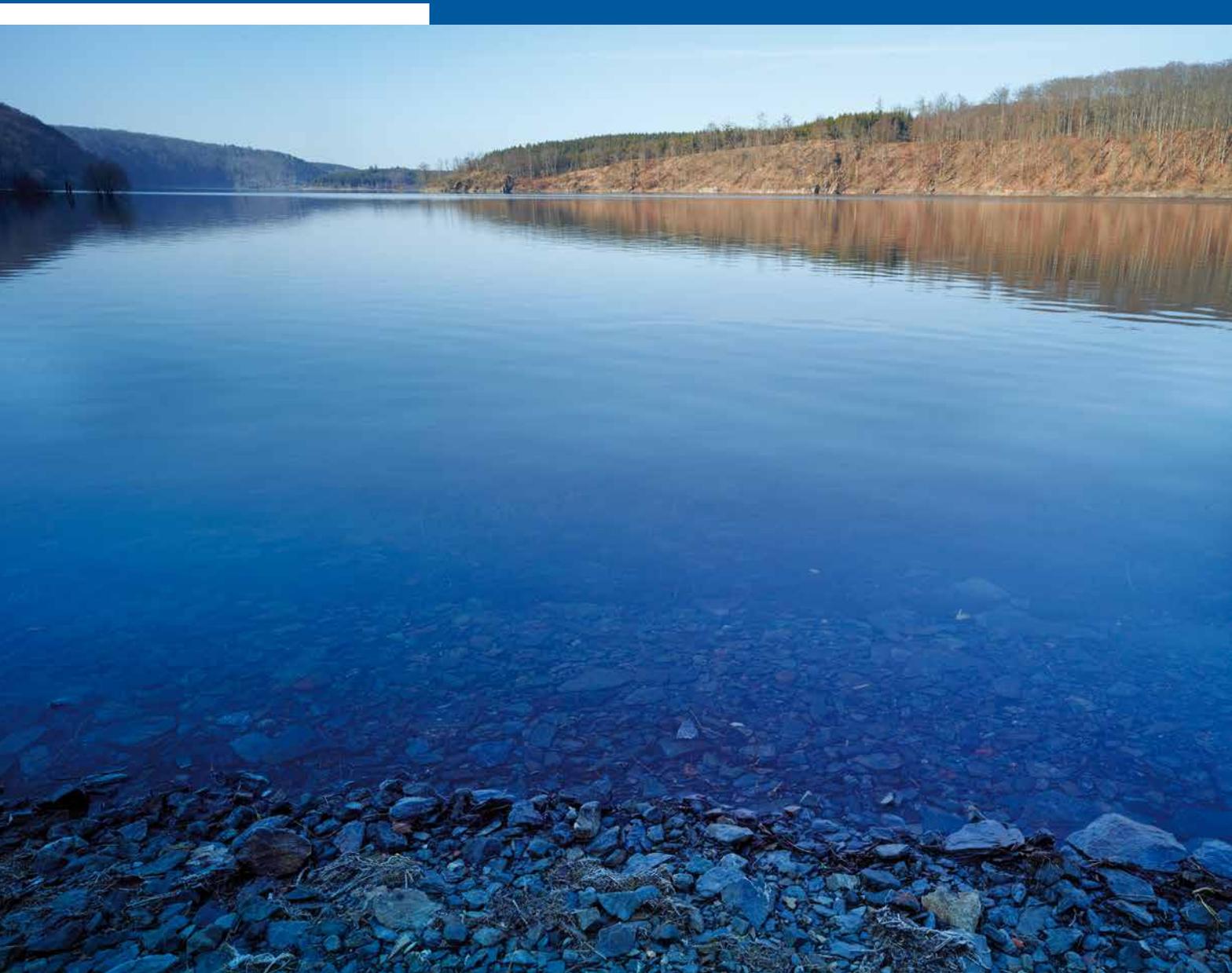
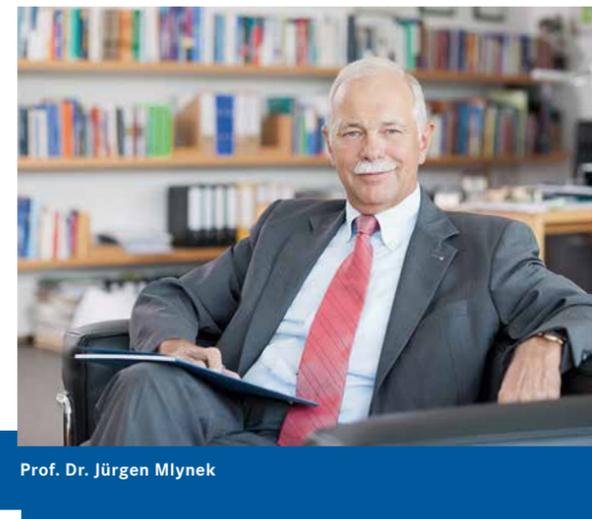


# Integrierte Forschung zur Lösung globaler Wasserprobleme



S. 1	Vorwort
S. 2	I. Globale Herausforderungen im Wasserbereich und die Rolle der Wissenschaft
S. 4	II. Die deutsche Wasserforschungslandschaft und das Helmholtz Wasser-Netzwerk
S. 6	III. Forschung im Helmholtz Wasser-Netzwerk
S. 8	■ Forschungsplattform 1 Globaler Wandel und hydrologische Extreme
S. 10	■ Forschungsplattform 2 Urbanes Wasserressourcen-Management (UWRM)
S. 12	■ Forschungsplattform 3 Integrierte Untersuchung von Stoffflüssen und Prozessen im regionalen Wasserkreislauf (SolFlux)
S. 14	■ Forschungsplattform 4 Integrierte Beobachtung des terrestrischen Wasserkreislaufs
S. 16	■ Forschungsplattform 5 Integrierte Modellierung und Modellvergleiche
S. 18	■ Forschungsplattform 6 Komplexes Wassermanagement im Circum-Mediterranen Raum
S. 20	IV. Zukunft gestalten: eine Vision für die internationale Wasserforschung
S. 22	V. Institutionelle Kapazitäten der beteiligten Zentren
S. 24	■ Infrastrukturen
S. 26	■ Daten und Fakten
S. 28	■ Impressum



Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Liebe Leserinnen und Leser,  
 der Globale Wandel – Klimawandel, Bevölkerungswachstum und eine intensivere Landnutzung – hat erhebliche Auswirkungen auf die Lebensgrundlagen der Menschheit, wie die Verfügbarkeit und Qualität der Wasserressourcen. Die Bevölkerung vor den Konsequenzen vermehrt auftretender Dürren und Hochwasser, vor Schadstoffen in Trink- und Bewässerungswasser zu schützen und einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser sicherzustellen, sind zentrale Herausforderungen des Wassersektors im 21. Jahrhundert. Damit die menschlichen Lebensgrundlagen langfristig gesichert werden können, ist ein tiefgreifendes Verständnis des Umweltsystems notwendig. Es geht darum, die komplexen Veränderungen des Wasserkreislaufs, seiner Interaktionen mit Böden, Vegetation, Atmosphäre und der Anthroposphäre – den Menschen und den durch die Menschen geschaffenen oder veränderten Systeme – bestmöglich zu beschreiben und Einfluss auf die zukünftigen Entwicklungen zu nehmen, beziehungsweise sich an diese anzupassen.

Die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren hat sich mit dem Helmholtz Wasser-Netzwerk strategisch zu den drängendsten Zukunftsfragen im Wasserbereich positioniert und beforcht diese mit langem Atem, um Antworten auf die großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu finden. Das Helmholtz Wasser-Netzwerk ist Ausdruck einer intensivierten thematischen Zusammenarbeit zur Nutzung von Synergieeffekten im deutschen

Wissenschaftssystem. Einerseits wird den Universitäten der Zugang zu den weltweit einzigartigen Infrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft leichter gemacht, andererseits wird so der wissenschaftliche Nachwuchs, der an den Universitäten ausgebildet wird, früher und stärker an wichtige Themen unserer Gesellschaft herangeführt.

Das Helmholtz Wasser-Netzwerk zeigt beispielhaft, wie die Weiterentwicklung des deutschen Wissenschaftssystems anhand von langfristigen thematischen Forschungsplattformen und im Rahmen strategischer Partnerschaften zwischen Großforschungseinrichtungen und Universitäten weiterentwickelt wird. Das macht uns international wettbewerbsfähig und das Helmholtz Wasser-Netzwerk zu einer der treibenden Kräfte in der Wasserforschung in Deutschland, Europa und international. Mit dem Helmholtz Wasser-Netzwerk leistet die Helmholtz-Gemeinschaft einen wichtigen Beitrag, damit die Grundlagen des Lebens auf dieser Erde bewahrt und nachhaltig genutzt werden.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre,

Prof. Dr. Jürgen Mlynek  
 Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

# I. Globale Herausforderungen im Wasserbereich und die Rolle der Wissenschaft

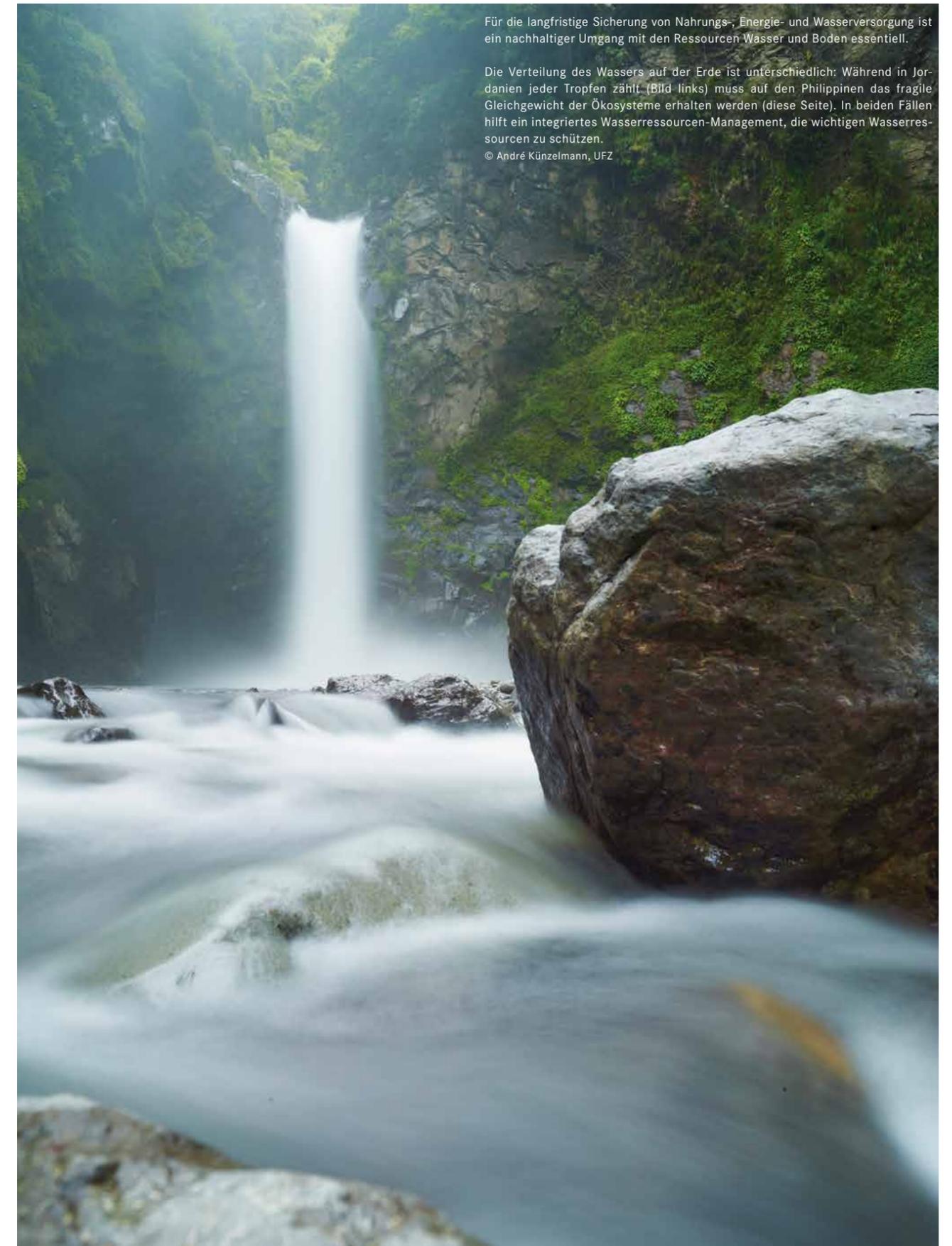
Ohne Wasser gibt es kein Leben. Eine adäquate Wasserversorgung ist für die Gesundheit der Menschen und Ökosysteme sowie für die kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung der Gesellschaft essentiell.

