 4: Politische Grenzen schneiden Grundwasserfließsysteme (nach ISARM 2000)**

Grundwasserfließsysteme kennen nur natürliche Grenzen. Oft werden sie jedoch von politischen Grenzen zerteilt. Dies führt zu einer Aufteilung der Fließsysteme, die nur durch eine grenzüberschreitende Kooperation und ein zwischen Anrainerstaaen abgestimmtes Grundwassermanagement überwunden werden kann.

Darstellungen der Grundwasserverhältnisse auf Karten und die zeitgemäße Aufnahme und Verwaltung Grundwasser bezogener Daten in geografischen Informationssystemen (GIS) und mathematischen Grundwassermodellen haben sich als geeignete Werkzeuge bei Erschließung, Management und Schutz der wertvollen Wasserressourcen im Untergrund erwiesen.

### Der Wasserverbrauch steigt

Global lässt sich die Wasserentnahme folgenden Sektoren zuordnen: Landwirtschaft 70 Prozent, Industrie 20 Prozent, Haushalte 10 Prozent. Diese Verteilung variiert je nach Region und Entwicklungsstand: In Europa und Nordamerika dominiert der industrielle Wasserverbrauch, während in Asien und Afrika die Bewässerungslandwirtschaft den größten Teil der Wasserressourcen beansprucht.



**Abb. 5: Zunahme des Wasserverbrauchs nach Sektoren (nach UNEP 2003)**

Die Landwirtschaft ist weltweit der größte Wasserverbraucher, gefolgt von Industrie und Haushalten. Während letztere bereits erhebliche Anstrengungen unternommen haben, den Wasserverbrauch zu reduzieren, sind die möglichen Einsparungspotenziale in der landwirtschaftlichen Bewässerungstechnik noch längst nicht erreicht. Besondere Sorge bereitet der zunehmende Einsatz von kaum erneuerbarem Grundwasser für die Bewässerung marginaler Standorte in ariden Zonen.

In vielen semi-ariden und ariden Gebieten beträgt die Nutzung von Grundwasser für Bewässerungszwecke heute bereits 30 Prozent, mit steigender Tendenz. Dabei handelt es sich auch um vor Jahrtausenden gebildete (fossile) Grundwasserreserven. In manchen Trockengebieten der Welt lagern örtlich sehr große Grundwasservorkommen mit hervorragender Trinkwasserqualität. Sie erneuern sich heutzutage nur unwesentlich. Einmal abgebaut, sind sie für den Menschen verloren.



Der gegenwärtige Umgang mit Wasser verschärft die Wassermangelsituation in vielen Trockengebieten der Erde. Während in den letzten zehn Jahren in Deutschland der tägliche Wasserverbrauch pro Kopf von 130 auf weniger als 120 Liter sank, beträgt er in den USA und vielen Ländern der Golfregion das Doppelte bis Vierfache. Zahlreiche wasserarme Länder subventionieren das Wasserangebot. Der Einsatz der wertvollen fossilen Grundwasservorräte zur unwirtschaftlichen Produktion von Nahrungsmitteln in niederschlagsarmen Regionen sollte unbedingt reduziert werden. Stattdessen kann die Wiederverwendung aufbereiteten Abwassers ein Teil der Problemlösung sein.

### Grundwasser, ein wertvoller Rohstoff

Grundwasser ist weltweit der meistgenutzte Rohstoff. Auf der Erde versorgen sich heute etwa 2 Milliarden Menschen mit Grundwasser. Die Grundwasserförderung schätzt man auf jährlich 600 bis 700 Kubikkilometer (= Milliarden m<sup>3</sup> bzw. t). Im Vergleich dazu beträgt der Verbrauch der Massenrohstoffe Kies und Sand global nur 18 Milliarden Tonnen. Der weltweite Erdölverbrauch liegt bei 3,5 Milliarden Tonnen pro Jahr.

Grundwasser wird zunehmend als Wirtschaftsgut betrachtet. Da es zugleich als Lebensmittel verstanden wird, wird es in vielen Ländern als Allgemeingut angesehen. In der Regel wird der Ressource Grundwasser kein Wert zugemessen. Lediglich die Kosten für die Erschließung, Aufbereitung und Bereitstellung für den Verbraucher sollen zur Deckung der Aufwendungen über den Wasserpreis erhoben werden. Zahlen über die globale Wertschöpfung, die durch die Abgabe von Grundwasser an Konsumenten erzielt wird, fehlen daher. Nur für die wertvollsten Verwendungsarten (Trinkwasser und abgefülltes Mineral- und Tafelwasser) existieren globale Angaben (Tab. 1).

Die Diskussion über Grundversorgung, Kostendeckung, Bewässerungslandwirtschaft, Liberalisierung des Wassermarktes und private Investitionen läuft auf allen gesellschaftlichen Ebenen. Das von den Vereinten Nationen formulierte Entwicklungsziel (Millennium Development Goal), die Zahl der Menschen ohne Zugang zu sauberem Wasser bis zum Jahr 2015 zu halbieren, ist nur mit erheblichen Investitionen erreichbar (geschätzte 150 Milliarden Euro jährlich).

