

# UFZ-Spezial

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ

JUNI 2011



## IN SACHEN WASSER

Ob Wassermangel, Hochwasser, Verunreinigungen, Übernutzung oder schlechtes Wassermanagement – sie stellen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft vor große Herausforderungen. Das UFZ leistet mit seiner breiten Expertise in der interdisziplinären Wasserforschung einen wichtigen Beitrag für ein nachhaltiges Management von Wasserressourcen.



HELMHOLTZ  
ZENTRUM FÜR  
UMWELTFORSCHUNG  
UFZ

# INHALT

- S. 2-3 Vorwort des Wissenschaftlichen Geschäftsführers des UFZ
- S. 4-5 Was moderne Wasserforschung leisten muss

## Wasser – Beobachten, Erkunden, Verstehen und Modellieren

- S. 6-7 Mit TERENO die Umwelt beobachten
- S. 8 Den Untergrund effizienter erforschen
- S. 9 Standpunkt: Giftige Chemikalien in unseren Gewässern – Ein Problem von gestern?
- S. 10-11 Der Fluss der Stoffe
- S. 12 Interview: Führende Wasserforscher verbinden sich
- S. 13 Den Dürren auf der Spur
- S. 14 Dreidimensionaler Blick in den Untergrund
- S. 15 SARISK macht Hochwasser berechenbar
- S. 16-17 Der Kreislauf des Wassers

## Wasser – Ressourcen managen

- S. 18-19 Teuren Altlasten innovativ begegnen
- S. 20 Smarte Lösungen für die Abwassernutzung
- S. 21 Nomadenleben adé
- S. 22 Wasserbilanzen präzise ermitteln
- S. 23 So schnell verzeiht die Aue nicht
- S. 24 Interview: Wir haben keine Zeit mehr zu diskutieren
- S. 25 Standpunkt: Wassernutzungsabgaben erhalten und weiterentwickeln!
- S. 26 Gemeinsam zu guten Gewässern
- S. 27 Standpunkt: Zehn Jahre Umsetzung WRRL – Ein kritisches Fazit
- S. 28-29 Kurzinformationen
- S. 30-31 Wasser-Wissen
- S. 32 UFZ im Überblick

# WASSER – EIN GLOBALES THEMA

Seit Juli 2010 gibt es ein Menschenrecht auf sauberes Wasser – die praktische Umsetzung hinkt weit hinterher: Nach wie vor haben weltweit knapp eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. 2,6 Milliarden Menschen leben ohne Toiletten und hygienische Abwasserentsorgung. Prognosen gehen davon aus, dass die Weltbevölkerung bis 2050 auf neun Milliarden Menschen anwachsen wird. Szenarien zum globalen Temperaturanstieg gehen von zwei bis sechs Grad Celsius bis 2100 aus, so dass die ohnehin vorhandenen Wasserprobleme sich verschärfen und neue hinzukommen werden. Darüber hinaus wird der steigende Bedarf an Nahrung und Energie in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu einem weltweit deutlich höheren Wasserverbrauch führen und in vielen Regionen an die Grenzen der verfügbaren Ressourcen reichen. Die Folgen werden – je nach Ausgangssituation, klimatischer und geografischer Lage und politischen Rahmenbedingungen – ganz unterschiedlich ausfallen. Ebenso die Herausforderungen für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.

In den meisten mittel- und nordeuropäischen Ländern haben wir es primär mit Wasserqualitätsproblemen zu tun – jahrzehntelange Industrialisierung und intensive Landwirtschaft haben ihre chemischen Spuren hinterlassen sowie die Morphologie und die biologische Qualität zahlreicher Gewässer verändert. Die Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wirkt dem erfolgreich entgegen und hat inzwischen dazu geführt, dass 90 Prozent der Flüsse und Seen in Deutschland wieder einen guten chemischen Zustand haben. Ein guter ökologischer Zustand ist bisher jedoch nur bei 10 Prozent erreicht. Auch wird der Klimawandel Europa nicht völlig verschonen. Prognosen sagen für einige heute schon sehr trockene Regionen im Mittelmeerraum Niederschlagsrückgänge zwischen 20 und 40 Prozent bis zum Jahr 2070 voraus. Andernorts wiederum werden Extremniederschläge die Zahl der Hochwässer deutlich erhöhen. Wasser- und Abwassertechnologien müssen an diese veränderten Randbedingungen angepasst werden. Die besondere wissenschaftliche Herausforderung liegt dabei in der Entwicklung komplexer und trotzdem verlässlicher Observatorien- und Prognosesysteme für den Einzugsgebietsmaßstab mit Zeitperspektiven bis zu 100 Jahren.

In den ariden und semiariden Regionen Asiens, Afrikas oder Lateinamerikas haben wir es vor allem mit einem quantitativen



Wasserproblem zu tun, bei dem die zunehmende Verschlechterung der Wasserqualität erschwerend hinzukommt. Hier heißen die Herausforderungen: Effizientere Wassernutzung vor allem in der Landwirtschaft, innovative Technologien zur Wassereinsparung bzw. -wiederverwendung, präzise Wasserbilanzen sowie nachhaltiges Wassermanagement. Darüber hinaus geht es nach wie vor auch um die Erschließung neuer Wasserressourcen. Es wird zudem notwendig sein, wasserintensive Aktivitäten dorthin zu verlagern, wo Wasser ausreichend vorhanden ist, denn häufig exportieren wasserarme Länder wasserintensive landwirtschaftliche Produkte auf Kosten der knappen heimischen Wasserressourcen.

Doch so unterschiedlich diese Wasserprobleme weltweit auch sein mögen – in der Wissenschaft ist man sich einig, dass sie einen gemeinsamen Lösungsansatz haben: Ein integriertes Wasserressourcenmanagement (IWRM). Das bedeutet, dass qualitative, quantitative, ökologische, technische und soziale Aspekte des Wassermanagements integriert betrachtet werden müssen, dass Landnutzungs-, Klima- und demografischer Wandel zu berücksichtigen und die wasserabhängigen Sektoren der Wirtschaft einzubeziehen sind.

Die Voraussetzungen in der deutschen Wasserforschung sind dafür prinzipiell sehr gut: Wir entwickeln anspruchsvolle Technologien, Umweltbeobachtungs- und Frühwarnsysteme, hydrologische Modelle und besitzen viel Know-how in der Gewässeranalytik und Wasserwirtschaft. Jährlich fließen zwischen 200 und 250 Millionen Euro an öffentlicher Förderung und weitere Mittel aus der Wirtschaft in die deutsche Wasserforschung – verteilt auf mehr als 150 öffentlich geförderte Einrichtungen. Was allerdings bisher fehlt, sind langfristig angelegte Vernetzungsstrukturen, um das verteilt vorhandene Wissen optimal zu nutzen. Moderne anwendungsorientierte Wasserforschung erfordert die Integration vieler Einzeldisziplinen aus den Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und kann deshalb auch von keiner Institution kompetent alleine abgedeckt werden.

Das UFZ hat 2009 vom Helmholtz-Senat das Mandat erhalten, ein Konzept – die Water Science Alliance – zu entwickeln, das helfen soll, die beobachteten Defizite in der Kooperation bzw. Vernet-

zung zu überwinden. Mit dieser Wasserforschungsallianz soll ein verlässlicher Rahmen geschaffen werden, in dem ausgewählte, wichtige Themen der Wasserforschung integriert bearbeitet werden können, in dem die führenden Forschergruppen und Institutionen in geeigneter komplementärer Weise gemeinsame Forschungsziele und Strategien entwickeln und umsetzen und dabei Partner aus Behörden und der Wirtschaft von Beginn an einbeziehen. Außerdem sollen die Fähigkeiten der nächsten Generation von „Wasserwissenschaftlern“ gefördert werden. In Zusammenarbeit mit Akteuren der Wasserforschung und Wasserwirtschaft sowie den Forschungsförderern – dem Bundesforschungsministerium und dem Bundesumweltministerium sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft – wurden in einem „White Paper“ die Themenbereiche definiert, für die zunächst der größte Forschungsbedarf gesehen wird (siehe S. 28).

Das UFZ hat dabei explizit die Rolle des „facilitators“, d. h. des Initiators und Begleiters bei der Umsetzung, erhalten, weil es die integrierte Wasserforschung in den letzten Jahren erheblich ausgebaut hat und unter seinem Dach eine sehr breite und international anerkannte Kompetenz mit heute 17 direkt im Wasserbereich tätigen Departments entstanden ist. Die besondere Fachkompetenz des UFZ reicht dabei von der Gewässerbiologie und -chemie über die Ökotoxikologie, Bodenphysik und die Geohydrologie bis hin zur Einzugsgebietshydrologie sowie Modellentwicklung und Visualisierung auf allen Ebenen. Hinzu kommen Know-how in Mess- und Erkundungstechniken und eine langjährige Expertise in der sozioökonomischen Forschung, die in der Wasserforschung unverzichtbar sind.

Einen Einblick in aktuelle Projekte und Themenschwerpunkte aus der interdisziplinären Wasserforschung des UFZ gibt Ihnen die vorliegende Spezialausgabe unseres Newsletters. Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen.

Prof. Dr. Dr. h.c. Georg Teutsch  
Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ





## WAS MODERNE WASSERFORSCHUNG LEISTEN MUSS

Ob Wasser in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht, ist für den Menschen und die natürlichen Ökosysteme eine überlebenswichtige Frage. Obwohl Wasser global betrachtet scheinbar im Überfluss vorhanden ist (mehr als 70 Prozent der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt), so ist nur ein sehr kleiner Teil davon als Trinkwasser direkt aus Seen, Flüssen und Grundwasser nutzbar (etwa 0,3 Prozent). Wasser ist zudem weltweit ungleich verteilt und wird je nach Jahreszeit und Region unterschiedlich stark genutzt – als Trinkwasser, als Brauchwasser für die Industrie, zur Energieerzeugung oder für die Pflanzenproduktion in der Landwirtschaft. Und oft wird das Wasser gerade dort für besonders wasserintensive Nutzungen beansprucht, wo es ohnehin bereits knapp ist. Mit der weltweit wachsenden Bevölkerung verstärkt sich nicht nur direkt der Druck auf die Ressource Wasser, sondern er wächst auch indirekt durch die steigende Nahrungsmittel- und Konsumgüterproduktion und den höheren Energiebedarf. Hinzu kommen die Auswirkungen des Klimawandels mit sich ausweitenden Extremen wie Hochwasser und Dürren.

### **Wassermanagement: Global denken – regional handeln**

Um den zukünftigen Herausforderungen zur Deckung der Wassernachfrage gewachsen zu sein, müssen integrierte Ansätze für die nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung von Wasserressourcen entwickelt und umgesetzt werden. Diese müssen angepasst sein an die unterschiedlichen regionalen Wasservorkommen, die unterschiedlichen Beanspruchungen und die zu erwartenden Änderungen in Verfügbarkeit und Bedarf.

In diesem Sinne hat das bekannte Motto „think globally, act locally“ eine ganz konkrete Bedeutung. So müssen die Nutzungen mit der jeweils verfügbaren Menge, der Qualität und den ökologischen Funktionen der Oberflächengewässer und des Grundwassers in Balance gebracht werden, um sie nachhaltig zu sichern.

Nicht nur die Wasserressourcen an sich, sondern auch die natürlichen Funktionen der aquatischen Systeme haben einen essenziellen Wert für den Menschen. Unsere Gewässer erbringen ökologische Dienstleistungen, wie Trinkwasser- und Energiebereitstellung, Transport- und Selbstreinigungskapazität, Nahrungsressourcen, ästhetische und kulturelle Werte und viele andere. Kein anderes System und keine Technologie können diese Funktionen ersetzen. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Zwölf Prozent aller weltweit bekannten Tier- und Pflanzenarten leben in den Binnengewässern, obwohl diese nicht einmal ein Zehntausendstel des Wasservolumens der Erde beinhalten und nur einen proportional sehr geringen Teil der Erdoberfläche bedecken. Und zirka 41 Prozent der Fischarten und 25 Prozent aller Wirbeltierarten sind mehr oder minder direkt von Süßwasser-Ökosystemen abhängig.

Ein modernes und nachhaltiges Management von Wasserressourcen kann somit nicht isoliert und nur bezogen auf den Sektor Wasserwirtschaft entwickelt und umgesetzt werden. Der Schlüssel liegt in Anpassungsstrategien, flexiblen Infrastrukturen und einer wesentlich höheren Ressourceneffizienz aller Wassernutzungen.

### **Wasserforschung: Mehr disziplinäre Forschung oder mehr Interdisziplinarität?**

Was muss eine moderne Wasserforschung leisten? Kann sie sich den Herausforderungen der sich weltweit verschärfenden Wasserkrise(n) ernsthaft stellen? Im Prinzip ja: Sie ist sehr gut aufgestellt in ihren Einzeldisziplinen aus den Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Hier liegt gleichzeitig das Dilemma: in den „klassischen“ Disziplinen der Wasserforschung. Die Wasserforschung hat ein hervorragendes Analyse- und Modellverständnis physikalischer Prozesse oder biogeochemischer Reaktionen auf kleiner Skala, in einzelnen Gewässern oder unter kontrollierten Laborbedingungen. Sie entwickelt anspruchsvollste Messtechnik und produziert Messdaten in einer zeitlichen oder räumlichen Auflösung und in einer Menge, für die die Auswertungsmethoden noch gar nicht vorhanden sind. In der Gewässeranalytik können Stoffe in einer fast beliebigen Anzahl und in unvorstellbar geringen Mengen analysiert werden. Solche Entwicklungen in der Forschung sind für das Verständnis grundlegender Prozesse äußerst wichtig. Jedoch sind zur nachhaltigen Lösung der regionalen und globalen Wasserprobleme weiterführende, interdisziplinäre Ansätze notwendig. Ganz gleich, ob es um die Entstehung und Dynamik von Hochwasser, die effizientere Nutzung oder Speicherung des sogenannten grünen Wassers, das in Boden und Pflanzen steckt, den Transport und Verbleib von Nähr- und Schadstoffen, die Funktionen von aquatischen Ökosystemen oder das Management von Wasserquantität und -qualität unter den Bedingungen des globalen Wandels geht: Es handelt sich immer um komplex strukturierte und gesteuerte Um-



weltsysteme, in denen vielfältige Prozesse, Wechselwirkungen und Rückkopplungen stattfinden. Denn der Wasserkreislauf als Ganzes ist eben mehr als die Summe seiner Teile (siehe S. 16/17).

Interdisziplinarität ist aber kein Selbstzweck und bedeutet nicht, dass „alles mit allem“ zu verbinden ist, bevor Aussagen getroffen werden können. Vielmehr besteht die Kunst interdisziplinärer Wasserforschung darin, eine integrative Betrachtung so anzulegen, dass diejenigen Systemstrukturen und -eigenschaften identifiziert und quantifiziert werden können, die für die Funktionen des Gesamtsystems bzw. für die jeweilige Fragestellung entscheidend sind. Das bedeutet weder, sich in den vielfältigen Detailprozessen zu verlieren, noch durch grobe Abstraktion unzulässige Vereinfachungen zu treffen. Vielmehr sind intelligente und vertrauenswürdige Synthesen gefragt, denn nur so können rationale Entscheidungsgrundlagen für das Wasser- und Umweltmanagement zur Verfügung gestellt werden. Und die sind zwingend notwendig, wenn es gilt, Lösungen zu finden, beispielsweise zur Steigerung der Effizienz verschiedener Wassernutzungen – ob in der Landwirtschaft (als „Wassernutzer Nr. 1“), der Trinkwasserversorgung, bei der Rohstoffgewinnung, in der industriellen Produktion oder bei der Abwasserreinigung.

### Lösungsansätze einer modernen Wasserforschung

Für die so verstandene interdisziplinäre Wasserforschung bedeutet das, dass unsere wissenschaftlichen Methoden in der Lage sein müssen, zukünftige Entwicklungen globaler Wandelprozesse und deren Konsequenzen für unterschiedliche Skalen wider-

spruchsfrei, mit höherer Genauigkeit und größerer Verlässlichkeit vorherzusagen, als dies bisher möglich ist. Dazu ist es notwendig, einzelne dominante Prozesse so zu beobachten und zu analysieren, dass zuverlässige Prognosen für das Verhalten des ganzen Systems – z. B. als Reaktion auf Änderungen des Klimas oder der Landnutzung – getroffen werden können. Dabei spielen Modelle und Simulationswerkzeuge eine entscheidende Rolle. Sie sind unverzichtbar bei der Entwicklung und Überprüfung wissenschaftlicher Hypothesen und müssen zukünftig noch sehr viel stärker als bisher für System- und Prozessstudien genutzt werden. Um die dominanten Prozesse zu identifizieren und Modelle zu entwickeln, ist die Beobachtung von Umweltvariablen auf unterschiedlichen Skalen in Raum und Zeit die Grundlage – zum Beispiel mithilfe langer Beobachtungszeitreihen an entsprechend instrumentierten Beobachtungsstandorten (wie im Rahmen der Beobachtungsplattform TERENO, siehe S. 6/7). Von besonderem Interesse sind dabei nicht nur die klassischen Umweltkompartimente wie Luft, Wasser und Boden, sondern insbesondere die Übergangszonen zwischen Vegetationswasser, Boden- und Grundwasser sowie Oberflächengewässern. Denn hier finden auf kleinen Skalen verschiedene Schlüsselprozesse statt, die z. B. zur Entwicklung eines Hochwassers oder zur Verschlechterung der Wasserqualität beitragen.

Dass die naturwissenschaftliche Forschung mit sozialwissenschaftlichen Aspekten verknüpft werden muss, ist in der Wasserforschung inzwischen unbestritten. Dabei geht es um entscheidende Fragen eines wirksamen Managements von Wasser. Welche

Akteure, Institutionen und Verwaltungen sind an welchen Entscheidungsprozessen beteiligt und welche Rolle spielen sie dabei? Welche rechtlichen und ökonomischen Instrumente gibt es für die Steuerung einzelner Wassernutzungen (z. B. Regulierung der Wasserpreise)? Wie können sie besser aufeinander abgestimmt und wirksamer angewendet werden? Welche Rolle spielt der mehr oder weniger umweltbewusste Verbraucher? Welche Handhabungen und Anreize gibt es, Kostendeckungs- oder Verursacherprinzipien konsequenter einzusetzen? Wie funktioniert die Zusammenarbeit in internationalen Flussgebieten und wie kann der Interessenausgleich zwischen Anliegern am Ober- und Unterlauf von Flüssen organisiert werden? Die weltweit und regional sehr unterschiedlichen Wasserprobleme erfordern vielfältiges und anspruchsvolles Wissen, um effektiv handeln zu können. Dabei darf Eines nicht vergessen werden: Den Schlüssel, die Wasserprobleme nachhaltig zu lösen, haben letztendlich die Menschen und Zivilgesellschaften selbst in der Hand. Entsprechend wichtig sind die Aus- und Fortbildung sowie der Wissenstransfer aus der Wasserforschung in die relevanten gesellschaftlichen Bereiche. In diesem Sinne sind „Wasserforschung“ und „Wasserwissen“ eine untrennbare Einheit.

UFZ-Ansprechpartner:

■ Prof. Dr. Dietrich Borchardt  
Leiter Dept. Aquatische Ökosystem-  
analyse und Management

Sprecher des UFZ-Forschungs-  
bereiches „Nachhaltiges Management  
von Wasserressourcen“

e-mail: [dietrich.borchardt@ufz.de](mailto:dietrich.borchardt@ufz.de)





## MIT TERENO DIE UMWELT BEOBACHTEN

Nicht weniger als ein neues Erdbeobachtungs-Netzwerk ist das 2008 gestartete Projekt TERENO (**TER**restrial **EN**vironmental **Obs**ervatories). Mehrere Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft haben sich darin zusammengeschlossen, um großräumig, ganzheitlich, interdisziplinär und methodisch vielfältig die langfristige Entwicklung der Umwelt zu erforschen. Dazu wird ein Mosaik aus Beobachtungen, Untersuchungen, Messergebnissen, Modellierungen und Experimenten zusammengefügt, das die Basis für die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen bildet. TERENO wird vom Forschungszentrum Jülich (FZJ) koordiniert. Projektpartner sind das Helmholtz-Zentrum München (HZM), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie das UFZ.

### Vier Regionen im Fokus

Im Fokus stehen vier Regionen Deutschlands, in denen langfristig erkundet wird, wie sich Klimaänderung und Landnutzungswandel regional auf Wasserkreisläufe, Klima und Wetter, biologische Vielfalt, Boden und Luftqualität auswirken. Dafür wird sowohl mobiles als auch stationäres Equipment eingesetzt. Darüber hinaus wird untersucht, welche sozioökonomischen Konsequenzen Veränderungen von Klima und Landnutzung haben, um gezielt Anpassungsstrategien entwickeln zu können.