Die für Mensch und Umwelt lebenswichtige Ressource ist zu Zeiten des Globalen Wandels mehr denn je vielfältigen und dynamischen Einflüssen ausgesetzt: Der aus den wachsenden Bevölkerungszahlen und dem sich ändernden Lebensstil resultierende Landnutzungswandel beeinflusst die Funktionsfähigkeit und Belastbarkeit von Böden und Ökosystemen, die einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität und die Quantität unserer Gewässer haben und Grundlage für die Produktion von Nahrungsmitteln sind. Rapide wachsende Megastädte in Schwellen- und Entwicklungsländern erfordern angepasste Wasserver- und -entsorgungssysteme, Wasserbehandlungstechnologien und Managementstrategien.

Um Folgen und Veränderungen der Umwelt abschätzen und Anpassungsmaßnahmen entwickeln zu können, müssen die wesentlichen Treiber und deren Auswirkungen erfasst und verstanden werden. Die Messung aller relevanten Größen des Wasserkreislaufes und deren Interaktion mit ihrer Umwelt in all ihrer Komplexität stellt für Wissenschaftler eine Herausforderung dar. Messwerte allein geben jedoch keine Auskunft über die zukünftigen Entwicklungen unserer Wasserressourcen. Um die Gegenwart und Zukunft der lebenswichtigen Ressource realistisch einschätzen zu können, werden Modelle entwickelt, um den Einfluss des globalen Wandels auf diese besser zu verstehen. So lässt sich abschätzen, dass der Klimawandel ein erhöhtes Auftreten von Extremereignissen, wie Dürren oder Überschwemmungen, nach sich zieht, insbesondere in Gebieten mit schon heute vorherrschender Wasserknappheit, wie beispielsweise dem Mittelmeerraum. Hier spitzt sich die Lage in Bezug auf die verfügbaren Wasserressourcen sowie klimatisch bedingte Umweltgefahren immer weiter zu. Dies hat nicht zuletzt Auswirkungen auf die Wirtschaftssektoren, die auf die ausreichende und regelmäßige Verfügbarkeit von Wasser angewiesen sind, wie die Landwirtschaft, Industrie und Energieerzeugung.

Die zunehmende Gefährdung des menschlichen Wohls durch die Effekte des Globalen Wandels setzt effiziente und koordinierte Anpassungsmaßnahmen in den beteiligten Sektoren in einem inte-

grierten Ansatz voraus. Der Wissenschaft fällt dabei eine besondere Verantwortung zu, da bisher verstanden geglaubtes und historisch belegtes Wissen in Zeiten globaler Veränderungen, unerwarteter Ereignisse und extremer werdender Bedingungen als Grundlage für die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen nicht mehr ausreichend sind. Umso mehr ist eine Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen, über institutionelle Grenzen hinweg notwendig, in der langfristig Trends und Entwicklungen der komplex vernetzten Umwelt verfolgt werden. Nur so können Signale zukünftiger Veränderungen wahrgenommen und entsprechende Lösungsansätze für herannahende Probleme entwickelt und in Wirtschaft und Politik implementiert werden.



Für die langfristige Sicherung von Nahrungs-, Energie- und Wasserversorgung ist ein nachhaltiger Umgang mit den Ressourcen Wasser und Boden essentiell.

Die Verteilung des Wassers auf der Erde ist unterschiedlich: Während in Jordanien jeder Tropfen zählt (Bild links) muss auf den Philippinen das fragile Gleichgewicht der Ökosysteme erhalten werden (diese Seite). In beiden Fällen hilft ein integriertes Wasserressourcen-Management, die wichtigen Wasserressourcen zu schützen.

© André Künzelmann, UFZ

## II. Die deutsche Wasserforschungslandschaft und das Helmholtz Wasser-Netzwerk

Vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Herausforderungen im Wasserbereich und den Ansprüchen, die sich dadurch an die Wissenschaft ergeben, muss kritisch hinterfragt werden, ob die Forschungs-Community im Wasserbereich adäquat aufgestellt ist, um ihrer Rolle gerecht zu werden. Im Jahr 2003 veröffentlichte die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) eine Denkschrift<sup>1</sup>, in der sie feststellte, dass die deutsche Wasserforschungs-Community in ihrer individuellen Expertise gut entwickelt, allerdings fragmentiert und nicht angemessen strukturiert sei, um international wettbewerbsfähig agieren und den Herausforderungen der Zukunft mit entsprechenden Lösungskonzepten begegnen zu können. Eine im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in den Jahren 2010–2012 durchgeführte Analyse der Wasserforschungslandschaft<sup>2</sup> in Deutschland spiegelt diese Fragmentierung wider und kommt zu dem Schluss, dass im universitären und außeruniversitären Bereich eine insgesamt hohe Forschungskapazität vorliegt, der es jedoch an standortübergreifenden Schwerpunktbildungen sowie an langfristigen Absprachen und Strategien zwischen Bund und Ländern fehlt.

Ein Impuls diese Fragmentierung zu adressieren, ging 2009 von der Helmholtz-Gemeinschaft aus: Deren Senat gab das Mandat zur Entwicklung eines Konzepts zur Stärkung und besseren Positionierung der deutschen Wasserforschung an das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. In der deutschen Wasserforschungslandschaft entstand die Idee, dies über eine Bündelung der Kompetenzen, disziplinen- und institutionsübergreifend in thematischen Verbänden zu organisieren und eine Plattform zum Austausch neuer Forschungsmethoden und -ansätze zu schaffen: die Water Science Alliance. Zur Entwicklung der entsprechenden thematischen Schwerpunkte wurde ein White Paper<sup>3</sup> erarbeitet, zu dem rund 70 Autoren aus allen Disziplinen der Wasserforschung in und außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft beitrugen.

Die durch das BMBF und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) unterstützte und in den Jahren 2010–2013 durch das UFZ vorangetriebene Initiative der Water Science Alliance, wurde in Zusammenarbeit mit der Senatskommission Wasserforschung der DFG (KOWA) im Frühjahr 2013 in einen von der Community getragenen Verein »Water Science Alliance e.V.« überführt. Zur weiteren thematischen Entwicklung und Vernetzung der Community dient als zentrale Plattform die seit 2010 jährlich stattfindende Water Research Horizon Conference (WRHC), die durch weitere Angebote wie das Online-

Portal Wasserforschung, einen Blog, Workshops und Rundgespräche ergänzt wird.

Um die Etablierung der im White Paper beschriebenen, prioritären Forschungsbereiche voranzubringen, stellte die Helmholtz-Gemeinschaft Mittel des Helmholtz-Aufwuchses (Pakt für Forschung und Innovation, »Portfoliomittel«) bereit, mit denen das Helmholtz Wasser-Netzwerk entwickelt wurde. Komplementäre Kompetenzen der beteiligten Helmholtz-Zentren werden durch enge Kooperationen mit den Universitäten zusammengebracht. Eine erste thematische Cluster-Bildung entstand 2010 zwischen dem UFZ und den Universitäten in Tübingen, Hohenheim und Stuttgart im »Water Earth System Science« Cluster (WESS). Weitere Cluster entstanden: das inhaltlich mit WESS eng verknüpfte Helmholtz WasserZentrum München (HWZN) zwischen dem Helmholtz-Zentrum München für Gesundheit und Umwelt (HMGU) sowie den Universitäten in Bayreuth, Tübingen und der TU München, und das Center for Advanced Water Research (CAWR) zwischen UFZ und TU Dresden.

Durch bestehende Forschungsverbünde, wie den Geoverbund ABC / J (Forschungszentrum Jülich, Universitäten in Köln und Bonn, RWTH Aachen) oder Geo.X (Deutsches Geoforschungszentrum – GFZ, Universität Potsdam und weitere) wurden die Wasseraktivitäten an den beteiligten Institutionen durch die Etablierung des Helmholtz Wasser-Netzwerks verstärkt. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das durch die deutschlandweit bisher einzigartige Fusion einer Universität mit einer Großforschungseinrichtung entstanden ist, wurde im Rahmen des Helmholtz Wasser-Netzwerks eine Koordinationsstelle Wasserforschung für das KIT eingerichtet.

Im Rahmen der dritten Programmorientierten Förderphase (POF III, 2014–2018) der Helmholtz-Gemeinschaft repräsentiert das Helmholtz Wasser-Netzwerk das Querschnittsthema Wasser, das die wasserwissenschaftliche Expertise aus sieben Helmholtz-Zentren in fünf Programmen und zwei Forschungsbereichen sowie einer Helmholtz-Allianz und einem Helmholtz Virtuellen Institut bündelt. So steht hinter dem Helmholtz Wasser-Netzwerk eine »Wasser-Mannschaft« von rund 700 Wissenschaftlern (ohne Universitäten).

Im Helmholtz Wasser-Netzwerk werden gezielt Synergien zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung vorangebracht, gemeinsame Projekte durchgeführt und die Vernetzung mit führenden internationalen Partnern sowie mit der Wirtschaft



- Forschungszentrum Jülich (FZJ)
- RWTH Aachen
- Universität Bonn
- Universität zu Köln



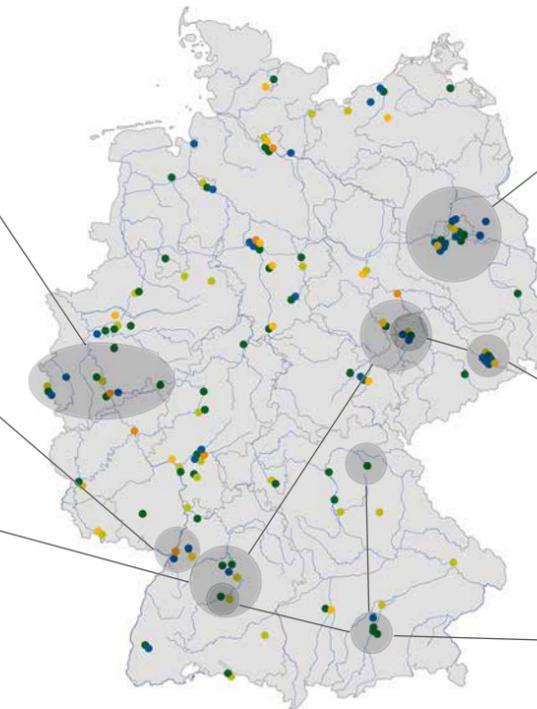
- Fusion des Forschungszentrums Karlsruhe mit der Universität Karlsruhe



- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
- Eberhard-Karls-Universität Tübingen
- Universität Hohenheim
- Universität Stuttgart

### Legende

- Fachhochschule
- Universität
- Forschungseinrichtung (außeruniversitär)
- Einrichtung des Landes
- Einrichtung des Bundes (Ressortforschung)



- Deutsches GeoForschungszentrum GFZ
- Universität Potsdam
- Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Alfred-Wegener-Institut (AWI), Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
- FU Berlin
- HU Berlin
- TU Berlin
- Naturkundemuseum zu Berlin



- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
- TU Dresden



- Helmholtz-Zentrum München für Gesundheit und Umwelt (HMGU)
- TU München
- Eberhard-Karls-Universität Tübingen
- Universität Bayreuth

Die Karte zeigt eine Übersicht aller im Wasserbereich forschenden, öffentlich finanzierten Einrichtungen.

Das Helmholtz Wasser-Netzwerk verstärkt die Verbindung zwischen außeruniversitärer und universitärer Forschung im Bereich Wasser. Bereits bestehende und durch das Helmholtz Wasser-Netzwerk neu initiierte Cluster zwischen Helmholtz-Zentren und Universitäten (dunkelgrau hervorgehoben) arbeiten thematisch zu den sechs großen Herausforderungen im Wasserbereich.

gestärkt. Durch Beteiligung oder Koordination international sichtbarer Aktivitäten, wie beispielsweise das vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen initiierte »World Water Quality Assessment« oder das »European Topic Center on Inland, Coastal and Marine Waters« der Europäischen Kommission zeigt sich, dass die Helmholtz-Gemeinschaft zunehmend als wichtiger, gestaltender Akteur in der nationalen und internationalen Wasserforschungs-Community wahrgenommen wird.

Das Helmholtz Wasser-Netzwerk ermöglicht zukünftig Chancen der institutionenübergreifenden Zusammenarbeit in gemeinsamen Forschungsprojekten zu den großen Herausforderungen im Wasserbereich durch bereits vorhandene und geplante Infrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft.

Dies trägt zu einer Spitzenpositionierung der deutschen Wasserforschung in Europa und international bei.

### Publikationen

- 1 »Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung. DFG 2003, Wiley-Verlag
- 2 »Wasserforschung in Deutschland – Schwerpunkte, Akteure, Kompetenzen«, UFZ, 2012
- 3 »Water Science Alliance White Paper – Priority Research Fields«, UFZ, 2010

<http://www.helmholtz-wassernetzwerk.de>

<http://www.watersciencealliance.de>

<http://www.onlineportal-wasserforschung.de>

<http://www.geo-x.net>

<http://www.cawr.de>

<http://www.wasserzentrum-muenchen.de>

<http://www.wess.info>

<http://www.kit.edu>

<http://www.geoverbund-abcj.de>

# III. Forschung im Helmholtz Wasser-Netzwerk

Das Helmholtz Wasser-Netzwerk setzt entscheidende Impulse zur Lösung der globalen Wasserprobleme. Dazu gehören unter anderem die Weiterentwicklung von Managementstrategien für Extremereignisse, wie Überschwemmungen und Dürren, Strategien für das Management von Schadstoffen im Wasserkreislauf, die gefährliche Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben können sowie die Entwicklung von Modellsystemen, die in der Lage sind, die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen innerhalb des Umweltsystems darzustellen.

