

Zwischenruf

Wasser: Achtung!

Klimawandel – Sekundäreffekte auf das Wasser

Mit Beiträgen aus Ökologie, Geophysik, Klimatologie,
Raum-, Agrar- und Wirtschaftswissenschaften,
Medizin und Technologie



Editorial



**Liebe Leserinnen,
liebe Leser,**

Es gibt Begriffe, die in den vergangenen Jahrzehnten unverdienterweise eine Abnutzung durch inflationären Gebrauch erfahren haben. Zwei davon müssen zum vorliegenden Zwischenruf „Wasser: Achtung!“ in den Fokus gerückt werden: ganzheitlich und nachhaltig.

Wenn wir über Wasser reden, dessen Gebrauch und dessen Schutz, dann geht es um Nachhaltigkeit. Kommende Generationen benötigen ebenso wie wir sauberes Wasser in ausreichender Menge. Dabei muss man gar nicht in die von Dürren gefährdeten Weltregionen schauen, um sich um Knappheit zu sorgen. Auf Deutschland selbst kommen durch den globalen Wandel Probleme zu, von denen viele noch nicht ausreichend Beachtung durch Politik und Medien finden. Wie soll etwa der verstärkte Anbau von Biomasse für energetische und stoffliche Nutzung erfolgen – bei zunehmender Trockenheit in den Sommermonaten und häufigeren Extremereignissen? Die primären Effekte des globalen Wandels sind bereits im öffentlichen Bewusstsein verankert, doch dahinter verstecken sich sekundäre Effekte, Rückkoppelungen und unerwartete Nebenwirkungen, auf die dieser Zwischenruf aufmerksam machen möchte.

Die Bandbreite der Themen, die von den Instituten der Leibniz-Gemeinschaft abgedeckt werden, ist eine besondere Stärke, gerade wenn es um die Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen geht. Das Thema „Sekundäre Effekte des Klimawandels auf Wasser“ ist eine solche Herausforderung. Es geht dabei nicht nur um das Trinkwasser und die Biodiversität in den Flüssen und Seen, sondern auch um neuartige Krankheitserreger, Nahrungssicherung und Hochwasserschutz. Es geht um veränderte Rahmenbedingungen für Versicherungen und Industrieproduktion ebenso wie um eine Koordination von Raumplanung und Wasserwirtschaft. Das erfordert eine neue Herangehensweise und vor allem eine ganzheitliche Betrachtung.

Mit dem „Zwischenruf“ wenden wir uns in erster Linie an Entscheider in Politik und Verwaltung. Ich bin zugleich überzeugt, dass auch viele andere die Forschungsergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen an die Politik mit großem Interesse lesen werden.

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'K. U. Mayer'.

*Karl Ulrich Mayer
Präsident der Leibniz-Gemeinschaft*

Inhalt

EINLEITUNG: Wasser: Achtung!	4
<i>Hubert Wiggering (ZALF), Klement Tockner (IGB), Gunnar Lischeid (ZALF), Aranka Podhora (ZALF)</i>	
Auf der Suche nach passenden Institutionen	8
<i>Insa Theesfeld (IAMO), Katrin Drastig (ATB)</i>	
Gewässer im Klimastress – Was tun?	13
<i>Peter Kasprzak, Michael Hupfer, Peter Casper, Mark Gessner, Hans-Peter Grossart (IGB)</i>	
INTERVIEW: Virtuelles Wasser – bedenken!	18
<i>Marianela Fader (PIK)</i>	
Mehr Raum für Wasser!	20
<i>Carolin Galler (Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover), Peter Müller (ARL), Gregor Prinzensing (IRS), Katlen Trautmann (IÖR)</i>	
Zu trocken oder zu nass?	25
<i>Christoph Jeßberger (ifo), Tim Mennel (ZEW), Daniel Osberghaus (ZEW), Markus Zimmer (ifo)</i>	
Lebensgrundlage und Infektionsgefahr	32
<i>Jürgen May (BNI), Johannes Glaab, Michael Kneissl (FBH)</i>	
Wasser – Second Hand	38
<i>Gunnar Lischeid (ZALF), Peter Langendörfer (IHP)</i>	
Gefahr von unten	42
<i>Kathleen Schwerdtner Mániz, Marion Glaser, Sebastian Ferse (ZMT), Helga Wiederhold, Hans Sulzbacher (LIAG)</i>	
GREENPILOT	47
<i>Luciana Zedda, Tanja Meyer, Heike Grelka (ZB MED)</i>	
Autorenliste	48
Ansprechpartner	52

Wasser: Achtung!

Klimawandel, schwindende Seen und warum Moskitos Weltenbummler werden

Hubert Wiggering (ZALF), Klement Tockner (IGB), Gunnar Lischeid (ZALF), Aranka Podhora (ZALF)

Wasser als Ressource und Lebensraum

Wasser steht wie kaum ein anderes Element für das Leben auf unserem Planeten. Als Umweltgut ist es daher, wie Boden oder Luft, eine besonders schützenswerte Ressource. Lediglich 3,5 % des Wasseraufkommens auf der Erde sind Süßwasser, zumeist als Eis in den Polen, Gletschern und in Dauerfrostböden gebunden, wo es zwar wesentliche Funktionen erfüllt, aber nicht unmittelbar genutzt werden kann. Von den 118.000 km³ Wasser, die weltweit theoretisch pro Jahr zur Verfügung stehen (zum Vergleich: der Rhein hat einen Jahresabfluss von 60 km³), fließen 49 % ins Meer, 50 % nutzen die Wälder, Steppen und Feuchtgebiete als Ökosysteme, 0,9 % werden für die Bewässerung verwendet und nur 0,1 % stehen tatsächlich dem Menschen für die Deckung seiner Grundbedürfnisse und für die Industrie zur Verfügung. Wasser gibt es demnach ausreichend, leider nicht immer dort, wo es gebraucht wird, und nicht immer dann, wenn es von Nöten ist.

Zugang zu hygienisch sauberem Trinkwasser, ausreichend Wasser für die Landwirtschaft, für die industrielle Produktion, für die wasserwirtschaftliche

Nutzung sowie der Schutz vor Hochwasser und wasserbezogenen Krankheitserregern, aber auch die Erhaltung der biologischen Vielfalt stellen globale Herausforderungen dar. Weltweit werden derzeit etwa 500 Milliarden Euro pro Jahr in den Wassersektor investiert, zum Großteil für die Wasserversorgung und -entsorgung in den Industriestaaten. Weniger als 20 Milliarden Euro fließen in den globalen Gewässerschutz.

Dass Wasser eine essentielle und oft knappe Ressource für den Menschen, seine Wirtschaft wie auch für Ökosysteme darstellt, ist also hinlänglich bekannt. Durch diese besondere Rolle werden zentrale Fragen immer wieder diskutiert: Ist Wasser ein handelbares Gut gleich einem Lebensmittel oder soll Wasser für die wirtschaftlichen Entwicklungen einen besonderen Schutzstatus erhalten? Soll Wasser privaten Rechten unterliegen oder staatlich reguliert werden?

Und: Die Ressource ist einerseits durch den Klimawandel bedroht und kann andererseits, z.B. als Hochwasser, selber zur Bedrohung werden. Zwar sind diese Primäreffekte des Klimawandels inzwischen im Bewusstsein der meisten Entscheidungsträger verankert, werden aber in den politischen Entscheidungen leider nicht ausreichend berücksichtigt oder gar vergessen. Zudem werden viele der zurzeit geforderten Maßnahmen zum Schutz des Wassers der Komplexität

dieser vielfältigen Zusammenhänge in einer begrenzten Welt nicht gerecht. Häufig werden natürliche Schutzmechanismen gegen Gewässerverschmutzung, gegen Hochwasser etc. unterschätzt. Und noch viel häufiger kann es durch Sekundäreffekte des Klimawandels auf den Wasserhaushalt zu einer Verschärfung kritischer Situationen oder aber auch zu ganz neuen Problemen kommen. Und schließlich hat auch jede Adaptationsmaßnahme ihre oft unterschätzten Nebenwirkungen. Die Entwicklung von Anpassungskonzepten an den Klimawandel zugunsten des Schutzes der Ressource Wasser erfordert deshalb einen breiten inter- und transdisziplinären Ansatz, den dieser Zwischenruf aufzeigen soll.

Wie der Klimawandel direkt auf Wasser wirkt

Wasser wird durch den Klimawandel besonders beeinträchtigt. Bekannte Primäreffekte sind: das Abtauen der Gletscher, Ernteauffälle durch Dürreperioden oder auch Überschwemmungen.

Weltweit zählen Hochwässer zu den teuersten und verlustreichsten Naturkatastrophen. Zwischen 1900 und 2004 waren 2,9 Milliarden Menschen davon betroffen, mehr als 130 Millionen wurden obdachlos und knapp drei Millionen starben. Tendenz steigend! Allein Bangladesch ist ein riesiges Überschwemmungsgebiet. Die Flüsse aus

dem Himalaya „ernähren“ das am dichtest besiedelte Land der Welt. Seit etwa 30 Jahren aber nehmen Hochwässer und Dürren als Folge des Landnutzungswandels in den Einzugsgebieten und als Folge des Klimawandels zu.

Auch die Qualität von Wasser wird durch den Klimawandel zunehmend beeinträchtigt. So sind unsere Binnengewässer (noch) Zentren der biologischen Vielfalt, vergleichbar den Korallenriffen oder den tropischen Regenwäldern. Obwohl Seen und Flüsse nur 0,8 % der Erdoberfläche bedecken, beherbergen diese 10 % aller bekannten Tierarten und ein Drittel aller Wirbeltiere. Diese Vielfalt nimmt dramatisch ab, mehr als in allen anderen Ökosystemen.

Zudem verschärfen die Energie- und Klimakrise den Druck auf die Gewässer als Ökosysteme und auf das Wasser als Ressource. Das zeigt sich im zunehmenden Konflikt zwischen der Produktion erneuerbarer Energie und Wasserknappheit, Bioenergieerzeugung und dem rasanten Anstieg der Wasserkraftnutzung bei gleichzeitig häufiger Wasserknappheit. Dabei erzeugen Stauseen, gerade in den Tropen, oft mehr Treibhausgase als durch die Kompensation von fossilen Kraftstoffen eingespart wird.

Aber auch die steigenden Anforderungen an Biomasse zur stofflichen wie energetischen Nutzung erfordern im Zusammenhang mit dem Klimawandel

neue Lösungen für den Wasserkreislauf, insbesondere bei regional sinkenden Niederschlägen. Wo mehr Biomasse gebraucht wird, steigt der Bedarf an künstlicher Bewässerung für die Landwirtschaft. Entnimmt man das Beregnungswasser dem Grundwasser, verringert sich die ohnehin bereits zurückgehende Menge des Grundwassers oder aber es schwinden die Flüsse und Seen. Wird das Beregnungswasser von den Pflanzen aufgenommen und durch Transpiration an die Atmosphäre abgegeben, wird die Wassermenge in der Atmosphäre erhöht, was in größerer Entfernung zu größeren Niederschlagsmengen führt. Das Beregnungswasser, das vor Ort versickert, erreicht wieder das Grundwasser und der Kreislauf beginnt von vorne. Durch derartige Kreislaufführung werden Nähr- und Schadstoffe im Oberboden angereichert, was den nächsten Problembereich der Grundwasserqualität aufruft.

Indirekte Wirkungen – oder sekundäre Effekte des Klimawandels

Mit jeder Katastrophe erwecken die geschilderten Effekte erneut die Aufmerksamkeit von Presse, Öffentlichkeit und Politik. Dies gilt leider nicht gleichermaßen für die Sekundäreffekte des Klimawandels auf das Schutzgut Wasser. Sekundäreffekte schließen sich an die Primäreffekte an und intensivieren diese oftmals. Dies soll mit dem vorliegenden Zwischenruf verdeutlicht werden.

So zeigt sich deutlich, dass die verschiedenen Regionen und Sektoren unterschiedlich auf die klimabedingten Wasserschwankungen reagieren und daher individuelle rechtliche und kon-

zeptionelle Regelungen geschaffen werden müssen, die auch eine enge und integrierte Abstimmung zwischen Wasserwirtschaft und Raumplanung sowie angepasste institutionelle Rahmenbedingungen beinhalten. Hier kann ein professionelles Wassermanagement mit einem gezielten Rückhalt in der Landschaft und Grundwasseranreicherung wie in Brandenburg oder durch Kreislaufwirtschaft dem Klimawandel auch in wasserarmen Regionen entgegen wirken. Zudem ist das sogenannte virtuelle Wasser als Teilaspekt der Produktion mit in die Betrachtungen einzubeziehen. Mit adäquaten Lösungsansätzen gilt es u.a. auch die Wirtschaft zu stabilisieren, denn bereits heute leiden Industrien unter klimabedingten Wasserverknappungen. Andererseits können staatliche Vorgaben beispielsweise für Hochwasserversicherungen eine zentrale Rolle spielen, um bestimmte wasserrelevante Fragestellungen von übergeordneter Bedeutung einheitlich zu regeln.