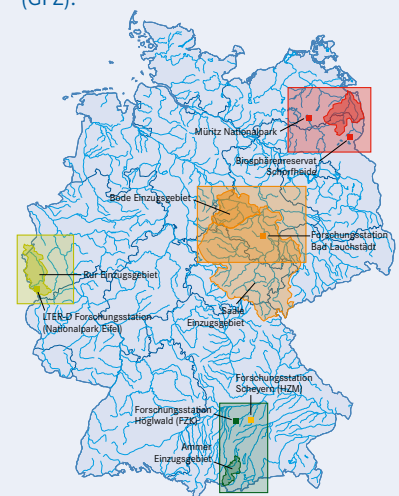
Inzwischen ist die Forschungsinfrastruktur des Netzwerkes fast komplett installiert und viele Beobachtungen, Untersuchungen und Messungen laufen bereits. Die Observatorien in den vier Beobachtungsgebieten im Nordostdeutschen Tiefland, dem Mitteldeutschen Tiefland einschließlich des Harz, der Eifel und der Voralpenregion sind unter anderem mit Wetterstationen, geophysikalischer Messtechnik, Radarsystemen zur Niederschlagsbeobachtung, Bodensensoren und Grundwassermesssystemen ausgestattet. Zeitgleich laufen Experimente, werden wissenschaftliche Modelle für die verschiedenen Umweltprozesse entwickelt und erprobt. Wichtiger Bestandteil der methodischen Arbeit in TERENO ist auch die Entwicklung von Konzepten, um Lücken zwischen den unterschiedlichen Maßstäben von Messung, Modell und Management schließen zu können.

### Engmaschiges Untersuchungsnetz

Ein wichtiges Element von TERENO sind die sogenannten hydrologischen Observatorien. Der Blick ins Detail zeigt, wie großräumig und doch detailliert diese angelegt sind: „In jedem Einzugsgebiet, das die Basis eines hydrologischen Observatoriums bildet, werden Teileinzugsgebiete und innerhalb derer wiederum besonders intensiv beforschte Flächen bzw. Testgebiete definiert. So wollen wir die Datenausbeute über verschiedene Gebietsgrößen hinweg quantitativ und

### Die vier TERENO-Untersuchungsgebiete in Deutschland

TERENO wird vom Forschungszentrum Jülich (FZJ) koordiniert. Projektpartner sind neben dem UFZ das Helmholtz-Zentrum München (HZM), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie das Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ).



- UFZ Untersuchungsgebiet
- FZJ Untersuchungsgebiet
- FZK / HZM Untersuchungsgebiet
- GFZ Untersuchungsgebiet

qualitativ optimieren“, erklärt Dr. Steffen Zacharias vom UFZ, der die Forschungsarbeiten im Mitteldeutschen Tiefland und Harz koordiniert. Die so gewonnenen detaillierten Daten werden miteinander verknüpft und gehen in Modelle und Szenarien ein. Wie umfangreich die Untersuchungen sind, wird am Beispiel des UFZ-Beobachtungsgebietes deutlich: In drei Korridoren – entlang des Verlaufes der Bode bis in die Magdeburger Börde, von Leipzig über Halle bis zum

Harz sowie im Bereich der Elbe-Auen – wird eine Fläche von fast 26.000 Quadratkilometern beforcht. Im Einzugsgebiet der Bode wurden drei Teileinzugsgebiete ausgewählt, die beispielhaft für unterschiedliche Bedingungen stehen: Im Sauerbach-Gebiet wird vorrangig die Kopplung zwischen Wasser und Stofftransport in einem landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet untersucht; im Areal Schäfertal werden hydrologische Prozesse und deren Zusammenhänge auf

verschiedenen Skalen erforscht, im Selke-Einzugsgebiet stehen der Wasserhaushalt eines Teileinzugsgebietes, seine Modellierung und auch Grundwasserprozesse im Zentrum der Untersuchungen. Im Waldgebiet Hohes Holz wird ein rund 50 Meter hoher Turm errichtet und mit Messinstrumenten versehen, um den Zusammenhang zwischen Sonneneinstrahlung, Wassertransport und CO<sub>2</sub>-Austausch ermitteln zu können. Ein zusätzlicher Beobachtungsschwerpunkt wird derzeit an der Rappbode-Talsperre aufgebaut (siehe Infobox). „Von Bodenproben bis Fernerkundungen, von Wasserabflüssen bis Wetterbeobachtungen, von Beobachtungen bis Experimenten – mit TERENO können wir vielfältige Daten zusammenführen und interdisziplinär ‚übersetzen‘“, so Zacharias.

## MOBICOS – WASSERFORSCHUNG IM CONTAINER

In einem Beobachtungsschwerpunkt innerhalb des TERENO-Observatoriums am UFZ wollen die Forscher an der Rappbode-Talsperre ein Phänomen detaillierter untersuchen, das die Wasserwirtschaft weltweit beunruhigt: Die Menge an Huminstoffen nimmt in vielen Gewässern zu. Auch in Deutschland steigen seit etwa 15 Jahren in vielen Talsperren die Konzentrationen. Huminstoffe sind ungiftige Abbauprodukte von Pflanzen, doch für die Trinkwasseraufbereitung stellen sie ein Problem dar: sie färben das Wasser braun, sind schwer abbaubar und bei der Wasserdesinfektion mit Chlor können giftige Produkte entstehen. Um die Ursachen des Anstiegs der Huminstoffkonzentration in den Gewässern herauszufinden, installieren Wissenschaftler zusammen mit dem Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt in den nächsten Monaten umfangreiche Messtechnik in und um die Rappbode-Talsperre.

Zentrales Element dieser Forschungsinfrastruktur ist MOBICOS (Mobile Aquatic Mesocosms): Das sind in oder an Gewässern stationierte mobile Container, in denen naturnahe Untersuchungen und Experimente durchgeführt werden können. „Das Oberflächenwasser wird im Container in verschiedene Versuchsbecken geleitet und kann dann dort untersucht oder experimentell – zum Beispiel durch die Zugabe von Nährstoffen oder Veränderung der Temperatur – beeinflusst werden“, erklärt Gewässerökologe Prof. Markus Weitere vom UFZ. „Die Container können universell zur Verbesserung des ökologischen Prozessverständnisses in fließenden, aber auch stehenden Gewässern eingesetzt werden. Dabei soll MOBICOS eine Plattform bilden, die auch von externen Kooperationspartnern genutzt werden kann“, so Weitere. Es gehe nicht nur darum, Vorgänge zu beobachten, sondern zu verstehen, warum sie stattfinden, formuliert er den wissenschaftlichen Anspruch. Der Einsatz am Rappbode-Talsperrensystem ist also nur eine von vielen verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten der mobilen „Experimentierboxen“.

### TERENO in der Mittelmeerregion

Basierend auf den Konzepten und Erfahrungen des TERENO-Projektes in Deutschland will man ab 2012 TERENO-MED, ein Observatorien-Netzwerk speziell für den mediterranen Raum, aufbauen, wobei der Schwerpunkt der Aktivität zunächst auf der Untersuchung des Wasserkreislaufs liegen wird. Die Gespräche mit Spanien, Italien, Griechenland und der Türkei laufen bereits, weitere Länder der Region, insbesondere auch in Nordafrika, werden dazu kommen. Acht bis zehn Observatorien sollen entstehen.

Im Nahen und Mittleren Osten ist das UFZ seit einigen Jahren mit diversen Forschungsprojekten schon aktiv. So wird in Jordanien die Wiederverwendung von Abwasser unter den dortigen Gegebenheiten erforscht (Projekt SMART, siehe S. 20). Und in Saudi-Arabien arbeiten UFZ-Wissenschaftler daran, eine hochpräzise Wasserbilanz zu erstellen (siehe S. 22). „In der Mittelmeerregion sind die Auswirkungen der Klimaveränderung bereits deutlich messbar. Vor allem die Sicherung der Wasserversorgung wird die größte Herausforderung sein“, so Zacharias. Deshalb sei es umso dringlicher, endlich die Daten zu gewinnen, die Voraussetzung für ein integriertes Wasserressourcenmanagement in dieser Region sind. *Gundula Lasch*



Aufbau von Lysimetern am TERENO-Standort Sauerbach im Harz. Mithilfe der Lysimeter untersuchen die Wissenschaftler den Einfluss des Klimawandels auf den Boden.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Steffen Zacharias**  
Dept. Monitoring- und Erkundungstechnologien

e-mail: [steffen.zacharias@ufz.de](mailto:steffen.zacharias@ufz.de)

mehr Informationen:

[http://teodoor.icg.kfa-juelich.de/overview/copy\\_of\\_overview-de](http://teodoor.icg.kfa-juelich.de/overview/copy_of_overview-de)



Direct-Push-Technologien erlauben eine kosteneffiziente und schnelle Probenahme und Datenerhebung in unverfestigten Böden und Sedimenten.



## DEN UNTERGRUND EFFIZIENTER ERFORSCHEN

Nicht immer ist Wasser deutlich vor dem Auge des Betrachters erkennbar: In kleinen Poren und Klüften sowie größeren Hohlräumen unter der Erdoberfläche befindet sich Grundwasser, das in den meisten Regionen der Welt unverzichtbar für die Trinkwasserversorgung ist. Doch was passiert, wenn Umweltschadstoffe ins Grundwasser gelangen oder mehr Wasser aus dem Untergrund entnommen wird, als sich neu bildet? Um derartige Fragen beantworten zu können, müssen zunächst die im Untergrund ablaufenden Prozesse erkundet sowie Ursachen und Zusammenhänge aufgedeckt werden.

Im Falle von oberflächennahen Grundwasserressourcen in unverfestigten Sedimenten eröffnen Direct-Push-Technologien für solche Untersuchungen außerordentliche neue Möglichkeiten. Diese Technologien basieren darauf, dass ein Sondiergestänge für Messungen, Probennahmen oder weitere Installationen in den Boden getrieben wird. Entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Bohr- und Sondierverfahren sind die Schnelligkeit, die Messung von Parametern direkt am Lockergestein und die hohe vertikale Auflösung. So kann innerhalb von 30 Minuten mit einer Auflösung von fünf Zentimetern ein 15 Meter tiefes Profil der elektrischen Leitfähigkeit – einem Indikator für die Unterscheidung zwischen verschiedenen Lockersedimenten – gemessen werden. Mit dem klassischen Bohren und der Auswertung von Bohrkernen wären dazu bei gleicher vertikaler Auflösung mehrere Stunden erforderlich.

Das Potenzial der Direct-Push-Technologien ist damit aber bei weitem nicht ausgeschöpft. Eine Herausforderung besteht in der robusten Miniaturisierung von verschiedenen Messtechnologien für den Einsatz in Sondiergestängen mit einem Durchmesser von weniger als sechs Zentimetern. So entwickeln die Wissenschaftler des UFZ neben Sonden zur Messung von chemischen und biologischen Parametern beispielsweise auch Sonden, mit denen sie die hydraulische Durchlässigkeitsverteilung charakterisieren können. Die Kenntnis dieser Verteilung ist wichtig, um Ausbreitungsprozesse in Grundwasserleitern besser zu verstehen und damit auch Gefährdungen bewerten zu können. Bei der Entwicklung nutzen die Wissenschaftler Funktionsprinzipien, auf denen auch klassische Pumpversuche basieren. Doch während bei diesen die Durchlässigkeitswerte nur für die gesamte Mächtigkeit eines Grundwasserleiters ermittelt werden, ermöglichen die Direct-Push-Sonden eine vertikale Auflösung im Dezimeterbereich. Ergebnisse aus Felduntersuchungen zeigen, dass die hydraulische Durchlässigkeit in dieser Skala um mehrere Zehnerpotenzen variieren kann. Da dementsprechend auch die Menge des strömenden Grundwassers um mehrere Zehnerpotenzen schwankt, sind detaillierte Informationen zur Variabilität der hydraulischen Durchlässigkeit im Hinblick auf die belastbare Abschätzung von Gefährdungen unbedingt erforderlich.

Im Verhältnis zur großflächigen Ausdehnung eines Grundwasserleiters sind jedoch

Direct-Push-Untersuchungen, ebenso wie klassische Bohrungen, nur punktuelle Nadelstiche. Es bleibt die Herausforderung, zu wissen, wo man bohren muss. Deshalb beschäftigen sich die Forscher ebenso mit der Weiterentwicklung geophysikalischer Verfahren. In dem sie etwa von den klassischen Konzepten mit gesteckten Sensoren zu mobilen Schleppplattformen übergehen und dabei verschiedenste Verfahren kombinieren, können Gebiete in einer Größe von 25 Hektar an einem Messtag mit mehreren Parametern dreidimensional charakterisiert werden. Das ist um ein Vielfaches schneller als alles, was bisher möglich war. Die so gewonnenen Strukturinformationen werden genutzt, um in einem adaptiven Prozess die richtigen Ansatzpunkte für die Direct-Push-Untersuchungen zu finden. Kombiniert werden die schleppgeophysikalischen Messtechniken und die Direct-Push-Technologien in der UFZ-Forschungsplattform MOSAIC. Die Abkürzung steht für „**Model Driven Site Assessment, Information and Control**“ und betont die Grundidee der modellgetriebenen und zweckorientierten Anwendung der verschiedenen Messtechnologien. *Peter Dietrich und Susanne Hufe*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Peter Dietrich**  
Leiter Dept. Monitoring- und  
Erkundungstechnologie

e-mail: [peter.dietrich@ufz.de](mailto:peter.dietrich@ufz.de)

mehr Informationen:  
[www.ufz.de/met](http://www.ufz.de/met)



# STANDPUNKT: GIFTIGE CHEMIKALIEN IN UNSEREN GEWÄSSERN – EIN PROBLEM VON GESTERN?



Dr. Werner Brack ist Leiter des Departments Wirkungsorientierte Analytik am UFZ. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Identifizierung und Bewertung giftiger Chemikalien in Wasser und Sedimenten und die Entschlüsselung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen Schadeffekten und den zugrunde liegenden stofflichen Belastungen. 2005-2010 koordinierte er das EU-Projekt MODELKEY mit 26 Partnern aus 14 Ländern ([www.modelkey.ufz.de](http://www.modelkey.ufz.de)). Derzeit leitet er eine Arbeitsgruppe zur wirkungsorientierten Identifizierung neuer Schadstoffe im europäischen Netzwerk NORMAN ([www.norman-network.net](http://www.norman-network.net)).

e-mail: [werner.brack@ufz.de](mailto:werner.brack@ufz.de)

Flüsse mit hohen Schadstoffkonzentrationen und akut giftiger Wirkung auf Fische und andere Wasserlebewesen sind in Europa selten geworden. Moderne Produktionsverfahren mit geringen Emissionen, innovative Klärtechnik, zahlreiche Herstellungs- und Verwendungsverbote für besonders problematische Stoffe und schließlich auch die Schließung oder Verlagerung von emissionsintensiven Industriezweigen haben die chemische Belastung vieler Gewässer deutlich reduziert. So geht man in Deutschland davon aus, dass sich derzeit 88 Prozent der etwa 10.000 Oberflächengewässer in einem guten chemischen Zustand befinden (WRRL, siehe S. 27). Doch wie passt diese Erfolgsmeldung mit der Feststellung zusammen, dass sich lediglich 10 Prozent dieser Gewässer in einem guten ökologischen Zustand befinden? Eine Erklärung dafür ist, dass nicht nur die derzeit von den Behörden überwachten Chemikalien den ökologischen Zustand von Gewässern beeinflussen, sondern darüber hinaus andere, bislang nicht beachtete chemische Substanzen Wirkung zeigen und außerdem Faktoren wie Flussausbau, Nährstoffe oder die Invasion fremder Tier- und Pflanzenarten eine Rolle spielen.

Bleiben wir jedoch bei der Chemie. Der chemische Zustand von Gewässern wird momentan auf der Grundlage von 41 als prioritär definierten Stoffen überwacht, die einen festgelegten Grenzwert nicht überschreiten dürfen. Die Belastung unserer Umwelt mit Chemikalien ist aber wesentlich vielfältiger. Typische Umweltproben enthalten zehntausende verschiedener chemischer Verbindungen. Etwa 30.000 synthetische Stoffe werden in Alltagsprodukten eingesetzt, eine deutlich größere Anzahl in der Industrie. Täglich kommen neue Stoffe dazu und ein Großteil davon landet früher oder später in der Umwelt. Schaut man sich die 41 überwachten Stoffe genauer an und vergleicht sie mit den Chemikalien, die heute im Einsatz sind, offenbart sich ein weiteres Problem: Die Stoffliste ist nicht aktuell. Das lässt sich am Beispiel der Pflanzenschutzmittel gut zeigen. Von den 15 überwachten Pestiziden werden in

Deutschland nur noch vier verwendet. Umgekehrt befinden sich unter den 35 in der Landwirtschaft mengenmäßig bedeutendsten Pestiziden nur zwei Stoffe auf der Prioritätenliste. Es ist daher kein Wunder, dass der chemische Zustand laut WRRL wenig über die tatsächliche Belastung unserer Gewässer mit giftigen Stoffen aussagt, und die chemischen Analyseergebnisse oft nicht mit den messbaren Schadwirkungen auf Wasserorganismen korrelieren. Eine Erweiterung der Stoffliste, wie sie heute auf europäischer Ebene diskutiert wird, und die zusätzliche Überwachung sogenannter flussgebietspezifischer Stoffe sind also dringend erforderlich. Da sich aber allein schon aus ökonomischen Gründen nicht alle chemischen Substanzen überwachen lassen, lauten zwei entscheidende Fragen: Was muss sich an der Liste der 41 in Europa überwachten Stoffe ändern und was darüber hinaus?

Auf der Ebene der Lebensgemeinschaften lässt sich mit zunehmender chemischer Belastung der Rückgang empfindlicher Arten und auch die Beeinträchtigung wichtiger Funktionen des Ökosystems, wie etwa der Abbau abgestorbener Tiere und Pflanzen beobachten. Gleichzeitig zeigen die biologischen Wirkungstests, die wir im Rahmen des vom UFZ koordinierten EU-Projekts MODELKEY durchgeführt haben, dass Zellen und Organismen nicht nur auf Chemikalien, die in großer Menge vorkommen, reagieren, sondern auch auf Chemikalien in sehr geringen Konzentrationen, zum Teil weit unter den offiziell festgelegten Belastungsgrenzen. Und selbst wenn eine unmittelbare direkte Wirkung ausbleibt, kann es im Zusammenspiel mit anderen Stressfaktoren zu indirekten Effekten kommen. Das zeigt ein bekanntes Beispiel aus Nordamerika zum weltweiten Rückgang von Amphibienarten. Dort wurde nachgewiesen, dass Pflanzenschutzmittel das Immunsystem von Kaulquappen hemmen und sie dadurch gegenüber den Larven eines parasitischen Plattwurms wesentlich anfälliger sind. Das Pflanzenschutzmittel hat also indirekt die Kaulquappen geschädigt, indem es die Beziehung zwischen Wirt und Parasit aus dem Gleichgewicht gebracht hat.

Es gibt damit klare Indizien dafür, dass vor allem die heute in vielen Ländern Europas typische Belastung mit komplexen chemischen Stoffmischungen in relativ niedrigen Konzentrationen im Konzert mit anderen Stressoren den ökologischen Zustand unserer Gewässerökosysteme, deren Biodiversität und Funktionen beeinträchtigt. Das liefert auch eine Erklärung für die momentan zu beobachtende Diskrepanz zwischen chemischem und ökologischem Zustand deutscher Gewässer. Neben der Aktualisierung der Stofflisten ist deshalb aus meiner Sicht dringend eine Erweiterung der Gewässerüberwachung um ein intelligentes Wirkungsmonitoring erforderlich. Darüber hinaus ist ein besseres Verständnis und die Vorhersage von Schadwirkungen in multiplen Stresssituationen eine der zentralen Herausforderungen der Schadstoffforschung in den nächsten Jahren.



Um Stoffflüsse zu ermitteln, müssen über einen langen Zeitraum kontinuierlich viele Daten zur Konzentration einzelner Stoffe ermittelt werden. Zum Teil geschieht das über stationäre Messstationen. Oft müssen die Wissenschaftler aber auch zur Probenahme selbst „in den Fluss“.

## DER FLUSS DER STOFFE

Bäche und Flüsse werden schon seit Menschegedenken für den Transport von Gütern genutzt. Doch nicht nur auf dem Wasser, auch im Wasser und zwischen Wasser, Boden und Atmosphäre werden Stoffe transportiert: feste und gelöste, anorganische und organische, gewünschte und unerwünschte. Die Palette reicht von Nährstoffen über Schwebstoffe bis hin zu den unterschiedlichsten Schadstoffen aus Industrie und Landwirtschaft oder Haushalten. Beim Transport dieser Stoffe im Wasser finden komplexe biologische, chemische und physikalische Wechselwirkungen statt, die deren Verbleib, Abbau und Wirkung in der Umwelt bestimmen. Und genau damit befasst sich eine Gruppe von Hydrogeologen, Biologen und Chemikern des UFZ. Denn viele dieser Stoffe stellen zum einen ein Problem für die Wasserqualität dar, z. B. bei der Gewinnung von Trinkwasser, die immer aufwändiger und damit teurer wird, je mehr unerwünschte Substanzen entfernt werden müssen. Zum anderen beeinträchtigen sie auch die natürlichen Funktionen aquatischer Ökosysteme wie Nahrungsnetze oder das Filter- und Selbstreinigungsvermögen.

Den Wissenschaftlern geht es aber nicht nur darum, Prozesse wie die Grundwasserdynamik, den Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser oder die Ausbreitung und den Abbau von Schadstoffen besser zu verstehen. Sie wollen diese Stoffflüsse auch quantifizieren und vorhersagen können. „Derartig komplexe hydrologische und biogeochemische Prozesse durch Messdaten zu beschreiben und schließlich in Computer-

modellen zu simulieren, ist eine echte Herausforderung, aber auch die einzige Möglichkeit, verlässliche Prognosen machen zu können“, sagt Hydrogeologe Dr. Jan Fleckenstein. Solche Prognosen werden benötigt, weil sie die Basis für Managemententscheidungen sind, beispielsweise im Zusammenhang mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, siehe S. 27) oder in Bezug auf Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf der Ebene ganzer Flusseinzugsgebiete.