Das Netzwerk der sieben Helmholtz-Zentren und ihrer universitären Schlüsselpartner basiert inhaltlich auf sechs Themenschwerpunkten, die sich an die prioritären Forschungsbereiche der Water Science Alliance anlehnen und diese langfristig innerhalb der Wasserforschungs-Community verankern. Auf der Basis der im Helmholtz Wasser-Netzwerk existierenden Kompetenzen wurden folgende interdisziplinäre Forschungsplattformen etabliert:

### ■ Forschungsplattform 1

#### **Globaler Wandel und hydrologische Extreme:**

Einfluss des Globalen Wandels auf die Wasserressourcen, hydrologische Extremereignisse, Vulnerabilität, Outreach und Systemlösungen

### ■ Forschungsplattform 2

#### **Urbanes Wasserressourcen-Management (UWRM):**

Wasser im urbanen System: Prozesse und Stoffdynamiken, langfristige Sicherung der Wasserqualität, Ökosystemdienstleistungen, Hochwasser in städtischen Gebieten, Ökonomie des Wassers

### ■ Forschungsplattform 3

#### **Integrierte Untersuchung von Stoffflüssen und Prozessen im regionalen Wasserkreislauf (SolFlux):**

Prozessverständnis terrestrischer Wasserflüsse, Reaktionsgeschwindigkeiten, Stoffflüsse und Stoffumsatzprozesse auf Einzugsgebietsskala

### ■ Forschungsplattform 4

#### **Integrierte Beobachtung des terrestrischen Wasserkreislaufs:**

Entwicklung neuer Beobachtungs- und Erkundungstechnologien zum Aufbau hydrologischer Messnetzwerke für die Modellentwicklung und -validierung, Datenmanagement, -integration und -assimilation

### ■ Forschungsplattform 5

#### **Integrierte Modellierung und Modellvergleiche:**

Modellkonzepte und Modellstrukturen, Modell-Benchmarking, Datenintegration und Softwareentwicklung

### ■ Forschungsplattform 6

#### **Komplexes Wassermanagement im Circum-Mediterranen Raum:**

Entwicklung integrierter Monitoringkonzepte, Modellierungsstrategien und Parametrisierung für wasserarme Regionen, Nachhaltiges Wasserressourcen-Management unter Einbeziehung sozio-ökonomischer und rechtlicher Rahmenbedingungen

Die im Helmholtz Wasser-Netzwerk behandelten Themenschwerpunkte reichen von methodischen Herausforderungen, wie das Verständnis von Wasser- und Stoffflüssen im Maßstab eines Einzugsgebietes, bis zu integrierten Beobachtungs- und Forschungskonzepten und der Entwicklung entsprechender Modelle, die die beobachteten Daten verarbeiten, um integrierte Systemantworten zu Fragen der Wasserwirtschaft und Governance zu beantworten. Darüber hinaus stehen Fragen zur globalen Wassersituation im Fokus, darunter

die Verbindungen zwischen Wasser-, Energie- und Nahrungssicherheit und die Herausforderungen im Zusammenhang mit Mega-Urbanisierung. Eng damit verbunden ist auch die Forschung zu den Risiken hydrologischer Extremereignisse, wie Überschwemmungen und Dürren, sowie das Management von Wasserressourcen in wasserarmen Regionen. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf dem Circum-Mediterranen Raum, einschließlich des Mittleren Ostens.

Stärkung methodischer Schlüsselkompetenzen

Bearbeitung generischer Wasserprobleme Globaler Dimension



Helmholtz Wasser-Netzwerk

# 1



© André Künzelmann, UFZ

## Globaler Wandel und hydrologische Extreme

Der Globale Wandel hat viele Gesichter: Klimaveränderungen, demographischer Wandel und die Globalisierung sind nur einige Faktoren, die Auswirkungen auf unsere Umwelt, Wirtschaft, Politik und Kultur haben.

Umweltveränderungen, wie erhöhte Besiedlungsdichte oder Landnutzungs- und Klimawandel, haben erhebliche Folgen auf Mensch und Ökosysteme. Die durch Extremereignisse, wie Hochwasser und Dürren, verursachten Schäden haben stark zugenommen. Die Anzahl verheerender Hochwasserkatastrophen hat sich in den letzten 50 Jahren verdoppelt, wobei sich die ökonomischen Einbußen im gleichen Zeitraum verfünffacht haben.



Im Sommer 2013 wurden durch das Elbe-Hochwasser viele Ortschaften im Osten von Deutschland überschwemmt. Das Gebiet an der Mündung der Saale in die Elbe war besonders betroffen (Barby in Sachsen-Anhalt). © André Künzelmann, UFZ

Der Osten Deutschlands war im Juni 2013 innerhalb von elf Jahren das zweite Mal von einem Hochwasser betroffen, welches stationär statistisch gesehen nur alle 100 Jahre auftritt. Langanhaltende, ergiebige Niederschläge in Verbindung mit einer extremen Übersättigung des Bodens führten zu gravierenden Hochwässern in den Einzugsgebieten Elbe und Donau. In beiden Flussgebieten wurden historische Höchstwasserstände erreicht, die Schäden in Höhe von mehr als zwölf Milliarden Euro in unterschiedlichen Sektoren verursachten.

Klimamodelle prognostizieren bis zum Jahr 2050 einen globalen Temperaturanstieg bis zu sechs Grad Celsius. Welche Auswirkungen solch erhöhte Temperaturen auf Niederschlagsintensitäten haben, untersuchen derzeit Wissenschaftler der Universität Potsdam. Die ersten Ergebnisse bestätigen: Es existiert ein signifikanter Zusammenhang zwischen Tagesmaximaltemperaturen und den Maximalintensitäten der Niederschläge bei kleinräumigen Gewitterereignissen. Das interdisziplinäre Team aus GFZ, UFZ, KIT und der Universität Potsdam forscht so gemeinsam, um den Einfluss verschiedener Faktoren des globalen Wandels auf die Risiken hydrologischer Extremereignisse besser zu verstehen und zu quantifizieren.

Die Wissenschaftler wollen in dieser Forschungsplattform zukünftige Ansätze entwickeln und implementieren, die zur Identifizierung



Forscher des GFZ und der Universität Potsdam untersuchen den Zusammenhang zwischen Tagesmaximaltemperaturen und Maximalintensitäten der Niederschläge bei kleinräumigen Gewitterereignissen und welche Auswirkungen diese auf den menschlichen Lebensraum, die Wirtschaft und Ökosysteme haben. © sborisov, Fotolia.com

der Treiber führen, die zu Änderungen der hydrologischen Extreme in Bezug auf die Gefährdung als auch auf die Vulnerabilität beitragen. Um die Ursachen bzw. die Auswirkungen der Hochwasser mit extremem Ausmaß zukünftig besser einschätzen zu können, entwickeln Forscher des GFZ und des KIT einen Ansatz der internationalen »Integrated Research on Disaster Risk Initiative« (IRDR) weiter, um Naturkatastrophen, wie großräumige Hochwasserereignisse in Deutschland, zu analysieren. Im Rahmen des Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) <sup>1</sup> wird dieser Ansatz aufgegriffen und forensische Hochwasserkatastrophenanalysen für Deutschland durch ereignisnahe Komponenten erweitert. So werden die Interaktionen zwischen dem Hochwasserereignis, den technischen Anlagen und Infrastrukturen sowie den gesellschaftlichen Strukturen in Echtzeit untersucht. Diese geben wichtige Informationen für das Katastrophenmanagement während und die Wiederaufbauplanungen nach Extremereignissen.

Nicht nur Schäden infolge von Hochwasserereignissen haben zugenommen, auch langanhaltende Trockenperioden und Dürren verursachten in Deutschland und Europa während der letzten zehn Jahre land- und forstwirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe. Wasserknappheit, Ernteertragsverluste und schwerwiegende Waldbrände haben deutliche Spuren in den Ökosystemen und der Wirt-



Steigende Temperaturen und eine höhere Variabilität der Niederschläge verursachen in Deutschland und Europa land- und forstwirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe. © gkuna, iStock.com

schaft der Regionen hinterlassen. In den Sommermonaten des Jahres 2003 wurden in Europa die höchsten Temperaturen der letzten 500 Jahre aufgezeichnet, die eine der schwerwiegendsten Dürren der Geschichte Mitteleuropas nach sich zogen. Allein in Deutschland waren landwirtschaftliche Schäden im Wert von über 1,5 Milliarden Euro zu verzeichnen.

Um zukünftig auf Dürren und Wassermangel besser reagieren zu können, modellieren Forscher des UFZ mit dem mesoskaligen hydrologischen Modell (mHM) eine hochaufgelöste Bodenfeuchtekarte für ganz Deutschland. mHM modelliert hydrologische Prozesse und ihre Interaktionen unter Berücksichtigung der Wachstumsphase der Pflanzen. Das Modell errechnet so einen Bodenfeuchte-Index, der anzeigt, ob an einem Ort Dürre herrscht oder nicht. Mit Hilfe des Modells können so vergangene und gegenwärtige Dürren hinsichtlich ihrer Ursachen, ihrer Verläufe und ihrer Auswirkungen näher beleuchtet werden. Mit der Weiterentwicklung von mHM wird es zukünftig möglich sein, Dürren vorherzusagen und so geeignete Anpassungsstrategien, beispielsweise für landwirtschaftliche Zwecke, zu entwickeln.

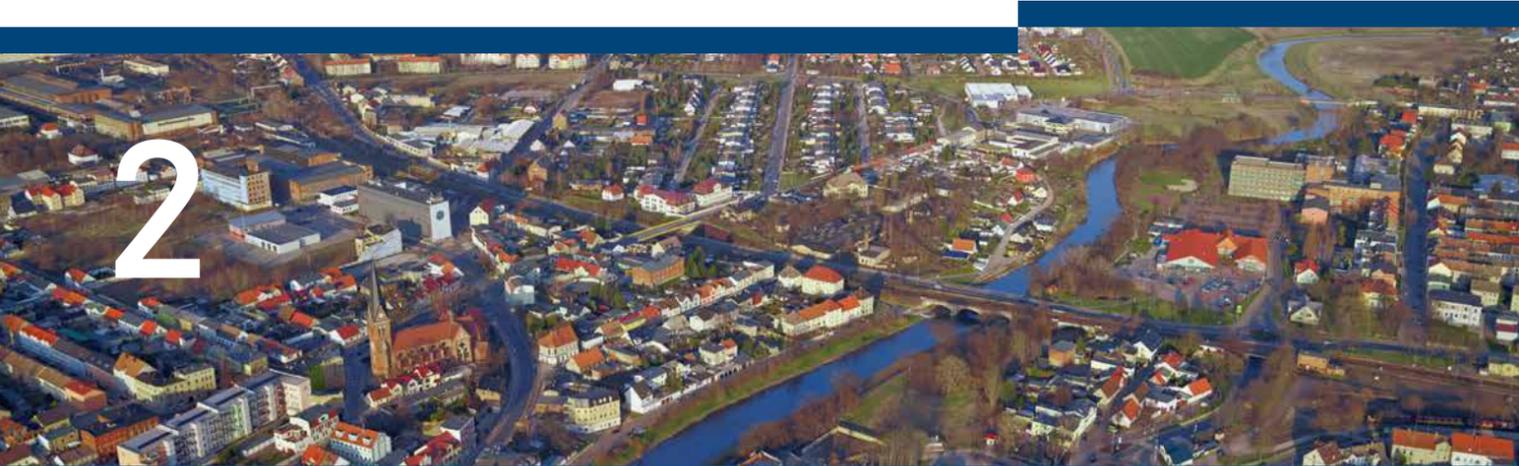
<sup>1</sup> CEDIM (Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology)



CEDIM ist eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung des GFZ und des KIT im Bereich des Katastrophenmanagements. In CEDIM spielen insbesondere Katastrophen, ihre Entstehung und ihre Auswirkungen auf die Natur und den Menschen eine große Rolle. Im Fokus der Forschungsarbeiten stehen Naturgefahren, wie Hochwasser, Dürren, Sturm, Hagel und Erdbeben. Zur Untersuchung der Themen arbeiten Wissenschaftler aus den Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften und aus den Ingenieurwissenschaften eng zusammen.

<http://www.irdrinternational.org>  
<http://www.cedim.de>  
<http://www.ufz.de/mhm>

# 2



© André Künzelmann, UFZ

## Urbanes Wasserressourcen-Management (UWRM)

Weltweit ist die Urbanisierung ein rapide voranschreitender Prozess und erhöht den Druck auf die Qualität und die Quantität der betroffenen Wasserressourcen.

Bereits heute leben mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung in Städten – mit stetig steigendem Trend. Gleichzeitig schrumpfen mittlere Städte in strukturärmeren Regionen Europas und die Bevölkerung altert, wodurch Herausforderungen für die Infrastrukturen sowie für die Sicherung der Wasserqualität entstehen. Urbane Regionen beanspruchen Wasserressourcen, koppeln Stoff-, Energie- und Wasserströme und diese wiederum belasten Gewässer und Umwelt durch Emissionen. Das Gesamtsystem ist durch die Vielfalt der Stoffe und deren unterschiedliche Eintragspfade sowie die Dynamiken und Rückkopplungseffekte sehr komplex.