Entscheidend ist es zudem, den Blick nicht nur auf Deutschland zu richten, sondern ebenso die internationalen Verflechtungen des Themas zu bedenken. So breiten sich in Deutschland verstärkt tropische Krankheitserreger und deren Überträger aus, wodurch hier spezielle Überwachungs- und Reinigungssysteme geschaffen werden müssen. Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) erkranken pro Jahr 2,3 Milliarden Menschen durch verunreinigtes Wasser, 3,5 Millionen Menschen sterben an wasserbürtigen Krankheiten. Sauberes Trinkwasser, adäquate Abwasserreinigung, verbesserte Hygienebedingungen und wasserbürtige

Krankheiten sind untrennbar miteinander verbunden.

Des Weiteren werden Parallelen zwischen deutschen und internationalen Erfahrungen am Beispiel der Salzwasserintrusion auf kleinen Inseln deutlich. Dies eröffnet Möglichkeiten, im internationalen Erfahrungsaustausch voneinander zu lernen.

Wasser – ein nationales und internationales Diskussionsthema

In Deutschland hat der Gesetzgeber Wasser seit 1957 über das Wasserhaushaltsgesetz geschützt und Nutzungen geregelt. Die Nationen (UN) erklärten den 22. März zum Welt-Wassertag, um auf die Bedeutung dieser Ressource aufmerksam zu machen. Im Jahr 2010 hat die Vollversammlung der Vereinten Nationen den Zugang zu sauberem Trinkwasser und zu sanitärer Grundversorgung zum Menschenrecht erklärt. Allerdings ist es als Menschenrecht nach Völkerrecht nicht einklagbar, sodass sich vorerst keine rechtlichen Konsequenzen daraus ergeben. Werden allerdings sauberes Wasser und Sanitäranlagen als sogenannter angemessener Lebensstandard angesehen, könnte dies einklagbar werden¹.

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992 in Rio de Janeiro, dem „Erdgipfel“, standen Umweltgüter in der Rio Declaration on Environment and Development weniger im Vordergrund, jedoch unterzeichneten zahlreiche Staaten hier die Klimarahmenkonvention. 2002 unterstrich dann die Johannesburg-Erklärung über nachhaltige Entwicklung deutlicher die Bedeutung von Wasser:

„air, water and marine pollution continue to rob millions of a decent life“. Eine Forderung war es, „to speedily increase access to such basic requirements as clean water“. Internationale Grundlagen sind also gelegt, sich dem Thema Wasser auch auf der kommenden Konferenz der Vereinten Nationen im Jahre 2012 in Rio de Janeiro (Rio +20) erneut zu widmen. Die Notwendigkeit, sich dabei nicht nur auf die Primäreffekte zu konzentrieren, sondern verstärkt auch die Sekundäreffekte zu betrachten, werden im vorliegenden Zwischenruf deutlich.

Durch die offensichtlichen Primärfolgen des Klimawandels auf das Wasser stehen die wissenschaftlichen Forschungen, aber auch die politischen Forderungen zu den Sekundäreffekten bisher oftmals im Hintergrund. Gerade im Hinblick auf „Rio+20“ sind wissenschaftliche Ergebnisse und damit verbundene politische Forderungen jedoch wichtiger denn je.

Die Expertisen der Leibniz-Einrichtungen – einzeln oder zusammengeführt – ermöglichen Antworten auf diese Fragen und sollen dazu beitragen, diese Lücken um die Sekundäreffekte zu schließen.

Warum die Moskitos zu Weltendummeln werden, erahnen Sie jetzt schon. Aber was es mit schwindenden Seen auf sich hat, das erfahren Sie letztlich in dem Zwischenruf. Zudem sind Sie eingeladen, bei weiteren Fragen an die Institute der Leibniz-Gemeinschaft heranzutreten, die sich intensiv mit der Forschung zum Wasser befassen. Ansprechpartner finden sie ab Seite 48.

¹Vgl. <http://www.redglobe.de/nordamerika/usa/3896-wasser-ist-ein-menschenrecht>



Abb.: A. Prochnow (ATB)

Wintergerste mit interzeptiertem Wasser

Auf der Suche nach passenden Institutionen

Auf der Suche nach passenden Institutionen

Klimawandel fordert alle politischen Ebenen heraus

Insa Theesfeld (IAMO), Katrin Drastig (ATB)

Die Bedeutung von Wasser in der Landwirtschaft

Künftig werden immer mehr Menschen mit einem immer größeren Energiebedarf pro Kopf durch landwirtschaftliche Produkte ernährt werden müssen, die auf tendenziell schrumpfenden Anbauflächen erzeugt werden. Der Bewässerungslandwirtschaft wird dabei eine entscheidende Rolle zukommen: Mit jedem aufgewendeten Liter Wasser muss künftig eine größere Menge landwirtschaftlicher Produkte erzeugt werden. Hinzu kommt, dass in Zukunft mit zunehmender Trockenheit in den wichtigsten Vegetations-

phasen, aber auch mit singulären Ereignissen wie Spätfrösten und Starkregen sowie mit einer generellen Veränderung der Vegetationsperiode zu rechnen ist. Neben primär pflanzenbaulichen Anpassungsstrategien, bei denen Wassereffizienz durch technischen Fortschritt und eine verbesserte Steuerung der Bewässerungsverfahren im Fokus steht, sind vor allem sekundäre institutionelle Anpassungsstrategien gefragt, also die Anpassung von Regeln und Koordinationsmechanismen im Umgang mit der Ressource Wasser.

Anpassungsstrategien

Der höchste Wasserbedarf der Pflanzen besteht während der Phase der maximalen Blattbildung und des höchsten Massenzuwachses. So sollte zum Bei-

spiel in Deutschland im Juli und August den hiesigen Rübenbeständen ein Drittel des gesamten Jahreswasserbedarfs zur Verfügung stehen. Es gibt nun Möglichkeiten, durch Auslese und Zucht trockenheitsresistente Sorten zu erzeugen oder sogar den Zeitpunkt der Blüten- und Fruchtentwicklung zu steuern. Ein weiterer Weg zur Erhöhung der Wassereffizienz ist der Einsatz von modernen Bewässerungsverfahren, wobei besonderes Augenmerk auf die Steuerung gelegt werden muss. Denn unabhängig vom Bewässerungsverfahren entscheidet die Steuerung mehr über die Wassereinsparung als die Technik selbst.

Neben diesen primären Strategien gibt es auch sekundäre Anpassungsstrategien, insbesondere institutionelle Innovationen im landwirtschaftlichen Wassersektor. Es geht hierbei um die Anpassung von Regeln und Koordinationsmechanismen im Umgang mit der Ressource Wasser: Wie können Organisationen und Behörden im landwirtschaftlichen Wassersektor auf den bevorstehenden Wandel reagieren? Bei der Antwort auf diese Frage sind nicht nur die Prognosen für den Klimawandel zu berücksichtigen, sondern auch zahlreiche weitere sozio-ökonomische und politische Antriebskräfte.

Zu diesem Thema hat das IAMO gemeinsam mit dem Deutschen Institut für Entwicklungspolitik in Bonn Studien im Bundesland Brandenburg, im Ebro-

Flussbecken in Spanien und im US-Bundesstaat Kalifornien durchgeführt. Diese Studien zeigten, wie Wasserbehörden auf unterschiedlichen Verwaltungsebenen eine Reihe institutioneller Innovationen eingeführt haben, um das landwirtschaftliche Wassermanagement an den Klimawandel anzupassen.

Die wichtigsten Trends lassen sich wie folgt zusammenfassen: Neben horizontaler Zusammenarbeit der Behörden, zum Beispiel Kooperation von Landwirtschafts- und Wasserbehörde, wird auch die vertikale Zusammenarbeit immer populärer, beispielweise durch die Einbeziehung von Interessengruppen. Die drei untersuchten Länder haben den Bedarf an breiter sozialer Beteiligung erkannt, der für einen erfolgreichen Umgang mit den vielfältigen Aspekten und Folgen des Klimawandels nötig ist. Des Weiteren werden Anpassungsstrategien an den Klimawandel verstärkt als Kriterium für finanzielle Fördermechanismen herangezogen.

Dabei gibt es aber auch Probleme, etwa unklare Zuständigkeiten, wenn innerhalb der politischen und verwaltungstechnischen Hierarchie auf Bundes-

Mit dem steigenden Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten und den klimabedingten veränderten Einflüssen müssen neben den technischen auch innovative institutionelle Anpassungsstrategien für die Wassernutzung geschaffen werden.



Abb.: H. Foltan (ATB)

Die Wasserversorgung von Kulturpflanzen kann eine immer größer werdende Herausforderung für die Landwirte darstellen.

Länder- oder Bezirksebene kooperiert wird. Ähnliches gilt für die horizontale Interaktion zwischen verschiedenen Sektoren und Organisationen. Gleichermaßen behindert bürokratisches Verhandlungsvermögen institutionelle Veränderungen. Wurde beispielsweise immer zentral aus der Hauptstadt entschieden, wer zu welchen Konditionen Wasser aus Flüssen und Brunnen entnehmen darf, so wird es schwer sein, eine Regelung durchzusetzen, die die Verantwortung auf die lokale Ebene verlagert und Mitsprache der Nutzer ermöglicht. Gerade aber im Umgang mit der Ressource Wasser sind die lokalen Gegebenheiten oft entscheidend.

Handlungsempfehlungen an die Politik

Betriebsbezogene pflanzenbauliche Strategien

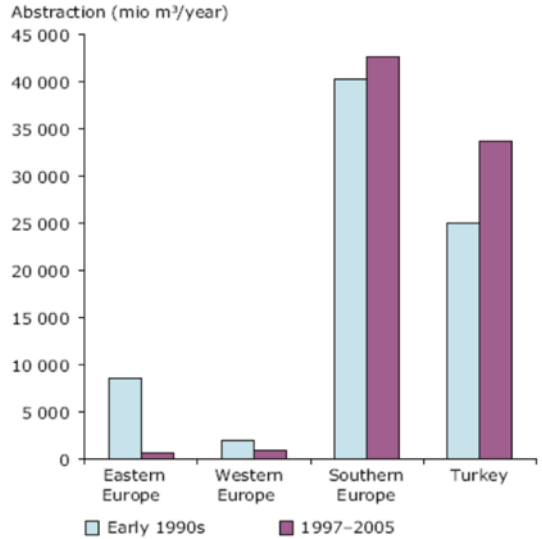
Wasser ist bei vielen Ackerbausystemen der limitierende Faktor. Für die primären pflanzenbaulichen Anpassungsmaßnahmen gilt, dass diese nicht pauschal für Betriebe in einer Region abzuleiten sind. Es ist nicht möglich, Aussagen zu einem „Besser“ oder „Schlechter“ einzelner Maßnahmen, die die Wassereffizienz steigern könnten, zu treffen. Es ist immer das gesamte ‚System landwirtschaftlicher Betrieb‘ in Betracht zu ziehen. Landwirte ebenso wie Behördenmitarbeiter sollten mit den neuesten Forschungser-

gebissen in einer verständlichen Weise vertraut gemacht werden, um daraus jeweils die besten Anpassungsmaßnahmen für lokale Gegebenheiten ableiten zu können. So müssen beispielsweise Bodenbearbeitung und Bodenbestellung, Aussaat, Fruchtarten und Fruchtfolgen und Bewässerung an die Bodenart, die Grundwasserverhältnisse und die Witterung angepasst werden ebenso wie an die aktuelle Marktlage.

Zahlen zur effizienteren Wassernutzung durch einzelne Maßnahmen stellen ein Novum in diesem Kontext dar. In der gerade ins Leben gerufenen Forschergruppe AgroHyd (<http://www.atb-potsdam.de/agrohyd>) wird am ATB unter anderem dieses Thema bearbeitet.