Die für großräumige Stoffflüsse relevanten Schlüsselprozesse spielen sich jedoch oft auf viel kleineren Skalen ab, zum Beispiel in den obersten Zentimetern der Flussbetsedimente, im Porenraum von Böden oder in der Übergangszone zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Einzelne chemische Prozesse wie der Abbau von Nitrat durch die sogenannte Denitrifikation sind durchaus bekannt. Aber das komplexe Zusammenspiel mehrerer Prozesse, an denen eine Vielzahl von Stoffen unter sich dynamisch ändernden hydrologischen und biogeochemischen Randbedingungen (z. B. Fließgeschwindigkeit, Sauerstoffgehalte) beteiligt ist, wird bisher nur unzureichend verstanden und ist messtechnisch schwer zu erfassen. Das ist aber eine Voraussetzung, um zuverlässige Entscheidungsgrundlagen für ganze Einzugsgebiete ableiten zu können, z. B. wo und wie Flussrenaturierungen sinnvoll sind, um Pufferzonen für den natürlichen Nitratabbau zu schaffen, oder bei der Ausweisung von Schutzzonen für Trinkwasserbrunnen.

### Zwischen Fluss und Grundwasser

An der Selke, einem Nebenfluss der Bode im TERENO-Untersuchungsgebiet (siehe S. 6/7), studieren die UFZ-Forscher, wie morphologische Strukturen im Flussbett, wie etwa Kiesbänke und Meanderschlaufen, den Austausch von Flusswasser mit dem Sediment beeinflussen. Dieser sogenannte hyporheische Austausch bringt Flusswasser in den porösen Untergrund, wo aufgrund langsamerer Fließgeschwindigkeiten und der Mischung mit zuströmendem Grundwasser, das eine andere chemische Zusammensetzung und Temperatur hat, (Schad)stoffe abgebaut oder durch Redoxprozesse umgewandelt werden. Dieses natürliche Selbstreinigungspotenzial von Flüssen kann durch Veränderungen in der Flussbettmorphologie (z. B. Begradigung von Flüssen) oder Eingriffe in die Grundwasserdynamik (z. B. verstärktes Abpumpen von Grundwasser für landwirtschaftliche Bewässerung) gestört werden. Über einen etwa 300 Meter langen Flussabschnitt der Selke zeichnen die Wissenschaftler mit permanent installierten Messgeräten die Druckverhältnisse (hydraulische Potenziale) an der Flusssohle, im Sediment und im angrenzenden Grundwasserleiter sowie relevante physiko-chemische Parameter wie Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung auf. Gradienten im hydraulischen Potenzial verraten ihnen, wohin und wie schnell das Wasser im Untergrund fließt. Die chemischen Parameter geben Aufschluss über das chemische Milieu, in dem die Stoffe transportiert werden. Mit den Daten wollen die Wissen-



schaftler abschätzen, welches Abbau- und Transformationspotenzial die Übergangszone zwischen Fluss und Grundwasser hat. Mit einem Simulationsmodell schließlich quantifizieren sie Auswirkungen klimatisch bedingter Veränderungen wie Temperatur und Abfluss auf den hyporheischen Austausch sowie möglicher Veränderungen der Flussbettmorphologie und der Grundwasserdynamik.

### Dem Nitrat auf der Spur

Am Sauerbach, einem kleinen landwirtschaftlich geprägten Bach im Bode- und TERENO-Untersuchungsgebiet, haben die UFZ-Forscher das Nitrat ins Visier genommen. Nitrat aus der Landwirtschaft stellt in vielen Teilen Europas nach wie vor eine Gefährdung für die Trinkwasserqualität dar. Die Nitratkonzentrationen im Quellwasser, das den Sauerbach speist, liegen bereits über den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung. „Unsere regelmäßigen Probenahmen und Analysen einer Vielzahl chemischer Inhaltsstoffe und Parameter hat ergeben, dass die Nitratkonzentration entlang der Fließstrecken des Bachs signifikant zurückgeht. Wir wollen wissen, warum. Wird Nitrat in der hyporheischen Zone abgebaut? Oder sinkt die Konzentration durch Verdünnung mit Grundwasser oder Wasser aus landwirtschaftlichen Drainagen?“, fragt Jan Fleckenstein. Der Sauerbach ist auch ein schönes Beispiel dafür, wie die hydrologische Dynamik Stoffflüsse beeinflussen kann. Unter sehr feuchten Bedingungen und während starker Niederschläge kann es temporär zum Zutritt von nitratarmem Wasser in den Bach aus nicht permanent am Abflussgeschehen beteiligten Bereichen des Gebiets kommen, was die Nitratkonzentrationen im Bachwasser deutlich verringert. Die Entschlüsselung derartiger Dynamiken ist wichtig, um die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Stoffflüsse adäquat abschätzen zu können.

### Wenn Huminstoffe zum Problem werden

In der Rappbodetalsperre im Harz, der größten Trinkwassertalsperre Deutschlands, werden – wie übrigens überall auf der Welt – seit einigen Jahren immer höhere Konzentrationen von gelöstem organischem Kohlenstoff (dissolved organic carbon = DOC) verzeichnet. „DOC entsteht bei der Umwandlung von Huminstoffen, die wiederum Abbauprodukte von Pflanzen sind, und wird durch Flüsse und Bäche und Abfluss an der Landoberfläche in die Talsperre eingetragen“, erklärt Gewässerökologe Dr. Karsten Rinke. Sind Huminstoffe in grö-

## SPEAR – SPECIES AT RISK

Wenn sich Pestizide oder andere Stoffe im Wasser ausbreiten, hat das unmittelbare Auswirkungen auf die dort siedelnden Lebewesen. Mikroben und andere Kleinstlebewesen wie Insekten halfen dem Biologen Dr. Matthias Liess und seinen Kollegen, ein Instrument – SPEAR – zu entwickeln, mit dem der Einfluss von Pestiziden auf die Lebewesen und die Qualität des Wassers gemessen werden kann.

Zunächst ermitteln die Forscher, welche Arten in welcher Anzahl zum Beispiel an Flüssen vorkommen. Da bekannt ist, wie die Spezies auf Schadstoffe reagieren – ob sie abwandern, ob sich ihr Vermehrungsverhalten ändert und wie empfindlich sie auf verschiedene Schadstoffe reagieren, müssen diese regelmäßig beobachtet werden. Diese Aufgabe übernehmen die Wasserwirtschaftsämter für die in ihren Zuständigkeitsbereichen liegenden Gewässer und die darin vorkommenden Arten. Die gewonnenen Daten tragen sie in den SPEAR-Rechner ein, der die Wasserqualität überwacht. Gibt es signifikante Veränderungen, können von den zuständigen Behörden sofort Maßnahmen ergriffen werden. Derzeit sind die Wissenschaftler dabei, das Instrumentarium weiterzuentwickeln, um sogar einzelne Stoffgruppen, die in Pestiziden verwendet werden, identifizieren zu können. Und damit ist die Entwicklung noch keineswegs abgeschlossen: SPEAR kann so angepasst werden, dass Industrieschadstoffe, Versalzungen oder auch Schwermetalle ausgemacht werden können.

[www.systemecology.eu/SPEAR/contact.php](http://www.systemecology.eu/SPEAR/contact.php)

berer Konzentration im Wasser vorhanden, können sie bei der Filtration von Rohwasser zu einem verfahrenstechnischen Problem werden, denn je mehr Huminstoffe vorhanden sind, desto schwieriger und teurer wird die Fällung, was sich letztlich in einem höheren Wasserpreis bemerkbar macht. Noch problematischer ist es, wenn an sich nicht giftige Huminsäuren bis in das sogenannte Reinwasser gelangen. „Unser Trinkwasser wird mit Chlor desinfiziert und dabei entstehen chlorierte Kohlenwasserstoffe als Desinfektionsnebenprodukte, die giftig und damit ein Gesundheitsproblem sind“, sagt Rinke. Nun wollen die Forscher in einer Langzeituntersuchung herausfinden, wo genau die Quellen des DOC sind, warum sie in immer stärkerem Maße ins Wasser gelangen und wie lange der Trend noch anhalten wird. Zurückliegende Forschungen deuten darauf hin, dass der DOC-Eintrag in Fließgewässer durch Prozesse in vermoorten Flussniederungen gesteuert wird. Rund um die Talsperre wurden deshalb neun Messstationen eingerichtet und ab diesem Jahr werden alle Zu- und Abflüsse der Talsperre als Teil des TERENO-Projekts beobachtet.

### Ganzheitliches Verständnis notwendig

Eingriffe des Menschen in natürliche Stoffkreisläufe, Klima- und Landnutzungsänderungen sowie das Auftreten neuer Schadstoffe in der Umwelt verändern die Randbedingungen der Prozesse, die die

Stoffflüsse steuern. „Die Quantifizierung und Prognose von Stoffflüssen in Einzugsgebieten ist eine komplexe, interdisziplinäre Herausforderung, für die wir jedoch mit den zahlreichen in der Wasserforschung tätigen Departments am UFZ gut aufgestellt sind“, meint Fleckenstein. Neben der Entwicklung von Werkzeugen und Methoden zur Abschätzung und Prognose von Stoffflüssen befassen sich die Wissenschaftler auch mit Methoden zur Bewertung der Schädigung von Stoffen auf aquatische Ökosysteme als Indikator für die Wasserqualität (siehe Infobox). „Zu einem ganzheitlichen Verständnis von Wasser- und Stoffflüssen und deren Wirkungen in der Umwelt können wir nur gemeinsam gelangen“, sagt Fleckenstein. „In diese Richtung sind wir unterwegs.“

Jörg Aberger und Doris Böhme

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Jan Fleckenstein**  
Leiter Dept. Hydrogeologie

e-mail: [jan.fleckenstein@ufz.de](mailto:jan.fleckenstein@ufz.de)

■ **Dr. Karsten Rinke**  
Leiter Dept. Seenforschung

e-mail: [karsten.rinke@ufz.de](mailto:karsten.rinke@ufz.de)

■ **PD Dr. Matthias Liess**  
Leiter Dept. System-Ökotoxikologie

e-mail: [matthias.liess@ufz.de](mailto:matthias.liess@ufz.de)

Prof. Dr. Peter Grathwohl studierte bis 1985 Geologie an der Universität in Tübingen und promovierte dort 1988 zu chlorierten Kohlenwasserstoffen in der ungesättigten Bodenzone. Nach einem Postdoc-Aufenthalt 1989/1990 an der Stanford University (USA) kehrte er an die Universität Tübingen zurück, wo er seitdem wissenschaftlich tätig ist – seit 1996 als Professor für Hydrogeochemie und seit 2010 als stellvertretender Dekan der fusionierten mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät. Prof. Grathwohl ist Mitglied der UBA-Kommission Bodenschutz und leitet innerhalb der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften die Arbeitsgruppe „Wasserbeschaffenheit“ im Projekt „Geoessource Wasser“.



## FÜHRENDE WASSERFORSCHER VERBINDEN SICH

### Was verbirgt sich hinter “WESS”?

WESS steht für Water and Earth System Science. Es ist eine strategische Allianz der drei Baden-Württembergischen Universitäten Tübingen, Stuttgart und Hohenheim mit dem UFZ zum Thema Wasser. Darüber hinaus pflegt die Allianz enge Verbindungen zu internationalen Wasserzentren, unter anderem dem Department of Earth Sciences der University of Waterloo, Kanada, und dem Catalan Institute for Water Research (ICRA), Gerona, Spanien. Der inhaltliche Focus liegt auf den Auswirkungen sich verändernder Umweltbedingungen auf den Wasserkreislauf und auf die Stoffflüsse in Wasser, Boden und Atmosphäre.

### Welche Kompetenzen bringen die einzelnen Partner ein?

Alle vier Partner haben europaweit führende Wasserforschungsgruppen. Deren Kernkompetenzen liegen in unterschiedlichen Themenbereichen und die verbinden sich innerhalb der Allianz arbeitsteilig über mehrere Jahre. So bringt das Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG) der Universität Tübingen seine Expertise aus den Bereichen Hydrogeologie, Geochemie und Schadstoffforschung ein. Die Stuttgarter Kollegen konzentrieren sich eher auf Umweltanalytik und Modellierung. Die Wissenschaftler aus Hohenheim steuern ihr Know how aus den Bereichen Bodenforschung, Wetter- und Klimaforschung sowie Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Landoberfläche bei. Und das UFZ bringt seine Stärken auf den Gebieten der Erkundung, des Monitorings, der Modellierung und Visualisierung von Prozessen in aquatischen Ökosystemen sowie des Integrierten Wasserressourcenmanagements (IWRM) ein. Wir ergänzen uns aber nicht nur fachlich, sondern auch in unseren Strukturen. So hat das UFZ als Helmholtz-Zentrum Zugang zu Methoden und Infrastruk-

tur, die wir als Universitäten nicht vorhalten können. Und wir haben dadurch, dass wir ausbilden, den Zugang zu exzellenten jungen Wissenschaftlern.

### Wie wird WESS finanziert?

Die Finanzierung, das sind bis 2013 3,6 Millionen Euro, kommt über das UFZ zu 50 Prozent vom Bund. Die anderen 50 Prozent steuert das Land Baden-Württemberg bei.

### In welche Projekte fließt das Geld?

Wir nehmen derzeit vier unterschiedlich geprägte Flusseinzugsgebiete in Deutschland unter die Lupe, die sich in Klima und Landnutzung unterscheiden. In Mitteldeutschland untersuchen wir Wasserflüsse und physikalische Parameter im Einzugsgebiet der Bode, einem der großen Forschungsobservatorien des UFZ. In Süddeutschland schauen wir uns die Stoffflüsse in drei Nebenflüssen des Neckars an: dem Goldersbach, nahezu vollständig in einem Naturpark gelegen, der Ammer, die ein landwirtschaftlich sehr intensiv genutztes Gebiet durchfließt, und der Körsch, in welche die Überläufe vieler Kläranlagen der großen Gemeinden auf der Filderebene im Stuttgarter Raum münden.

### Was heißt „anschauen“?

In den süddeutschen Untersuchungsgebieten haben wir bislang 25 Messstationen installiert, an denen einmal pro Monat Proben genommen und auf zirka 120 Parameter untersucht werden. Neben gängigen Parametern wie pH-Wert, Leitfähigkeit oder Temperatur zählt dazu eine große Palette an anthropogenen Schadstoffen. Dazu gehören Chemikalien, die aus der Landwirtschaft kommen, Substanzen, die durch die Haushalte abgegeben werden, und schließlich Stoffe, die von der Industrie emittiert werden. Diese aktuellen Messwerte ergänzen wir durch Datenreihen, die weit in die Vergangenheit

reichen. Dabei sind wir sehr auf die Mitarbeit der lokalen Wasserversorger angewiesen. Doch in der Regel klappt das gut, denn auch sie haben ein großes Interesse an unseren Ergebnissen. Das wird zum Beispiel deutlich am Problem steigender Nitrat- oder Pestizidgehalte im Grundwasser, die in vielen Regionen zu beobachten sind und zur Herausforderung für die Trinkwasserversorgung werden. Immerhin greift man in Deutschland beim Trinkwasser zu fast 75 Prozent auf Grundwasservorräte zurück. Wie werden sich die Nitratgehalte weiterentwickeln? Wie würde sich eine Umstellung der Landwirtschaft auswirken? Wie rasch würde das System reagieren? Ähnliche Fragen stellen sich für den gesamten chemischen Fußabdruck, den der Mensch hinterlässt. Wie paust sich dieser in das Grundwasser und damit in das Trinkwasser durch? Wie lange werden unsere Nachfahren damit zu kämpfen haben? Ich kann Ihnen versichern, dass viele vom Menschen in die Umwelt entlassene Stoffe dort über viele Generationen nachweisbar bleiben!

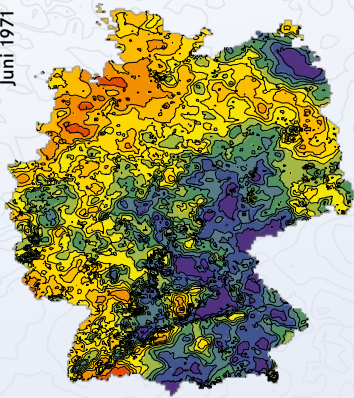
### Und mit den vielen gesammelten Daten füttern Sie Ihre Modelle ...

Genau. Solche über einen langen Zeitraum ermittelten hoch aufgelösten Daten sind die Voraussetzung für Modelle, die uns in die Lage versetzen, Zukunftsszenarien für die Wasserqualität zu entwickeln. In einem iterativen Prozess entstehen erstmalig Modelle, die ganze Wassereinzugsgebiete im Blick haben. Derzeit arbeiten wir noch mit verschiedenen Modellhierarchien und konzentrieren uns auf einzelne Fragestellungen. Denn die verfügbaren Modelle sind einfach noch nicht in der Lage, sämtliche Stoffreaktionen auf großen Skalen zu rechnen. Doch die Rechentechnik entwickelt sich rasant und damit auch unsere Möglichkeiten.

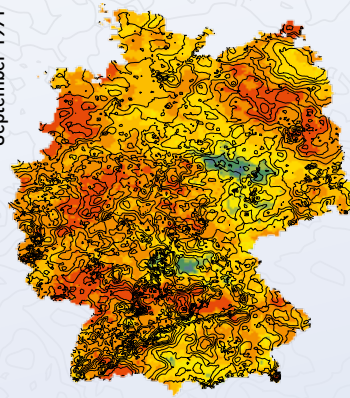
*Das Interview führte Susanne Hufe*



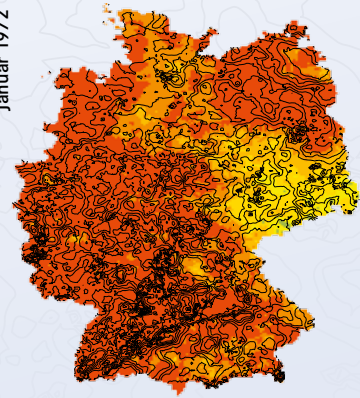
Juni 1971



September 1971



Januar 1972



Die drei Bilder zeigen einen Ausschnitt der Dürreentwicklung in Deutschland Anfang der 1970er Jahre. Immer mehr Landesteile litten mit einem Bodenfeuchte-Index (SMI)  $\leq 0,2$  unter extremer Trockenheit.

## DEN DÜRREN AUF DER SPUR

Vielen Meteorologen ist der April des Jahres 2007 noch in besonderer Erinnerung. Denn der Monat ging als Rekordmonat in die Geschichte der Wettermessung ein, weil es in Deutschland seit Aufzeichnung der Wetterdaten noch nie derart warm, trocken und sonnenreich war. Was viele Badegäste erfreute, war für Landwirte ein wirtschaftliches Desaster: Viele Jungpflanzen verdorrten, weil die Felder austrockneten. Bislang haben sich in Deutschland nur wenige Wissenschaftler diesen Dürren ausführlicher gewidmet. Einer von ihnen ist Dr. Luis Samaniego. Der Hydrologe hat am UFZ untersucht, wie viele Dürreperioden es in Deutschland seit 1950 gegeben hat und wie stark diese Trockenheiten ausgefallen sind. Das Ergebnis: In Deutschland gab es seit diesem Zeitpunkt rund 2180 Dürren in unterschiedlicher Ausbreitung und Intensität. Die längste Dürre dauerte fast drei Jahre, von August 1971 bis Juli 1974. Nahezu die Hälfte der Fläche Deutschlands war davon betroffen. Den Spitzenwert stellte eine Trockenperiode zwischen März 1959 und September 1960 auf, als zwei Drittel des Landes unter einer Dürre litten.

Entscheidend für das Auftreten einer sogenannten landwirtschaftlichen Dürre ist die Bodenfeuchte. Sie bezeichnet das Wasser, das in der Wurzelzone des Bodens durch hygroskopische und kapillare Kräfte entgegen der Schwerkraft festgehalten wird. Je nach Bodentyp und Morphologie befindet sich diese Zone zwischen 40 Zentimeter und zwei Meter unter der Erde. „Bodenfeuchte wirkt wie ein Schalter, der für die Integration von Wasser und Energie in das System von Boden, Vegetation und Atmosphäre verantwortlich ist“, sagt Samaniego.

Auf der einen Seite kontrolliert Bodenfeuchte den Anteil des Niederschlags, der durchsickert, abfließt oder verdunstet. Auf der anderen Seite verfügt sie über eine Art Gedächtnis, da die Bodenfeuchte Niederschlag, Verdunstung und Transpiration über Tage und Wochen speichert und darüber hinaus für die Vegetation lebensnotwendig ist. Ist der Tonanteil und damit die Anzahl der Wasser speichernden Tonminerale im Boden hoch, bleibt die Erde länger feucht. Im Unterschied dazu lassen sandige Böden Wasser stärker durchsickern und trocknen so leichter aus. Wie hoch die Bodenfeuchte ist, hängt aber vor allem von Niederschlag und Temperatur ab. „Die Wetterlagen sind für die Dürren verantwortlich“, folgert Samaniego.