Um die Interaktionen zwischen natürlichen und urbanen Gewässern besser zu verstehen, haben Forscher des **Center for Advanced Water Research (CAWR)** ein urbanes Langzeit-Observatorium im Stadtgebiet Dresden aufgebaut. In diesem werden Umsatz und Transportprozesse ökologisch relevanter Abwasser und Regenwasserinhaltsstoffe in urbanen Entwässerungssystemen und Fließgewässern analysiert. Untersucht wird auch, welchen Einfluss unsere alternde Gesellschaft auf die Schadstoffzusammensetzung in den Abwässern der urbanen Gebiete hat. Erhöhte Einleitungen von Medikamentenrückständen in die Kanalisation, die schließlich – geklärt oder ungeklärt – in die natürlichen Gewässer und somit auch in unser Trinkwasser gelangen, können durch Akkumulation und Langzeiteffekte eine Gefahr unbekanntes Ausmaßes für Menschen und Ökosysteme darstellen. Siedlungswasserwirtschaftler, Biologen und Hydrologen untersuchen gemeinsam im Urbanen Ob-

servatorium unter anderem die Verbreitung und Vermehrung antibiotikaresistenter Mikroorganismen, die sich in den Kanalsedimenten und dem sich an der Kanalwand bildenden Biofilm des Abwassersystems ablagern. Dabei spielt die Wechselwirkung von Qualität und Quantität der Wasserressourcen eine wichtige Rolle.



Forscher der TU Dresden bei der Entnahme von Proben im Kanalnetz der Stadt Dresden. © Jürgen Loesel

Um für Probleme dieser Art einen ganzheitlichen, integrierten Ansatz zum Management der Wasserressourcen zu entwickeln, müssen die Forscher über den »Tellerrand« ihrer Systemgrenzen schauen und gemeinsam mit Experten aus den Ingenieur-, Natur- und Sozialwissenschaften sowie Ansprechpartnern aus Wirtschaft und Politik zusammenarbeiten.

Bereits seit einigen Jahren haben Wissenschaftler der Forschungsplattform »UWRM« weitreichende Erfahrungen auf diesem Gebiet in gemeinsamen nationalen und internationalen Projekten gesammelt. Im Einzugsgebiet des Westlichen Bugs in der Ukraine untersuchten Forscher des UFZ und der TU Dresden gemeinsam mit der Stadtentwässerung Dresden sowie weiteren lokalen Partnern aus Politik, Wissenschaft und Praxis im Rahmen der Internationalen WasserforschungsAllianz Sachsen (IWAS), wie eine akzeptable Wasserqualität erreicht werden kann, indem dringend notwendige Investitionen im Wassersektor getätigt und hierfür entsprechende Anreizsysteme geschaffen werden können. Wissenschaftler unterschiedlichster Disziplinen entwickelten einerseits das notwendige Systemwissen und andererseits ein international genutztes, webbasiertes Capacity Development Werkzeug in Form der interaktiven E-Learning-Plattform »IWRM Education« zum Integrierten Wasserressourcen-Management, die zur Aus- und Fortbildung verschiedener Zielgruppen, von der Universität bis hin zu Verwaltung und Entscheidungsträgern, dient.



Wissenschaftler untersuchen die Gewässerqualität im Einzugsgebiet des Westlichen Bugs in der Ukraine. © Catalin Stephan, TU Dresden

Im Bereich angepasster Wasserversorgungs- und Abwassertechnologien in sich verdichtenden urbanen Räumen entwickeln Forscher des KIT platzsparende Verfahrenstechniken zur Behandlung von häuslichem und industriellem Abwasser. Die Wissenschaftler testen die Verwendung von partikulären Biofilmaggregaten zur Reinigung von kommunalem Abwasser. Des Weiteren wird die Entwicklung neuer Verfahren zur Stickstoffelimination untersucht, wie beispielsweise die Deammonifikation. Das aus wirtschaftlicher Sicht sehr interessante Verfahren (keine zusätzliche Kohlenstoffquelle notwendig, Einsparung von Belüftungsenergie, geringere Mengen an Klärschlamm) wird derzeit im großtechnischen Maßstab getestet. Darüber hinaus wird die Energieautarkie der Verfahren zur Abwasserbehandlung angestrebt, sodass diese potenziell Energie in Form von Wärme und elektrischem Strom liefern können.



Deammonifikationsreaktor in der Prozesswasserbehandlung der Zentralkläranlage Ingolstadt. © N. Wagner, KIT

CAWR (Center for Advanced Water Research)



Das CAWR bündelt die Kompetenzen im Wasserbereich von UFZ und TU Dresden in Form einer strategischen Kooperation: Mehr als 500 wissenschaftliche Mitarbeiter forschen gemeinsam zu zentralen Herausforderungen im Themen- und Handlungsfeld »Integriertes Wasserressourcen-Management im Globalen Wandel«. Als Verbund zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung mit einem Schwerpunkt auf inter- und transdisziplinärer Wasserforschung fokussiert das CAWR seine Arbeiten neben nationaler und internationaler Forschung auf Lehre und Transfer.

- <http://www.cawr.de>
- <http://www.iwas-initiative.de>
- <http://www.iwrn-education.de>

# 3



© Thomas Wöhling, Eberhard-Karls-Universität Tübingen

## Integrierte Untersuchung von Stoffflüssen und Prozessen im regionalen Wasserkreislauf (SolFlux)

Klimawandel, Landnutzungswandel und die zunehmende Anzahl und Menge der in die Umwelt abgegebenen chemischen Substanzen verändern die Stoffflüsse und -umsätze in der Atmosphäre, im Boden, in den Gewässern sowie in der Biosphäre maßgeblich.

Einer der wesentlichen Einflüsse auf die Gewässerqualität ist der Einsatz von Agrarchemikalien auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, die über den Boden in die ungesättigte Zone, das Grundwasser und die Oberflächengewässer transportiert werden. Das Wasser ist dabei Träger und Lösungsmittel vieler Substanzen, deren Wechselwirkungen, Abbauprodukte und Langzeitverhalten in der Biogeosphäre bisher kaum verstanden sind. Während die Prozesse im Labor teilweise nachvollzogen werden können, bleibt die Frage, was auf der für das Wassermanagement maßgebenden Landschaftsskala mit der Vielzahl der Stoffe passiert, in weiten Teilen unbeantwortet. Klimatische Veränderungen und Urbanisierung verändern zudem Eintragspfade und -mechanismen.

Wie sich durch extreme Niederschlagsereignisse hervorgerufene, pulsartige Einträge von Nähr- und Schadstoffen auf das Ökosystem auswirken und welche Prozesse damit verbunden sind, erforschen Wissenschaftler des HMGU zusammen mit der TU München sowie den Universitäten in Bayreuth und Tübingen in einem gemeinsamen Verbund: dem Helmholtz WasserZentrum München (HWZM). Da sich Schadstoffeinträge und ihre Verläufe im Feld meist nur schwer untersuchen und steuern lassen, prüfen Forscher am HWZM den Eintrag und Abbau von Schadstoff-Pulsen in einem naturnahen »Indoor-Aquifer«, einem der Natur nachempfundenen Grundwasserkörper im Labor.

Ziel ist es, mit Hilfe isotopenchemischer und molekularbiologischer Methoden in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung hydrologische, geochemische und ökologische Prozesse zu verstehen, die den Abbau gepulster Schadstoffeinträge kontrollieren. Hauptaugenmerk liegt auf einem der am weitesten verbreiteten Grundwasser-Schadstoffe: Toluol. Aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Toluol, stellen eine Bedrohung für die Wasserqualität dar, sind für den Menschen gesundheitsschädlich und fortpflanzungsgefährdend.



Im Indoor-Aquifer des Helmholtz WasserZentrums München (HWZM) werden Schadstoffeinträge und deren Abbauraten in einem künstlichen Grundwasserleiter erforscht. © Tillmann Lüders, HMGU

Seit den 1990er Jahren nimmt die Anzahl und die Konzentration neuer Spurenstoffe (emerging compounds), wie Pharmazeutika, Pestizide und Duftstoffe, in unseren Gewässern zu, und doch sind die langfristigen Auswirkungen dieser auf die Gesundheit von Mensch und Umwelt bis heute noch nicht ausreichend untersucht. Auch »alte« Einträge persistenter Schadstoffe, wie beispielsweise bis in die 1990er Jahre eingesetzte Pestizide (z. B. Atrazin) oder die Vorgänger heutiger Flammschutzmittel (PCBs – polychlorierte Biphenyle), können heute noch in Gewässern und im Boden nachgewiesen werden. Im Forschungsverbund WESS (Water & Earth Systems Science), an dem das UFZ und die Universitäten in Tübingen, Stuttgart und Hohenheim beteiligt sind und das eng mit dem HWZM zusammenarbeitet, wird das Umweltsystem als natürlicher »Reaktor« betrachtet. In den zwei Flusseinzugsgebieten des Neckar und der Bode werden die relevanten Prozesse erforscht, die für die Ausbreitung, den Verbleib und den Abbau von Nähr-, Schad- und Spurenstoffen auf der Landschaftsskala maßgeblich sind. Zur Bestimmung des Abbaupotenzials neuer Spurenstoffe in den Oberflächengewässern entwickelten Wissenschaftler des WESS-Kompetenzclusters eine spezielle Beprobungsmethode (»Lagrange'scher Ansatz«), mit dessen Hilfe definierte Wasserpakete über Flussabschnitte verfolgt und analysiert werden können. Dies erlaubt eine Beurteilung des Abbaupotenzials verschiedener Substanzen im Gewässer. So konnte nachgewiesen werden, dass bestimmte Stoffe, wie zum Beispiel das Anti-Epileptikum Carbamazepin oder chlorierte Flammschutzmittel, im Fluss nur sehr eingeschränkt abgebaut werden und damit im Gewässer akkumulieren.



Wissenschaftler des Forschungsverbundes WESS untersuchen im Bodeeinzugsgebiet die Austauschprozesse und Umsetzungsraten von gelösten Stoffen in der hyporheischen Zone durch hydrologische Markierstoffe. © Hermann Rügner, Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Die Arbeiten zum Abbaupotenzial verschiedener Stoffe sind eng verbunden mit Untersuchungen zum Stoffaustausch zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser. Um Austauschprozesse und Umsetzungsraten von gelösten Stoffen in diesem Übergangsbereich, der hyporheischen Zone, näher zu untersuchen, wurden die Wasserflüsse zwischen Fluss- und Grundwasser mit Hilfe spezifischer Markierstoffe (»reaktive Tracer«) bestimmt. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die hyporheische Zone wichtige Umsetzungsprozesse in der Umwelt bestimmt und geben damit Aufschluss über den Verbleib sowie den Abbau unterschiedlichster Spurenstoffe im Wasserkreislauf.

Ein weiterer hochaktiver Bereich für den (bio-) chemischen Abbau organischer Substanzen im Boden ist der Kapillarsaum. Wissenschaftler des KIT, des UFZ, der Universitäten in Tübingen und Stuttgart sowie aus weiteren Forschungseinrichtungen untersuchen in der DFG-Forscherguppe 831 »Dynamic Capillary Fringes« das Verhalten von Substanzen und ihre Abbaubarkeit in gesättigten und ungesättigten Bereichen des Bodens.

**SOLUTIONS** (SOLUTIONS for present and future emerging pollutants in land and water resources management)



Im EU-Projekt SOLUTIONS entwickeln Forscher des UFZ gemeinsam mit einer Vielzahl von europäischen Partnern Werkzeuge und Modelle, um die Vielfalt der vorhandenen Chemikalien in vier europäischen Flusseinzugsgebieten hinsichtlich ihres Risikos für Mensch und Umwelt zu bewerten. Schwerpunkt ist die Erkennung gefährlicher Stoffe sowie die Erarbeitung von Lösungsansätzen zur Verminderung der Risiken. Es werden bereits in der Vergangenheit eingetragene Schadstoffe, die die Qualität unserer Gewässer immer noch beeinflussen, sowie »neue« Schadstoffe, die heute durch Landwirtschaft, Medizin, Kosmetik und Industrie eingetragen werden, untersucht. Zukunftsszenarien sollen helfen, Lösungsvorschläge für Management-Strategien und die politisch gesteuerte Regulierung des Schadstoffeintrags zu entwickeln.



Im EU-Projekt SOLUTIONS nehmen und untersuchen Forscher während einer Forschungs Expedition auf der Donau Proben der am und im Fluss lebenden Organismen, wie Fische, Muscheln, Biofilme, Phyto-Plankton und Wasserpflanzen. © André Künzelmann

<http://www.wasserzentrum-muenchen.de>

<http://www.wess.info>

<http://www.solutions-project.eu>

# 4

## Integrierte Beobachtung des terrestrischen Wasserkreislaufs

Die Veränderungen des Umweltsystems, mit denen die Gesellschaft in den kommenden Jahrzehnten umgehen muss, werden durch Wechselwirkungen zwischen Land, Wasser, Atmosphäre und menschlichen Eingriffen bestimmt. Die Forscher des Helmholtz Wasser-Netzwerks entwickeln Methoden, um diese effektiv zu bestimmen und besser vorherzusagen.