Aus den laufenden Forschungen sind folgende Handlungsempfehlungen zu geben:

- **Unterstützendes institutionelles Umfeld für Landwirte schaffen:** Landwirte benötigen ein gewisses Maß an Planungssicherheit, um Investitionen in neue Technik oder neue Anbaustrategien umzusetzen. Zu dieser Planungssicherheit zählt die Unterstützung durch Mehrgefahrenversicherungen sowie das Dürrehilfsprogramm, das heute schon Anwendung findet. Politik und Behörden können hier durch Informationen helfen und die Versicherungsbranche kann in



Wasserentnahme für Bewässerung

diesem Zusammenhang vorhandene Entwicklungspotenziale nutzen.

- **Unterstützendes institutionelles Umfeld für Organisationen und Behörden im landwirtschaftlichen Wassersektor gewährleisten:** Als sekundäre Anpassung an den Klimawandel gelten die Veränderungen, die sich bereits in den landwirtschaftlichen Wasserbehörden vollziehen. Bürokratisches Verharungsvermögen gilt es frühzeitig zu erkennen und ihm entgegenzusteuern. Finanzielle Anreizsysteme und Fortbildungsmaßnahmen helfen Mitarbeiter zu motivieren, sich in neue Arbeitsabläufe und Prozesse einzuarbeiten.
- **Neue Koordinationsmechanismen im landwirtschaftlichen Wassersektor erforderlich:**

Anpassungen des landwirtschaftlichen Wassersektors können nicht nur innerhalb des landwirtschaftlichen Sektors betrieben werden. Eine integrierende Sichtweise und ein Management über verschiedenen Sektoren hinweg sind erforderlich. Integriertes Wasserressourcenmanagement (IWRM) als derzeitiges Paradigma des Wassermanagements und die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie weisen Wege hierzu auf. Ein Kern beider Konzepte ist die Partizipation lokaler Akteure und Wassernutzer an Entschei-

dungen zum Wassermanagement. Besonders hier ist die Politik gefragt, einen Rahmen zu schaffen in dem echte Partizipation möglich ist, die über bloße Informationsverbreitung hinausgeht. Um einen tatsächlichen Einfluss auf Design von Maßnahmen und Programmen zu haben, müssen Partizipationsforen dauerhaft etabliert bleiben. Vertrauen kann geschaffen werden, wenn erarbeitete Vorschläge auch tatsächlich in Maßnahmen umgesetzt werden. Dies setzt voraus, dass die Zuarbeit zu einem Entscheidungsbefugten gegeben ist.



Bewässerte Oliven auf Kreta



Sauberes Wasser - eine weltweit knapper werdende Ressource

Gewässer im Klimastress – was tun?

*Peter Kasprzak, Michael Hupfer,
Peter Casper, Mark Gessner,
Hans-Peter Grossart (IGB)*

“Gewässerreich – aber wasserarm“

So lautet kurzgefasst eine klimatologisch-hydrologische Beschreibung des nordostdeutschen Tieflandes, vor allem der Bundesländer Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Die Niederschlagsmengen in Deutschland nehmen von Südwesten und Westen nach Nordosten ab. Das Ergebnis ist eine angespannte Wasserbilanz in den nordöstlichen Regionen, besonders während der Sommermonate. Im Gebiet des Großen Stechlinsees, etwa 75 km nördlich von Berlin, beträgt die jährliche mittlere Niederschlagsmenge 634 Liter pro Quadratmeter (L/m^2). Die Verdunstung liegt bei $549 L/m^2$. Über den offenen Seeflächen verdunstet mehr Wasser als durch

Niederschläge ersetzt wird. Nur die positive Bilanz der Landflächen von etwa $85 L/m^2$ sorgt für eine Grundwasserneubildung und ermöglicht dadurch die Existenz zahlreicher Seen und kleinerer Fließgewässer.

Der Klimawandel wirkt sich auf anthropogen geprägte Gewässersysteme negativ aus. Das gilt besonders für die niederschlagsarme Region Nordost-Deutschlands.

Anzustreben sind ein gezielter Wasserrückhalt in der Landschaft und eine verstärkte Grundwasseranreicherung, um die aquatischen Ökosysteme der Region gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu stabilisieren.



Abb. 1: Badesteg am Kleinen Kronsee, ein Naturschutzgebiet in der Nähe von Lychen (Brandenburg, April 2011). An den eingetrockneten Algenbelägen auf den Pfeilern lässt sich der Wasserverlust deutlich erkennen (ca. 1,70 m).

Seit etwa 30 Jahren wird der Wassermangel durch die inzwischen spürbaren Auswirkungen des Klimawandels verstärkt. Die Folgen sind sinkende Seewasserstände, verminderte Grundwasserneubildung, erhöhte Verdunstung über den Seeoberflächen und eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter. Modellgestützten Prognosen zufolge werden die Niederschläge bis zum Jahr 2050 um etwa 50 - 60 L/m² zurückgehen, wodurch sich der Wassermangel verschärft. Hinzu kommen ökonomische Konsequenzen: Der steigende Bedarf an Beregnungswasser für den Anbau hochwertiger landwirtschaftlicher Kulturen in der Tieflandregion wird die verfügbare Wassermenge voraussichtlich in etwa zehn Jahren überschreiten. Dies erfordert bereits jetzt ein Umdenken!

Ursache und Wirkungen

Die enge Verzahnung menschlicher Einflüsse mit den Auswirkungen des Klimawandels intensiviert die Folgen des Wassermangels zusätzlich. Besonders bedeutsam sind umfangreiche Meliorationssysteme zur Trockenlegung von Mooren und Feuchtgebieten, der Anschluss von Binnenentwässerungsgebieten an Flüsse und die Grundwasserförderung an Orten mit geringen Vorräten oder mangelnder Neubildung. Obwohl die Anteile anthropogener Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt von den Folgen des Klimawandels oft nur schwer zu trennen sind, steht fest: In einer Reihe von Seen des nordostdeutschen Tieflandes gingen die Pegelstände in den letzten Jahrzehnten um bis zu 3 Meter zurück (s. Abb. 1).

Wasserverlust und steigende Temperaturen haben bereits jetzt weitreichende Folgen für das gesamte Ökosystem See. Besonders betroffen sind die Temperaturschichtung, das gewässerinterne Lichtklima, die Dauer der Eisbedeckung und der Stoffeintrag aus dem Wassereinzugsgebiet. Die Ausbreitung gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten wird begünstigt, wodurch neuartige Lebensgemeinschaften aus einheimischen und exotischen Formen entstehen. Sie haben keine gemeinsame Entwicklungsgeschichte und können sich deswegen erheblich auf die ökologischen Verhältnisse der betroffenen Seen auswirken.

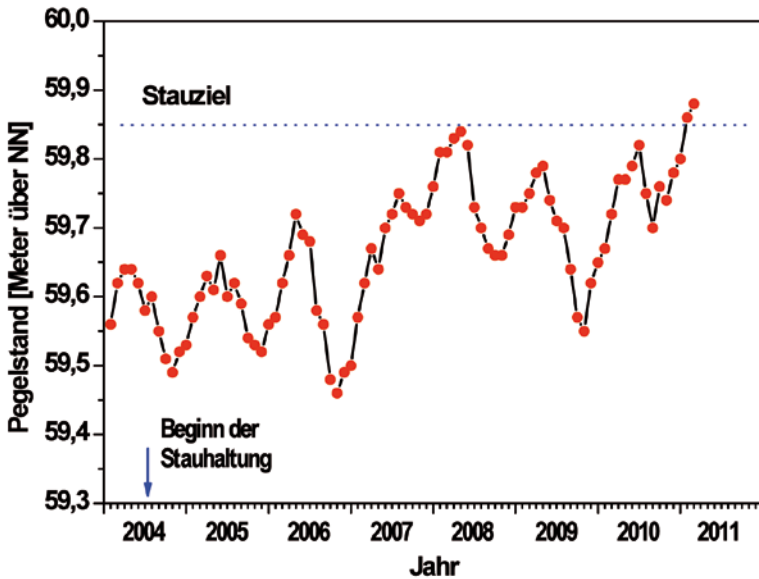


Abb. 2: Zeitreihe der Pegelstände des Stechlinsees. Eingezeichnet sind der Beginn der Stauhaltung im September 2004 und das langfristig angestrebte Stauziel von 59,85 m über NN.

Klimawandel und direkte anthropogene Einflüsse auf die Landschaft beeinträchtigen also gemeinsam die Funktion und die Nutzung der Seen. Wenn allerdings menschliche Eingriffe die Auswirkungen des Klimawandels auf Binnengewässer verstärken, dann sollte es ebenso möglich sein, sie durch geeignete Schutzmaßnahmen zu mildern.

Seen im Wandel: Das Beispiel Stechlin

Der Stechlin (Fläche 4,23 km², max. Tiefe 69,5 m) gehört zu den wenigen tiefen Klarwasserseen des nordostdeutschen Tieflandes. Im Laufe der letzten 300 Jahren ist zwei Mal nachhaltig in seinen Wasserhaushalt eingegriffen worden: 1745-1750 durch die Verbindung mit dem Flusssystem der Havel und 1960 durch den Bau des Kühlwasserkreislaufes für das Atomkraftwerk Rheinsberg. Infol-

gedessen ging der Seespiegel um etwa 1,25 m zurück. Durch die Erhöhung eines vorhandenen Wehres im Jahre 2004 wurde der Abfluss vermindert und der See wieder angestaut. Begünstigt durch einige niederschlagsreichere Jahre konnte das Stauziel von 59,85 m über NN in kurzer Zeit verwirklicht werden (s. Abb. 2). Obwohl der historische Seespiegel durch die Staumaßnahmen nicht erreicht wird, leidet der Stechlin im gegenwärtigen Zustand unter keinem akuten Wassermangel.

Dennoch ist auch er weiterhin vom Wechselspiel Klimawandel – anthropogene Einflüsse negativ betroffen. Neben den Problemen des Wassermangels wurden besonders in den vergangenen 15 Jahren weitere Veränderungen sichtbar: steigende Wassertemperaturen an der Oberfläche, verlängerte thermische Schichtung im Sommer sowie eine er-

höhte Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen. Diese Veränderungen bewirken unter anderem eine Verschiebung des Artenspektrums und zunehmende Mengen von Planktonalgen. Bereits dramatisch zurück gegangen sind die ökologisch wertvollen "unterseeischen Wiesen", die hauptsächlich von Armleuchteralgen gebildet werden. In den flachen Bereichen des Sees sind die Bestände von den 1960er Jahren bis heute um etwa 90 Prozent geschrumpft. Eine weitere kritische Veränderung ist die seit Mitte der 1990er Jahre rückläufige Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser

des Sees. Hier kann die Klimaerwärmung ursächlich beteiligt sein, weil sie die Zeit des Sauerstoffverbrauchs in den unteren Wasserschichten durch Verlängerung der thermischen Schichtung ausdehnt, ehe die Defizite im Spätherbst durch den Eintrag von atmosphärischem Sauerstoff ausgeglichen werden (s. Abb. 3).

Handlungsempfehlungen an die Politik

Mit dem voranschreitenden Klimawandel ist es zwingend erforderlich, die anthropogenen Einflüsse auf Binnengewässer weiter zu vermindern, um die negativen

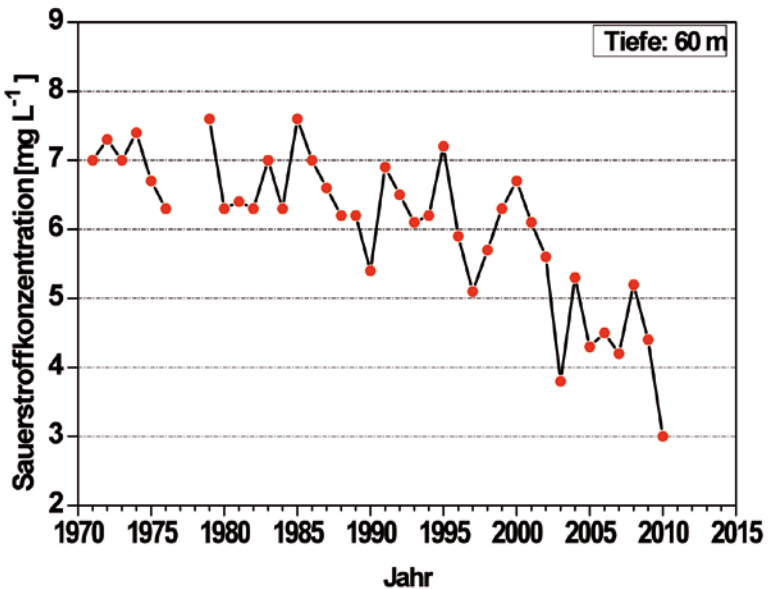


Abb.: eigene Darstellung

Abb. 3: Zeitreihe der Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser des Stetlinsees. Dargestellt sind die Jahresminima in 60 m Tiefe in den Monaten November oder Dezember.