**Tab. 1: Grundwasserförderung im Vergleich zu anderen Rohstoffen (Jahr 2001)**

Rohstoff	Jahres-Produktion (Mio. t)	Gesamtwert (Mio. €)
Grundwasser allg.	> 600.000	600.000*
Sand/Kies	18.000	90.000
Hartkohle	3.640	101.900
Erdöl	3.560	812.300
Weichbraunkohle	882	12.300
Eisen	662	16.400
Steinsalz	213	4.500
Gips	105	1.500
Mineral-/Tafelwasser	89	22.000
Phosphat	44	3.000

\* bei einem fiktiven Preis von einem Euro pro Kubikmeter

*Für den Verbraucher stellt sich der Wert des Wassers höchst unterschiedlich dar, obwohl das angebotene Produkt oft der gleichen Rohstoffressource entstammt. Grundwasser zur Bewässerung wird nicht aufbereitet und kostet – wenn überhaupt – nur wenige Cents pro Kubikmeter. Für aufbereitetes Trinkwasser aus der häuslichen Wasserleitung werden bis zu zwei Euro pro Kubikmeter erhoben, abgefülltes Mineral- oder Tafelwasser kann tausend Euro und mehr pro Kubikmeter kosten.*

Trotz Spar- und Umverteilungsmaßnahmen sind zusätzliche Versorgungen aus Grundwasservorkommen unausweichlich. Grundwasser ist im Vergleich zum Oberflächenwasser sicherer und besser geschützt. In Trockengebieten ist es vielfach eine ortsnahe und die kostengünstigste Alternative der Wasserversorgung. Voraussetzung für eine umweltschonende Nutzung sind eine ausreichende Kenntnis der Grundwasservorkommen und die Fähigkeit, sie zu modellieren, d. h. sie zu quantifizieren und Prognosen über die Folgen ihrer Nutzung zu treffen.

Früher wurde meist nach Grundwasser gegraben, wenn die Quellen versiegten. Fortschritte in der Bohr-, Brunnenbau- und Pumpentechnik sowie die zunehmende Elektrifizierung im ländlichen Raum haben dazu beigetragen, immer mehr Grundwasser ohne ausreichende Planung zu nutzen. Da die Fließvorgänge im Grundwasser sehr langsam ablaufen, werden die Folgen einer übermäßigen Nutzung erst nach Jahren und Jahrzehnten erkannt.

Auch wurde den auf Grundwasser angewiesenen Ökosystemen, z. B. Feuchtgebieten, weltweit bisher zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Noch vor wenigen Jahrzehnten war ihre Beziehung zum Grundwasser nicht bekannt.

Mittlerweile sind die Prozesse weitestgehend erforscht und es existieren bessere Datengrundlagen und Werkzeuge.

Entscheidungsträger sollten Bewilligungen zur Nutzung der Grundwasservorkommen nur noch auf Basis abgesicherter Planungen und mit der Auflage geeigneter Überwachungsmaßnahmen genehmigen. So lassen sich Verschlechterungen des mengenmäßigen und qualitativen Zustands des Grundwassers vermeiden und die vielfältigen Wirkungen der Ressource Grundwasser für das Ökosystem Erde erhalten.

### **Die Grundwasserqualität muss stimmen**

Das Vorhandensein von Oberflächenwasser und Grundwasser allein entscheidet noch nicht über Wassermangel. Das Verhältnis von Angebot und Bedarf spielt ebenso eine Rolle wie die Qualität der Wasserressourcen und die Möglichkeit einer umweltschonenden Nutzung. In den meisten Fällen übertrifft die Qualität des Grundwassers die des Oberflächenwassers.

Grundwasservorkommen können jedoch auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte von Natur aus einen hohen Anteil an gelösten Substanzen enthalten, der die Nutzung einschränkt. So kann Versalzung auftreten, die z.B. durch im Porenraum eingeschlossenes Meerwasser oder durch Verdunstungseffekte und Anreicherung von Lösungsinhalten begründet ist. Viele Salzpfannen in den Wüstengebieten sind so entstanden. Grundwasser kann aber auch gelöste Stoffe enthalten, die seine direkte Nutzung aus gesundheitlichen Gründen einschränken oder verbieten, z.B. hohe Gehalte an Arsen, Fluor, Nitrat oder Sulfat. Mit geeigneten Aufbereitungsmethoden, die aber mit hohen Kosten verbunden sind, lassen sich die schädlichen Bestandteile in der Regel entfernen. Vor und während der Nutzung muss die Grundwasserqualität stets kontrolliert werden.

### **Was ist zu tun?**

Das Grundwasser als die in vielen Ländern wichtigste Wasserressource muss in den nationalen Wassermanagementplänen angemessen berücksichtigt werden. Dazu sind

- eine fundierte Bewertung der Menge und Qualität der Grundwasserressourcen nach international anerkannten Methoden erforderlich;

- Prognosemodelle für eine nachhaltige Nutzung des Grundwassers einzusetzen;
- die Wechselwirkungen verschiedener Wasserressourcen, insbesondere zwischen Grund- und Oberflächenwasser, zu erfassen und zu bewerten;
- die Managementbereiche in Trockengebieten vorzugsweise nach der Ausdehnung der Grundwasservorkommen anstatt nach Oberflächeneinzugsgebieten zu definieren.