Regional fallen die Dürren in Deutschland sehr unterschiedlich aus. Besonders lange hielten sich die Trockenheiten in den vergangenen 60 Jahren in Sachsen und Sachsen-Anhalt, stellte der UFZ-Forscher anhand eines von ihm entwickelten Bodenfeuchte-Index fest. Warum gerade diese beiden Bundesländer oft zu leiden hatten, ist wissenschaftlich noch nicht vollständig erschlossen. Als mögliche Gründe dafür macht Samaniego unter anderem morphologische Besonderheiten wie die Zusammensetzung der Böden sowie die ungünstige geografische Lage in der niederschlagsarmen Windschattenseite des Harzes aus. Im Unterschied dazu erwies sich Baden-Württemberg unter allen Bundesländern am wenigsten anfällig für Dürren. Zurückzuführen ist das nach Meinung von Samaniego am ehesten auf überdurchschnittlich hohe Niederschläge im von vielen Gebirgen geprägten Süden Deutschlands.

Doch der Blick zurück in die Vergangenheit ist nur ein Ziel des Forschungsprojekts, dem sich der 45-jährige UFZ-Forscher seit 2006 mit seiner Arbeitsgruppe widmet. Sie wollen mit ihrem Modell auch präzise vorhersagen können, welche Regionen in Deutschland künftig unter bestimmten Voraussetzungen verstärkt mit extremen Trockenheiten rechnen müssen. „Die Vermutung liegt nah, dass wir wegen des Klimawandels nicht nur mehr, sondern auch längere und härtere Dürren erleben“, sagt Samaniego. Um das herauszufinden, will er als Input Simulationen eines Klimamodells nutzen, an dem momentan Forscher des Karlsruher Institute of Technology arbeiten.

Profitieren können von Samaniegos Untersuchungen vor allem Landwirte. Sie können so besser einschätzen, ob ihre Agrarflächen in dürregefährdeten Gebieten liegen und ob sie künftig womöglich besser auf künstliche Bewässerungsanlagen setzen sollten, um Ernteauffälle zu verhindern. Der UFZ-Hydrologe sieht sich mit seiner Forschung aber erst am Anfang. Vieles sei noch ungelöst, sagt er. Was sind Ursachen von Dürren? Ist das Auftreten von Dürren an die Verteilung von Hoch- und Tief-Druck-Gebieten gekoppelt? Nur zwei von vielen Fragen, auf die Samaniego baldmöglichst Antworten finden möchte. *Benjamin Haerdle*

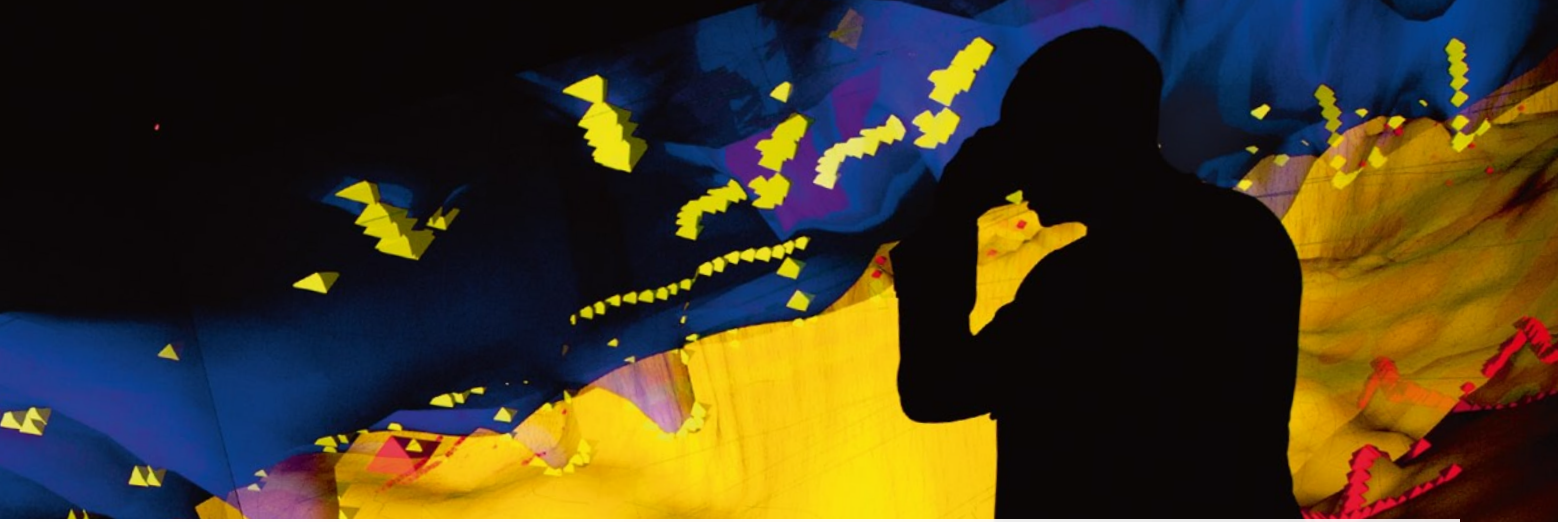
UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Luis E. Samaniego-Eguiguren**  
Dept. Hydrosystemmodellierung

e-mail: [luis.samaniego@ufz.de](mailto:luis.samaniego@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.ufz.de/index.php?en=1397](http://www.ufz.de/index.php?en=1397)



## DREIDIMENSIONALER BLICK IN DEN UNTERGRUND

Die Arabische Halbinsel gleicht beim Blick aus der Vogelperspektive größtenteils einer rötlich-braunen Einöde, anders auf der sechs mal drei Meter großen Leinwand im Visualisierungszentrum (Vislab) des UFZ in Leipzig. Wenn die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Olaf Kolditz die Rechner anwirft, schillert die saudi-arabische Halbwüste bunt. Dann tauchen die geologischen Schichten in verschiedenste Farben, stapeln sich 2000 mehrfarbige Türme als Bohrlöcher in der Wüste, durchziehen rote Linien als Grundwasserströmungen den Untergrund. Und wenn Kolditz bei einer Simulation sämtliche Brunnen auf der Halbinsel außer Betrieb nimmt, dann hebt sich der Grundwasserspiegel und die Farbe wechselt von einem satten Rot in ein Grün als Zeichen für einen ansteigenden Grundwasserstand.

Das von 13 Computern und 13 Beamern gesteuerte Vislab soll komplexe Modellierungen realitätsnah und anschaulich in 3D-Auflösung aufbereiten. Damit erleichtert es vielen Forschern die Arbeit. „Für uns ist es ein wichtiges Werkzeug, denn wir erhalten durch die 3D-Darstellung im wirklichen Sinne immer wieder neue Einsichten in komplexe Umweltsysteme“, so Umweltinformatiker Kolditz. Gefördert wird zudem die interdisziplinäre Kooperation: Wenn sich Forschergruppen unterschiedlicher Fachdisziplinen zusammenschließen, ist es von Vorteil, Forschungsergebnisse aufbereitet zu diskutieren und auf Konsistenz zu prüfen. Ein positiver Nebeneffekt: Das Vislab vereinfacht die Kommunikation mit der Öffentlichkeit. UFZ-Forscher können auch Politikern, Journalisten oder Schulklassen im Vislab komplexe Einsichten in ihre Forschungsthemen verständlich vermitteln.

In Deutschland ist das Vislab für Umweltforschung in dieser Form einzigartig. Genutzt wird es am UFZ für die Forschung zur Stadtentwicklung, die Visualisierung von Landschaften etwa bei der Planung von Windparksanlagen oder der geotechnischen Frage, wie Kohlendioxid am besten im Boden gespeichert wird. Der Schwerpunkt liegt aber in der Wasserforschung. Das zeigt nicht nur das Beispiel der Grundwassermodellierung in Saudi-Arabien, sondern auch ein Auftrag der Pekinger Wasserwerke. Für sie soll das Team um Kolditz ein Prognosemodell entwickeln, wie sich der Nitratgehalt im Grundwasser verringert, wenn durch eine Umstellung der landwirtschaftlichen Praxis weniger Nitrat in den Boden gelangt. „In diesen virtuellen Welten können wir die unterschiedlichsten Szenarien im Ergebnis zahlreicher Modellrechnungen optisch sehr gut zeigen“, sagt Kolditz.

Aber das Vislab stellt noch mehr als ein 3D-Kino für die Forschung dar. Es ist eine große Datenbank. Denn an die einzelnen visuellen Elemente sind immer Informationen gekoppelt. So lassen sich in der integrierten Modellierung unzählige Varianten und künftige Entwicklungen in realen Systemen durchspielen und gut abbilden.

Aufwändig ist bei der integrierten Modellierung nicht mehr das Programmieren. Vor höhere Hürden stellt das Forscherteam vielmehr die Fülle der Daten, welche mit modernen Erkundungsmethoden erhoben werden können. Ob die Daten die richtigen für die gewünschte Modellstudie und wie zuverlässig sie sind, sind zwei der wichtigsten Fragen, die sich die Wissenschaftler um Kolditz immer wieder stellen müssen. Damit

sie die virtuellen Welten konsistent, effizient und auch an den zunehmenden Erkenntnisgewinn angepasst analysieren können, koppeln sie unterschiedliche Modellierungsprogramme. Dazu haben sie eine komplexe numerische Modellierungsplattform geschaffen (OpenGeoSys), die vielfältige Prozessbetrachtungen für unterschiedliche Anwendungsbereiche erlaubt.

Um die Vorzüge von Computerprogrammen wie OpenGeoSys zu stärken, suchen die UFZ-Forscher nach Methoden, die die Brauchbarkeit der Modellansätze und die Genauigkeit der Simulationen testen. Kolditz und seine Mitarbeiter haben deshalb in Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Forschungseinrichtungen mehr als 100 Testbeispiele in einem Benchmark-Buch zusammengefasst. Sie wollen damit einen Qualitätsstandard schaffen, um die Präzision komplexer Berechnungsverfahren zu überprüfen. Je mehr Komplexität in den einzelnen Computerprogrammen steckt, umso anfälliger seien diese für unzuverlässige Modellannahmen. Eine hundertprozentig genaue Darstellung der Realität gibt es nach Kolditz' Meinung nicht: „Modelle sind immer vereinfachte Abbildungen der Realität, doch sie sind die einzige Möglichkeit, um in die Zukunft schauen zu können.“

*Benjamin Haerdle*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Olaf Kolditz**  
Leiter Dept. Umweltinformatik

e-mail: [olaf.kolditz@ufz.de](mailto:olaf.kolditz@ufz.de)

mehr Informationen: [www.ufz.de/index.php?en=17257](http://www.ufz.de/index.php?en=17257); [www.ufz.de/data/benchmarks10817.pdf](http://www.ufz.de/data/benchmarks10817.pdf)





## SARISK MACHT HOCHWASSER BERECHENBAR

Nach dem Jahrtausendhochwasser von 2002 untersuchte eine Gruppe von UFZ-Wissenschaftlern im Auftrag des BMBF überschwemmte Bereiche im Mulde- und Elbegebiet im Hinblick auf ihre Schadstoffbelastung. „Vor uns lagen riesige Flächen, auf denen wir nach bestem Wissen und Gewissen Bodenproben entnahmen. Aber wir waren unsicher, ob wir das an den richtigen Stellen taten“, so beschreibt Dr. Wolf von Tümping, einer der beteiligten Wissenschaftler, die damalige Situation. Daraufhin suchten er und seine Kollegen nach vorhandenen Möglichkeiten, die eine gezieltere Probennahme zur Beschreibung der Schadstoffbelastung nach einem Hochwasser ermöglichen. Doch Fehlanzeige. Sie fanden zwar Computermodelle zu einzelnen spezifischen Fragestellungen, wie etwa Schadstoffdynamik oder Hydraulik, an einer sinnvollen Verknüpfung der Modelle und der Daten fehlte es jedoch. Und so wurde die Idee geboren, diese Lücke zu schließen. Mit Unterstützung des BMBF begannen die Wissenschaftler 2005 mit der Arbeit am Entscheidungshilfesystem SARISK, das nicht nur Auskünfte über Schadstoffbelastungen nach einem Hochwasser erleichtern, sondern auch bessere Vorhersagen dazu erlauben sollte, wo das Wasser im Verlauf einer Überflutung wie hoch stehen könnte.

Als Fallbeispiel diente den Wissenschaftlern der Landkreis Bitterfeld. Dieser erwies sich als idealer Partner. Nicht nur, weil dort 100 Jahre Bergbau und Industrie ihre Spuren hinterlassen hatten, sondern auch, weil den Forschern dort viele Daten aus der Vergangenheit zugänglich gemacht wurden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten – dazu gehörten beispielsweise die Erstellung eines Höhenmodells und die Modellierung der Schadstoffausbreitung – erledigten v. Tümping und seine Kollegen im Team mit Forschern der Universitäten Halle und Osna-brück. Am Dresdner Institut für Ökologische Raumentwicklung schuf man die Benutzeroberfläche des Programms. Und nach dreieinhalb Jahren Arbeit, Anfang 2009, war das Prognosemodell fertig.

Markus Gloger von der Unteren Umweltbehörde in Bitterfeld kennt das Programm inzwischen aus dem Effeff. Denn er arbeitet damit. „Alles war erst einmal Theorie. Der Härtestest kam mit dem Hochwasser im Januar 2011. Als sich abzeichnete, dass die Flut den Landkreis passieren würde, haben wir uns mit den Wasserwehren im Landkreisamt getroffen. Wir haben den aktuellen Pegel eingegeben, und SARISK sagte uns, dass wir in ein bis zwei Stunden mit dem Hochwasserscheitel zu rechnen hatten. Und wo das Wasser wie hoch stehen würde. Also haben wir die Betroffenen informiert und aufgefordert, ihre Autos wegzufahren.“ Auf zehn bis fünfzehn Zentimeter genau sagte das Modell die Wasserstände vorher. Das half, Kräfte und Material gezielt einzusetzen. In Bitterfeld weiß man jetzt genau, welche Bereiche überflutet werden und welche nicht. „Damit lassen sich unnötige Evakuierungen vermeiden“, freut sich Fred Walkow, Dezernent für Bau und Umwelt im Landkreis. „Denn dabei geht es immer ans Eingemachte. Es gibt Leute, die sich widersetzen. Es geht um Seniorenheime und Krankenhäuser. Je sicherer ich mit meiner Entscheidung bin,

desto besser.“ Doch die Möglichkeiten der Vorsorge durch SARISK sind noch weitreichender, beispielsweise wenn es darum geht, nicht in überflutungsgefährdeten Gebieten zu investieren. Der Bitterfelder Umweltamtsleiter Gunter Daum stellt dazu eine weitere Rechnung auf: „Beim Hochwasser 2002 betrug der größte Einzelschaden 30 Millionen Euro. Das war unser neu errichtetes Krankenhaus, das überflutet wurde. Ungefähr dieselbe Summe wurde damals an Hilfen für Hausbesitzer ausgereicht. Die Kosten für die Entwicklung des Modells sind nur ein Bruchteil davon.“

Der Landkreis Anhalt-Bitterfeld will das System, mit dem sich auf jedes einzelne Haus zoomen lässt, auf die hochwassergefährdeten Gebiete an der Saale erweitern. „Regionen, die nicht eingedeicht sind, können davon profitieren. Für sie lohnt sich die Investition auf jeden Fall.“ Die konkreten Kosten hängen von den Ausgangsdaten ab. Je besser und umfangreicher sie sind, desto preiswerter wird die Modellierung. Und natürlich erfüllt SARISK auch den Zweck, für den es ursprünglich gedacht war: „Im Nachgang eines Hochwassers weiß man jetzt, wo Schadstoffe sein können“, versichert Wissenschaftler v. Tümping.

*(Quelle: Annette Schneider Solis/Sachsen-Anhalt-Magazin 1/11)*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Wolf von Tümping**  
**Dept. Fließgewässerökologie**

e-mail: [wolf.vontuempling@ufz.de](mailto:wolf.vontuempling@ufz.de)



Wasser findet sich überall in unserer Umwelt: in der Atmosphäre, im Ozean, in Flüssen und Seen, im Grundwasser, im Boden, in Pflanzen und Organismen. In einem natürlichen Kreislauf wird Wasser zwischen den einzelnen Umweltkompartimenten bewegt und umverteilt. Es transportiert dabei Stoffe und Energie.

In urbanen Regionen spielt Wasser eine wichtige Rolle als Trink- und Brauchwasser. Urbanes Wasser schließt alle natürlichen Wasserflüsse und -kompartimente wie Regenwasser, Grundwasser, Fließgewässer und Standgewässer ein. Hinzu kommen die technischen Systeme für die Wasserver- und Abwasserentsorgung. Die moderne Wasserforschung muss deshalb qualitative, quantitative und technische Aspekte der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung integriert betrachten – unter Einbeziehung der Landnutzung im Stadtumland, des demografischen Wandels und der klimatischen Veränderungen.

#### Urbane Regionen

#### Kläranlagen

Mehr als 95 Prozent der Bevölkerung Deutschlands sind an die öffentliche Kanalisation (das Kanalnetz hat eine Länge von 515.000 km) angeschlossen. In etwa 10.000 Kläranlagen wird kommunales, gewerbliches und teilweise auch industrielles Abwasser in drei Reinigungsstufen mechanisch, biologisch und chemisch gereinigt, ehe es in Vorfluter (Flüsse) eingeleitet werden darf. Mit Blick auf eine flexiblere Anpassung an Demografie und Schadstoffspektrum – auch in den Megacities der Entwicklungsländer – werden semizentrale Anlagen zukünftig eine größere Rolle als bislang spielen, ebenso die Wertstoffrückgewinnung der im Abwasser enthaltenen Stoffe wie Phosphor.

#### Gewässerausbau

Rund 23 Prozent des weltweit genutzten Wassers benötigt die Industrie. Die Werte schwanken aber – wie auch in der Agrarwirtschaft – sehr stark von Land zu Land (in Europa sind es etwa 50 Prozent). Besondere Probleme bereiten Chemikalien, die über viele Jahrzehnte die Qualität von Grund- und Oberflächenwasser oft großflächig beeinträchtigt haben. Für solche Megasites sind Managementstrategien gefragt, die sowohl innovative Monitoring-, Erkundungs- und Sanierungstechnologien als auch sozio-ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen beinhalten.

Die ökologische Qualität eines Gewässers wird nicht nur durch die Wasserqualität, sondern auch durch seine Gewässerstruktur und die darin lebenden Organismen bestimmt. Schifffahrt, Wasserkraftnutzung oder Hochwasserschutz verändern aufgrund technischer Maßnahmen die Gewässerbeschaffenheit, die natürliche Vielfalt der Lebensräume und die Dynamik der Wasserführung. Die Durchgängigkeit von Fließgewässern wird durch Wehre und Staustufen unterbrochen, Auenfunktionen werden beeinträchtigt. Entscheidungen für oder gegen Flussausbaumaßnahmen müssen ökologische, ökonomische und umweltjuristische Aspekte berücksichtigen.

#### Industrie

#### Übergangszonen Grundwasser- Oberflächen- wasser



Die Landwirtschaft benötigt weltweit etwa 60 Prozent des Frischwassers (in Europa etwa 44 Prozent, in wasserarmen Regionen wie dem Nahen Osten bis 80 Prozent). Sie beeinflusst durch diffus eingetragene Pestizidrückstände, durch Nährstoffe aus Düngemitteln oder Sedimente aus Bodenerosion die chemische Zusammensetzung sowie die Menge des Grund- und Oberflächenwassers.

Mit dem steigenden globalen Energiebedarf wird in den kommenden Jahren auch die Nachfrage nach Bioenergie und damit Biomasse wachsen. Damit entstehen neue Konfliktfelder, z. B. beim Artenschutz oder in der Wasserwirtschaft, denn für mehr Biomasse werden auch mehr Flächen, mehr Pestizide, mehr Düngemittel und mehr Wasser benötigt.

#### Landwirtschaft und Bioenergie

#### Talsperren

Talsperren dienen als Absperrbauwerke, Stauraum, Entnahmebauwerke oder Hochwasserentlastungsanlagen. Sie sind aber auch mit erheblichen Veränderungen und Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft verbunden, denn das natürliche Fließgewässerregime wird umgestaltet.

Ihre Funktion als Trinkwasserreservoir wird seit einigen Jahren durch einen Anstieg des Gehaltes an gelöstem organischen Kohlenstoff im Wasser beeinträchtigt. Ob die Stoffflüsse geologischer Natur sind oder durch Landnutzungs- und Klimawandel hervorgerufen werden, ist Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

In Wasserschutzgebieten (WSG) sollen oberirdische Gewässer und Grundwasser mit Ge- und Verboten vor schädlichen Einflüssen geschützt werden. Es wird Grundwasser angereichert, das Abfließen von Niederschlagswasser sowie das Abschwemmen oder Eintragen von Bodenbestandteilen und Düngemitteln in Gewässer verhindert. Je nach Schutzzone (I, II oder III) gelten Nutzungsbeschränkungen, z. B. bei Bebauung, landwirtschaftlicher Nutzung, Straßenbau, Anwendung von Gülle oder Klärschlamm, Ablagerung von Abfallstoffen oder Massentierhaltung.


#### Wasserschutzgebiete



Das Trinkwasser einiger großer Ballungsräume wird zu großen Anteilen aus Uferfiltrat gewonnen. Außerdem schreibt die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) explizit eine integrale Betrachtung von Grund- und Oberflächenwasserressourcen vor. Deshalb ist das wissenschaftliche Interesse, die hydraulischen und biogeochemischen Bedingungen der Übergangszone und die Interaktionen zwischen Grund- und Oberflächenwasser integriert zu untersuchen, stark gewachsen. Zudem werden neue Methoden zur Quantifizierung und Simulation der Austauschprozesse entwickelt.