Auswirkungen bestmöglich abzupuffern. Durch Maßnahmen, die Grundwasserneubildung fördern und Wasser in der Landschaft zurückhalten, können die negativen Auswirkungen des Klimawandels gemildert werden:

- Dazu zählen vor allem die konsequente **Renaturierung von Seen und Fließgewässern** und die **Wiedervernässung von Feuchtgebieten**. Sie verzögern den Gebietsabfluss und tragen dazu bei, dass Gewässer weniger negativ auf schwankende Niederschläge reagieren. Die für solche Maßnahmen **geeigneten Gebiete** müssen möglichst großflächig **mit angepassten Nutzungsformen, ggf. auch mit Nutzungsbeschränkungen belegt** werden.
- Die **Grundwasserneubildung** kann durch **Umbau von Nadelholzwäldern in Laubholzbestände** verbessert werden. Laubbäume verdunsten im Jahresmittel weniger Wasser als Nadelbäume und helfen dadurch, auch den Wasserhaushalt von Seen zu stabilisieren. In sorgfältig ausgewählten Fällen können knappe Grundwasservorräte durch künstliche Infiltration von Flusswasser oder auch gut gereinigtem Abwasser ergänzt werden. Ähnliches gilt für die Milderung des Wassermangels von Seen durch Überleitung aus Fließgewässern.
- Darüber hinaus muss wegen des **Klimawandels** in vielen Fällen mit zunehmender **Nährstoffanreicherung** (Eutrophierung) gerechnet werden, wodurch sich die Wachstumsbedingungen für planktische Algen verbessern und die Seen trüber werden. Deswegen dürfen die Anstrengungen zur **Erfassung und Beseitigung externer Nährstoffquellen** nicht nachlassen. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie bietet dafür eine wichtige gesetzliche Grundlage.



Für die Produktion von einem Kilo Lammfleisch werden rund 10.000 Liter Wasser benötigt. Dagegen nehmen sich die 6,5 Liter für die halbe Tomate dazu bescheiden aus.

Virtuelles Wasser – bedenken!

Virtuelles Wasser – bedenken!

Interview mit Marianela Fader (PIK)

Um ein Kilo Lammfleisch zu produzieren, werden rund zehntausend Liter Wasser verbraucht; für einen PC sind es dreißigtausend Liter und für eine Tonne Papier eine halbe Million Liter. Güterhandel bedeutet daher auch immer Wasserhandel. Da das Wasser aber nicht direkt in den Produkten gebunden oder enthalten ist, spricht man von virtuellem Wasser. Die Landwirtschaft zählt weltweit zu den größten Wasserverbrauchern. Marianela Fader forscht zum Thema virtuelles Wasser am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Frau Fader, welche Rolle spielt virtuelles Wasser in der Klimadebatte?

Ein wasserknappe Land könnte als Anpassungsstrategie virtuelles Wasser importieren und die eigenen Wasserressourcen für wirtschaftlich höhere Zwecke verwenden, zum Beispiel für Tourismus und Industrie. Global gesehen könnte man die Effizienz der Wassernutzung durch die Verlagerung der Produktionsflächen in wassereffiziente Regionen erhöhen.

Wie misst man virtuelles Wasser?

Am häufigsten in aufgewendete Kubikmeter pro Kilogramm eines Produktes, dann ist es ein Maß für Effizienz. Oft aber auch in der Menge des im- und exportierten Wassers und manchmal als „Wasserfußabdruck“ in verbrauchter Menge pro Kopf der Bevölkerung eines Landes.

Was sind künftig zu erwartende Probleme?

Die Wassernachfrage von allen Sektoren wird weiter steigen, während in vielen Regionen Wasser knapper wird, vor allem (aber nicht nur) durch Bevölkerungswachstum. Zusammen mit der Erweiterung von landwirtschaftlichen Flächen, der Erweiterung von Bewässerung und der Verbesserung der Land- und Wasserproduktivitäten stellt der virtuelle Wasserhandel eine mögliche Anpassungsstrategie dar. Handel wird jedoch von vielen anderen Faktoren bestimmt, selten ist Wasser das Hauptkriterium. Und viele Regierungen werden Angst haben, ein zu hohes Risiko einzugehen indem sie die Nahrungsmittelsicherheit der eigenen Bevölkerung in die Hände anderer Länder geben.

Gibt es politischen Handlungsbedarf bei diesem Thema?

Es ist nötig das Thema zu erforschen. Erstens ist es noch weitgehend unbekannt, wie sich Klimawandel und CO₂-Düngungseffekt auf die Wasserproduktivitäten der Pflanzen auswirken werden. Der Nettoeffekt kann sogar regional sehr unterschiedlich sein. Zweitens ist es nötig zu wissen, wo welches Land welche Ressourcen verbraucht, auch indirekt, um somit das Konsumniveau der Gesellschaft mit Umweltkonsequenzen verbinden zu können. Drittens ist es äußerst wichtig für jedes Land zu erfahren, inwieweit die nationale Nahrungsmittelsicherheit von externen Ressourcen abhängig ist. Diese Themen sollten in vielen politischen Entscheidungen mitberücksichtigt werden, etwa in Bezug auf landwirtschaftliche Subventionen, internationale Umwelt- und Handelsabkommen und Steuerung der demographischen Entwicklung.



Abb.: Andreas Röhrig (IRS)

Die Große Dhünnaltalsperre, die größte Trinkwassertalsperre im Westen Deutschlands, ist zum Schutz des Wassers vor Verunreinigung von einem Wasserschutzgebiet umgeben.

Mehr Raum für Wasser!

Carolin Galler (Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover), Peter Müller (ARL), Gregor Prinzensing (IRS), Katlen Trautmann (IÖR)

Übergreifende Kooperationen vonnöten

Mehr Raum für Wasser!

Die übergreifende Zusammenarbeit von Wasserwirtschaft und Raumplanung kann das gewässer- und raumbezogene Management verbessern und die Folgen des Klimawandels mildern. Die Forderung nach dieser Kooperation hat ihr Fundament in der Sache selbst: Die Naturressource Wasser dient sowohl den Grundbedürfnissen des Menschen als auch Natur und Landschaft. Wasser in ausreichender Menge und Qualität ist eine zentrale Voraussetzung, um viele wichtige gesellschaftliche und natürliche Funktionen zu erfüllen. Jede Veränderung des Wasserhaushaltes

durch Wassernutzung oder durch den Klimawandel hat Folgen für die Raumnutzungen. Jede Art der Raumnutzung verändert den Wasserhaushalt.

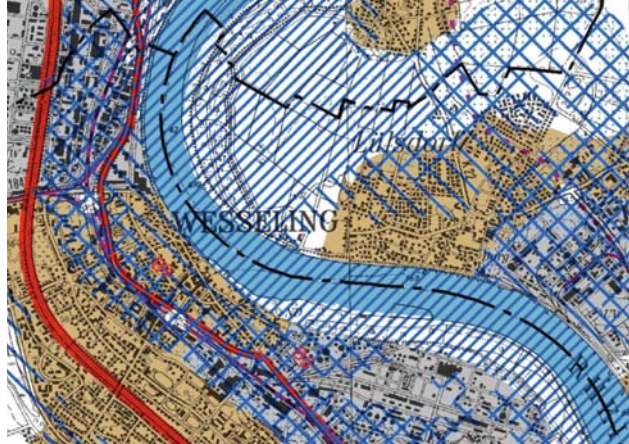
Durch den Klimawandel, aber auch den demografischen Wandel, neue EU-Richtlinien sowie andere „Treiber“ von Veränderungen des Wasserhaushalts und der Raumnutzungen entstehen neue Herausforderungen an Wasserbewirtschaftung und Raumplanung, die eine deutlich stärkere Zusammenarbeit dieser beiden Bereiche erfordern. Im Zusammenspiel mit wirtschaftlichem und technologischem Wandel bedeutet das insgesamt stark veränderte Rahmenbedingungen für das integrierte Management des Wasserhaushalts. Eine nachhaltige Raumentwicklung muss dabei auch die Unsicherheit in Bezug auf den künftigen Verlauf des Klimawandels und des gesellschaftlichen Wandels mit in Betracht ziehen.

Vor diesem Hintergrund hat sich ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern und Praktikern im Arbeitskreis „Wasser und Raumplanung“ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften (ARL) mit den Aufgaben, Rahmenbedingungen und Handlungsmöglichkeiten der wasserwirtschaftlichen und raumbezogenen Planung beschäftigt. In diesem Arbeitskreis haben u. a. die Leibniz-Einrichtungen ARL, IÖR und IRS zusammengearbeitet und Empfehlungen für einen nachhaltigen Umgang mit Wasser im Raum formuliert.

Synergien nutzen

Die Wasserbewirtschaftung umfasst die Wasserversorgung, den Gewässerschutz sowie den Schutz der Bevölkerung vor Schäden durch Wasser. Europäische Richtlinien haben in den letzten Jahren die entsprechenden Aufgaben entscheidend geprägt. Die Wasserrahmenrichtlinie der EU (WRRL) verlangt, dass für Oberflächengewässer bis zum Jahr 2015 ein guter ökologischer und chemischer Zustand und für das Grundwasser ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand erreicht wird. Wasserwirtschaftliche Akteure können die umweltbezogenen Ziele in ihrer Zuständigkeit aber nicht alleine erreichen.

Die Raumplanung verfolgt als überfachliche Planung zur Ordnung und Entwicklung des Raumes traditionell einen



Hochwasserschutz durch räumliche Planung

integrierenden Ansatz, indem sie raumrelevante Belange zusammenführt, koordiniert und abwägt. Mit eigenen Zielen, Aufgaben, Instrumenten und Kompetenzen ist die Raumplanung im gleichen Raum aktiv wie die wasserwirtschaftliche Fachplanung. Die Raumplanung kann – durch die Koordination der Raumnutzungen – das Flussgebietsmanagement nach WRRL unterstützen und in besonderem Maße zum Hochwasserrisikomanagement im Sinne der Hochwasserrichtlinie der EU (HWRL) beitragen.

Vor allem wegen der auf die Einzugsgebiete von Flüssen bezogenen Aufgaben

Eine enge Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Raumplanung kann klimabedingte Auswirkungen auf den Wasserhaushalt mindern und ihnen entgegenwirken.

Die politischen Zielsetzungen und rechtlichen Vorgaben der Wasserwirtschaft können dabei durch eine abgestimmte räumliche Planung optimal umgesetzt werden.

Eine integrierte Planung und Umsetzung multifunktionaler Maßnahmen erfordert Umweltinformationen, die in einem Informationssystem zusammengeführt und durch ein abgestimmtes Monitoring aktuell gehalten werden müssen.



Abb.: Andreas Röhrling (IRS)

Industrielle Flusslandschaft des Rheins bei Köln

des Gewässerschutzes bedarf es dazu der Unterstützung, insbesondere des Naturschutzes, der Land- und Forstwirtschaft und der Raumplanung. Ähnlich sind für die Umsetzung der HWRL neben der Wasserwirtschaft die Raumplanung, die Schifffahrt und der Naturschutz einzubeziehen. Denn das Spektrum der Maßnahmen zur angemessenen Hochwasservorsorge reicht von Deichen und Schutzmauern an den Gewässern bis zur angepassten landwirtschaftlichen Nutzung und Lage und Beschaffenheit von Gebäuden.

Beispiel: Hochwasserrisikomanagement

Am Beispiel des Hochwasserschutzes kann gezeigt werden, wie unterschiedliche Interessen ineinander greifen, denn einerseits:

- verringert die Schaffung von großflächigen Flutpoldern die Abflussspitzen und damit die Wasserstände in hochwassergefährdeten Gebieten, was im Ernstfall zu einer erheblichen Verringerung der Schäden führen kann;

- schafft eine Verlagerung von Deichen die Voraussetzungen für die Wiederherstellung der typischen biologischen Vielfalt der Auenlandschaft

Die Umsetzung solcher Maßnahmen erfolgt jedoch oft nur zögerlich, denn andererseits:

- gilt immer noch oder zusehends mehr das „Wohnen am Wasser“ als eine Premium-Lage und diese Tatsache verhindert oftmals die Verfügbarkeit der notwendigen Flächen;
- erfordert eine konsequente Freihaltung oder Rückgewinnung von Flächen die Beteiligung vieler Akteure und Planungsebenen, was die Komplexität der Planungsprozesse erhöht.