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den Niederschlag, dieser wiederum auf die Abflussmengen in den Flüssen. Variierende Fließmengen und -dynamiken können die ökologischen Systeme verändern und diese können die Wasserqualität beeinflussen. Um solche Veränderungen und ihre Wechselwirkungen zu verstehen, sind langfristig angelegte, systemorientierte Forschungs- und Monitoring-Programme eine wichtige Voraussetzung. Ein besseres Verständnis des Umweltsystems kann helfen, die aquatischen Ökosysteme zu schützen und nachhaltige Wassermanagement-Strategien zu entwickeln. Kompartiment- (Boden, Wasser, Vegetation, Atmosphäre) und skalenübergreifende Langzeitbeobachtungen sind notwendig, um Langzeitprozesse und Rückkopplungsmechanismen zu identifizieren. Beobachtungsdaten werden in entsprechende Modelle überführt. Um eine optimale Nutzung der erfassten Daten zu erreichen, daraus ein verbessertes Systemverständnis zu gewinnen und Vorhersagen über die künftigen Veränderungen des Umweltsystems zu treffen, müssen Datenerfassung und Modellentwicklung aufeinander abgestimmt sein. Daher ist die Konzeption neuer und die Verbesserung bereits existierender Konzepte und Technologien zur Erfassung und Untersuchung ober- und unterirdischer Prozesse in Verbindung mit der Modellentwicklung notwendig.



Das TERENO-prealpine hydrometeorologische Testgebiet in den Ammergauer Alpen: Energieflussmessungen mittels Eddy-Kovarianz. © Harald Kunstmann, KIT

Ein Anspruch an verbesserte Messkonzepte und -technologien ist, die relevantesten Prozesse zu identifizieren und zu erfassen. Die seit 2008 bestehenden TERENO-Observatorien (Terrestrial Environmental Observatories) und weitere Helmholtz-Infrastrukturen (siehe Abschnitt V-Infrastrukturen) sind eine wichtige Forschungsgrundlage des Helmholtz Wasser-Netzwerks. Darüber hinaus müssen zur Erkennung raumzeitlicher Wandelprozesse Variablen, wie Wasserstände, Bodenfeuchte oder der Zustand der Vegetation, in

möglichst hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung flächendeckend erfasst werden. Die Helmholtz-Allianz »Fernerkundung und Dynamik des Erdsystems« (Remote Sensing and Earth System Dynamics) der Helmholtz-Zentren DLR, UFZ, FZJ, GFZ, HMGU, KIT, AWI und GEOMAR sowie der TU München, Universität Potsdam und weiteren nationalen und internationalen Partnern bietet in diesem Kontext neue Möglichkeiten für das Helmholtz Wasser-Netzwerk. Die Wissenschaftler der Zentren forschen gemeinsam an der Entwicklung innovativer Satellitenprodukte sowie Methoden zu deren Nutzung, die dynamische Prozesse der Hydrosphäre in einer bisher noch nicht vorhandenen Qualität erfassen können und so neue Erkenntnisse für die Wasserforschung liefern.



Forscher kalibrieren im Eifel-Rur-Observatorium (TERENO) Cosmic Ray Sensoren, um den Bodenfeuchtegehalt des Bodens zu messen. © Heye Bogena, FZJ

Um Fernerkundungsdaten mit Geländedaten am Boden zu validieren (»ground truth«), forschen die Wissenschaftler der Helmholtz-Zentren KIT, GFZ, UFZ, FZJ, HZG, DLR, HMGU, AWI, GEOMAR in unterschiedlichen Regionen der Erde in der Forschungsinfrastruktur ACROSS (Advanced Remote Sensing- Validation and Test Facilities). Informationen über die Bodenfeuchte werden über Sensoren im Boden (Bodenfeuchtenetzwerke) und nicht-invasiv über Cosmic Ray-Neutronensonden gemessen, die abgeschwächte Strahlungen bei höherem Feuchtegehalt in der Umgebung erfassen. Die Bodenfeuchte spielt eine Schlüsselrolle in Boden-Pflanze-Atmosphäre-Systemen, die in Kooperation mit TERENO im Sonderforschungsbereich Transregio 32 der Universitäten in Bonn, Köln und Aachen zusammen mit dem Forschungszentrum Jülich erforscht werden.



Geophysikalische und bodenhydrologische Messungen im Einzugsgebiet der Attert in Luxemburg im Rahmen der DFG-Forschergruppe CAOS. © Nicolas Allroggen, Universität Potsdam

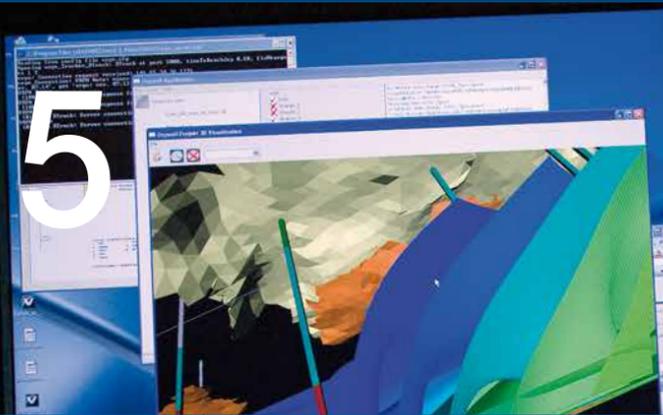
Die DFG-Forschergruppe CAOS (Catchments As Organised Systems) untersucht, wie die Organisation von Landschaften das Zusammenspiel zwischen räumlich verteilten hydrologischen Prozessen und dem integralen Abflussgeschehen kontrolliert. Die Wissenschaftler von KIT, GFZ, UFZ, der Universität Potsdam und weiteren Forschungsinstitutionen kombinieren in einem multi-skalierten Messdesign Beobachtungs- und Explorationstechnologien aus der Bodenphysik, Bodenökologie, Geophysik, Fernerkundung und (Tracer-)Hydrologie im Einzugsgebiet der Attert in Luxemburg. Die Erkenntnisse fließen in die Entwicklung eines neuen prozessbasierten Modellsystems für mesoskalige Einzugsgebiete ein. Die Helmholtz-Infrastrukturen bieten hier eine wichtige Grundlage.

COSYNA (Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas)



COSYNA ist das Küstenbeobachtungssystem des HZG. Dieses erfasst mit umfassenden Monitoring-Systemen den Umweltzustand der Nordsee. Dazu liefern zahlreiche, im Küstengebiet angebrachte oder mobile automatische Beobachtungsstationen sowie Satellitenmessungen kontinuierlich Daten für Modelle. Im Helmholtz Wasser-Netzwerk wird COSYNA genutzt, um den Einfluss der terrestrischen Wasser- und Stoffflüsse auf die Küstengebiete zu verstehen. So haben beispielsweise in der Landwirtschaft eingebrachte Pestizide und Düngemittel einen starken Einfluss auf die Ökosysteme. Ein gemeinsames »Twinning«-Projekt mit je zwei Doktoranden an UFZ und HZG wurde zur näheren Untersuchung der Land-Küsten-Interaktionen initiiert.

<http://www.tereno.net>  
<http://www.hgf-eda.de>  
<http://www.caos-project.de>  
<http://www.cosyna.de>



© André Künzelmann, UFZ

## Integrierte Modellierung und Modellvergleiche

Ein breites Spektrum einzelner Modelle beschreibt spezifische hydrologische Prozesse, Stoffflüsse und -speicher auf unterschiedlichen Skalen, in verschiedenen Kompartimenten und Komplexitäten. Zur Untersuchung der umfassenden Zusammenhänge des Umweltsystems ist es notwendig, die »ein Problem – ein Modell«-Methode weiterzuentwickeln.

Die dynamischen Veränderungen des Umweltsystems und unserer Gesellschaft stellt die hydrologische Modellierung vor eine Vielzahl neuer, ungelöster Herausforderungen. Zur Lösung dieser Herausforderungen sind adäquate und zuverlässige Modelle notwendig, welche die miteinander gekoppelten Systeme des Wasserkreislaufes auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen nachbilden können. Dazu sind flexible Modellstrukturen essentiell, um die relevanten Prozesse in allen Kompartimenten (beispielsweise Untergrund, Landoberfläche, Atmosphäre) integriert modellieren zu können. Integrierte Systemmodelle sind in der Lage, komplexe Wechselwirkungen verschiedener Umweltkompartimente und -prozesse abzubilden. Um eine realistische Nachbildung der Umweltprozesse zu gewährleisten, müssen die Modelle und die erhobenen Daten aus Experimenten und Langzeitbeobachtungen aufeinander abgestimmt sein.

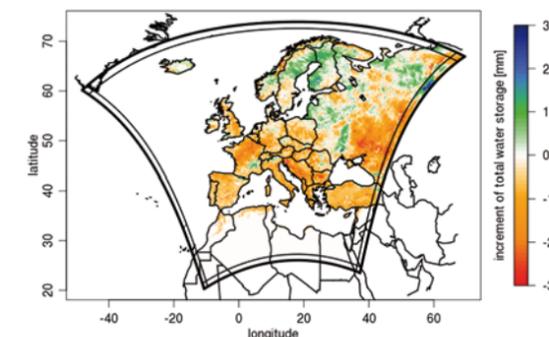
Drei Gruppen des Helmholtz Wasser-Netzwerks untersuchen und modellieren die komplexen Wechselbeziehungen zwischen hydrologischen Prozessen an der Landoberfläche mit denen in der Atmosphäre mit drei unterschiedlichen Ansätzen. Diese werden miteinander verglichen und Erfahrungen zu den unterschiedlichen Ansätzen

ausgetauscht. Ausgangspunkt für die Forschungsarbeiten am UFZ ist das mesoskalige hydrologische Modell mHM, welches verschiedene Prozesse, wie Verdunstung, Bodenfeuchte, Durchfluss und Grundwasserabfluss sowie deren Interaktionen untereinander, modelliert. mHM zeichnet sich durch seine einzigartige »Multiskalen-Parameter-Regionalisierung« aus: Gebietseigenschaften, wie beispielsweise Bodenstrukturen, Vegetation und geologische Eigenschaften, werden mit Hilfe von Transferfunktionen mit Modellparametern verknüpft, die durch bestimmte Skalierungsregeln auf größere Skalen übertragen werden. Dadurch wird eine konsistente und flusserhaltene Modellformulierung über die Skalen hinweg erreicht. Das Modell mHM kann daher sehr gut in Einzugsgebieten mit wenigen oder keinen hydrologischen Daten angewendet werden. Diese Modelleigenschaften sind von hoher Bedeutung bei auftretenden Extremereignissen, wie Hochwasser oder Dürren, um Managemententscheidungen ableiten zu können, insbesondere dort, wo hoch aufgelöste Messdaten fehlen.

Zukünftig werden die Wissenschaftler des UFZ den Ansatz zur Multiskalen-Parameter-Regionalisierung auf andere Modelle übertragen bzw. für andere Modelle weiterentwickeln. So wird aktuell

die Grundwasserkomponente von mHM durch ein komplexeres hydrogeologisches Modell ersetzt, um zukünftig auch Fragestellungen des Grundwasser-Managements bearbeiten zu können. Des Weiteren wird die Implementierung des Ansatzes in ein mesoskaliges Stofftransportmodell, ein mesoskaliges Isotopenmodell sowie ein Energietransportmodell vorbereitet.

Wissenschaftler des Geoverbundes ABC / J (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Universität zu Köln, RWTH Aachen, FZJ) haben sich zum Kompetenzzentrum HPSC-TerrSys (Centre for High-Performance Computing in Terrestrial Systems) zusammengeschlossen und untersuchen mithilfe der gekoppelten Modelle ParFlow-CLM+ COSMO, wie hydrologische Wechselbeziehungen zwischen Atmosphäre und Landoberfläche sowie Einflüsse auf Austauschprozesse zwischen Grundwasser und Fließgewässern mit Hilfe von Modellen adäquat berechnet und simuliert werden können. Um eine integrierte Untersuchung der Wasserressourcen auf kontinentaler Skala zu ermöglichen, implementieren die Forscher gekoppelte hydrologische Modelle und Landoberflächenmodelle zur Schließung der Wasser- und Energiekreisläufe über dem paneuropäischen Kontinent. Die Simulationsergebnisse helfen, auch durch die Nutzung neuer Möglichkeiten der Assimilierung mehrskaliger Fernerkundungsdaten, Wechselwirkungen der Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufe vom Untergrund bis in die Atmosphäre besser zu verstehen.



Änderung des integrierten terrestrischen Wasserspeichers im Zeitraum 2002 – 2004 in Europa. Signifikante simulierte Änderungen sind vor allem in Zentral-europa aufgrund der Hitzewelle des Jahres 2003 zu erkennen. © Stefan Kollet, FZJ

Forscher des KIT nehmen das hochaufgelöste regionale Klimamodell ECHAM-MM5, gekoppelt mit dem flächendifferenzierten Wasserhaushaltsmodell WaSiM, zur Grundlage ihrer Untersuchungen. Neben Abschätzungen der Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit ist es durch die vollgekoppelten Modellsysteme auch möglich, die skalen- und kompartimentübergreifenden Auswirkungen großflächiger Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt besser zu verstehen.