Technische Überwachung der SAFIRA-Pilotanlage in Zeitz. Auf dem Gelände eines ehemaligen Hydrierwerkes untersuchen UFZ-Wissenschaftler den mikrobiologischen Abbau von Benzol im Grundwasser.

## TEUREN ALTLASTEN INNOVATIV BEGEGNEN

Nach Schätzungen des Umweltbundesamtes gibt es allein in Deutschland heute rund 300.000 altlastverdächtige Flächen, darunter auch einige, die sich über mehrere Hektar bis Quadratkilometer erstrecken und deshalb Megasites genannt werden. In Europa sollen es Tausende sein. Das Spektrum der Altlastenflächen reicht von ehemaligen Müllkippen, Industrieabfalldeponien und chemischen Reinigungen über stillgelegte Erzbergwerke bis hin zu militärisch genutzten Flächen, ehemaligen Standorten der Chemieindustrie und der Erdölverarbeitung. Nach Leckagen und Unfällen sickerten meist über lange Zeiträume große Mengen der unterschiedlichsten Schadstoffe in den Untergrund. Gehen von ihnen Gefahren für das Ökosystem oder die menschliche Gesundheit aus, müssen die Flächen saniert werden. „Sanierung“ bedeutet dabei in den meisten Fällen weniger die Wiederherstellung eines naturnahen, gesunden Zustandes als in erster Linie eine möglichst weitgehende Entfernung des Hauptschadstoffes.

Wie teuer eine solche Sanierung sein kann, lässt sich am Beispiel eines typischen Schadstoffes aus dem industrienahen Bereich verdeutlichen: Ein Kilogramm des chlorierten Kohlenwasserstoffs Perchlorthylen herzustellen, kostet einen Euro. Hingegen müssen für die Entfernung von einem Kilogramm des potenziell krebserregenden Stoffes aus dem Grundwasser gut und gerne tausend Euro oder mehr investiert werden. Das mag bei kleinen Schadensfällen noch technisch machbar und bezahlbar sein. Bei den riesigen Flächen der Megasites mit komplexen Schadstoffspektrern und vielfältigen Schadstoffquellen ist es meist unmöglich, die Standorte vollständig zu erkunden

und alle Schadstoffe zu erfassen, geschweige denn, sie komplett aus den Böden und dem Grundwasser zu entfernen. Überlässt man sie dagegen unkontrolliert sich selbst, können sie sich weiter ausbreiten und in Flussaunen, Oberflächengewässer oder gar unterkellerte Gebäude gelangen.

Um diese Gefahren für Mensch und Umwelt abzuwehren und eine sinnvolle Nachnutzung von Altlastenflächen voranzutreiben – auch im Sinne eines nachhaltigen Umgangs mit der Ressource Fläche –, entwickeln Wissenschaftler des UFZ kostengünstige und innovative Sanierungskonzepte und Managementstrategien. Im Rahmen des Forschungsprojektes SAFIRA II wurde an geeigneten Modellstandorten in Deutschland eine Infrastruktur aus Mess-, Erkundungs-, Monitoring- und Sanierungstechnik aufgebaut, um den Transport, den natürlichen Abbau, An- und Einlagerungen von Schadstoffen an Bodenbestandteile oder Verdünnungseffekte zu studieren.

### Mikroorganismen als Sanierer

Dabei hat sich immer wieder gezeigt, dass in der gezielten Nutzung von Mikroorganismen ein hohes Potenzial steckt, um Umweltschadstoffe erfolgreich und preiswert zu beseitigen. Sie kann eine echte Alternative zu herkömmlichen Verfahren wie den sogenannten Pump-and-treat-Maßnahmen sein, auf denen immer noch der überwiegende Teil der Altlastensanierung in Deutschland beruht. „Pump and treat“ heißt: Das schadstoffbelastete Grundwasser wird aus dem Untergrund nach oben gepumpt und in technischen Anlagen chemisch oder biologisch behandelt. Bei den riesigen Grundwassermengen und komplexen Chemikalien-

cocktails kostet das viel Geld und kann viele Jahre dauern.

Der Schadstoffabbau durch im Untergrund natürlich vorkommende Mikroorganismen dagegen wäre eine energiesparende und naturnahe Sanierungsmethode – wenn nachgewiesen werden kann, dass diese Abbauprozesse *in situ* stabil ablaufen und keine Schutzgüter wie Trinkwasserbrunnen oder Flüsse gefährdet sind. Wissenschaftler des UFZ testen diesen Forschungsansatz in zwei Pilotanlagen auf dem Gelände des ehemaligen Hydrierwerkes in Zeitz. Dort wurde bis 1991 in direkter Nachbarschaft eine Benzolanlage betrieben. „Wir haben die Benzolfahne im Untergrund und die dort ablaufenden Selbstreinigungsprozesse genauestens erkundet. Inzwischen wissen wir relativ sicher, dass die Benzolfahne durch den stetigen mikrobiologischen Benzolabbau stationär werden könnte, das giftige Benzol sich also nicht weiter ausbreitet und daher nicht unbedingt aktiver Sanierungsbedarf besteht. Man könnte also den natürlichen Abbauvorgängen ihren Lauf lassen“, erklärt Grundwasserexperte Prof. Holger Weiß und ergänzt: „Diese gehen allerdings langsam vor sich. Wenn die Flächen für potenzielle Investoren schneller nutzbar gemacht werden sollen, müssen die natürlichen Abbauprozesse beschleunigt werden.“ Deshalb testen die Forscher in der Pilotanlage durch die Zugabe unterschiedlicher Nährstoffe, ob sich der Schadstoffabbau im Grundwasser auf diese Weise beschleunigen lässt und welche Nährstoffe am besten geeignet sind.

Auch am Standort Leuna setzen die Wissenschaftler darauf, dass Mikroorganismen



mit der schwierigen Kost fertig werden. Hier wurde bis 1996 eine der größten Raffinerien der ehemaligen DDR betrieben. Durch Kriegsschäden, Havarien und Handhabungsverluste wurden Mineralölkohlenwasserstoffe, sogenannte BTEX-Aromaten (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole) sowie Benzinzusatzstoffe über viele Jahrzehnte ins Grundwasser eingetragen. In der Pilotanlage des Projektes „Compartment Transfer“ testen Grundwasserforscher, Chemiker und Biologen des UFZ seit 2007 fünf naturnahe Sanierungsverfahren. Allen gemeinsam ist, dass das kontaminierte, sauerstoffreiche Grundwasser kontrolliert in oberflächennahe, sauerstoffreiche Systeme wie Oberflächengewässer, Wurzelzonen von Pflanzen oder belüftete Bodenzone überführt wird. Dort bieten sich den Mikroorganismen dank Sauerstoff, Pflanzenwurzeln und Bodenpartikeln beste Lebensbedingungen, um die Schadstoffe abzubauen. Am besten funktionieren der Schadstoff-Transfer in ein offenes Grabensystem und das Vertikalfilterverfahren. Bei der Filterung durch eine Grabenanlage muss das Grundwasser nicht gehoben werden, sondern verbleibt im künstlich errichteten Graben und durchströmt diesen langsam. Der Graben wird mit Stroh gefüllt und mit Luft begast, was den mikrobiellen Schadstoffabbau deutlich beschleunigt. Beim Vertikalfilterverfahren wird kontaminiertes Wasser durch bepflanzte Feuchtbecken (Wetlands) geleitet, in denen der mikrobielle Abbau an den Grenzflächen der Pflanzenwurzeln und Bodenpartikel erfolgt, denn dort fühlen sich die Mikroorganismen nicht nur am wohlsten, sondern können auch stabile und sehr effektive Biofilme ausbilden. Dieses Verfahren wird gerade in Zusammenarbeit mit einem Sanierungsunternehmen in den Realmaßstab überführt.

### Ein Bypass zur Grundwasserreinigung

Dem komplexen und gefährlichen Schadstoff-Cocktail im Bitterfelder Grundwasser ist allein mit Mikroorganismen nicht beizukommen. „Die Hauptschadstoffe, mit denen wir es in Bitterfeld zu tun haben, sind chlorierte Kohlenwasserstoffe.“, erklärt Holger Weiß. Er hält ein Fläschchen in der Hand, dem ein stechend-beißender Geruch entströmt – eine Grundwasserprobe aus Bitterfeld, dem einstigen Symbol für Umweltverschmutzung und marode Wirtschaft. Sie entstammt dem hundert Millionen Kubikmeter großen Grundwasserkörper, der sich unter dem Areal des Ökologischen Großprojektes Bitterfeld-Wolfen befindet. Denn auch wenn die Region dank attraktiver Seenlandschaft und moderner Chemieindustrie inzwi-

schen wieder lebenswert ist, schlummern im Untergrund jede Menge Altlasten. Ohne gezielte Abpumpmaßnahmen in besonders gefährdeten Bereichen würde das belastete Grundwasser in die Keller von Wohnhäusern eindringen und die Gesundheit der Bewohner gefährden.

Deshalb betreibt die BilfingerBerger Umweltsanierung GmbH auf dem Gelände der Megasite eine hoch technisierte Anlage zur Grundwasserreinigung. Über Brunnenanlagen wird das Grundwasser gesammelt, durch Strippung (Ausblasen mit Luft) und Bindung der Schadstoffe an Aktivkohle gereinigt und über das Klärwerk am Standort in die Saale geleitet. Pro Stunde können so 200 Kubikmeter Wasser behandelt werden. Doch Teile der Anlage arbeiten nicht optimal, weil neben den chlorierten Kohlenwasserstoffen auch flüchtige Schwefelverbindungen mit dem Luftstrom ausgestrippt werden. Vor allem die eher selten anzutreffende Schwefelverbindung Schwefelkohlenstoff bereitet Schwierigkeiten. Bei der katalytischen Verbrennung der Schadstoffe im Luftstrom entsteht Schwefelsäure, die zu einer schnellen Korrosion von Reaktoren und Wärmetauschern führt.

Das UFZ hat von BilfingerBerger den Auftrag erhalten, dieses Problem zu lösen. In einer Art Bypass-Verfahren wird aus der großen Reinigungsanlage ein Teilstrom des Grundwassers abgezweigt und durch verschiedene Reaktorsysteme der Treatment-Train-Anlage (das sind aneinandergereihte flexible Container und Reaktoren) des UFZ geleitet. Dort sind unterschiedliche Verfahrensansätze installiert, die zuvor im Labormaßstab erprobt worden sind und fortlaufend optimiert werden. Gemeinsam mit Kollegen der TU Darmstadt haben

die UFZ-Forscher nun ein innovatives und kostengünstiges Verfahren entwickelt, das auf der Hydrolyse von Schwefelkohlenstoff an basischem Aluminiumoxid beruht. Damit können sämtliche Schwefelverbindungen unter moderaten Bedingungen vollständig und selektiv entfernt werden, ohne dabei die chlorierten Kohlenwasserstoffe umzusetzen, denn dabei würde störende Salzsäure entstehen. Das Verfahren wurde zum Patent angemeldet und hat inzwischen zahlreiche Betriebsperioden im Pilotmaßstab absolviert. Als nächster Schritt folgt eine sogenannte Leistungsfahrt. „Das heißt, wir müssen dem Auftraggeber demonstrieren, dass das Verfahren in unserer Pilotanlage funktioniert und den sehr anspruchsvollen Reinigungsanforderungen standhält. Wenn das der Fall ist, entscheidet der Betreiber, ob das UFZ-Verfahren in die Großanlage implementiert wird – oder nicht“, erläutert der Chemiker Prof. Frank-Dieter Kopinke vom UFZ. „Wir wünschen uns natürlich, dass das Verfahren so attraktiv ist, dass der Industriepartner sagt: Das brauchen wir unbedingt – nicht nur in Bitterfeld.“ Da die Treatment-Train-Anlage flexibel zusammengesetzt ist, kann sie nach Abschluss des Projektes in Bitterfeld auch auf anderen kontaminierten Flächen zum Einsatz kommen.

*Bettina Hennebach und Doris Böhme*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Holger Weiß**  
Leiter Dept. Grundwassersanierung

e-mail: [holger.weiss@ufz.de](mailto:holger.weiss@ufz.de)

■ **Prof. Dr. Frank-Dieter Kopinke**  
Leiter Dept. Techn. Umweltchemie

e-mail: [frank-dieter.kopinke@ufz.de](mailto:frank-dieter.kopinke@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.ufz.de/index.php?de=13244](http://www.ufz.de/index.php?de=13244)



In der Pilotanlage des UFZ-Projektes „Compartment Transfer“ (CoTra) werden verschiedene naturnahe Sanierungsverfahren getestet, um sogenannte BTEX-Schadstoffe im Grundwasser abzubauen.

In der Pilot- und Demonstrationsanlage in Fuheis (Jordanien) werden mit unterschiedlichen Systemen dezentrale Technologien zur Abwasserreinigung getestet.



## SMARTE LÖSUNGEN FÜR DIE ABWASSERNUTZUNG

Neue Konzepte einer dezentralen Wasserwirtschaft für den Nahen Osten werden im internationalen Forschungsprojekt SMART (**S**ustainable **M**anagement of **A**vailable **W**ater **R**esources with **I**nnovative **T**echnologies) entwickelt. Wie dezentrale Abwasserreinigung und -wiederverwendung konkret funktionieren kann, werden die Bewohner eines jordanischen Dorfes bald mit wissenschaftlicher Begleitung ausprobieren.

Der Nahe Osten ist eine der wasserärmsten Regionen der Welt. Zusammen mit jordanischen, palästinensischen und israelischen Kollegen suchen die Helmholtz-Forscher nach Wegen, die Wasserversorgung in der Region zu stabilisieren. Ziel ist, die knappen Ressourcen bestmöglich zu nutzen und deshalb auch die Wiederverwertung von Abwasserströmen – mit Rücksicht auf religiöse Vorschriften – zu ermöglichen. „Das ist eine echte Herausforderung, die nur mithilfe lokaler Akteure und der Akzeptanz der Bevölkerung zu realisieren ist“, weiß Dr. Roland Müller, Projektleiter von SMART. Teil dieses 2007 gestarteten Projekts ist eine dezentrale Abwasserstrategie für Jordanien, die von Forschern des UFZ gemeinsam mit den lokalen Akteuren entwickelt und 2009 von der jordanischen Regierung beschlossen wurde. Erstes Ergebnis war im März 2010 die Inbetriebnahme des SMART-Forschungs- und Demonstrationsstandortes mit mehreren Pilotanlagen zur dezentralen Abwasserreinigung im jordanischen Fuheis bei Amman. Der Standort, der an die Technische Universität Al-Balqua übergeben wurde, war vom UFZ in Zusammenarbeit mit dem Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung e. V. (BDZ) in Leipzig konzipiert und entwickelt worden. Finanzi-

elle Unterstützung leisten das BMBF sowie die beteiligten Unternehmen.

Die Erkenntnisse aus den Demonstrationsanlagen in Fuheis werden nun in einem nächsten Schritt auf reale Standorte in weiteren Dörfern übertragen: „Neun bis zwölf Anlagen sollen an den ausgewählten Standorten in Jordanien entstehen“, erklärt Müller. Die Größe der dezentralen Abwasseranlagen soll extrem variabel sein – von der Einzelhauslösung bis hin zu Systemen für ein kleines Dorf mit maximal 300 Einwohnern. Ziel ist es, Erfahrungen und konkrete Zahlen zu generieren, Erkenntnisse über Zuständigkeiten, Kosten und nötige Wartungsarbeiten zu gewinnen, um eine weitere Verbreitung dezentraler Technologien vorzubereiten. Dabei kommen ganz unterschiedliche technologische Systeme zum Einsatz: An die Standortbedingungen adaptierte bepflanzte Bodenfiltersysteme, Membran-Bioreaktoren oder Sequencing Batch Reaktoren. Müllers Mitarbeiter Dr. Manfred van Afferden lobt die konstruktive Zusammenarbeit: „Wir kommen gut voran, denn alle Akteure ziehen an einem Strang, auch eigentlich konkurrierende Firmen. Unsere Wortschöpfung dafür ist Coopetition – eine Mischung aus Kooperation und Competition.“

Die gerade begonnene dritte Phase des SMART-Projekts besteht darin, größere Einzugsgebiete zu betrachten und die Realisierung konkreter Projekte anzuschieben: „Wir haben auf der Basis unserer bisherigen Forschungsergebnisse eine Prioritätenliste erstellt und danach geeignete Regionen gemeinsam mit dem jordanischen Wasserministerium ausgewählt. In Zusammenarbeit mit dem BDZ sollen nun – unabhängig von

der angewandten Technologie – Systemlösungen erarbeitet und angeboten werden“, betont Müller. Die Idee der UFZ-Forscher für Jordanien: Dezentrale Infrastrukturcluster, die aber zentral finanziert, betrieben und gewartet werden. Derzeit führen die beiden Leipziger gemeinsam mit anderen Projektbeteiligten Gespräche mit allen involvierten jordanischen Ministerien, lokalen und regionalen Entscheidungsträgern. „Die große Akzeptanz und das Vertrauen der Jordanier schaffen eine gute Basis für die nächsten Schritte“, betonen die Wissenschaftler. Vor ihnen liegt eine gewaltige Aufgabe, denn nach den politischen Entscheidungen geht es darum, die Bevölkerung zu informieren und zu sensibilisieren, Bedenken auszuräumen und Know-how zu vermitteln. Denn wichtig ist nicht nur die schonende Verwendung der vorhandenen Ressourcen, sondern vor allem auch die Teilhabe der Bevölkerung an einem verbesserten Wassermanagement. „Wenn die Leute verstanden haben, das wiedergenutztes Abwasser ihre Felder bewässern oder ihre Stadt begrünen kann, werden sie sich den neuen Technologien sicher nicht verschließen“, sind sich Müller und van Afferden einig. *Gundula Lasch*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Roland Müller (Leiter),  
Dr. Manfred van Afferden**  
Dept. Umwelt- und Biotechnologisches Zentrum

e-mail: [roland.mueller@ufz.de](mailto:roland.mueller@ufz.de);  
[manfred.afferden@ufz.de](mailto:manfred.afferden@ufz.de)

mehr Informationen und Trailer (Video):  
[www.ufz.de/smart](http://www.ufz.de/smart)



Trinkwasser gibt es in den Jurtenvierteln am Stadtrand von Darkhan nur per Kanister. Die Mehrheit der Einwohner verfügt weder über einen Trinkwasser- noch über einen Abwasseranschluss. Mit knapp 80.000 Einwohnern ist Darkhan die drittgrößte Stadt der Mongolei und liegt im Einzugsgebiet des Flusses Kharaa, der schließlich in den Baikalsee fließt, den ältesten und tiefsten Süßwassersee der Erde.  
Foto: Lena Horlemann/UFZ



## NOMADENLEBEN ADÉ

Am Stadtrand von Darkhan prallen Tradition und Moderne aufeinander. Hier haben sich viele mongolische Familien angesiedelt, die früher als Nomaden über die Weiden zogen. Ihre Behausung ist dabei seit Jahrhunderten die gleiche: Mit Filzzelten bzw. Jurten siedeln sie auf freien Flächen, werden später vielleicht Grundstücksbesitzer und bauen einfache Holzhäuser. Was in dem dünn besiedelten Land viele Jahrhunderte lang funktioniert hat, wird jetzt durch die Konzentration auf kleinstem Raum zum Hygiene- und Umweltproblem. Kanalisation oder gar Kläranlagen gibt es in diesen Ger-Distrikt genannten Vierteln nicht. Trinkwasser muss von Kiosken geholt werden. Im Rahmen der Internationalen Wasserallianz Sachsen (IWAS, siehe S. 28) wurde der Ort nun erstmals von Wasserforschern sozialwissenschaftlich unter die Lupe genommen. Die UFZ-Wissenschaftlerin Dr. Katja Sigel, die eine Fallstudie zur partizipativen Wasserinfrastrukturplanung in den Ger-Distrikten koordiniert, befragte dazu zusammen mit einheimischen Helfern 139 Haushalte zur aktuellen Situation im Bereich Trinkwasser, Abwasser und Hygiene: „Die Leute verbrauchen im Mittel nur 12 Liter Wasser pro Person und Tag, was sehr wenig ist und die Frage aufwirft, ob sie damit ihren Mindestbedarf decken können. Viele haben eigene Brunnen auf dem Grundstück, um an zusätzliches, kostenloses Wasser zu gelangen. Dieses Wasser ist jedoch möglicherweise durch Fäkalien aus den nahestehenden, unabgedichteten Latrinen kontaminiert“, berichtet Sigel.