Die Lösung raumbezogener Planungs- und Managementaufgaben hat erheblich an Komplexität gewonnen. Eine nachhaltige Nutzung der Oberflächen- und des Grundwassers auch

in Zeiten des Klimawandels, ihr „guter Zustand“, der zielgerichtete Umgang mit dem Hochwasserrisiko und die Zusammenführung dieser Belange mit anderen raumbezogenen Zielen können nicht durch einen isoliert auf die Gewässer ausgerichteten Managementansatz verwirklicht werden.

Handlungsempfehlungen an die Politik

Die Empfehlungen des Arbeitskreises „Wasser und Raumplanung“ der ARL zielen vor allem darauf ab, die Wirksamkeits- und Effizienzpotenziale eines abgestimmten Vorgehens zwischen Raumplanung, Wasserwirtschaft und anderen Fachplanungen zu nutzen. Wichtig dafür sind die Abstimmung der Planungsprozesse, eine gemeinsame Strategieentwicklung sowie die Bündelung von Instrumenten und Maßnahmen.

- Realitätsgerechte Umweltinformationssysteme sind der Schlüssel, damit der Übergang zu einer integrierten und vorsorgenden Umwelt- und Raumentwicklung gelingt. Als ein wichtiger und aussichtsreicher Schritt der Kooperation zwischen Raumplanung, Wasserwirtschaft und anderen Fachplanungen sollten deshalb alle raumrelevanten Umweltdaten konsistent und in einer angemessenen Detaillierung vorgehalten und ausgetauscht wer-

den. Dazu sind die Erfassungs- und Bewertungsmethoden fachübergreifend aufeinander abzustimmen.

- Umweltinformationssysteme sind zugleich die Basis für ein kontinuierliches Monitoring in allen Aufgabefeldern. So können Konflikte und Synergien zwischen unterschiedlichen gewässerbezogenen Aufgaben ermittelt und die Effizienzpotenziale multifunktionaler Maßnahmen verwirklicht werden.
- Akteure der Raumplanung können eine gemeinsame Strategieentwicklung der unterschiedlichen Fachplanungen anstoßen und moderieren. Sie gelten als „unparteiisch“ und verfügen über viel Erfahrung mit der Moderation von Interessenkonflikten. Die Ziele von Gewässerschutz und Hochwasservorsorge können damit in eine nachhaltige Raumentwicklung integriert werden. Die Raumplanung verfügt dafür über die rechtlichen und planerischen Instrumente, wie Ausweisungen, Darstellungen und Festsetzungen. Durch einen integrierten Planungsansatz lassen sich Konflikte oder Synergien gewässerbezogener Maßnahmen z. B. mit Maßnahmen des Klima- oder Naturschutzes identifizieren und konstruktive multifunktionale Lösungen umsetzen.



Abb.: gemeinfrei / Alexander Bock

Hochwasser in Bremens Werdersee im April 2008 in Folge eines Orkans

Mehr Raum für Wasser!

- Die Funktion der Wasserinfrastruktursysteme als Schaltstellen zwischen Raumentwicklung und Wassernutzungen bzw. Abwasserentsorgung sollte in der Raumplanung stärkere Berücksichtigung finden. So sollten Infrastrukturaspekte vor allem frühzeitiger in die Regionalplanung und die kommunale Bauleitplanung integriert werden.
- Neue Investitionsvorhaben für Wasserinfrastrukturen und die Ausschüttung von Fördermitteln sollten auf ihre „demografische Nachhaltigkeit“ geprüft werden.
- Die Hochwasservorsorge kann durch die Ausweisung von Hochwasserentstehungsgebieten, von Flächen für den Hochwasserrückhalt in den Flussauen, die großflächige Einführung der dezentralen Regenwasserversickerung sowie durch die Anlage von Notwasserwegen wesentlich gestärkt und raumplanerisch gesichert werden. Über diese Handlungsoptionen verfügt alleine die Raumplanung. Dabei kann überfachlich agiert werden, anders als dies bei den Fachplanungen wie der Wasserwirtschaft möglich ist, was gerade angesichts des Klimawandels besonders wichtig ist.
- Eine gemeinsame Abschätzung des Finanzbedarfs für die Umsetzung der Ziele der WRRL und der HWRL sowie deren Abgleich mit den Zielen und Maßnahmen des Naturschutzes (insbesondere für das Netz Natura 2000) sind wichtige Voraussetzungen für einen effizienten Mitteleinsatz. Mehrfacheffekte zwischen verschiedenen raumbezogenen Maßnahmen sollten so weit wie möglich genutzt werden.

Zu trocken oder zu nass?

Christoph Jeßberger (ifo), Tim Mennel (ZEW), Daniel Osberghaus (ZEW), Markus Zimmer (ifo)

Für Deutschland sind klimabedingte Veränderungen der Wasserkreisläufe mittlerweile nicht mehr in Abrede zu stellen. Grundsätzlich ergibt sich die Notwendigkeit der Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen. Dies gilt insbesondere für die industrielle Produktion, dem bedeutendsten Nutzer der Wasserressourcen in Deutschland. Aber auch die Versicherungsbranche ist von der Zunahme an Extremereignissen (vor allem Hochwasser und Starkregen), deren Auftreten und Auswirkungen nur schwer prognostizierbar und somit mit großen Unsicherheiten behaftet sind, betroffen. Um die sich daraus ergebenden gesamtwirtschaftlichen Folgen möglichst gering zu halten, bedarf es einer sorgfältigen und auf die lokalen Gegebenheiten angepassten Regulierung der industriellen Wassernutzung. Es sollte außerdem im Hinblick auf die erhöhte Hochwassergefahr die Möglichkeit von Pflichtversicherungen im Elementarschadensbereich in Betracht gezogen werden.

Deutschland ist ein wasserreiches Land

Im langjährigen Mittel von 1961-1990 betrug das Wasserdargebot aus erneuerbaren Wasserressourcen rund 188 Mrd. m³ pro Jahr, wovon nur 15-20% tatsächlich genutzt wurde. Abbildung 1 zeigt die

Aufteilung auf die Hauptnutzer für das Jahr 2007.

Allerdings lag das Wasserdargebot aus erneuerbaren Wasserressourcen im trockenen Jahr 2003 nur bei etwa 99 Mrd. m³, die einem Bedarf zwischen 38,0 (2001) und 35,5 Mrd. m³ (2004) gegenüber standen. Bedenkt man, dass die deutschen Gletscher voraussichtlich zwischen 2035 und 2045 verschwinden werden und auch die Schneedeckendauer um 30 bis 60 Tage zurückgehen wird, so muss ein großer Teil des derzeitigen Zuflusses von Oberliegerzuflüssen als unsicher betrachtet werden. Ohne die Oberlieger blieben im Jahr 2003 lediglich 44 Mrd. m³ als sogenannte interne Wasserressource (Differenz aus Niederschlägen und Evapotranspiration) übrig.

Klimatische Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind regional unterschiedlich und benötigen daher individuelle Regelungen.

Die Produktion von wasserintensiven Betrieben unterliegt auch in Deutschland bereits heute klimabedingten regionalen Wasserverknappungen.

Stärkere und häufigere Überschwemmungen fordern unter Umständen stärkere staatliche Eingriffe in den Versicherungsmarkt. Eine Versicherungspflicht oder ein Katastrophenfonds könnte eine Lösung sein.

Wassernutzung in Deutschland 2007

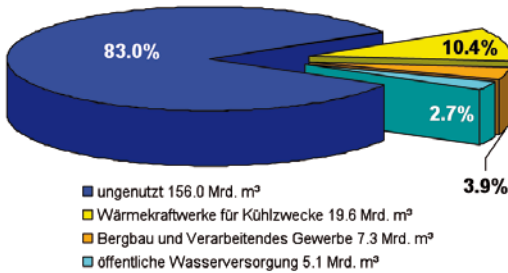


Abb. 1: Prozentuale Aufteilung der Wassernutzung in Deutschland 2007

Regulierte „Selbstbedienung“ – eine nachhaltige und ökonomisch sinnvolle Wassernutzung?!

Die Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen durch die Industrie obliegt den Wasserbehörden. Dabei werden die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes des Bundes auf Ebene der Bundesländer in entsprechende gesetzliche Regelungen und Verordnungen übergeführt. Die Umsetzung dieser Vorgaben geschieht typischerweise in Form von Wasserkontingenten. Deren Einhaltung wird von den lokalen unteren und oberen Wasserbehörden sowie den obersten Wasserbehörden, welche üblicherweise den Umweltministerien der Länder entsprechen, überwacht. Durch die sich aus dieser tiefen Gliederung ergebenden regionalen Kompetenz können in der Regulierung nicht nur ökologische, sondern auch soziale und

ökonomische Aspekte berücksichtigt werden. Zur Bewertung der Nutzung der Wasserressourcen ist es hilfreich, sich einige Fakten über die Wassernutzung zu verdeutlichen:

- Die wasserintensiven Produktionsprozesse sind vorwiegend als Wassernutzer und nicht als Wasserverbraucher zu verstehen, da sie verwendetes und verschmutztes Wasser aufbereiten und dem regionalen Wasserkreislauf wieder zuführen. Zu den wasserintensiven Branchen gehören dabei vornehmlich die Energieerzeugung, die chemische Industrie, die Zement und Metallherstellung, die Gewinnung von Steinen und Erden (z.B. die Kohleförderung), die Lebensmittelindustrie und die Papierherstellung.
- Wasserverbraucher (durch Verdampfung des Wassers oder durch die Einbindung des Wassers in Produktionsgüter) sind vor allem Wärmekraftwerke und Betriebe der Lebensmittel und Getränkeherstellung, aber auch gewisse Prozesse in der Metallherzeugung und in der chemischen Industrie.
- Die wasserintensiven Produktionsstätten fördern ihr Wasser aus Kostengründen selbst, wobei sie von den Wasserbehörden durch indivi-

Abb.: Umweltbundesamt (2009)

duelle Wasserkontingente reguliert sind. 94,9% des genutzten Wassers der Industrie stammen aus Eigenversorgung. Bei den meisten wasserintensiven Produktionsprozessen ist es zu vertretbaren Mehrkosten möglich, beinahe ohne Frischwasserersatz auszukommen.

- Wasserkontingente regulieren Entnahmemengen, Temperaturen (Differenz zwischen entnommenem und abgeführten Wasser) und Schadstoffbelastungen auf täglicher, stündlicher oder jährlicher Basis.
- Starke Regenfälle führen zu verstärkter Wasserverschmutzung durch Sedimente und so unter Umständen zu einer Verringerung der nutzbaren Wassermenge. So können beispielsweise Schmutzpartikel die Turbinen in einem Wasserkraftwerk beschädigen.

Die Notwendigkeit einer Änderung der bestehenden staatlichen Regulierungen und somit auch der Kontingente ergibt sich, wenn eine ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltige Nutzung bei den bestehenden Rahmenbedingungen nicht mehr sichergestellt ist. Dabei muss sich die Nachfrage zur Nutzung der Ressource Wasser an die klimawandelbedingte Änderung der Verfügbarkeit dieser Ressource anpassen.

Wasserintensive Produktion ohne Wasser?

Abbildung 2 zeigt die zu erwartende Änderung der industriellen Wassernutzung von 2012 bis 2025. Die Ergebnisse wurden mithilfe des interdisziplinären computergestützten Entscheidungsunterstützungssystem DANUBIA simuliert, welches die Wechselwirkungen der natürlichen und anthropogenen Einflüsse auf Klima, Ökologie und Ökonomie berücksichtigt. Dabei ergeben sich starke regionale Unterschiede in der generell rückläufigen Wassernutzung. Alleine zwischen 1991 und 2007 sank die Wassernutzung in den Wärmekraftwerken, für die öffentliche Versorgung sowie im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt um über 30%. Dieser Trend ist den Effizienzsteigerungen in der Wassernutzung zu verdanken und wird sich weiter fortsetzen. Zukünftig wird sich der bevorstehende Bevölkerungsrückgang insbesondere im Osten Deutschlands negativ auf die Industrieproduktion auswirken und die Wassernutzung zusätzlich senken.