Benchmarking-Tests ermöglichen eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Modellarten von Modellentwicklern der ganzen Welt, um die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit der Modelle zu prüfen, zu verbessern und die Modelle gegebenenfalls miteinander zu koppeln. Mit der Modellvergleichs-Initiative HM Intercomp (Hydrologic Model InterComparison) setzen eine Reihe internationaler

Forscherguppen dieses Vorhabens in die Praxis um, auch unter Beteiligung des Helmholtz Wasser-Netzwerkes (UFZ, FZJ) und der Universität Köln). Untersucht wird die Leistungsfähigkeit ihrer Modelle im Hinblick auf spezifische Fragestellungen und verschiedene Skalen. Die Wissenschaftler testen in den Benchmarking-Projekten, welche Ergebnisse ihre, auf unterschiedlichen Ansätzen beruhenden Modelle, für einfache Referenzfälle liefern. Der Vergleich der Ergebnisse ermöglicht zudem die Identifizierung optimaler Modellstrukturen unter vorgegebenen Randbedingungen und hilft die Vorhersagequalität der Modellsysteme zu verbessern. Die Einbeziehung der Unsicherheiten, die durch Eingabegrößen, wie Klimaprojektionen in die Modelle eingebracht werden, aber auch Unsicherheiten aus den Modellstrukturen, werden bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt.



Um Prozesse und Zusammenhänge im Wasserkreislauf besser verstehen zu können, wird die reale Welt im Visualisierungszentrum VISLAB virtuell nachgebildet. © André Künzelmann, UFZ

### DFG-Forscherguppe 2131 Data Assimilation for Improved Characterization of Fluxes across Compartmental Interfaces

Wie sich komplexe, dynamische Simulationsmodelle für Wasser- und Energieflüsse vom Grundwasserbereich bis in die Atmosphäre mit der Entwicklung und Erprobung integrativer Datenassimilations-Techniken verbinden lassen, untersucht die DFG-Forscherguppe 2131. Wissenschaftler der Universitäten in Bonn, Tübingen, des FZJ, UFZ, KIT und weiteren Forschungseinrichtungen gestalten seit 2013 mithilfe von Fernerkundungsdaten Modelle so robust wie möglich, um Wechselwirkungen zwischen Landoberfläche und Atmosphäre gut abbilden zu können und um so Vorhersagen von Energie- und Wasserflüssen zu optimieren. Grundlage für die physikalisch-mathematischen Modelle sind Messdaten, die im Neckareinzugsgebiet durch Satelliten, Regenradare und andere Instrumente kontinuierlich erfasst werden.

- <http://www.ufz.de/mhm>
- <http://www.hp-sc-terrsys.de>
- <https://svn.ufz.de/hydrobench>
- <http://www2.meteo.uni-bonn.de/for2131/doku.php>

# 6

## Komplexes Wassermanagement im Circum-Mediterranen Raum

Eine der weltweit am stärksten vom Globalen Wandel betroffenen Regionen ist der Circum-Mediterrane Raum. Ein extrem schnelles Bevölkerungswachstum führt zu einer erhöhten Nachfrage nach Wasser, Energie und Nahrungsmitteln.

Klimamodelle prognostizieren einen starken Rückgang der Niederschläge und einen signifikanten Anstieg der Lufttemperaturen. Daraus wird eine erhebliche Verschärfung der bereits existierenden Wasserkrise in den Ländern des Mittelmeerraums resultieren.

Um die Herausforderungen in dieser besonders stark betroffenen Region anzugehen, bündeln und stärken die Forscher des Helmholtz Wasser-Netzwerks ihre Kompetenzen im Bereich der Forschung zu Wasserknappheitsproblemen. UFZ, KIT und GFZ sowie Partner aus Israel, Jordanien und den Palästinensischen Autonomiegebieten arbeiten gemeinsam im Helmholtz-Virtuellen-Institut DESERVE (DEad SEa Research VEnue) in den Themengebieten Wasser, Klima und Umweltrisiken.

Im Areal des Toten Meeres hat die bisherige, intensive Nutzung der ober- und unterirdischen Wasserressourcen viele Veränderungen mit sich gebracht: Fallende Grundwasserspiegel, die Verschmutzung der noch vorhandenen Wasserressourcen mit Schadstoffen aus industriellen und häuslichen Abwässern, Versalzung sowie der dramatische Rückgang des Wasserspiegels des Toten Meeres üben Druck auf das Ökosystem und auf die wachsende Bevölkerung aus. Zur Erfassung der relevanten Wasserhaushaltsgrößen der Einzugsgebiete des Jordans und des Toten Meeres wird derzeit ein grenzüberschreitendes, langfristig betriebenes Monitoring-Netz-

werk aufgebaut, welches meteorologische Parameter, wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Wind und Strahlung, erfasst und Daten aus Abfluss- und Grundwassermessstationen aufzeichnet. In dieses Langzeit-Monitoring-Netzwerk sind temporäre Messungen und Intensivmesskampagnen eingebettet, um die ablaufenden Prozesse im Wasserkreislauf in ihrer Komplexität und Variabilität besser zu verstehen. Der kombinierte Ansatz aus Langzeitmessungen und Prozessuntersuchungen ist die Basis für eine langfristige Abschätzung der Wasserverfügbarkeit in der Region des Toten Meeres.

Den Grundstein zu Arbeiten in der semi-ariden Region legten Forscher des KIT, des UFZ und weiteren Partnern aus Universitäten, Forschungseinrichtungen, Industrie und entscheidungsrelevanten Institutionen aus Deutschland und den drei Anrainerstaaten Israel, Jordanien und den Palästinensischen Autonomiegebieten bereits im Jahr 2006: In dem vom BMBF-geförderten Projekt SMART (Sustainable Management of Available Water Resources with Innovative Technologies) werden bis heute angepasste Wassermanagementstrategien unter Einbeziehung der rechtlichen, politischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten vor Ort weiterentwickelt und umgesetzt, um die verfügbare Wassermenge im Unteren Jordan-Tal nachhaltig zu erhöhen und gleichzeitig die Wasserqualität zu verbessern.

© ZAIAG



Meteorologischer Messmast westlich von Madaba (Jordanien). Im Hintergrund das Tote Meer. Seit März 2014 werden Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Lufttemperatur, relative Feuchte, kurzwellige und langwellige Strahlungsbilanz, Luftdruck, Niederschlag, Bodenwärmestrom, Bodentemperatur und Bodenfeuchte erfasst. © Friederike Lott, KIT

Da jeder Tropfen Wasser zählt, kann die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, die schwindenden Grundwasserressourcen zu entlasten. Eine Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Untersuchung der aufbereiteten Ab- und Flutwässer sowie für Capacity Development-Maßnahmen wurde in einer Gemeinde in der Nähe der jordanischen Hauptstadt Amman aufgebaut. Die Pilotanlage ermöglicht die Untersuchung der Qualität des Abwassers nach Durchlaufen der Reinigungsstufen, die Bestimmung der für die Nutzung der geklärten Abwässer optimalen Filtersysteme sowie die Stabilität der Aufbereitungssysteme unter den wüstenartigen Bedingungen der Region. Kosten-Nutzen-Berechnungen ergänzen das Spektrum und bieten eine robuste Grundlage für Entscheidungsträger. Durch die Einbeziehung von Entwicklungsbanken ist vorgesehen, in der dritten Phase des Projektes größere Gebiete mit dezentralen Abwasseraufbereitungsanlagen zu erschließen und zusätzliche Wasserressourcen zur Wiederverwendung zu gewinnen. Um die erlangten Ansätze aus Wissenschaft, Wasserpolitik und Implementierungsstrategien in der Region langfristig zusammenzubringen, wurde 2012 ein nationales Implementierungsbüro (National Implementation Committee for Effective Decentralized Wastewater Management in Jordan - NICE)  eingerichtet.



Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Untersuchung der aufbereiteten Ab- und Flutwässer sowie für Capacity Development-Maßnahmen in der Gemeinde Fuheis (Jordanien). © André Künzelmann, UFZ

NICE-Office (National Implementation Committee for Effective Decentralized Wastewater Management in Jordan)

Das NICE-Implementierungsbüro des SMART-Projektes im jordanischen Wasserministerium in Amman unterstützt den Infrastrukturaufbau für dezentrale Abwasseraufbereitungsanlagen. Zusammen mit jordanischen Stakeholdern aus acht verschiedenen Ministerien und Institutionen werden Implementierungsstrategien entwickelt, die die Interessen aller wichtigen Entscheidungsträger (Ministerien, NGOs, Universitäten, Kommunen) der Region berücksichtigen. Stakeholder und Netzwerke, beispielsweise die German Water Partnership (GWP), sind aktiv miteinbezogen, um die optimalen Ausgangsbedingungen zur Etablierung dezentraler Abwasseraufbereitungsanlagen zu schaffen und diese langfristig, auch durch Capacity Development Maßnahmen, zu etablieren.

<http://www.deserve-vi.net>  
<http://www.iwrm-smart2.org>  
<http://www.nice-jordan.org>  
<http://www.germanwaterpartnership.de>

## IV. Zukunft gestalten: eine Vision für die internationale Wasserforschung



**Prof. Dr. Georg Teutsch** ist Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, Vizepräsident und Forschungsbereichsleiter für den Bereich »Erde und Umwelt« in der Helmholtz-Gemeinschaft.



**Prof. Dr. Alexander Zehnder** ist ehemaliger Vorsitzender des Rats der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich. Heute ist er Direktor des Water Research Institute der Universität Alberta in Edmonton / Kanada sowie Gründer und Direktor der TripleZ GmbH.

Ein Interview von Tilo Arnholt, UFZ

Welche großen Herausforderungen sind im Wasserbereich für die Forschung international zukünftig besonders bedeutend?

**Prof. Teutsch** Man muss einerseits zwischen dem typisch mitteleuropäischen Raum mit gemäßigttem Klima, weit entwickelter Infrastruktur und relativ geregelten Strukturen und andererseits infrastrukturalarmen Regionen differenzieren. In Mitteleuropa beschäftigt uns vor allem die Wasserqualität. Im internationalen Kontext kommt zur Qualität das Quantitätsproblem hinzu. In sehr vielen Regionen ist Wasserknappheit ein ernstzunehmendes Problem und wird einen wesentlichen Einfluss auf die Ernährungssicherheit haben. Eine Weltbevölkerung von mehr als neun Milliarden Menschen wird, bei den derzeitigen Ernährungsgewohnheiten, mit den Wassermengen, die uns heute zur Verfügung stehen, nicht zu versorgen sein.

**Prof. Zehnder** Ein weiterer Aspekt sind Extremereignisse. Diese sind immer mit Wasser verbunden – entweder mit zu viel oder zu wenig.

Der Klimawandel treibt das Ganze noch auf die Spitze: Überschwemmungen, Sturm oder Trockenheit sind die Folge. Auch die Klimadebatte ist direkt mit Wasser verknüpft.

Bietet dieses sehr globale Thema Chancen, sich mit anderen Akteuren im Wasserbereich international zu vernetzen, um gemeinsam etwas gegen die Probleme der Welt zu tun?

**Prof. Teutsch** Wir wissen heute unheimlich viel zu einzelnen wissenschaftlichen Fragen, verfügen über ein gutes Prozessverständnis und haben auch exzellente Technologien entwickelt. Wir sind aber nicht so gut, wenn es um die Beantwortung der großen gesellschaftlichen Fragen geht oder Extremereignisse uns vor Augen führen, wie schlecht wir in der Prognose sind. Wasser als sehr komplexes Thema stellt an dieser Stelle eine besondere Herausforderung dar. Nehmen wir uns ein Hochwasserereignis als Beispiel: Dieses ist direkt in Verbindung zu setzen mit den Bodeneigenschaften, mit

Wetterprognosen, mit Monitoring, mit Landnutzung, mit Schwermetallen und vielem mehr. Ein Netzwerk kann hier die Akteure zusammenbringen. In Europa haben wir uns als Forscher in erster Linie lange nur mit dem europäischen Raum befasst. Gerade der deutschen Wasserforschung, die gut finanziert ist und über exzellente Wissenschaftler verfügt, fehlte es lange an Anreizen, sich für große Themen außerhalb Europas zu interessieren, die eine komplexe Herangehensweise erfordern. Ohne Anreize wird sich da nichts tun. Deshalb braucht es Initiativen wie diese.

**Prof. Zehnder** Die Frage, wo wir die Wasserprobleme im Griff haben, ist leicht zu beantworten: Dies sind Staaten mit guter Forschung, in denen Ingenieure und Wissenschaftler erfolgreich zusammengearbeitet haben. Das sind die Gebiete, in denen die Politik imstande ist, Wasser richtig zu managen. Es gibt kein hochentwickeltes Land, das nicht seine Wasserressourcen managen kann; auf der anderen Seite aber auch kein schlecht entwickeltes Land, das Wasser gut managt.

Also eine Gelegenheit für den Export in die Welt?