„Den Norden der Mongolei haben wir als Modellregion für Integriertes Wasserressourcenmanagement (IWRM) ausgewählt, weil die Flüsse in Zentralasien von Klima und Landnutzungswandel sowie der Ausbeu-

tung von Bodenschätzen in den nächsten Jahrzehnten besonders stark betroffen sein werden – mit dramatischen Konsequenzen. Bestandsaufnahmen haben ergeben, dass die Anzahl der Bäche, Flüsse und Seen drastisch zurückgegangen sein soll und viele Quellen versiegen“, erläutert Projektleiter Prof. Dietrich Borchardt vom UFZ. Das rund 15.000 km<sup>2</sup> große zusammenhängende Flussgebiet bietet den Wissenschaftlern ideale Bedingungen, Veränderungen in einer hohen Dynamik zu beobachten. In der ersten Phase des Projektes ging es deshalb darum, die Ausgangssituation zu analysieren und Daten zu verifizieren. Dazu wurden Wasserbilanzen, Sediment- und Stoffeinträge sowie der ökologische Zustand erfasst und in Modelle übertragen. In der zweiten Phase stehen die praktische Umsetzung von Lösungsansätzen und das „Capacity Building“, also die Ausbildung von Studenten, Fortbildungen für Mitarbeiter in Ministerien, Behörden, der Wasseragentur oder für Betreiber von Infrastrukturen, im Vordergrund. Borchardt: „Die Probleme in vielen Regionen Zentralasiens ähneln sich: extremes kontinentales Klima, starkes Bevölkerungswachstum, nicht vorhandene oder marode Abwasseranlagen, zunehmender Wasserverbrauch und sinkende Wasserressourcen, die durch Überweidung, Bodenerosion und Rohstoffabbau bedroht sind. Dazu kommt, dass die Jahresmitteltemperatur hier um +0,7 Grad Celsius in den letzten 50 Jahren überdurchschnittlich stark angestiegen ist.“

Das Interesse an einem IWRM nach deutschem Vorbild ist bei den Behörden in der Mongolei groß. „Konzepte gibt es zwar auf dem Papier, aber noch ist unklar, wie diese in der Praxis umgesetzt werden könnten. Denn eine universelle Blaupause für die

weltweit sehr unterschiedlichen Problemlagen im Wassersektor kann es nicht geben. Reformen sind daher immer auch mit Ausprobieren und Erfahrung verbunden“, schlussfolgern Lena Horlemann und Dr. Ines Dombrowsky, die im Auftrag des UFZ die institutionellen Rahmenbedingungen untersuchen, die sich seit der politischen Wende grundlegend verändert haben. Zentralistische Strukturen lösten sich auf, neue entstanden, teilweise bildete sich auch ein Machtvakuum. Trotz dieser Probleme ist die Mongolei beträchtliche Schritte gegangen: Ein neues Wassergesetz wurde eingeführt mit dem Ziel, ein effektives IWRM aufzubauen, und eine Nationale Wasseragentur wurde geschaffen. Probleme bereitet noch die Etablierung von Flussgebietsorganisationen, die zwischen den Interessen der lokalen Wassernutzer vermitteln sollen, aber zu wenige Rechte und finanzielle Mittel haben, um dies auch durchzusetzen. Zudem sind die Verantwortlichkeiten häufig unklar. Die mongolische Politik ist immer noch sehr zentral geprägt – ein Relikt aus Sowjetzeiten. Das macht es lokalen Verwaltungen oft schwer, Ressourcen zu generieren oder die Öffentlichkeit zu beteiligen. Die Erben Dschingis Khans haben also noch einen weiten Weg an Reformen vor sich, die nur dann erfolgreich sein werden, wenn der Spagat zwischen gesteigerter Wassernachfrage und gesunkenem Wasserangebot gelingen wird.

Tilo Arnhold

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Dietrich Borchardt**  
**Dept. Aquatische Ökosystemanalyse**

e-mail: [dietrich.borchardt@ufz.de](mailto:dietrich.borchardt@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.iwrm-momo.de](http://www.iwrm-momo.de)

Mit Geotechnik in der Wüste Saudi Arabiens. Bei Probebohrungen unter Sanddünen fanden UFZ-Forscher bis in 15 Meter Tiefe gut durchfeuchtete Bodenschichten vor. (Foto: Tino Rödiger, UFZ)



## WASSERBILANZEN PRÄZISE ERMITTELN

Wasser ist ein höchst kostbares Gut. Das gilt besonders in sehr ariden Regionen der Welt wie in Saudi-Arabien, wo das wertvolle Nass als Trink- und Brauchwasser für die Landwirtschaft dringend benötigt wird. Weil es dort selten regnet, ist das Land stark von dem Wasser abhängig, das die Brunnen zu Tage fördern. Die Konsequenz: „Für aride Gebiete ist es entscheidend, genau zu wissen, wie viel Grundwasser vorhanden ist und wie viel jedes Jahr neu gebildet wird“, sagt Dr. Christian Siebert. Der Hydrogeologe vom UFZ erforscht seit neun Jahren Wasserbilanzen – nicht nur in Saudi-Arabien, sondern auch in anderen Gebieten im Mittleren Osten wie in Jordanien und Israel. Das von Siebert geleitete Saudi-Arabien-Projekt zählt zur Internationalen Wasserforschungsallianz Sachsen (IWAS). Ein Verbundprojekt, das vom Bundesforschungsministerium gefördert wird und in fünf hydrologisch sensiblen Gebieten der Erde Lösungen erarbeitet, wie man Wasservorräte nachhaltig managen kann (siehe S. 28).

Stellenweise weniger als 100 Millimeter fallen auf der Arabischen Halbinsel pro Quadratmeter im Jahr. Zum Vergleich: Selbst in sehr trockenen Gebieten in Deutschland wie dem Thüringer Becken regnet es sechsmal mehr. Deshalb mag es erstaunen, dass sich in so trockenen Regionen überhaupt Grundwasser bilden kann, zumal die meisten Niederschläge bei den hohen Tagestemperaturen von bis zu 60 Grad Celsius umgehend verdunsten sollten. Nur wenige Millimeter können ins Erdreich versickern. „Das hört sich sehr wenig an“, sagt Siebert, „bezogen auf eine Fläche von mehr als zwei Millionen Quadratkilometern kommt aber eine erstaunliche Menge zusammen“. Und weil auf dem Quadratmeter jeder Millimeter

Niederschlag zählt, müssen die Wasserbilanzen präzise ermittelt werden. „Es kommt quasi auf die Zahl hinterm Komma an“, sagt Siebert.

Dass im Untergrund der Arabischen Halbinsel Grundwasserressourcen in dem Mega-Aquifer liegen, weiß die Forschung schon seit längerem. Dieser Grundwasserleiter erstreckt sich über die gesamte Halbinsel und ist stellenweise bis zu 2.000 Meter mächtig. Bekannt ist auch, dass die Grundwasservorräte drastisch sinken, weil die Brunnen sehr viel Wasser für die Landwirtschaft fördern. Unbekannt ist aber, ob sich in der Tiefe tatsächlich neues Grundwasser bildet. Dieses Rätsel wollen die UFZ-Wissenschaftler lösen. Ein diffiziles Unterfangen, denn in einer so feinen Auflösung hatten Forscher in Saudi-Arabien diesen Ansatz bislang nicht versucht.

Siebert und sein Team sind deshalb auf der Suche nach dem „Point of no return“. Das ist der Punkt im Boden, bei dem die nach einem Regenschauer in den Sandboden versickerte Feuchtigkeit nicht mehr verdunstet, sondern tiefer wandert und damit irgendwann zum Grundwasser stößt. Denn die hohen Temperaturen sorgen nicht nur dafür, dass das meiste Wasser rasch an der Oberfläche verdunstet, sondern auch, dass dem Boden Feuchtigkeit entzogen wird – unklar ist, bis in welche Tiefe.

Den „Point of no return“, dessen Existenz unter Wissenschaftlern freilich umstritten ist, versucht das Team in einem Freilandversuch zu ermitteln. Auf einer 200 Quadratmeter großen Versuchsfäche auf der Arabischen Halbinsel lassen die Forscher Areale mit Niederschlägen künstlich bereg-

nen. So wollen sie herausfinden, wie sich die Bodenfeuchtigkeit in zunehmender Tiefe verändert, woraus dann der kritische Punkt abgeleitet werden soll. Wenn das gelingt, hoffen die Wissenschaftler in Abhängigkeit der Beschaffenheit des Bodens und der klimatischen Bedingungen sagen zu können, wie viel Grundwasser sich nach einer bestimmten Niederschlagsmenge neu bildet. Erste Indizien scheinen die Neubildung zu bestätigen: Bei Probebohrungen unter Sanddünen fanden die UFZ-Forscher bis in 15 Meter Tiefe gut durchfeuchtete Bodenschichten vor.

In zwei Jahren wollen die Hydrogeologen Ergebnisse vorlegen. Repräsentativ für ganz Saudi-Arabien werden sie nicht sein – dafür ist die Morphologie des Landes zu unterschiedlich – jedoch typisch für Sandmeere und damit wesentlich präziser als die empirischen Formeln, mit denen bisher gearbeitet wird. Damit können die Wissenschaftler den Wasserkreislauf in Saudi-Arabien in einem Computerprogramm modellieren. Helfen kann das lokalen Entscheidungsträgern. „So lässt sich simulieren, was mit Grundwasservorräten passiert, wenn die Brunnenfelder höhere Wassermengen für die Landwirtschaft fördern oder der geringe Niederschlag noch seltener wird“, sagt Siebert. Wasser könne und müsse intelligenter und nachhaltiger genutzt werden.

*Benjamin Haerdle*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Christian Siebert**  
**Dept. Catchment Hydrology**

e-mail: [christian.siebert@ufz.de](mailto:christian.siebert@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.iwas-sachsen.ufz.de](http://www.iwas-sachsen.ufz.de)





Saale-Elbe-Mündung bei Barby im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. Entlang der Mittleren Elbe sind derzeit 15 Deichrückverlegungen mit einer Gesamtfläche von 2.600 Hektar geplant.

## SO SCHNELL VERZEHT DIE AUE NICHT

Es ist eine konfliktbeladene Nachbarschaft, die von Fluss und Mensch. Beide erheben Anspruch auf das Land an den Ufern. Der Fluss, weil er sich ausdehnen muss, wenn ihm große Wassermassen zufließen. Der Mensch, weil er will, dass dort sein Vieh weidet, seine Brücken und Häuser stehen oder seine Schiffe anlegen. Ein paar Jahrhunderte lang schien der Mensch die Oberhand zu gewinnen. Deiche zog er durch die Talniederungen und rang dem Fluss Streifen um Streifen Uferland ab. Die Elbe musste in ihrem Mittellauf rund 80 Prozent ihres ursprünglichen Überschwemmungsgebietes hergeben. Hinter den Deichen verkümmerte die Artenvielfalt, erlahmte die Auendynamik.

Dass der Fluss solch eine Einengung nicht „klaglos“ hinnehmen kann, bewies spätestens das Elbehochwasser 2002. Zu jenen, denen nicht erst diese Katastrophe die Augen öffnete, gehörten Wissenschaftler des UFZ. Schon Ende der 1990er Jahre waren sie eingebunden in das Projekt RIVA. Zoologen, Botaniker, Hydrologen, Bodenkundler und Statistiker suchten gemeinsam nach einem Indikationssystem, mit dessen Hilfe auf den ökologischen Zustand einer Aue geschlossen werden kann. Und sie fanden tatsächlich Indikatoren wie Tier- und Pflanzenarten, deren Präsenz Aussagen zulässt, inwieweit die Überflutungsdynamik eines Auenabschnitts noch oder wieder naturnah ist. Dies zu wissen ist wichtig, denn „... funktionierende Auen sind wie eine gute Versicherung“, so Mathias Scholz vom UFZ. „Sie beheimaten nicht nur bedrohte Arten, sondern puffern die Fluten ab und sorgen dafür, dass die Auswirkungen auf die Menschen geringer ausfallen. Deshalb brauchen wir hinreichend sichere Kriterien, um ökologische Folgen der Eingriffe in die Auenlandschaft prognostizieren zu können.“

Im Oktober 2009 hat das Bundesamt für Naturschutz den ersten Auenzustandsbericht vorgelegt. Demnach sind in Deutschland bereits zwei Drittel der einstigen Überschwemmungsflächen der Überflutungsdynamik der Flüsse entzogen, nur noch zehn Prozent der Überflutungsauen selbst sind in einem naturnahen Zustand. In einem weiteren Forschungsprojekt ermitteln nun UFZ-Wissenschaftler zusammen mit weiteren Forschungseinrichtungen, welche Bedeutung die Auenlandschaften als Lebensräume für Pflanzen und Tiere, für das Hochwassermanagement, die Nährstoffretention, den Gewässerschutz und den Klimawandel haben. „Unsere Ergebnisse werden wir einfließen lassen in Handlungsempfehlungen an die Politik“, erklärt Scholz, der die Auenforschung am UFZ koordiniert. Denn wichtige Funktionen und Dienstleistungen der Flusslandschaften wurden in den vergangenen Jahrzehnten kaum beachtet. „Auenlandschaften können vor extremen Überschwemmungen schützen, sie binden aber auch Treibhausgase, reinigen das Grundwasser und zählen zu den Lebensräumen mit der höchsten Artenvielfalt in Mitteleuropa“, so Scholz.

Neben der Erfassung der Gegebenheiten standen gezielte Veränderungen und deren Beobachtung auf dem Programm. Dort, wo die Elbe bei Roßlau (Ortsteil von Dessau-Roßlau in Sachsen-Anhalt) vorbeifließt, begann ein bislang für diesen Fluss einmaliges Experiment: Im Roßlauer Oberluch wurde 2006 landeinwärts ein neuer Deich gebaut und der alte geschlitzt. Rund 140 Hektar Altaue hatten die Chance, wieder überflutet und zur dynamischen Flussaue zu werden. Aber funktioniert das? Kann man den Hebel einfach wieder umlegen? Die UFZ-Wissenschaftler unter Leitung von Dr. Klaus Henle wollten diese Frage beantworten und

erwarteten mit Spannung die erste Flut. Die Zeit bis dahin nutzten sie, um das künftige Auen-Stück mit einem Messnetz zu überziehen und den Status quo zu dokumentieren. Vor Ort untersuchten Botaniker, Zoologen, Bodenkundler und Hydrologen die für sie reservierten, dicht beieinander liegenden Areale. Die Ergebnisse wurden mit zwei Referenzgebieten in einer deichgeschützten und einer naturbelassenen Aue verglichen.

Im Frühjahr 2009 war es dann so weit: Erstmals überflutete ein Hochwasser das Rückdeichungsgebiet. Es begann wieder das intensive Zählen und Messen. Verändern sich die Zahl und die Aktivität der Schnecken, Laufkäfer und Heuschrecken bereits? Verschiebt sich die Struktur der Sedimente? Wie reagiert das Grundwasser? Um Aussagen über die Veränderungen treffen zu können, sind mehrjährige Datenreihen und entsprechende Auswertungen nötig. Ergebnisse werden mit Spannung erwartet. Erste Daten deuten bereits darauf hin, dass naturnahe Überflutungsverhältnisse geschaffen wurden und mit einem auentypischen höheren Grundwasserstand zu rechnen ist. Damit sind bereits nach kurzer Zeit typische Auenverhältnisse entstanden, an die sich Flora und Fauna nun wieder anpassen müssen. Die Auenrenaturierung braucht einen langen Atem. Die Roßlauer übrigens haben sich eingerichtet mit ihrem neuen Deich. Auch wenn die Elbe ihren Häusern jetzt näher kommt als früher – der neue Hochwasserschutz ist sicherer. *Marlis Heinz*

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Klaus Henle (Leiter), Mathias Scholz**  
Dept. Naturschutzforschung

e-mail: [klaus.henle@ufz.de](mailto:klaus.henle@ufz.de);  
[mathias.scholz@ufz.de](mailto:mathias.scholz@ufz.de)

Ministerialdirigent Dr. Fritz Holzwarth ist zuständig für die Unterabteilung Wasserwirtschaft im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Aufgabenschwerpunkte sind fachliche und rechtliche Fragen der nationalen und internationalen Wasserwirtschaft und des Meeresschutzes.



## WIR HABEN KEINE ZEIT MEHR ZU DISKUTIEREN

**Seit 2010 ist Wasser als Menschenrecht anerkannt. Einklagbar ist dieses Recht nicht. Was ist zu tun, damit sich für die eine Milliarde Menschen, die keinen Zugang zu sauberem Wasser haben, etwas ändert?**

Unabhängig davon, ob dieses Menschenrecht völkerrechtlich verbindlich ist oder nicht, ist mit dieser Anerkennung durch die Vereinten Nationen ein deutliches Signal gesetzt worden: Das Thema Wasser mit allen seinen Querbezügen muss noch viel stärker in unser Bewusstsein rücken. Bereits die in Johannesburg 2002 beschlossenen Millenniums-Entwicklungsziele beinhalten eine deutliche Verbesserung des Zugangs zu sauberem Trinkwasser und eine adäquate menschenwürdige Abwasserbeseitigung. Das werden wir bis 2015 nicht schaffen. Dazu bedarf es weiterer Anstrengungen, und zwar aller – der Politik, der Wirtschaft und der Wissenschaft.

**Die Wirtschaft und die Politik haben sich lange Zeit gegen das Menschenrecht auf Wasser gesträubt. Wasser ist aber keine Ware – wie Strom, Gas oder Öl.**

Wir dürfen die Debatte um das Menschenrecht auf Wasser nicht ideologisch überhöhen – weder von sozialer noch von wirtschaftlicher Seite. Das trägt nicht dazu bei, Probleme zu lösen. Es gibt einen breiten internationalen Konsens, dass es kein privates Eigentum an Wasservorkommen – egal wo auf dieser Welt – geben darf. Aber es muss möglich sein, die Bewirtschaftung, also die Wasserver- und Abwasserentsorgung, in private Hände zu legen. Ein wirklich gutes Beispiel ist Phnom Penh, die Hauptstadt Kambodschas. Dort ist es gelungen, das gesamte Wasserversor-

gungssystem zu erneuern, kosteneffiziente Abrechnungs- und Inkassosysteme sowie ein erstklassiges Management einzuführen, um alle Einwohner der Stadt mit Wasser zu versorgen. Dafür wurde die Wasserbehörde mit dem „Stockholm Industry Water Award 2010“ ausgezeichnet. Das Beispiel zeigt, es geht, wenn der politische Wille da ist, und die Menschen spüren, es wird besser.

**Warum fehlt immer noch das öffentliche Bewusstsein für die globale Wasserknappheit?**

Wir haben keine globale Wasserknappheit. Es handelt sich um regionale Wasserkrisen in der arabischen Welt, in großen Teilen Afrikas, Asiens, Südamerikas und immer mehr auch im Süden Europas. Insofern ist die Wasserdebatte eine andere als die Klimadebatte, bei der ein globales Regime dazu beitragen kann, nationale Maßnahmen zur Reduzierung klimaschädlicher Gase zu initiieren. Beim Klima reden wir außerdem über Szenarien für 2040, 2050 oder gar 2100. Bei der Wasserfrage haben wir in vielen Teilen der Welt einfach keine Zeit mehr, noch zu diskutieren, was zu tun ist. Hier ist es eine Minute vor Zwölf. Die Wasserkrise ist eine Governancekrise. Wir müssen das Integrierte Wasserressourcenmanagement (IWRM) flächendeckend und sektorübergreifend umsetzen, um endlich nachhaltig mit der Ressource Wasser umzugehen. Dazu brauchen wir auch einen Paradigmenwechsel. Bisher folgt das Angebot der Nachfrage nach Wasser. Wassermanagement muss aber die Nachfrageseite so organisieren, dass alle Potenziale von Einsparung oder Verteilung ausgenutzt sind und erst dann das Angebot erhöht wird. Der Druck kommt nicht primär vom Klimawandel.

Bevölkerungswachstum, Energiebedarf, Landwirtschaft und Industrie sind die wirklichen Pressures. Häufig liegen die Probleme einfach in schlechtem Wassermanagement.

**Worin sehen Sie dabei die größten Aufgaben für die Forschung?**

1. In vielen Wasserkrisenregionen handelt es sich um eine Krise der Wassergovernance. Für gutes Management sind gute Verwaltung, gute Gesetzgebung notwendig. Wir benötigen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft aber auch innovative Technologien. Deshalb besteht die Herausforderung für die Forschung darin, die notwendigen Brücken zwischen der Wassergovernance, den Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften zu bauen. 2. Die Wasserforschung hat sich bisher ganz traditionell mit den unmittelbaren Fragen aus dem Wassersektor befasst. Wir brauchen also eine Wasserforschung, die die wasserabhängigen oder wasserrelevanten Sektoren der Wirtschaft einbezieht, die Wechselbeziehungen analysiert und Lösungsoptionen aufzeigt. 3. Deutschland und Europa haben eine etablierte klassische Wasserforschung, die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung im Wasserkreislauf aufklärt. Wir entwickeln auch sehr anspruchsvolle technologische Lösungen. Aber nach wie vor haben wir über weite Strecken Defizite, unser hoch kompetentes Wissen auch angepasst in Ländern der Dritten Welt umzusetzen – und zwar so, dass die Menschen in diesen Ländern damit umgehen können. Ich bin zuversichtlich, dass die vom UFZ initiierte Water Science Alliance (siehe S. 28) ganz entscheidend dazu beitragen wird, diese Aufgaben zu lösen.

*Das Interview führte Doris Böhme*



# STANDPUNKT: WASSERNUTZUNGSABGABEN ERHALTEN UND WEITERENTWICKELN!



Prof. Dr. Erik Gawel ist stellvertretender Leiter des Departments Ökonomie am UFZ und Direktor des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Finanzwissenschaft sowie die Umwelt- und Institutionenökonomik, insbesondere im Bereich der Ökonomie des Gewässerschutzes. Er leitet das UBA-Forschungsprojekt zur Zukunft der Wassernutzungsabgaben.

e-mail: erik.gawel@ufz.de

Wasser wird für so unterschiedliche Zwecke wie Nahrungsmittelanbau, Industrieproduktion, Energiebereitstellung oder Gebrauch im Haushalt benötigt. Menschlicher Wassergebrauch greift dabei in den natürlichen Wasserhaushalt ein und schließt alternative Nutzungen aus – Wassernutzung „kostet“ uns also etwas, Wasser ist ökonomisch „knapp“. Diese Knappheit darf nicht mit „Wassermangel“ verwechselt werden. Auch bei Brot oder Mobiltelefonen herrscht in Deutschland gewiss kein „Mangel“, wohl aber ökonomische Knappheit dieser Güter, die genau deshalb zu Recht einen Preis tragen: Dieser zeigt den Wert an, der den entgangenen Nutzungsmöglichkeiten der in ihnen verarbeiteten Ressourcen zukommt. Preise machen eine effiziente Lösung von Knappheitskonflikten möglich. Dies bedeutet, dass sich Nutzungen mit dem höchsten Überschuss des wirtschaftlichen Vorteils über die gesellschaftlichen Kosten durchsetzen.