Im bundesdeutschen Durchschnitt ist zu erwarten, dass bis 2025 die Wassernutzung durch weitere Effizienzsteigerungen und den demografischen Wandel um etwa 10,6% zurückgehen wird und um weitere 0,4% aufgrund von Anpassungen an klimawandelbedingte lokale Verknappungen des Wasserdargebots.

Nach dem extrem heißen Sommer

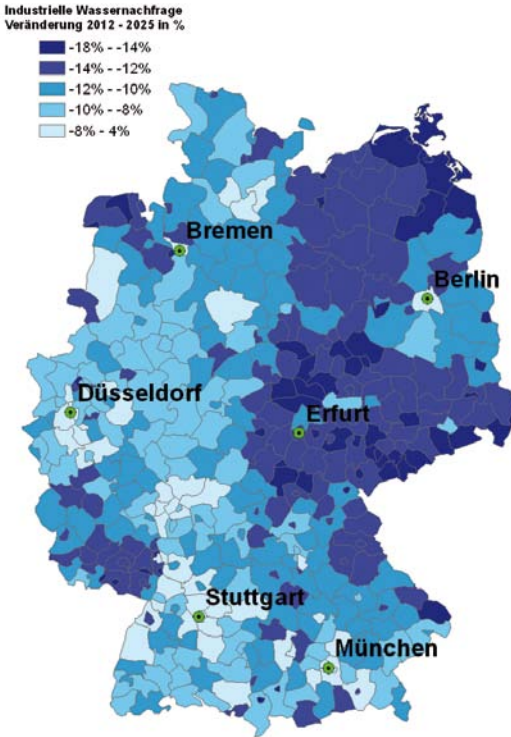


Abb. 2: Erwartete Änderung der industriellen Wassernutzung 2012-2025

Zu trocken oder zu nass?

im Jahr 2003 wurden im Rahmen einer repräsentativen Umfrage des ifo Instituts bei wasserintensiven Betrieben in Deutschland zahlreiche Expertengespräche geführt und Fallstudien erstellt. Dabei wurden die aufgetretenen Probleme erfasst und Rückschlüsse für ein Fortschreiten des Klimawandels gezogen.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Aussagen treffen:

- Im Sommer 2003 mussten lediglich 2,6% der wasserintensiven Betriebe einen temporären Produktionsrückgang aufgrund der klimatischen Bedingungen verzeichnen, der

zumeist im Verlauf des Jahres wieder aufgeholt werden konnte.

- Unternehmen, die in Zukunft Probleme bei der Wasserverfügbarkeit erwarten, führten dies in 39% der Fälle auf die Wassermenge zurück, rund 21% gaben die Wasserqualität an und nur 4% die Wassertemperatur. Ein zukünftiger Mangel an nutzbarem Wasser ist damit am wahrscheinlichsten auf eine Abnahme des Wasserdargebotes durch Trockenheit zurückzuführen. Eine verringerte Wasserqualität, d.h. die Verschmutzung der vorhandenen Wassermenge, die meist in Folge starker Regenfälle oder Hochwassers auftritt, ist ebenfalls zu beachten.

- 5,2% der Unternehmen gaben an, dass sie bei einem deutlichen Wandel der klimatischen Bedingungen einen Standortwechsel in Betracht ziehen würden. Generell sind die Standorte der Betriebe aber so gewählt, dass auch bei Klimaveränderungen keine ernstern Probleme zu erwarten sind.

Unter Berücksichtigung klimatischer Veränderungen bietet Deutschland auch in der Zukunft gute Bedingungen für die bestehenden wasserintensiven Industriebetriebe. Aufgrund des hohen Erschließungsgrades möglicher Standorte und

der starken Regulierung der Ressourcennutzung wird es jedoch zunehmend schwieriger neue wasserintensive Betriebe anzusiedeln. Daher ist nicht zu erwarten, dass im hohen Maße klimabedingte Standortverlagerungen aus dem Ausland nach Deutschland stattfinden. Die Änderungen in den Niederschlagsmustern haben jedoch auch andere Konsequenzen für Industrie und Verbraucher.

Hochwasser – ist eine Pflichtversicherung notwendig?

Ein Jahrhunderthochwasser wie das Elbehochwasser von 2002 könnte in Zukunft durchaus öfter als alle 100 Jahre auftreten. Das sagen uns die Erkenntnisse der Klimaforscher. Auch Starkregenereignisse werden demnach in Zukunft häufiger Schäden für Bürger und Unternehmen verursachen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht bieten Versicherungsmärkte im Prinzip die naheliegende Lösung, um mit diesem Risiko umzugehen. In Deutschland sind jedoch nur verhältnismäßig wenige Haushalte gegen Elementarschäden versichert: die Versicherungsdichte betrug im Jahr 2009 26% aller Wohngebäudeversicherungen. Aus diesem Grund neigt die Politik in Deutschland dazu, regelmäßig besonders betroffene und nicht versicherte Bürger und Unternehmen zu entschädigen. Tatsächlich wurden solche Staatshilfen in den letzten Jahren in verschiedener Form von Bund und Ländern geleistet, wobei es hierbei keine a priori

festgelegten Regeln oder Verfahrensweisen gibt. Aus ökonomischer Sicht ist dies als ineffizient zu bewerten: jede Erfahrung staatlicher Unterstützung führt potentiell zu einer verschlechterten Vorsorge, insbesondere einer Absenkung der privatwirtschaftlichen Versicherungsnachfrage („charity hazard“). Zur Abhilfe wurde verschiedentlich die Einführung einer Pflichtversicherung für Elementarschäden in die politische Diskussion gebracht. Zwar melden manche Juristen Bedenken gegen einen solchen Eingriff in die Vertragsfreiheit an, aus volkswirtschaftlicher Sicht sprechen aber durchaus einige Aspekte für eine solche Lösung: ad-hoc-Hilfen des Staates wären nicht mehr vonnöten, sondern Immobilienbesitzer wären vielmehr zur Vorsorge verpflichtet. Zudem haben makroökonomische Untersuchungen gezeigt, dass Ökonomien mit hohen Versicherungsdichten externe Schocks wie Naturkatastrophen schneller absorbieren können. Unter anderem aus diesen Gründen existieren in vielen europäischen Ländern Versicherungspflichten im Bereich von Naturgefahren.

Es gibt aber auch gravierende Gründe, die gegen eine Pflichtversicherung sprechen. Zunächst liegen diese in den Kosten und dem Verwaltungsaufwand zur Durchsetzung einer Versicherungspflicht. Vor allem aber stellt sich die Frage nach der Verzerrung der Anreize bei der Besiedelung – wie soll man mit Gebie-



Neben Flussüberschwemmungen können auch Starkregenereignisse zu wirtschaftlichen Schäden führen.

Zu trocken oder zu nass?

ten mit hohem Überschwemmungsrisiko verfahren? Zu einer Versicherungspflicht gehören in aller Regel ein Kontrahierungszwang für Versicherungsunternehmen sowie teilweise ein regulierter Tarif. Durch diesen würde sich bei der Elementarschadensversicherung eine Verzerrung der aktuarisch fairen Prämien ergeben. Die Prämien würden somit nicht mehr auf dem tatsächlichen Risiko beruhen. Eine solche Sozialisierung der Kosten von Risikobebauung, etwa in Flussnähe, birgt volkswirtschaftliche Gefahren: betroffene Wohngebiete, die man angesichts der klimatischen Veränderungen besser aufgabe, würden regelmäßig aus Mitteln der Pflichtversicherung wieder aufgebaut. Eine Zonierung in Risikoklassen (wie etwa mit dem existierenden System

ZÜRS) und differenzierte Prämien könnten das Problem verringern – doch was passiert, wenn der Besitzer eines gefährdeten Hauses außer Stande ist, eine hohe Risikoprämie zu bezahlen?

Aus Gründen der Sozialverträglichkeit wird der Staat vermutlich in solchen Fällen nicht ganz um einen Markteingriff herumkommen: Sei es durch staatliche Rückversicherungen wie in Frankreich, das über eine Versicherungspflicht mit einheitlichem Tarif verfügt, sei es durch einen regulierten Katastrophenfonds für Nichtversicherte wie in Österreich, in dem keine Versicherungspflicht herrscht. Beides erscheint freilich sinnvoller als die Praxis der deutschen ad-hoc-Hilfen. Offen bleibt dabei die Frage, welches System effizienter ist. Vergleichende empirische Studien mit

Daten aus den 90er Jahren legen nahe, dass Pflichtversicherungen wirtschaftliche Vorteile bieten: bei den Prämienhöhen, der Effizienz der Versicherungsunternehmen und bei der Schadensprävention. Damals freilich war der Markt für Elementarschadensversicherungen in Deutschland wenig entwickelt. Im gegenwärtigen Marktumfeld nimmt die Versicherungsdichte – wenngleich auf geringem Niveau – zu, so dass der weitreichende Eingriff in das freie Marktgeschehen tendenziell an Bedeutung verliert. Eine belastbare, empirisch begründete Aussage über die Effizienz des deutschen Versicherungsmarkts fehlt bisher jedoch.

Handlungsempfehlungen an die Politik

Welche Konsequenzen ergeben sich also aus der klimabedingten veränderten Niederschlagsstruktur für den Gesetzgeber?

- Sowohl Wasserknappheit als auch Hochwasserrisiko haben ökonomisch spürbare Auswirkungen. Dies rechtfertigt verstärkte Anstrengungen im Bereich der Wasserregulierung.
- Handelbare Zertifikate, wie sie beispielsweise für die global wirkenden CO₂-Emissionen sinnvoll sind, sind zur Vermeidung der stark ortsgebundenen Auswirkungen der Wassernutzung ungeeignet. Um eine nachhaltige Nutzung der

Wasserressourcen zu gewährleisten, sind daher individuelle, auf die lokalen Gegebenheiten zugeschnittene Regulierungen unumgänglich. Überstaatliche Rahmenrichtlinien können die lokalen Besonderheiten oft nur unzureichend berücksichtigen. Der Staat sollte daher insbesondere auf die Schaffung starker regionaler Institutionen abzielen, die der Zielsetzung einer nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen verpflichtet sind. Zugleich sollten diese Institutionen viele Freiheiten zur Umsetzung dieser Aufgabe haben.

Was den Versicherungssektor angeht, so ist hier vor allem eine einheitliche Regulierung vonnöten – ob sie aus einer Pflichtversicherung oder aus einem Katastrophenfonds bestehen sollte, werden erst empirische Untersuchungen über Kosteneffizienz, Verteilungseffekte und Präventionswirkungen zeigen können.

Bis hierüber gesicherte Erkenntnisse vorliegen ist es aus volkswirtschaftlicher Sicht sinnvoll, Bürger und Unternehmen über bestehende und ansteigende Hochwasserrisiken und mögliche Gegenmaßnahmen (bauliche Maßnahmen, private Versicherungen) öffentlichkeitswirksam aufzuklären, verlässliche und einheitliche Regeln für Entschädigungszahlungen zu erarbeiten und in hoch gefährdeten Gebieten gegebenenfalls Raumplanungsänderungen vorzunehmen.



Culex-Mücken sind als Überträger von Viren, wie dem West-Nil-Virus, bekannt. 2010 wurde das Sindbis-Virus zum ersten Mal in Deutschland entdeckt, das Fieber mit rheumatischen Beschwerden verursachen kann.

Lebensgrundlage und Infektionsgefahr

Jürgen May (BNI)

Wasser: lebensnotwendig und Ausgangspunkt für die Verbreitung von Infektionskrankheiten

Immer noch ist der Zugang zu sauberem Wasser für viele Menschen nicht selbstverständlich. Besonders in Ländern mit ungünstigen hygienischen Bedingungen und schlechter medizinischer Versorgung, wie Entwicklungs- und Schwellenländer, aber auch bei Naturkatastrophen, kämpfen Menschen mit Infektionsepidemien. Der Klimawandel wird diesen humanitären Notstand weiter verschärfen.

In tropischen Gebieten nehmen mit der fruchtbaren Regenzeit die Infektionen der Atemwege und des Magen-Darm-Trakts zu. Ursache dafür sind einerseits Infektionserreger, die direkt

durch die Aufnahme von Wasser weiterverbreitet werden wie bei Typhus, Cholera oder verschiedenen Viruserkrankungen. Andererseits entwickeln sich im Wasser Stechmücken, die – als so genannte Vektoren – Erreger wie Malaria Parasiten oder Arboviren übertragen können. Die Stechmücken brüten auch in kleinen Wasserlöchern, sodass es sehr schwierig ist, die Brutplätze durch gezielte Kontrollmaßnahmen zu beseitigen.