**Prof. Zehnder** Gewisse Technologien und Know-how sind in jedem Fall exportierbar. Da aber die Gewinnmarge sehr klein ist, sind im Wassergeschäft alle immer knapp am Überleben.

**Prof. Teutsch** Wenn man auf den Markt schaut und den Umwelttechnologiesektor dazunimmt, geht es um Wasserver- und -entsorgung, Verteilungssysteme, Energie etc., da ist die Branche etabliert. Ich

glaube aber, dass der Exportschlager die im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie entwickelten Methoden sein könnten. Im Sinne des Technologietransfers ist dies natürlich nicht patentierbar. Es ist aber ein enormer Wissenstransfer, der da drinsteckt und weltweit nachgefragt ist.

Welche Erwartungen setzen Sie in das Helmholtz Wasser-Netzwerk?

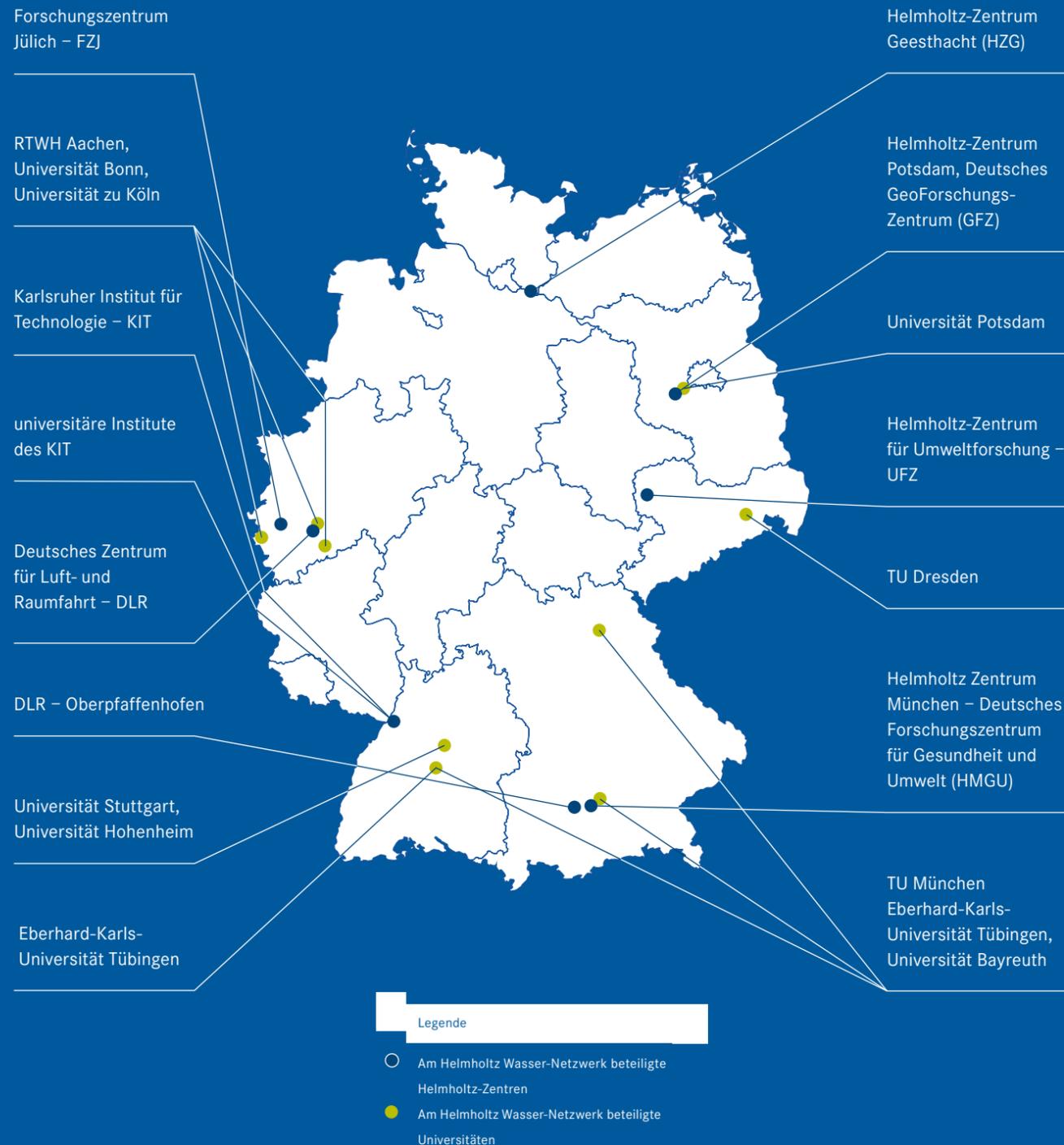
**Prof. Zehnder** Der Ansatz war, den Wissenschaftlern Raum zu bieten, um zusammenzuarbeiten und von dem großen Know-how zu profitieren. Ich denke, die vergangenen Jahre haben gezeigt, wie groß das Potenzial ist. Man sieht inzwischen, dass die Resultate dadurch um Größenordnungen besser geworden sind. Gemeinsam etwas an zusammen ausgearbeiteten Fragen zu entwickeln, ist wissenschaftlich interessanter und relevanter. Das ist natürlich die Stärke des Netzwerkes, und das ist auch die Stärke der Helmholtz-Gemeinschaft, die so etwas tragen, initiieren und solche nationalen Aufgaben angehen kann.

**Prof. Teutsch** Das Helmholtz-Wassernetzwerk war sozusagen der Startpunkt – nicht zuletzt durch die Unterstützung von Prof. Zehnder als Senatsmitglied. Aber es war von Anfang an geplant, nicht DAS Helmholtz-Wasser-Institut zu gründen, das das System zentral steuert. Sondern eine Plattform aufzubauen, die durch die Community getragen werden muss. Es ist eine Basis, aber jetzt kommt der Praxistest, und da bin ich optimistisch.



© André Künzelmann, UFZ

## V. Institutionelle Kapazitäten der beteiligten Zentren



### Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Entwicklung innovativer Satellitenprodukte
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Radar mit synthetischer Apertur (SAR), Modellierung und Inversion von Bodenfeuchte aus SAR-Daten, Flugzeug- und Satelliten-SAR-Systeme

### Forschungszentrum Jülich – FZJ

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Boden-Wasser-Modellierung
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Schlüsseltechnologien für Energie und Umweltforschung, Bioökonomieforschung, Modellierung komplexer Systeme, skalenübergreifende Umweltforschung
- **Universitäre Schlüsselpartner im HWN:** RWTH Aachen, Universität zu Köln, Universität Bonn

### Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt – HMGU

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Grundwasser und Wasserqualität
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Grundwasserressourcen, hydrologische und geochemische Prozesse, Umweltmikrobiologie, Grundwasserökologie, Ecosystem Services, nachhaltige Ressourcennutzung, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Trinkwasserqualität
- **Universitäre Schlüsselpartner im HWN:** Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Universität Bayreuth, TU München

### Helmholtz-Zentrum Geesthacht – HZG

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Stoffkreisläufe Land-Küstenmeer
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** In-situ Beobachtungssysteme, Verhalten und Effekte von Chemikalien am Übergang Land-Küstenmeer, Eutrophierung von Küstengewässern, Modellierung von Verteilungspfaden

### Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum – GFZ

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Monitoring, hydrologische Prozesse und hydrologische Extreme
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Multi-skalige Beobachtungsmethoden, Hydrologische Prozesse von der Oberfläche bis zum tiefen Untergrund, Analyse von hydrologischen Extremen, Hochwasserrisiko- und Vulnerabilitätsbewertung unter Berücksichtigung des Globalen Wandels.
- **Universitärer Schlüsselpartner im HWN:** Universität Potsdam

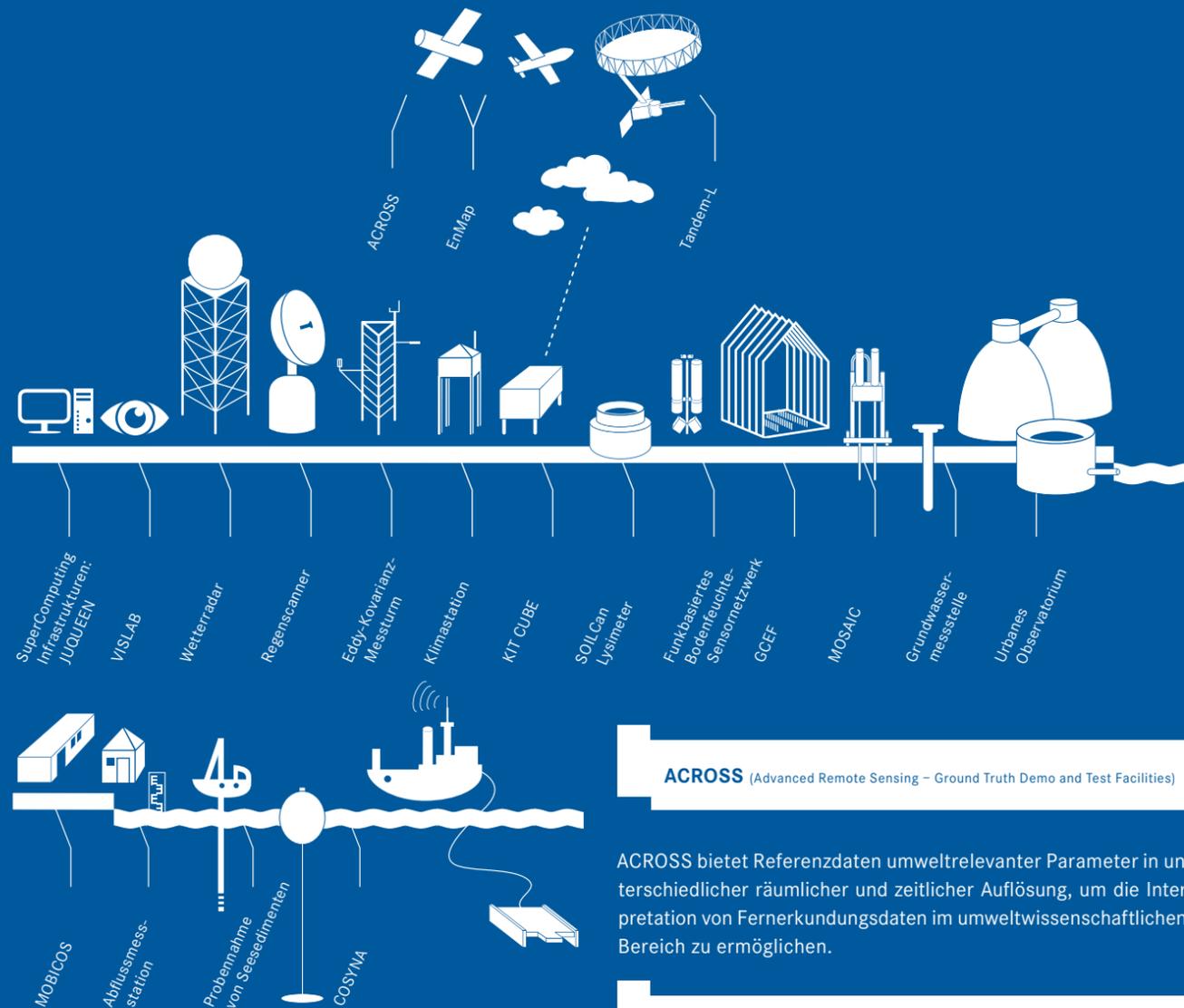
### Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Nachhaltiges Wasserressourcenmanagement, Modellentwicklung und Wasserknappheit
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Untersuchung des Wasserkreislaufs, Mensch-Umwelt-Beziehungen, Ökologie, Gewässerqualität, Boden und Landnutzung, Biodiversität, Folgen des Klimawandels und Anpassungsmöglichkeiten, Umwelt- und Biotechnologien, Verhalten von Chemikalien in der Umwelt und ihre Wirkung auf die Gesundheit, Modellierung und sozialwissenschaftliche Fragestellungen
- **Universitäre Schlüsselpartner im HWN:** TU Dresden, Eberhard-Karls Universität Tübingen, Universität Stuttgart, Universität Hohenheim

### Karlsruher Institut für Technologie – KIT

- **Schwerpunkte im Helmholtz Wasser-Netzwerk:** Technische Wassersysteme, hydrologische Prozesse, Atmosphäre und Klima
- **Kompetenzen im Wasserbereich:** Wassertechnologie (Wasseraufbereitung, Prozessforschung zur Wasser- und Stoffdynamik in natürlichen Systemen, atmosphärischer Wasserkreislauf, Modellentwicklung und Modellierung (experimentell, numerisch, in-situ), Wassermanagement und wasserwirtschaftliche Maßnahmen, Wassertechnologie (Wasseraufbereitung, Entsorgung und Behandlung von Abwasser)
- **Universitäre Schlüsselpartner im HWN:** Universitäre Institute des KIT

# Infrastrukturen



## ACROSS (Advanced Remote Sensing – Ground Truth Demo and Test Facilities)

ACROSS bietet Referenzdaten umweltrelevanter Parameter in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung, um die Interpretation von Fernerkundungsdaten im umweltwissenschaftlichen Bereich zu ermöglichen.