Kostendeckende Wasserpreise leisten eine solche „effiziente“ Zuteilung, indem sie jedem Nutzer den vollen Werteverzehr anzeigen, den gerade seine Nutzung für die Gesellschaft bedeutet. Artikel 9 der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) greift diesen Gedanken auf: Danach soll die Wasserpreispolitik der EU-Mitgliedsstaaten das Prinzip der vollen Kostendeckung bei Wasserdienstleistungen wie Abwassereinleitung oder Wasserentnahme berücksichtigen. Neben den bloßen Bereitstellungskosten der Dienstleistungen gehören dazu ausdrücklich auch die Umwelt- und Ressourcenkosten, also die ökologischen Auswirkungen der Wassernutzung, die ein Ver- oder Entsorger typischerweise betriebswirtschaftlich nicht „einpreist“.

Weltweit werden Wasserprobleme durch Verstoß gegen diese Kostendeckungsregel verschärft: Zu einem verschwenderischen Umgang mit knappem Wasser tragen gerade niedrige, vielfach subventionierte Wasserpreise bei – insbesondere in der landwirtschaftlichen Bewässerung, wo fast 70 Prozent allen weltweit entnommenen Wassers eingesetzt werden. Wasserpreise haben jedoch nicht nur die Funktion, Nutzer zu effizienten Verbrauchsentscheidungen anzuhalten. Zugleich bringen sie die Finanzierungsmittel auf, die eine Bereitstellung von Wasserdienstleistungen überhaupt erst ermöglichen. Auf der an-

deren Seite entziehen sie den Nutzern Kaufkraft, was bei sozial schwächeren Wassernutzern zu Problemen der Erschwinglichkeit führen kann und einer weltweiten Anwendung der Strategie kostendeckender Wasserpreise enge Grenzen setzt.

In Deutschland richtet sich der Auftrag kostendeckender Preise aus Artikel 9 der WRRL zunächst an die kommunalen Abwassergebühren und Trinkwasserentgelte, wo (betriebswirtschaftliche) Kostendeckung zumindest formal seit langem zum Standard gehört. Von besonderem Interesse sind daher Instrumente zur verursachergerechten Anlastung der zusätzlichen Umweltkosten. Deutschland verfügt mit der Bundes-Abwasserabgabe und den in derzeit elf Bundesländern erhobenen Wasserentnahmeentgelten weit vor der WRRL über derartige Preis-Instrumente. Das Abwasserabgabengesetz von 1976 kann sogar – lange vor Öko-Steuer und Emissionshandel – als Pionier des Einsatzes von Umweltanreizinstrumenten in der Praxis gelten. Ebenso lange währt freilich die kritische Begleitung dieser Instrumente in Wissenschaft und Politik: Forderungen nach einer Revitalisierung der als zu lasch empfundenen Lenkungsinstrumente stehen dabei wiederholten Rufen nach ihrer Abschaffung gegenüber. Dass bei der Kritik die organisierten Interessen der zur Zahlung Verpflichteten (kommunale Unternehmen, industrielle Direkt-einleiter und Eigenförderer) in der ersten Reihe stehen, kann kaum überraschen. Die Wassernutzungsabgaben erfüllen jedoch eine wichtige Funktion bei der Anlastung von Umweltkosten, die sie unersetzlich machen: Zwar müssen die Ver- und Entsorger im Interesse des Gewässerschutzes kostenträchtige ordnungsrechtliche Vorgaben beachten, die bereits einen Teil der „externen Lasten“ verursachergerecht zuordnen. Die verbleibenden Wassernutzungen bleiben aber grundsätzlich unentgeltlich. Hier setzen die Abgaben an.

Für die deutsche Debatte um die Zukunft der Wassernutzungsabgaben ist damit klar: Ein Bekenntnis zu marktwirtschaftlicher Umweltpolitik und zu effizienter Zielerfüllung im Gewässerschutz muss zugleich ein Bekenntnis zu einer spürbaren Zahl-last auf die „Restnutzung“ einer Wasserressource darstellen. Nur so kann das Kostendeckungsprinzip vollständig umgesetzt werden. Und dieser Anreiz kann nur durch Abgaben bereitgestellt werden, nicht jedoch durch ordnungsrechtliche Anforderungen und auch nicht durch Gebühren oder Entgelte. Wassernutzungsabgaben bieten deshalb im Rahmen einer marktwirtschaftlichen Gewässerschutzpolitik einen einzigartigen Mehrwert. Sie gehören also mitnichten abgeschafft, wie viele aus durchsichtigen Motiven meinen; sie sollten vielmehr künftig zu dem werden, was sie von Anfang an sein sollten: ein marktwirtschaftlicher Faktorpreis, der das knappe und lebenswichtige Gut Wasser genauso behandelt wie alle anderen Güter auch, die wie selbstverständlich ihren Knappheitspreis tragen und so Produzenten und Konsumenten im Gemeinwohlinteresse zu effizienten Ressourcen-Entscheidungen anhalten.

Ein Lösungsansatz für die Vermeidung hoher Nährstoffeinträge in die Gewässer liegt darin, Ackerland im Bereich von Flussäuen extensiv zu bewirtschaften. Im Zuge der EU-Klimapolitik tut sich aber in dieser Hinsicht ein Zielkonflikt auf, denn der Ausbau der Erneuerbaren hat im Bereich der Bioenergie eher eine Intensivierung der Landwirtschaft zur Folge: Anbauflächen werden ausgedehnt, der Verbrauch von Wasser und Dünger steigt.

(Quelle: Wikipedia)

## GEMEINSAM ZU GUTEN GEWÄSSERN

Alle europäischen Grund- und Oberflächen-gewässer sind in einem „guten Zustand“. Sie weisen nicht nur eine gute chemische Wasserqualität auf, sondern sind zugleich auch ein attraktiver Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Sie werden flussgebietsbezogen bewirtschaftet – von der Quelle bis zur Mündung unter Einschluss aller Zuflüsse und der Küstengewässer. Dadurch können vielfältige Nutzungen realisiert werden – Trinkwassergewinnung, Landwirtschaft, Schifffahrt, Tourismus, Artenschutz. Grundwasser ist in ausreichenden Mengen vorhanden und enthält keine Schadstoffkonzentrationen, die das Ökosystem gefährden könnten. Eine Vision mit ambitionierten Umweltzielen, die bis 2015 Wirklichkeit werden soll. So sieht es die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aus dem Jahr 2000 vor. Damit wurde innerhalb der Europäischen Union ein Ordnungsrahmen für eine gemeinschaftliche Wasserpolitik geschaffen, der einen grundsätzlichen Richtungswechsel markiert.

Aber ist die Wasserwirtschaft in der EU auf dem richtigen Weg, um diese Ziele im gesteckten Zeitrahmen zu erreichen? Welche Probleme gibt es bei der Umsetzung und wie können sie beseitigt werden? Sind die Verwaltungsgefüge auf die neuen Aufgaben vorbereitet? Mit diesen und anderen Fragen zum nachhaltigen Wasserressourcenmanagement und den durch die WRRL geschaffenen neuen Verantwortungsstrukturen befassen sich seit mehreren Jahren Wissenschaftler des UFZ aus den Bereichen Ökonomie, Recht und Philosophie. In einem aktuellen, vom BMBF geförderten Projekt analysieren sie unter anderem, wie Anreize aus der europäischen und nationalen Gesetzgebung das Entscheidungsverhalten der Akteure im Flussraum prägen, und diskutieren, welche Modelle sich zur Lösung

von Nachhaltigkeitsproblemen eignen. Zusätzlich wollen sie auf der Grundlage von eigenen Empfehlungen zur verbesserten Wahrnehmung der wasserwirtschaftlichen Ziele beitragen.

Für Projektleiter Dr. Bernd Klauer ist die Governance-Dimension zentral für das Projekt. „Unsere Leitfragen sind: Welchem staatlichen und privaten Akteur wird für welche Aufgabe welche Verantwortung zugewiesen? Sind diese Akteure aufgrund ihrer Macht und ihrer rechtlichen Kompetenz überhaupt in der Lage, Verantwortung zu übernehmen und die ihnen vorgegebenen Ziele zu erreichen? Verschärft wird diese Problematik dadurch, dass Flüsse inklusive ihrer Schadstofffrachten typischerweise administrative Grenzen überschreiten.“ So müssen beispielsweise bei der Bewirtschaftung der Elbe zehn Bundesländer zusammenarbeiten und auch die Nachbarstaaten Polen, Österreich und Tschechien einbezogen werden. Zu den Problemen der räumlichen Koordination kommen noch die der sachlichen: „Der Zustand der Gewässer wird nicht allein durch die Wasserwirtschaft bestimmt. Wenn in der Agrar- und der Binnenschifffahrtspolitik nicht demnächst einige wegweisende Schritte unternommen werden, werden die zehn Milliarden Euro, die Deutschland bis 2015 für die Umsetzung der WRRL investieren möchte, bei weitem nicht die Wirkung zeitigen, die man sich erhofft. Das verfügbare Planungsinstrumentarium reicht gegenwärtig nicht aus, um diese Koordinationsprobleme angemessen zu bewältigen“, erklärt Bernd Klauer.

Insgesamt bestehen schon heute große Schwierigkeiten, die Umweltziele fristgerecht zu erreichen. Angesichts der Tatsache, dass an rund 82 Prozent der Oberflächen-sowie an 36 Prozent der Grundwasserkörper

Fristverlängerungen in Anspruch genommen werden, ist unklar, ob die Bundesländer die Reduzierung der Gewässerbelastungen in ausreichendem Maße vorantreiben. Insbesondere das Ziel des guten ökologischen Zustandes bereitet Deutschland Probleme – vor allem im Hinblick auf die Nährstoffbelastungen und die Vielzahl der morphologisch stark veränderten Fließgewässer. Um den Flüssen wieder mehr Raum zu geben, braucht man Flächen – die meisten davon werden aber landwirtschaftlich genutzt. Der Eintrag von Nitraten, Phosphor und Pestiziden in die Gewässer stellt nach wie vor eine der Hauptbelastungen dar. Die Leipziger Wissenschaftler weisen darauf hin, dass eine Abstimmung von Agrar- und Wasserpolitik unumgänglich ist, will man die Ziele der WRRL nicht aus den Augen verlieren. „Die europäische Agrarpolitik muss sich ihrer Verantwortung für die Gewässer bewusst sein. Ist sie es nicht, kann dies auf der Ebene der Flusseinzugsgebiete kaum mehr korrigiert werden“, führt Prof. Wolfgang Köck an. Zu den Stellschrauben, die auf der europäischen respektive nationalen Ebene bewegt werden müssen, gehören nach Meinung des Umweltrechtsexperten nicht nur die Förderwerkzeuge, sondern auch eingreifende Steuerungsinstrumente, wie etwa Abgaben auf Pestizide und Düngemittel.

Bettina Hennebach

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Bernd Klauer, Dr. Johannes Schiller**  
**Dept. Ökonomie**

e-mail: [bernd.klauer@ufz.de](mailto:bernd.klauer@ufz.de),  
[johannes.schiller@ufz.de](mailto:johannes.schiller@ufz.de)

■ **Prof. Dr. Wolfgang Köck**  
**Leiter Dept. Umwelt- u. Planungsrecht**

e-mail: [wolfgang.koeck@ufz.de](mailto:wolfgang.koeck@ufz.de)



# STANDPUNKT: ZEHN JAHRE UMSETZUNG WRRL – EIN KRITISCHES FAZIT



Prof. Dr. Dietrich Borchardt leitet das Department „Aquatische Ökosystemanalyse und Management“ am Standort Magdeburg und ist Inhaber einer gleichnamigen Professur an der TU Dresden. Er ist zudem Sprecher des UFZ-Fachbereiches „Wasser- und Bodenforschung“ und verantwortlich für das Programm-Topic „Nachhaltiges Wasserressourcenmanagement“ am UFZ.

e-mail: [dietrich.borchardt@ufz.de](mailto:dietrich.borchardt@ufz.de)

Wo stehen wir im Gewässerschutz in Deutschland und Mitteleuropa zehn Jahre nach Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) – eine europäische Umweltrichtlinie, die für viele Akteure kein bürokratisches Monster aus Brüssel war, sondern ein innovatives Instrument und großer Hoffnungsträger für mehr Gewässerschutz? Zunächst ist festzuhalten, dass die formale Umsetzung in nationales Recht und die Fristen bei der Bestandsaufnahme und Aufstellung der Maßnahmenpläne in Deutschland im Wesentlichen eingehalten wurden. Das trifft leider nicht für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union zu. Die Zahlen zum Gewässerzustand dagegen sind für Deutschland ermutigend: Nach jahrzehntelangen Anstrengungen ist man vom übergeordneten Ziel, bis 2015 einen „guten ökologischen“, „guten mengenmäßigen“ oder „guten chemischen“ Zustand für die Oberflächengewässer und das Grundwasser zu erreichen, weit entfernt. In der Bundesrepublik werden „Ausnahmetatbestände“ als Fristverlängerung für rund 82 Prozent aller Oberflächengewässer (einschließlich „stark veränderter“ und „künstlicher“ Wasserkörper), in den Grundwasserkörpern in zirka 36 Prozent der Fälle in Anspruch genommen. Ähnliche Zahlen werden auch von den anderen Mitgliedsstaaten der EU gemeldet werden. Die gute Nachricht: Ein „guter chemischer Zustand“ wird in rund 88 Prozent der Wasserkörper erreicht. Ein unbestreitbar großer Erfolg im Gewässerschutz, insbesondere bei der Verminderung der Abwasserbelastungen aus Industrie und Siedlungen, der aber nicht der Einführung der WRRL, sondern der konsequenten Anwendung des Verursacherprinzips im Abwassersektor in den zurückliegenden Jahrzehnten zu verdanken ist.

Dass die Fristverlängerungen in Anspruch genommen werden, ist aufgrund der oben genannten Tatsachen zum jetzigen Zeitpunkt zwangsläufig und richtig. Aber führt das nicht letztendlich dazu, dass „mindere Umweltziele“ und die „Ausnahmetatbestände“, die ja heute bereits die Regel darstellen, langfristig festgeschrieben werden? Und würde dann dem Gewässerschutz nicht mit viel Berichts- und Bewertungsaufwand ein Bärendienst erwiesen? Um es vorweg zu nehmen: Ja, das kann passieren, wenn es nicht gelingt, in folgenden Punkten substanzielle Fortschritte zu erzielen:

1. Das Verursacherprinzip, das im industriellen und kommunalen Abwassersektor so konsequent und erfolgreich verfolgt wurde, ist auch auf diejenigen Nutzer anzuwenden, die heute für die ökologischen Defizite und den Verlust ökologischer Funktionen maßgeblich verantwortlich sind. Dazu gehören der Ausbauzustand der Gewässer, die Stauregulierung einschließlich der Wasserkraftnutzungen und Schifffahrt sowie vor allem die Landwirtschaft.
2. Ein zentrales Problem ist die mangelnde Verfügbarkeit von Flächen für den Natur- und Gewässerschutz. Ausreichend breite Gewässerkorridore beispielsweise würden naturnähere Lebensräume schaffen, die Biodiversität erhöhen, Nährstoffeinträge reduzieren und mutmaßlich selbst die Wirkungen von Pestizideinträgen mindern können.
3. Zukünftig muss sehr viel konsequenter als bisher ein effektiverer Gewässerschutz in den Agrarumweltmaßnahmen verankert werden. Es muss entschieden werden, wo freiwillige Maßnahmen nicht ausreichen und demzufolge Nutzungseinschränkungen notwendig sind – mit oder ohne Ausgleich. Auch dürfen mühsam errungene Erfolge beim Rückgang der Nährstoffbelastungen nicht durch das aus einer Gesamtperspektive ohnehin fragwürdige Hochschrauben von Bioenergiequoten wieder zunichte gemacht werden.
4. Gegenwärtig werden in den Bewirtschaftungsplänen klimatische Veränderungen als noch wenig relevant angesehen. Die heute schon bemerkbaren Folgen des Klimawandels wie längere Trockenperioden oder eine Zunahme von Hochwasserereignissen und notwendige Anpassungsstrategien sind aber zu beachten. Außerdem dürfen tatsächliche oder vermeintliche Einflüsse des Klimawandels zukünftig nicht als Begründung dafür herangezogen werden, erforderliche Gewässerschutzstrategien nicht umgesetzt zu haben.

Schwerpunkte für die zukünftigen Gewässerschutzstrategien liegen also in der Landwirtschaft, Energiegewinnung und Verkehrspolitik und damit außerhalb der Wasserwirtschaft. Eine Schlüsselrolle für das Erreichen der ökologischen Ziele spielt der Ausgleich der unterschiedlichen Nutzerinteressen in ganz unterschiedlichen Politikfeldern, der mit den herkömmlichen Instrumenten aber nicht zu erzielen ist. Die WRRL bietet dabei nach wie vor eine Chance, aber keine Gewähr, durch eine ökologisch verträgliche Gestaltung der Nutzungen das erforderliche Maß an Gewässerschutz zu erreichen – und dabei die nachhaltige Gewässerbewirtschaftung mit anderen Schutzzielen zu verbinden. Scheitert dies, so wäre eine einmalige Chance vertan. Gelingt dies, so wären Deutschland und Europa mit entsprechender Signalwirkung führend bei der Lösung einer weltweiten Zukunftsaufgabe – einer nachhaltigen Balance zwischen der Nutzung und dem Schutz einer Schlüsselressource.

# KURZINFORMATIONEN

## WATER SCIENCE ALLIANCE

Die Water Science Alliance ist ein Instrument zur Bündelung und Stärkung der deutschen Wasserforschung. Um die großen Herausforderungen im Wasserbereich zu bewältigen, ist ein ganzheitlicher Forschungsansatz notwendig, der die verschiedenen Natur- und sozial-ökonomischen Wissenschaften integriert und dessen Lösungsstrategien über den Wassersektor hinausgehen.

Die sechs bisher ausgewiesenen Forschungsbereiche der Water Science Alliance (White Paper) sind:

1. Einfluss des Globalen Wandels auf die Wasserressourcen (Szenarientwicklung)
2. Innovationen für ein nachhaltiges Wasserressourcen-Management
3. Quantifizierung von Wasser- und Stoffkreisläufen auf der regionalen Skala: Schutz von Umwelt und Gesundheit
4. Integrierte Observations- und Explorationskonzepte
5. Entwicklung komplexer Systemmodelle und Datenintegration
6. Komplexes Wassermanagement im Circum-Mediterranen Raum

Die Water Science Alliance wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt. Das UFZ hat 2009 vom Helmholtz-Senat das Mandat erhalten, die Water Science Alliance zu entwickeln.

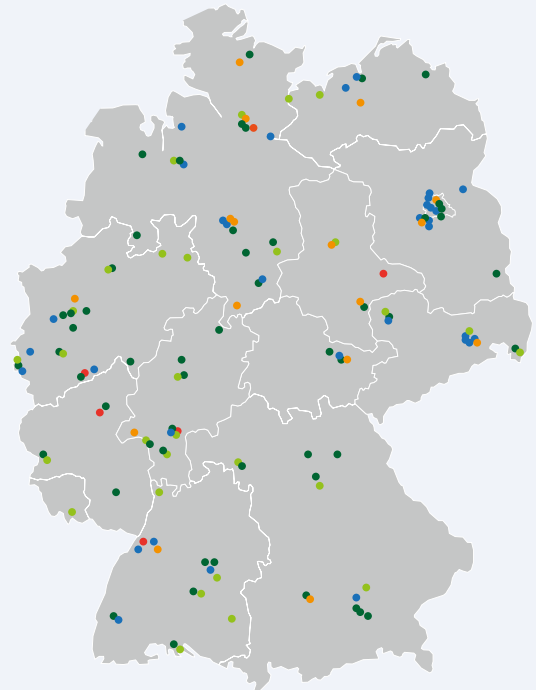


## Water Research Horizon Conference

Im Rahmen der Water Science Alliance findet jedes Jahr eine Water Research Horizon Conference statt. Mit der zweiten Veranstaltung am 8./9. Juni 2011 in Berlin zum Thema „New Concepts in Model Development and Data Integration for Understanding Water, Matter and Energy Fluxes at Management Scale“ sollen die Diskussionen zu zwei der sechs Themenbereiche des White Paper konkretisiert und erste Projekte und Projektanträge initiiert werden. Das BMBF stellt seinen neuen Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ vor.

## WASSERFORSCHUNG IN DEUTSCHLAND – EINRICHTUNGEN

Stand November 2010



- Universität
- Forschungseinrichtung (außeruniversitär)
- Bundesbehörde
- Fachhochschule
- Landesbehörde

Kontakt: Elisabeth Helen Krüger, [elisabeth.krueger@ufz.de](mailto:elisabeth.krueger@ufz.de), [www.watersciencealliance.de](http://www.watersciencealliance.de)

## IWAS UND WESS

Zwei wichtige Bausteine der Water Science Alliance sind die Internationale Wasserforschungsallianz Sachsen (IWAS) und die Water and Earth System Science (WESS).