Wasserübertragene Infektionskrankheiten können sich schnell in neue Gebiete ausbreiten, wenn die Bedingungen sich für die Erreger oder die Vektoren verbessern. So hat der Bau von Dämmen, Kanälen und Bewässerungssystemen eine Verbreitung von Infektionen bewirkt.

Durch derlei anthropogene Umweltveränderungen traten zum Beispiel gehäuft auf:

- die Schistosomiasis (Wurmkrankheit; auch als Bilharziose bezeichnet) durch die Vermehrung von Wasserschnecken als Zwischenwirte
- die Onchozerkose (Flussblindheit) durch die Zunahme von Brutplätzen der übertragenden Kriebelmücken
- Wurminfektionen des Darms durch vermehrte Kontakte mit Larven, die im feuchten Erdboden leben

Aber auch die Verbreitung von Infektionen mit Parasiten und Viren wird durch Umweltveränderungen beeinflusst. Verstärkte landwirtschaftliche Nutzung begünstigt die Ausbreitung der Malaria durch Veränderungen der Brutplätze von Anopheles-Mücken. Die zunehmende Urbanisierung fördert die Ausbreitung von Cholera durch Kontamination des Wassers und von Dengue-Fieber durch künstliche Wasseransammlungen, in denen sich die Überträger, Aedes-Mücken, gut vermehren können.

Die klimatischen Veränderungen haben einen zusätzlichen Einfluss auf die Vermehrung von Infektionserregern: Extreme Wetterlagen können zu Überflutungen mit Verschmutzung des Trinkwassers und umgekehrt zu erhöhter Trockenheit führen, was die Erreger in den verbleibenden Wasserstellen konzentriert. Ganz allgemein bieten vermehrte Wasserreservoirs als Ergebnis von Über-

flutungen den Vektoren auch eine größere Auswahl an Brutplätzen. Steigende Wassertemperaturen beschleunigen zudem den Vermehrungszyklus von Erregern und Überträgern und können deren Überlebenszeit verlängern.

In unseren Breiten bspw. führt jedes Grad Anstieg der wöchentlichen Durchschnittstemperatur zu fünf bis zehn Prozent mehr Meldungen von Salmonelleninfektionen. Es wird vermutet, dass ein Drittel der Salmonelleninfektionen mit Temperatureinflüssen zusammenhängt.

Tropenkrankheiten auch in Deutschland

Das BNI in Hamburg untersucht seit einigen Jahren die Bedeutung der saisonalen Schwankungen von Niederschlägen in Ghana für Malaria und andere Erkrankungen. So konnte ein Modell mit vor Ort gesammelten Daten erstellt werden, das ein verstärktes Auftreten von Malaria neun Wochen nach Niederschlagsspitzen voraussagt. Andere Krankheiten wie Salmonellosen und Rotavirus-Infektionen, die für schwere Durchfälle verantwort-

Umweltveränderungen bringen Erreger und Überträger von Tropenkrankheiten auch nach Deutschland oder lassen sie hier heimisch werden.

Wir brauchen ein internationales Überwachungssystem für solche Infektionskrankheiten.

Vor Ort kann die Desinfektion von Trinkwasser helfen. Hierzu gibt es vielversprechende Lösungsansätze aus Deutschland.



Sauberes Trinkwasser aus gebohrten Brunnen verringert die Gefahr von Infektionskrankheiten.

Lebensgrundlage und Infektionsgefahr

lich sind, sind ebenfalls wetterbedingten Schwankungen ausgesetzt. Studien mit Satellitendaten haben gezeigt, dass die unterschiedliche Landnutzung und die davon abhängige Verteilung von Wasser einen erheblichen Einfluss auf die Häufigkeit der Malaria hat: Ist der Anteil von Waldgebieten um Dörfer herum groß, sinkt das Erkrankungsrisiko. Bei einem großen Anteil von Plantagen hingegen steigt das Risiko. Ursache könnte die Ansammlung von Wasser in den Blattachseln der Pflanzen oder die veränderte Bodenbeschaffenheit sein. Zudem zeigte sich, dass je weiter ein Haushalt vom Zentrum eines Dorfes entfernt ist und damit in der Nähe landwirtschaftlich genutzter Flächen liegt, desto größer das Malaria-Risiko für ein Kind ist.

Veränderte Niederschläge und Wasserqualität sind bedeutsame Faktoren der Gesundheit in tropischen Gebieten. Die Verbreitung von wasserabhängigen Infektionserregern kann aber auch zu einer Bedrohung in unseren Breiten werden:

- Immer wieder wird Malaria bei Personen festgestellt, die sich nicht in den Tropen aufgehalten haben. Sechs verschiedene Arten der Anopheles-Mücke kommen in Deutschland vor, aber es ist noch nicht bei allen Arten untersucht, ob und wie gut sie Malaria Parasiten übertragen können.
- Vor einigen Jahren wurden erstmals in Deutschland Eier der Tigermücke gefunden, die Dengue-Viren und andere Erreger übertragen kann.
- Ebenfalls zum ersten Mal wurden Sandmücken entdeckt, die die Leishmaniose (Dum-Dum-Fieber, Schwarzes Fieber etc.) verbreiten.
- In Madeira wurde vor kurzem die Gelbfiebermücke gesehen, die sicherlich bald das europäische Festland erreichen wird.
- In Frankreich, Italien, Ungarn und anderen osteuropäischen Ländern kommt es immer wieder zum Auftreten des West-Nil-Virus, das von Vögeln über weite Entfernungen verbreitet und dann von Mücken auf den Menschen übertragen wird. Auch das Vorkommen der Vögel ist stark vom Wasservorkommen abhängig.

- Kürzlich veröffentlichten Wissenschaftler des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin und der Universität Heidelberg Studien, wonach eine neue, aus Japan zugewanderte Stechmückenart und gleich drei von Stechmücken-übertragene Viren in Deutschland identifiziert wurden. Es handelt sich bei den Erregern um das Sindbis (Ockelbo-Krankheit, Fieber mit rheumatischen Beschwerden), das Batai- (Calovo-Fieber) und das Usutu-Virus (Usutu-Fieber).

Der Klimawandel ist laut Weltgesundheitsorganisation die größte globale Gesundheitsbedrohung des 21. Jahrhunderts. Die Unterschiede zwischen Arm und Reich werden sich vergrößern und die Folgen werden in den ohnehin benachteiligten Gegenden in Afrika südlich der Sahara am stärksten sein. Die Verteilung, Erwärmung und Qualität von Wasser ist ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung von Infektionskrankheiten in endemischen Ländern und deren Einschleppung in neue Gebiete.

Abb.: BNI

Handlungsempfehlungen an die Politik

- Es wird in Zukunft notwendig sein, das Vorkommen von Infektionskrankheiten nicht nur national zu registrieren, sondern schon in den ursprünglichen Verbreitungsgebieten epidemiologisch zu überwachen.

Ein solches internationales Frühwarnsystem sollte die Kartierung von Überträgermücken im eigenen Land und die epidemiologische Untersuchung von tropischen Erregern und Vektoren, die eingeschleppt werden können, umfassen.

- Die Politik sollte helfen, nationale und internationale Institutionen zur epidemiologischen Untersuchung und Registrierung von neu auftretenden wasserabhängigen Infektionskrankheiten und Übertragungsvektoren besser zu vernetzen.
- Darüber hinaus ist weitere Forschung nötig, um aufzuklären, in welcher Weise und wie „erfolgreich“ heimische Vektoren bestimmte Krankheitserreger übertragen können.



Untersuchung eines offenen Gewässers auf Krankheitserreger und Mückenlarven.

Ein technischer Lösungsansatz



Abb.: FBH/schurian.com

Prototyp für die Trinkwasseraufbereitung

Johannes Glaab, Michael Kneissl (FBH)

Mobile Wasserentkeimung durch neuartige UV-LED-Strahlungsquellen

Wissenschaftler am FBH und an der Technischen Universität Berlin haben ein Modul zur Wasserentkeimung auf Basis von ultravioletten Leuchtdioden (UV-LEDs) entwickelt und damit die Grundlage für eine energieeffiziente, dezentral einsetzbare Lösung geschaffen. Wasserentkeimung mittels UV-Strahlung ist in der zentralen Wasserver-

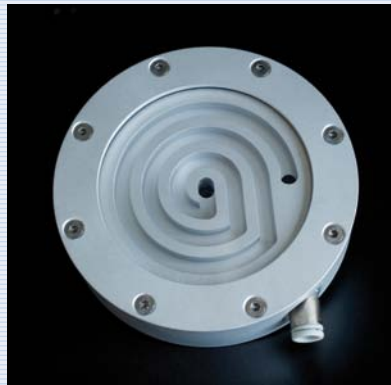
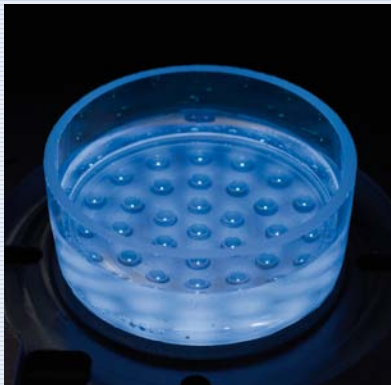
sorgung mittlerweile etabliert und weit verbreitet. Dabei werden Niederdruckgasentladungslampen als Strahlungsquelle verwendet. Diese haben jedoch schwerwiegende Nachteile wie etwa eine kurze Lebensdauer, hohe Betriebsspannung und giftiges Quecksilber als Leuchtmittel – diese Eigenschaften schränken den Einsatz in dezentralen Lösungen stark ein.

UV-LEDs dagegen sind Halbleiterbauelemente, die aus speziell gezüchteten Kristallschichten aufgebaut sind. Sie bieten zahlreiche Vorteile, die sie attraktiv für den Einsatz in mobilen, energieautarken Apparaturen zur Wasserentkeimung machen. Sie zeichnen sich insbesondere durch eine lange Lebensdauer und geringe Betriebsspannung aus. Letztere wiederum ermöglicht die Energieversorgung durch Batterien und Solarzellen – eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz in Gebieten ohne geregelte Stromversorgung. Durch Variation der Zusammensetzung der Kristallschichten kann zudem theoretisch jede beliebige Wellenlänge im UV-Spektrum (200 bis 400 Nanometer) eingestellt und so an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden. Für die Wasserentkeimung werden explizit Wellenlängen um 265 nm benötigt.

In ersten Experimenten mit stehendem Wasser haben die Forscher mit dem neuartigen UV-Modul die keimtötende Wirkung der Strahlung von UV-LEDs (Wellenlänge 268 nm und 283 nm) nachgewiesen. Dabei zeigte sich, dass die Entkeimungswirksamkeit mindestens genauso gut ist wie mit herkömmlichen Gasentladungslampen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde ein Prototyp entwickelt, der kleine Mengen fließenden Wassers entkeimt. Bei einer Durchflussmenge von 11 Millilitern pro Minute wurde eine Reduktion der Keimzahl um den Faktor Tausend erreicht.

Die Wissenschaftler arbeiten nun daran, die Leistungsfähigkeit der UV-LEDs deutlich zu steigern – dies ist zugleich die Voraussetzung für die Desinfektion größerer Durchflussmengen und für den Schritt in die kommerzielle Anwendung.



Desinfektionstests von stehendem (li.) und fließendem (re.) Wasser

Wasser – Second Hand

Kreislaufnutzung – Chance und Risiko



Intensiver Ackerbau (Weizen) in der nordchinesischen Tiefebene nahe Shijiazhuang

Gunnar Lischeid (ZALF), Peter Langendörfer (IHP)

Die idealtypische Wassernutzung findet möglichst in geschlossenen Kreisläufen statt. Bedingt durch die bereits heute existierenden Knappheiten sollte „gebrauchtes“ Wasser, wie z.B. Regenwasser, anstelle in der Vorflut abzuleiten in den Landschaftswasserhaushalt zurückgeführt werden und somit zur Grundwasserneubildung und zur Stabilisierung des Wasserhaushalts beitragen. Beispielsweise ließe sich gereinigtes Abwasser für die Beregnung

landwirtschaftlicher Flächen nutzen. Auch die Rückgewinnung von Nährstoffen aus dem Abwasser ist inzwischen technisch und ökonomisch machbar. Dieser Ansatz gewinnt gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels und den damit verbundenen Trockenperioden besonders an Bedeutung.