## COSYNA (Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas)

COSYNA ist das Langzeit-Observatorium und Küstenbeobachtungssystem für den deutschen Teil der Nordsee. Dieses ermöglicht, mit umfassenden Monitoringsystemen den Umweltzustand der Nordsee zu erfassen. Dazu liefern zahlreiche, im Küstengebiet angebrachte oder mobile automatische Beobachtungsstationen sowie Satellitenmessungen kontinuierlich Daten für Modelle.

Die Helmholtz-Infrastrukturen sind ein wichtiger Bestandteil der Forschung im Helmholtz Wasser-Netzwerk. Die Infrastrukturen werden genutzt, um Prozesse des Wasserkreislaufes und des terrestrischen Systems im Labor, in der Umwelt und aus dem Weltall zu beobachten, zu untersuchen und zu erfassen. Mithilfe der aufgenommenen Daten werden Modelle angetrieben, um den gegenwärtigen bzw. zukünftigen Zustand des Umweltsystems realitätsnah abzubilden.

## EnMap (Environmental Mapping and Analysis Program)

EnMap wird die erste deutsche hyperspektrale Erdbeobachtungsmission im Orbit sein. Aus den spektralen Aufzeichnungen von EnMAP lassen sich quantitativ Oberflächenparameter ableiten, die den Zustand und die Veränderung terrestrischer und aquatischer Ökosysteme beschreiben.

## GCEF (Global Change Experimental Facility)

Die GCEF ist eine Freilandversuchsanlage in Bad Lauchstädt, welche es gestattet, auf großen Feldparzellen klimatische Bedingungen zu erzeugen, die für die Zukunft erwartet werden. Dabei werden vor allem erhöhte Temperaturen und saisonweise (vor allem im Sommer) reduzierte Niederschläge für die Region Mitteldeutschland simuliert.

## JUQUEEN (Jülich Blue Gene / Q. Supercomputing Platform)

JUQUEEN ist Teil des Supercomputing Center Jülich und derzeit einer der schnellsten High-Performance-Computer in Europa. Mit etwa sechs Billionen Rechenoperationen pro Sekunde können hochkomplexe Modelle aus den Bereichen der Klimatologie, der Neutronenforschung und der Materialwissenschaften im Nanobereich oder der Neurologie betrieben werden.

## KITcube (Gesamtbeobachtungssystem zur Sondierung der Atmosphäre)

KITcube ist ein Gesamtbeobachtungssystem zur experimentellen Erforschung der Atmosphäre. Die Instrumente zur bodengestützten Fernerkundung der Atmosphäre (Radar und Lidar) und die Geräte für in-situ-Messungen (z. B. Turbulenz, Strahlung) können alle relevanten Prozesse und meteorologischen Parameter in einem Atmosphärenvolumen von zehn Kilometer Seitenlänge zeitlich und räumlich vollständig erfassen.

## MOBICOS (Mobile Aquatic Mesocosms)

MOBICOS sind acht in oder an Gewässern stationierte mobile Container, in denen naturnahe Untersuchungen und Experimente im Elbe- und Bodeeinzugsgebiet durchgeführt werden. Diese Infrastruktur ist die Schnittstelle zwischen Labor- und Feldexperimenten.

## MOSAIC (Model Driven Site Assessment, Information and Control)

MOSAIC ist eine Plattform für die modellgestützte geohydrologische Erkundung des oberflächennahen Bereichs unter Verwendung neuer, gering-invasiver Methoden. Die in MOSAIC vereinigten Technologien machen eine hochauflösende Erkundung komplexer Untergrundstrukturen möglich.

## Tandem-L

Tandem-L ist ein Vorschlag für eine hochinnovative Satellitenmission zur globalen Beobachtung von dynamischen Prozessen auf der Erdoberfläche. Die Satelliten können dringend benötigte Informationen zur Lösung hochaktueller wissenschaftlicher Fragestellungen aus den Bereichen der Bio-, Geo-, Kryo- und Hydrosphäre liefern.

## TERENO (Terrestrial Environmental Observatories)

TERENO ist ein Netzwerk von Observatorien zur integrierten Erdbeobachtung in besonders klimasensitiven Räumen in Deutschland (Nordostdeutsches Tiefland, Harz / Mitteldeutsches Tiefland, Niederrheinische Bucht, Bayerische Alpen / Voralpen). Wissenschaftler untersuchen in TERENO auf regionaler Ebene die langfristigen Auswirkungen des Globalen Wandels auf die terrestrischen Umweltsysteme sowie deren Konsequenzen für soziale und ökonomische Zusammenhänge.

## Urbanes Observatorium Dresden

Das urbane Langzeit-Observatorium im Stadtgebiet Dresden untersucht die Interaktionen zwischen natürlichen und künstlichen, städtischen Gewässern. Forscher analysieren Umsatz- und Transportprozesse ökologisch relevanter Abwasser- und Regenwasserinhaltsstoffe in urbanen Entwässerungssystemen und Fließgewässern.

## VISLAB (Visualisierung der terrestrischen Umwelt)

VISLAB ist ein Visualisierungszentrum und ermöglicht die 3D-Visualisierung von Daten, die aus Messungen und numerischen Simulationen resultieren. Geowissenschaftliche Modellergebnisse können so anschaulich dargestellt werden, um den Dialog zwischen Wissenschaftlern und Entscheidungsträgern zu verbessern.

# Daten und Fakten

Das Helmholtz Wasser-Netzwerk ist ein Verbund der in die Wasserforschung involvierten Helmholtz-Zentren und ihrer Schlüsselpartner an den Universitäten. Es bündelt die Kompetenzen des Wasserbereichs aus zwei Forschungsbereichen (Erde und Umwelt sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr) und fünf Forschungsprogrammen sowie einer Helmholtz-Allianz (Remote Sensing and Earth System Dynamics) und einem Helmholtz Virtuellen Institut (DESERVE). Des Weiteren fördert das Helmholtz Wasser-Netzwerk die außeruniversitäre und universitäre Zusammenarbeit in thematischen Forschungsplattformen. Unter Nutzung der in der Helmholtz-Gemeinschaft zur Verfügung stehenden Infrastrukturen für die experimentelle Untersuchung und das Langzeit-Monitoring von Umweltprozessen, leistet die Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen des Helmholtz Wasser-Netzwerks einen wesentlichen Beitrag zur Lösung globaler Wasserprobleme.

## Beteiligte Zentren und Ansprechpartner

**Koordination:**  
**Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ**  
 PI: Prof. Dr. Dietrich Borchardt

Kontakt: Greta Jäckel  
 Telefon: +49 341 2351784  
 greta.jaekkel@ufz.de

**Weitere beteiligte Zentren:**  
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)**  
 PI und Kontakt: Prof. Dr. Alberto Moreira  
 Telefon: +49 8153 28-2306  
 alberto.moreira@dlr.de

**Forschungszentrum Jülich (FZJ)**  
 PI und Kontakt: Prof. Dr. Jan Vanderborght  
 Telefon: +49 2461 61-2281  
 j.vanderborght@fz-juelich.de

**Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ**  
 PI: Prof. Dr. Bruno Merz

Kontakt: Dr. Sergiy Vorogushyn  
 Telefon: +49 331 288-1519  
 sergiy.vorogushyn@gfz-potsdam.de

**Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung (HZG)**  
 PI und Kontakt: Prof. Dr. Kay Emeis  
 Telefon: +49 4152 87-1548  
 kay.emeis@hzg.de

**Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU)**  
 PI: Prof. Dr. Rainer Meckenstock

Kontakt: Dr. Tillmann Lüders  
 Telefon: +49 89 3187-3687.  
 tillmann.lueders@helmholtz-muenchen.de

**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**  
 PI: Prof. Dr. Harald Horn, Prof. Dr. Harald Kunstmann

Kontakt: Dr. Ulrike Scherer  
 Telefon: +49 721 608-48230  
 ulrike.scherer@kit.edu

### Am Helmholtz Wasser-Netzwerk beteiligte Helmholtz-Forschungsbereiche in POF III

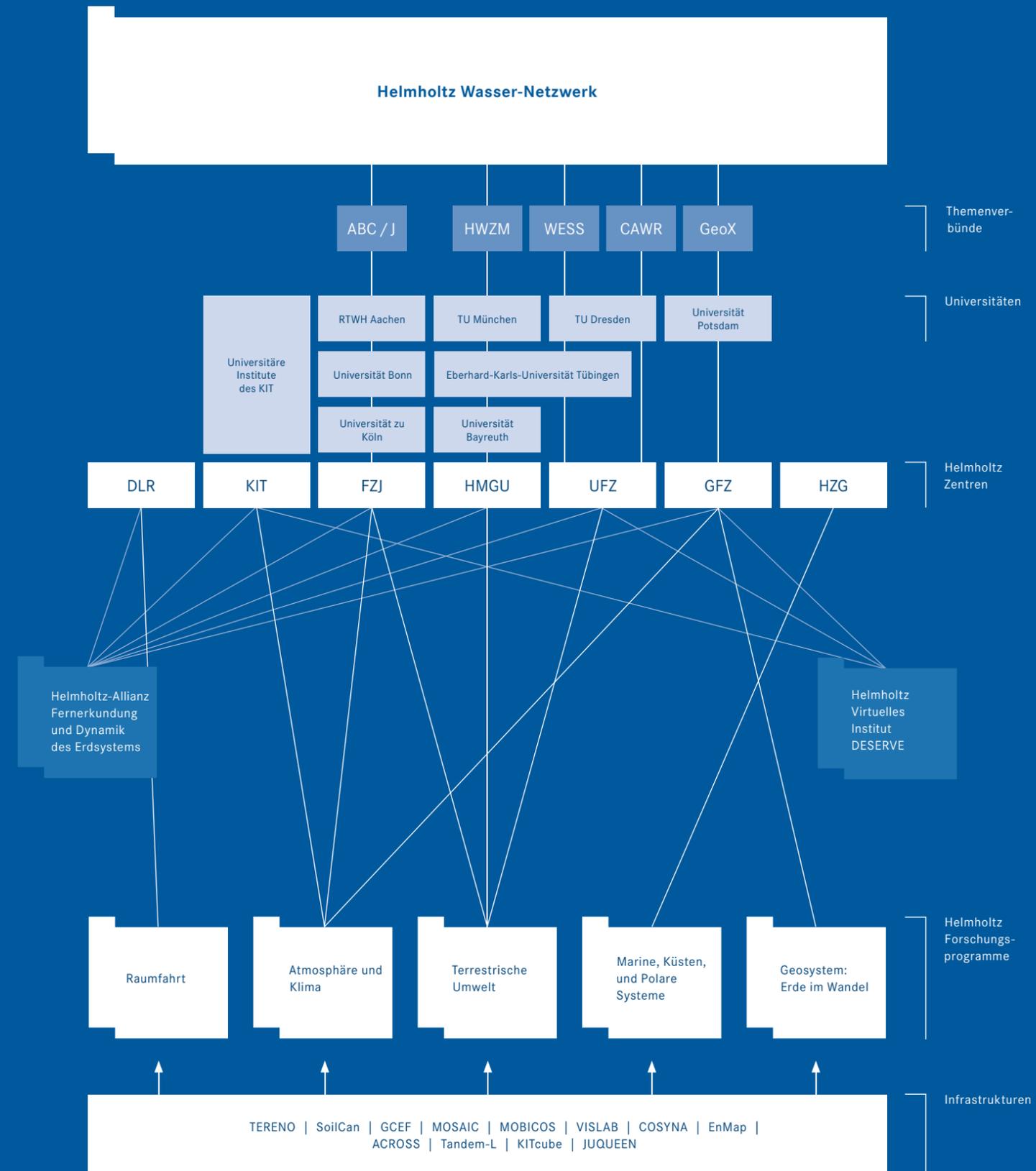
- Erde und Umwelt
- Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

### Am Helmholtz Wasser-Netzwerk beteiligte Forschungsprogramme in POF III

- Geosystem: Erde im Wandel
- Marine, Küsten- und Polare Systeme
- Atmosphäre und Klima
- Terrestrische Umwelt
- Raumfahrt

### Am Helmholtz Wasser-Netzwerk beteiligte Helmholtz-Allianz und Helmholtz Virtuelles Institut:

- Fernerkundung und Dynamik des Erdsystems
- DESERVE



# Impressum

[www.helmholtz-wassernetzwerk.de](http://www.helmholtz-wassernetzwerk.de)

## Redaktion und Autoren

Greta Jäckel, Elisabeth Krüger, Axel Bronstert, Sergiy Vorogushyn,  
Ulrike Scherer, Kay Emeis, Stephan Kollet, Kathrin Vermöhlen,  
Alberto Moreira, Tillmann Lüders, Hermann Rügner, Jörg Seegert

## Kontakt

Greta Jäckel, [greta.jaeckel@ufz.de](mailto:greta.jaeckel@ufz.de)

## Layout und Gestaltung

Metronom | Agentur für Kommunikation und Design GmbH, Leipzig

## Druck:

GVD Gutenberg Verlag und Druckerei GmbH, Leipzig

## Veröffentlicht

Juli 2014

---

[www.helmholtz-wassernetzwerk.de](http://www.helmholtz-wassernetzwerk.de)