In **IWAS** entwickeln Wissenschaftler des UFZ und der Technischen Universität Dresden sowie Praxispartner wie die Stadtentwässerung Dresden GmbH/Gelsenwasser AG angepasste Systemlösungen für die jeweiligen Wasserprobleme in verschiedenen Regionen der Erde (Osteuropa/Ukraine, Zentralasien/Mongolei, Mittlerer Osten/Saudi Arabien und Oman, Südostasien/Vietnam sowie Lateinamerika/Brazilien). IWAS wird durch das BMBF im Rahmen des Programms „Spitzenforschung und Innovation in den Neuen Ländern“ gefördert.

Kontakt: Prof. Dr. Dietrich Borchardt, Dept. Aquatische Ökosystemanalyse, [dietrich.borchardt@ufz.de](mailto:dietrich.borchardt@ufz.de); Prof. Dr. Peter Krebs, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, TU Dresden, [peter.krebs@tu-dresden.de](mailto:peter.krebs@tu-dresden.de), [www.iwas-sachsen.ufz.de](http://www.iwas-sachsen.ufz.de)

In **WESS**, einer Kooperation mit den Universitäten Tübingen, Stuttgart und Hohenheim, werden die Auswirkungen sich verändernder Umweltbedingungen auf den Wasserkreislauf und Stoffflüsse in Wasser, Boden und Atmosphäre untersucht (siehe S. 12).

Kontakt: Dr. Hermann Rügner (WESS-Koordinator), Universität Tübingen, [h.ruegner@uni-tuebingen.de](mailto:h.ruegner@uni-tuebingen.de)



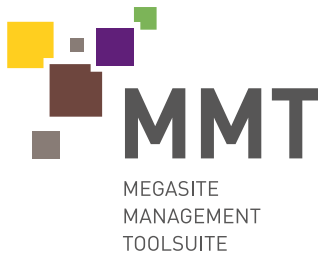
## INFRASTRUKTUREN



### TASK

Das Terra-, Aqua- und Sanierungskompetenzzentrum Leipzig (TASK) hat das Ziel, die Sichtbarkeit, Akzeptanz und Vermarktungsmöglichkeiten von neuen innovativen Technologien und Konzepten aus den Bereichen Boden, Grundwasser, Altlastensanierung und Flächenrevitalisierung zu steigern und zu verbessern. TASK kümmert sich um die gezielte Verwertung von Forschungsergebnissen, die ein hohes innovatives Potenzial besitzen. Das können sowohl technische Verfahren und Methoden, Modelle, Managementkonzepte als auch Handlungsempfehlungen und Normen sein. Mit Unterstützungsmaßnahmen wie Technologiedemonstrationen, Feldanwendungen, Produktberatungen oder Messeauftritten fördert und stärkt TASK die Produktpositionierung auf geeigneten Absatzmärkten im nationalen und internationalen Raum. TASK wird seit 2007 durch das BMBF und das UFZ gefördert und durch ein ständiges Netzwerk aus Wissenschaftlern, Vertretern der ingenieurtechnischen und behördlichen Praxis, Industrie und Politik unterstützt. [www.task-leipzig.info](http://www.task-leipzig.info)

Wenn es um die erfolgreiche Nachnutzung von Megasites (siehe S. 18/19) geht, sind viele Akteure beteiligt: Flächeneigentümer, Behörden, Investoren, Ingenieurbüros und Stadtplaner müssen sich untereinander abstimmen und ihr Vorhaben für die Öffentlichkeit transparent kommunizieren. Dafür ist es wichtig, verschiedene Nutzungsszenarien durchzuspielen, um Kosten abschätzen zu können und Planungen zu optimieren. Mit der Megasite Management Toolsuite (MMT) haben Wissenschaftler des UFZ und der Universität Tübingen ein Software-Werkzeug entwickelt, das es den Akteuren ermöglicht, ihre Visionen in wirtschaftlich attraktive, zukunftsfähige Nachnutzungsvarianten umzuwandeln. Miteinander vernetzte und mit einem geografischen Informationssystem verknüpfte Module lie-



### Megasite Management Toolsuite (MMT)

Wenn es um die erfolgreiche Nachnutzung von Megasites (siehe S. 18/19) geht, sind viele Akteure beteiligt: Flächeneigentümer, Behörden, Investoren,

Ingenieurbüros und Stadtplaner müssen sich untereinander abstimmen und ihr Vorhaben für die Öffentlichkeit transparent kommunizieren. Dafür ist es wichtig, verschiedene Nutzungsszenarien durchzuspielen, um Kosten abschätzen zu können und Planungen zu optimieren. Mit der Megasite Management Toolsuite (MMT) haben Wissenschaftler des UFZ und der Universität Tübingen ein Software-Werkzeug entwickelt, das es den Akteuren ermöglicht, ihre Visionen in wirtschaftlich attraktive, zukunftsfähige Nachnutzungsvarianten umzuwandeln. Miteinander vernetzte und mit einem geografischen Informationssystem verknüpfte Module lie-

fern dem Anwender verlässliche Daten und Zahlen, wie das Potenzial des Standortes optimal ausgenutzt werden kann. Wenn man weiß, wo sich altlastbedingte Konfliktflächen befinden, hilft die Toolsuite abzuschätzen, mit welchen Methoden diese saniert werden könnten und bis zu welchem Grad das möglich ist oder was passiert, wenn man nicht sanieren will und stattdessen die Nutzung ändert. Die MMT dient damit als Entscheidungshilfe im komplexen Prozess der Flächenrevitalisierung und wird in Kooperation mit Partnern aus der Sanierungspraxis ständig weiterentwickelt. [www.safira-mmt.de](http://www.safira-mmt.de)

### UFZ-Flussforschungsschiff ALBIS

Mit der ALBIS steht den Wissenschaftlern des UFZ ein Forschungsschiff zur Verfügung, das es ermöglicht, Wasser- und Sedimentproben an einer beliebigen Stelle im Fluss zu nehmen – sei es bei extremem Niedrigwasser, in flachen Flüssen, Gewässerrandzonen oder in Buhnenfeldern – und diese unverzüglich an Bord zu bearbeiten. Das 15 Meter lange und vier Meter breite Schiff hat einen Tiefgang von nur 50 Zentimetern. Es hat seit seiner Schiffstaufe im Jahr 1998 zahlreiche Forschungsfahrten mit etwa 1.000 Kilometern pro Jahr auf Flüssen wie der Elbe, Saale, Weser, Werra oder Fulda hinter sich. Im Mittelpunkt der Untersuchungen in den letzten Jahren standen Transport und Umsatz von gelösten und partikulären Spurenstoffen im Gewässer. Gegenwärtig rücken Ökosystemuntersuchungen zur Steuerung des Makrozoobenthos (Gewässerbodenfauna) in Fließgewässern, zum Einfluss invasiver Arten auf aquatische Lebensgemeinschaften und Ökosystemfunktionen oder zur Dynamik hyporheischer Nahrungsnetze (also an der Grenzzone zwischen Fließgewässern und angrenzenden Grundwasserleitern) in den Fokus der Gewäss erforscher.



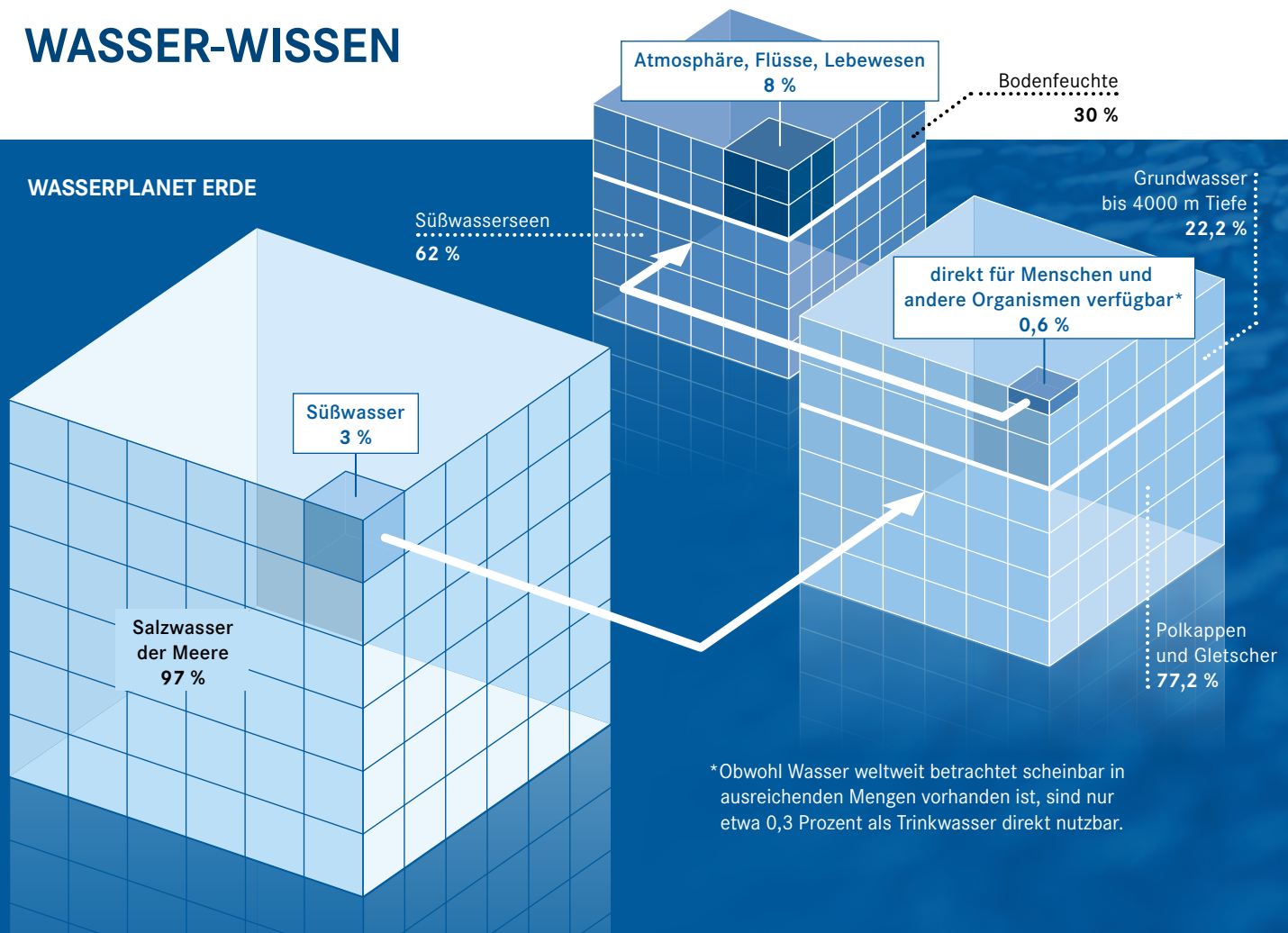
## GERMAN WATER PARTNERSHIP (GWP)



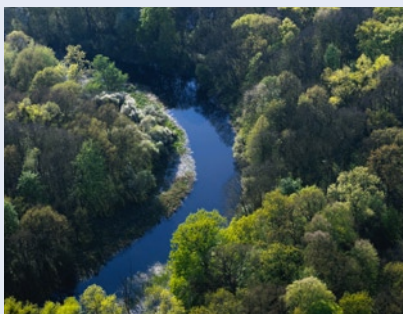
German Water Partnership

Die German Water Partnership ist ein Netzwerk, in dem sich private und öffentliche Unternehmen aus dem Wasserbereich, Fachverbände und Institutionen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung unter einem Dach zusammengeschlossen haben. Unterstützt wird diese Initiative von den Bundesministerien für Umwelt, Forschung, Entwicklung, Wirtschaft sowie dem Auswärtigen Amt. Die German Water Partnership bündelt die Aktivitäten, Informationen und Innovationen des deutschen Wassersektors, um die Wettbewerbsposition von Wirtschaft und Forschung auf den internationalen Märkten zu stärken. Das Netzwerk verbessert die Rahmenbedingungen für die Geschäftsfeldentwicklung im Ausland, treibt Innovationen voran und trägt mit angepassten, integrierten und nachhaltigen Ansätzen zur Lösung wasserwirtschaftlicher Probleme weltweit bei. [www.germanwaterpartnership.de](http://www.germanwaterpartnership.de)

# WASSER-WISSEN



## DIE EUROPÄISCHE WASSERRAHMENRICHTLINIE WRRL



Die WRRL wurde im Dezember 2000 von der Europäischen Union ins Leben gerufen. Sie fordert einen guten chemischen und ökologischen Zustand aller europäischen Gewässer bis 2015. Auf keinen Fall darf sich die Qualität bis dahin verschlechtern. Die Richtlinie bezieht sich auf Oberflächengewässer (Flüsse und Seen, teilweise auch Feuchtgebiete), Grundwasser, den Küstenbereich und Übergangsgewässer (zwischen Flüssen und Meeren).

Das dazu notwendige moderne Management von Flussgebieten und Gewässereinzugsgebieten beinhaltet unter anderem, dass das Einleiten gefährlicher Stoffe schrittweise reduziert bzw. beendet wird, dass die Selbstreinigungskraft der Gewässer, natürliche Abflussverhältnisse und natürliche Überflutungsflächen erhalten oder wieder hergestellt werden und Wasserressourcen nachhaltig genutzt werden.

Die Bewirtschaftung der Flüsse soll sich nicht mehr nach Landesgrenzen richten, sondern nach Flusseinzugsgebieten. Dabei übernehmen internationale Kommissionen die Umsetzung der WRRL (IKSO/Internationale Kommission zum Schutz der Oder; IKSE/Elbe; IKSR/Rhein; IKSD/Donau). Für nationale und internationale Flussgebieteinheiten soll jeweils ein Bewirtschaftungsplan aufgestellt werden.

**Zur Umsetzung der WRRL gibt die EU einen Zeitplan vor:**

- **2003**  
Umsetzung in nationales Recht
- **2004**  
erste Bestandsaufnahme zum Gewässerzustand in den Flussgebieten
- **2006**  
Einrichtung der Monitoring-Netze
- **2009**  
Fertigstellung der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme
- **2012**  
Umsetzung von Maßnahmen
- **2015**  
Erreichen der Umweltziele



## WASSER ZUM LEBEN

Etwa **1 Milliarde** Menschen verfügen über weniger als **20 Liter** Wasser pro Tag. Etwa **1 Milliarde** Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Etwa **2,6 Milliarden** Menschen leben ohne angemessene sanitäre Abwasserentsorgung.

Der weltweite Wasserverbrauch hat sich zwischen 1940 und 1990 vervierfacht, die Weltbevölkerung hat sich in der gleichen Zeit verdoppelt.

Verschmutztes Trinkwasser ist weltweit die häufigste Krankheitsursache (Durchfall, Cholera, Typhus, Wurmbefall, Augenkrankheiten).

Ein Mensch braucht täglich – je nach Klimazone – **zwischen 2 und 5 Liter** Wasser zum Überleben.

Wasserarm ist nach Angaben des World-Watch-Institutes ein Land, in dem weniger als **2,74 Liter** Wasser pro Person und Tag zur Verfügung stehen.

Der Mensch besteht zu **60 bis 70 Prozent** aus Wasser; keine Körperfunktion und keins unserer Sinnesorgane funktioniert ohne Wasser.

## WASSERVERBRAUCH

Etwa zwei Drittel des Frischwassers benötigt die Landwirtschaft.

Um ein Kilo Getreide zu produzieren, braucht man etwa **1.300 Liter** Wasser, für ein Kilo Rindfleisch sind es rund **15.000 Liter**.

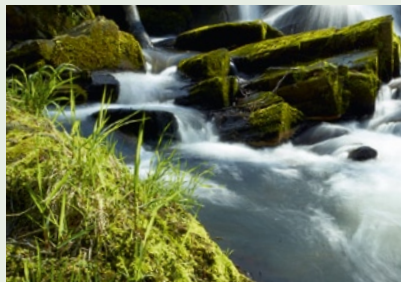
Rund **23 Prozent** des weltweit genutzten Wassers werden in der Industrie eingesetzt.

Ein US-Amerikaner verbraucht täglich im Haushalt etwa **250 Liter** Wasser, ein Europäer durchschnittlich **160 Liter**, ein Deutscher etwa **120 Liter**, ein Inder **25 Liter**, ein Afrikaner **20 Liter**.

## VIRTUELLES WASSER

Als virtuelles Wasser (verstecktes Wasser) wird jenes Wasser bezeichnet, das zur Erzeugung eines Produkts aufgewendet wird. So stecken in einem PKW bis zu 300.000 Liter Wasser, in 1 kg Bananen 1.000 Liter oder in 1 kg Hühnereiern rund 4.500 Liter Wasser. So gerechnet verbraucht jeder Deutsche pro Tag rund 4.000 Liter Wasser. Den Begriff des virtuellen Wassers prägte der englische Geograf John Anthony Allan um 1995. Für seine Leistung erhielt er 2008 den „Stockholmer Wasserpreis“.

## BLAUES UND GRÜNES WASSER



Das Wasser in Flüssen und Seen, das Grundwasser und das in den Gletschern gespeicherte Wasser wird als blaues Wasser bezeichnet. Das blaue Wasser macht nur einen Teil des Süßwasservorkommens der Erde aus. Der größere Teil, der in Pflanzen und im Boden steckt, wird grünes Wasser genannt. Chance und Herausforderung zukünftiger Wasserbewirtschaftung ist es deshalb, das große Potenzial an grünem Wasser besser verfügbar zu machen, oder die Möglichkeiten, Regenwasser als grünes Wasser in Boden und Pflanzen oder als blaues Wasser zu speichern, auszubauen. Ein Ansatz dieser „Wasserernte“ ist, die direkte Verdunstung aus dem Boden zu verhindern und die Speicherfähigkeit von Boden und Vegetation zu erhöhen.

## Impressum

**Herausgeber:** Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit · Permoserstraße 15 · 04318 Leipzig  
Tel.: 0341 / 235-1269 · Fax: 0341 / 235-1468 · e-mail: info@ufz.de · Internet: www.ufz.de

**Gesamtverantwortung:** Doris Böhme, Leiterin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

**Textredaktion:** Doris Böhme und Susanne Hufe (verantw.)

**Bildredaktion:** André Künzelmann (verantw.)

**Fotos:** André Künzelmann

**Satz und Layout:** noonox media GmbH, Leipzig

**Druck:** Fritsch Druck GmbH, Leipzig

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Juni 2011

# FORSCHEN FÜR DIE UMWELT

Im **Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ** erforschen Wissenschaftler die Ursachen und Folgen der weit reichenden Veränderungen unserer Umwelt. Ihre Aufgabe besteht darin, zur Lösung konkreter Umweltprobleme beizutragen. Für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft stellen sie Wissen über die komplexen Systeme und Beziehungen in der Umwelt bereit und empfehlen Instrumente und Handlungskonzepte.

Die Helmholtz-Forscher befassen sich mit dem Management von Wasserressourcen und den Folgen des Landnutzungswandels für die biologische Vielfalt und die Ökosystemfunktionen. Sie entwickeln Sanierungsstrategien, Monitoring- und Erkundungsmethoden für kontaminiertes Grund- und Oberflächenwasser, Böden und Sedimente. Sie untersuchen das Verhalten und die Wirkung von Chemikalien in der Umwelt und auf die Gesundheit und das Immunsystem des Menschen und arbeiten an Modellen zur Vorhersage von Umweltveränderungen. Dabei berücksichtigen sie sozialwissenschaftliche und ökonomische Fragestellungen. Die naturwissenschaftlich ausgerichtete Umweltforschung ist deshalb am UFZ eng mit den Human-, Sozial- und Rechtswissenschaften vernetzt.

Das UFZ wurde 1991 gegründet und hat heute etwa 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ein Gesamtbudget von mehr als 90 Millionen Euro. Seit seiner Gründung ist einer der Forschungsschwerpunkte des UFZ das Management der Ressource Wasser. Lag der Fokus in den neunziger Jahren noch sehr stark auf dem Umgang mit Altlasten in Grund- und Oberflächengewässern und deren nachhaltiger Sanierung, ist der Forschungsansatz der etwa 150 „Wasserforscher“ des UFZ heute ein viel breiterer. Mit seiner Expertise auf den Gebieten der Erkundung, des Monitorings, der Modellierung und Visualisierung von Prozessen und Stoffflüssen in aquatischen Ökosystemen sowie des Integrierten Wasserressourcenmanagements will das UFZ seinen Beitrag leisten, das seit 2010 erklärte Menschenrecht auf Wasser umzusetzen.

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ  
Permoserstraße 15 · 04318 Leipzig  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Telefon: 0341/235-1269 · e-mail: info@ufz.de  
www.ufz.de

## DIE HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Die Helmholtz-Gemeinschaft leistet Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch wissenschaftliche Spitzenleistungen in sechs Forschungsbereichen: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr. Die Helmholtz-Gemeinschaft ist mit über 31.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in 17 Forschungszentren und einem Jahresbudget von rund 3,3 Milliarden Euro die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Ihre Arbeit steht in der Tradition des großen Naturforschers Hermann von Helmholtz (1821-1894). [www.helmholtz.de](http://www.helmholtz.de)



UFZ-Standort Leipzig  
in der Permoserstraße 15



UFZ-Standort Halle  
in der Theodor-Lieser-Straße 4



UFZ-Standort Magdeburg  
in der Brückstraße 3a