Auf allen Ebenen der Weltgemeinschaft ist das Bewusstsein für die Bedeutung und den notwendigen Schutz der „unsichtbaren“ Ressource Grundwasser zu schärfen:

- Der Wert des Grundwassers für die Wohlfahrt und Entwicklung der Gesellschaft muss klarer herausgestellt werden. Verbraucher bezahlen Versorgungsleistungen durch angemessene, verbrauchsabhängige Entgelte.
- Der Schutz der Grundwasservorkommen vor Verschmutzung muss verbessert werden. Dies beinhaltet auch Maßnahmen zum Schutz des Bodens, der eine wichtige Filterfunktion ausübt. Hierbei ist die Landnutzungsplanung ein wichtiges Instrument für den vorbeugenden Schutz des Grundwassers. Verschmutzungen sollten nach dem Verursacherprinzip geahndet werden.
- Der Einsatz von innovativen Methoden und angepassten Technologien für eine optimale Nutzung der Grundwasserressourcen sowie für ihren Schutz sollte gefördert werden.

„Best practices“ im Grundwassermanagement sollten besser verbreitet werden. Angepasste Lösungen können auch im Süd-Süd-Dialog ausgetauscht werden.

Internationale Strategien für ein Management grenzüberschreitender Grundwasserressourcen sollten weiterentwickelt und in die Konzepte der integrierten Wasserressourcenbewirtschaftung eingefügt werden.

Für die nachhaltige Wassernutzung, einschließlich des Grundwassers, müssen noch in vielen Ländern entsprechende Gesetze und Regelwerke geschaffen, umgesetzt und angewendet werden. Nur so lässt sich weltweit ein verantwortungsvoller Umgang mit den wertvollen Grundwasserressourcen erreichen.

## Quellen und weitere Informationen

- ALCAMO, J., HENRICH, T. & RÖSCH, T. (2000): World Water in 2025 – Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commission on Water for the 21<sup>st</sup> Century. Report A0002, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany.
- BMZ - Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (1998): Wasser – eine Ressource wird knapp. Materialien Nr.94, Bonn.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2002): Der Wasserektor in Deutschland, Methoden und Erfahrungen. Berlin.
- ENGELMAN, R., DYE, B. & LEROY, P. (2000): Mensch, Wasser! - Report über die Entwicklung der Weltbevölkerung und die Zukunft der Wasservorräte. Balance Verlag, Stuttgart.
- FALKENMARK, M. & WIDSTRAND, C. (1992): Population and Water Resources: A Delicate Balance. Population Bulletin, Vol. 47/3. Population Reference Bureau, Washington D.C.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003): Review of World Water Resources by Country. - Water Report No. 23. Rome.
- FERRIER, C. (2001): Discussion Paper Bottled Water: Understanding a Social Phenomenon. [www.panda.org/downloads/freshwater/bottled\\_water.pdf](http://www.panda.org/downloads/freshwater/bottled_water.pdf)
- Hannover, den 10.12.2003
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Stilleweg 2  
D-30655 Hannover
- [w.struckmeier@bgr.de](mailto:w.struckmeier@bgr.de)  
Tel.-Nr.: 0511-643-2366  
Fax-Nr.: 0511-643-3661
- Commodity Top News  
[www.bgr.de/b121/commo.html](http://www.bgr.de/b121/commo.html)
- GLEICK, P.H. (ed.) (1993): Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, New York.
- ISARM (2001): Internationally Shared (Trans-boundary) Aquifer Resources Management – A framework document. – UNESCO/FAO/IAH/UNECE, Paris.
- KOSINOWSKI, M. & WELLMER, W.-F. (2003): Rohstoffe aus der festen Erde in der Zukunft: Deutschland und die Welt. [www.adwmainz.de/geosymposium/Kosinowski&Wellmer.doc](http://www.adwmainz.de/geosymposium/Kosinowski&Wellmer.doc)
- MARGAT, J. (1994): Water Use in the World: Present and Future. Contribution to the IHP Project M-1-3, International Hydrologic Programme, UNESCO, Paris.
- SHIKLOMANOV, I.A. & RODDA, J.C. (2003): World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge University Press, Cambridge.
- UNEP - United Nations Environmental Programme (2003): Vital Water Graphics. [www.unep.org/vitalwater](http://www.unep.org/vitalwater)
- UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2003): Water for People - Water for Life – The United Nations World Water Development Report. UNESCO Publishing, Paris.
- UNESCO (2003): [www.wateryear2003.org](http://www.wateryear2003.org)
- VIERHUFF, H. (1998): Wasser – Der besondere Stoff. – In: WELLMER, F.-W. & BECKER-PLATEN, J.D. (Hrsg.): Mit der Erde leben. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1997): Welt im Wandel – Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten 1997. Springer Verlag; Berlin/Heidelberg/New York.