Allerdings stellt die konsequente Anwendung der Kreislaufwirtschaft immer wieder als Herausforderung dar. Zudem ist auch die sachgemäße Handhabung des Wassers in der Kreislaufführung sich eine notwendige Erfolgsvoraussetzung. Ebenso wichtig ist der Zusammenhang von Kreislaufwirtschaft mit dem Zusammenspiel von intensiver Nutzung von Grundwasser und klimatischen Veränderungen. Dieses hat eine Reihe von oft unterschätzten Sekundäreffekten zur Folge, wie die folgenden Beispiele zeigen:

- **Beispiel China:** Die hohen Erträge der Kornkammer in der nordchinesischen Ebene (Provinz Hebei) lassen sich nur durch intensive Bewässerung und Düngung erzielen. Ein Teil des Bewässerungswassers versickert jedoch, reichert den Oberboden mit Stickstoff und Pestiziden an und gelangt schließlich bis in das Grundwasser. Dieses Wasser wird anschließend wieder für die Bewässerung genutzt; ein verhängnisvoller Kreislauf der Schadstoffanreicherung beginnt.



Überstaubewässerung mit gefördertem Grundwasser in der nordchinesischen Tiefebene

- Beispiel Uckermark: Die zunehmend trockenen und heißen Sommer führen vermehrt zum sommerlichen Austrocknen kleiner Bäche. Da das Grundwasser nun weitere Fließstrecken bis zum nächsten wasserführenden Fluss zurücklegen muss, können im Grundwasser enthaltene Schadstoffe im Untergrund besser zurückgehalten werden, so dass sich die Wasserqualität der größeren Flüsse spürbar verbessert. In diesem Falle hätte eine Unterbrechung des natürlichen Kreislaufs also positive Auswirkungen auf die Umwelt.
- Beispiel Nordostdeutschland: Durch die erhöhte Verdunstung sinken in Nordostdeutschland seit dreißig Jahren die Grundwasserstände und fallen verstärkt kleine Seen und Feuchtgebiete trocken. Die organischen Bestandteile der Sedimente werden zersetzt, der darin zum Teil über Jahrhunderte gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt und verstärkt somit den Treibhauseffekt. Da viele Wasser- und

Moorpflanzen sehr wasserzehrend sind, also recht verschwenderisch mit dem Wasser umgehen, führt das Austrocknen flacher Seen und Feuchtgebiete andererseits aber auch zu einem deutlichen Rückgang der Transpiration, was wiederum dem Grundwasser zugute kommt. Die Unterbrechung des natürlichen Kreislaufs zwischen Boden und Atmosphäre wirkt sich hier also zulasten der Seen und Feuchtgebiet, aber zugunsten des Grundwassers aus.

Kreislaufwirtschaft kann einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, der durch den Klimawandel bedingten Wasserverknappung entgegen zu wirken.

Um Kreislaufwirtschaft effizient und erfolgreich anzuwenden, bedarf es technischer Innovationen, einer verbesserten Datenlage und eine Anpassung der rechtlichen Grundlagen.

Aus einer intensivierten Kreislaufwirtschaft ergeben sich aber auch neue Risiken und bisher unterschätzte Sekundäreffekte, die eine intensive interdisziplinäre wissenschaftlichen Zusammenarbeit erfordern.



Abb.: G. Lischheid (ZALF)

Ausgetrocknetes Bachbett in der Uckermark, 02.09.2008

- Allgemein: Schwierig in den Ausmaßen abzuschätzen, aber unbedingt zu berücksichtigen sind schließlich noch die Auswirkungen meteorologischer und hydrologischer Extremereignisse, wie Starkregen oder Dürren hinsichtlich der Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen in das Grundwasser, oder langfristige Auswirkungen auf Ökosysteme. Wenn diese Ereignisse, wie prognostiziert, zukünftig an Intensität und Häufigkeit zunehmen, sind teilweise gravierende langfristige Auswirkungen zu befürchten.

Die Bevölkerung erwartet von der Wissenschaft, dass sie die Auswirkungen des Klimawandels und den damit verbundenen sozioökonomischen Wandel erklären, sowie entsprechende Anpassungsstrategien entwickeln. Die Sekundärfolgen dieser Anpassungsstrategien wurden aber bisher wenig beachtet, da sie eine intensive interdisziplinäre Vernetzung erfordern. Sie bedingen ihrerseits

zum Teil ganz neue Risiken. Andererseits eröffnen sich damit unter Umständen aber auch überraschenderweise ganz neue Chancen. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen am ZALF beschäftigt sich deshalb explizit mit unerwarteten Effekten, nichtlinearen Wechselbeziehungen und Rückkopplungen.

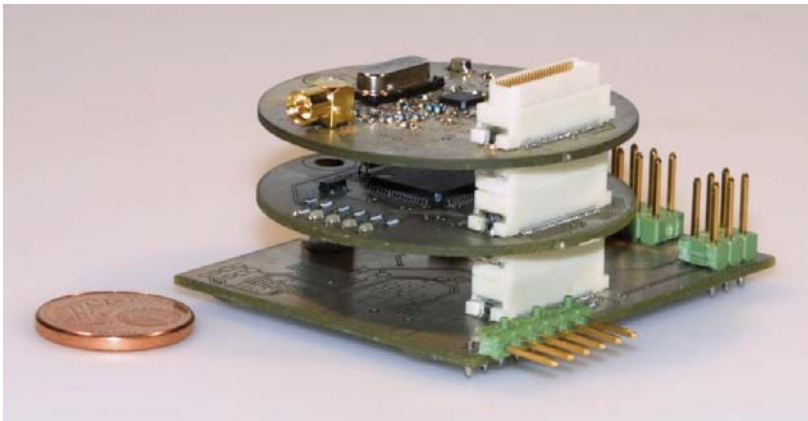
Solche Effekte sind jedoch nur mit einem gut ausgebauten Messnetz zu erfassen. Im Rahmen des Projektes IQLevel werden dafür am IHP Pegelsonden für eine infrastrukturlose Überwachung des Grundwassers entwickelt. Die Sonden werden in das Pegelrohr integriert und erfassen in beliebiger zeitlicher Auflösung den Wasserstand, die Wassertemperatur, den pH-Wert, den Salzgehalt oder die Sulfat-Konzentration des Grundwassers. Die einzelnen Sonden bauen selbstständig ein Funknetz auf, um die Daten weiterzuleiten. Für die Überbrückung von größeren Entfernungen wird automatisch ein Ad-Hoc Netzwerk zwischen einzelnen Sensorknoten aufgebaut. Dadurch sind keine Infrastrukturmaßnahmen wie

der Bau von Kabeltrassen notwendig, so dass solche Messnetze schnell und flexibel aufzubauen und zu verändern sind.

Handlungsempfehlungen an die Politik

- Anstatt gereinigtes Abwasser in die Bäche und Flüsse einzuleiten, könnte es zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen oder zur Stützung des Wasserhaushalts von Feuchtgebieten genutzt werden. Die Nährstoffe, die im gereinigten Abwasser noch enthalten sind, könnten dabei in Pflanzenbiomasse umgewandelt, und organische Schadstoffe im Boden abgebaut werden, was die Belastung der Flüsse reduziert. Wichtig sind hierfür gesetzliche Anpassungen.
- Die Kombination aus profunden Fachwissen zur Kreislaufwirtschaft, technischer Innovationen, und Nutzung interdisziplinärer Ansätze ermöglicht es, qualifizierte Aussagen über die zum Teil überraschenden Sekundär- und Tertiäreffekte des untrennbar miteinander verzahnten Klima- und sozioökonomischen Wandels zu machen und daran angepasste Managementstrategien für intensiv genutzte Landschaften mit ihren vielfältigen konkurrierenden Nutzungsansprüchen zu entwickeln. Für deren Umsetzung sind jedoch wiederum die rechtlichen Rahmenbedingungen anzupassen. Hier ist die Politik im engen Schulterschluss mit der Wissenschaft gefordert.

Abb.: IHP



Modularer Aufbau eines Sensorknotens aus dem IQLevel-Projekt bestehend aus Basisplatine, Prozessorplatine und Funkplatine

Gefahr von unten

Grundwasserschutz auf kleinen Inseln – Bedeutung nicht verkennen

Kathleen Schwerdtner Máñez, Marion Glaser, Sebastian Ferse (ZMT), Helga Wiederhold, Hans Sulzbacher (LIAG)

Süßwasserversorgung kleiner Inseln

Die Versorgung von Inseln mit Süßwasser spielte immer schon eine entscheidende Rolle für deren Besiedlung und Bewirtschaftung. Inseln ab einer Größe von etwa 1,5 ha verfügen über eine Süßwasserlinse. Diese wird ausschließlich durch die Versickerung der Niederschläge gespeist. Durch das geringere spezifische Gewicht des Niederschlagswassers baut sich in den höher gelegenen Inselbereichen ein erhöhtes Druckniveau auf. Es entsteht ein Süßwasserkörper, der wie ein Eisberg auf dem versalzten Grundwasser im tieferen Untergrund der Insel schwimmt. Fällt weniger Niederschlag und wird weiterhin Süßwasser zur Trinkwasserversorgung entnommen, kommt es zur sogenannten Salzwasserintrusion: Das Salzwasser verdrängt das ohnehin mengenmäßig geringere Süßwasser.

Unzweifelhaft stellt Salzwasserintrusion und die damit verbundene Verknappung von Süßwasser ein zentrales Problem von Küsten und Inseln weltweit dar. In Deutschland sind davon beispielsweise die ost- und nordfriesischen Inseln betroffen oder in Indonesien etwa die Inseln und Atolle des Spermonde-Archipels. Süßwasserlinsen kleiner Inseln sind

verwundbar durch natürliche Ereignisse wie Überflutung, Erosion oder Änderung der Grundwasserneubildung - Vorgänge, die sich durch veränderte Klimabedingungen zusätzlich intensivieren werden. Dazu kommt die Gefährdung durch menschliche Aktivitäten wie Übernutzung der Brunnen, Schadstoffeintrag von der Erdoberfläche aus oder Zerstörung der Dünengürtel. Ohne eine sorgfältige Abstimmung von Grundwassernutzung und Grundwasserschutz wird die Sicherung menschlicher Grundbedürfnisse sehr schwer.

Auf kleinen Inseln verstärkt der Klimawandel das Phänomen Salzwasserintrusion, bei dem die Grundwasserqualität durch Salzwasser beeinträchtigt wird.

Wir brauchen detaillierte Kenntnisse des Inseluntergrundes und der Süßwasserlinse als Grundwasser, um der Salzwasserintrusion frühzeitig und effizient entgegenwirken zu können.

Geophysikalische Messungen bilden das Kernstück der Untersuchungen; In Kombination mit sozial- und gesundheitspolitisch ausgerichteten Maßnahmen bieten die Erfahrungen deutscher Forschung auf Borkum erfolgversprechende Übertragungsmöglichkeiten für viele tropische Inselumgebungen.



Abb.: M. Glaser (ZMT)

Versiegender Brunnen in Spermonde

Sekundärfolgen des Klimawandels bedrohen Süßwasserversorgung auf den kleinen Inseln

Von den ungefähr 120 kleinen Inseln und Atollen des Spermonde-Archipels in Indonesien (s. Luftbild rechts) verfügen kaum mehr als 50 über eine Süßwasserlinse. Die Besiedlung konzentriert sich nahezu ausschließlich auf diese Inseln. Untersuchungen des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenökologie (ZMT) zeigen jedoch, dass die Lebensgrundlage der etwa 45.000 Bewohner von Spermonde bedroht ist. Sekundärfolgen des Klimawandels wie der Anstieg des Meeresspiegels und stärkere Extremwetterereignisse verstärken die Ufererosion der Inseln und gefährden damit die Süßwasserlinsen, die in direktem Zusammenhang mit der Inseloberfläche stehen. Inselbewohner berichten von der zunehmenden Versalzung des Wassers und dem Trockenfallen vieler Brunnen (s. Titelfoto auf S. 42). Auf einigen Inseln hat sich die Wasserqualität und -verfügbarkeit derart verschlechtert, dass Trinkwasser vom Festland gekauft werden muss. Dennoch findet die Süßwasserversorgung von kleinen Inseln derzeit wenig Beachtung in der politischen Debatte in Indonesien.

Beispiel: Borkum

Für die Entwicklung von Strategien im Umgang mit den Folgen des Klimawandels sind geophysikalische Daten zu den Inseln von essentieller Bedeutung. Im Rahmen des EU Projekts „CLIWAT Cli-

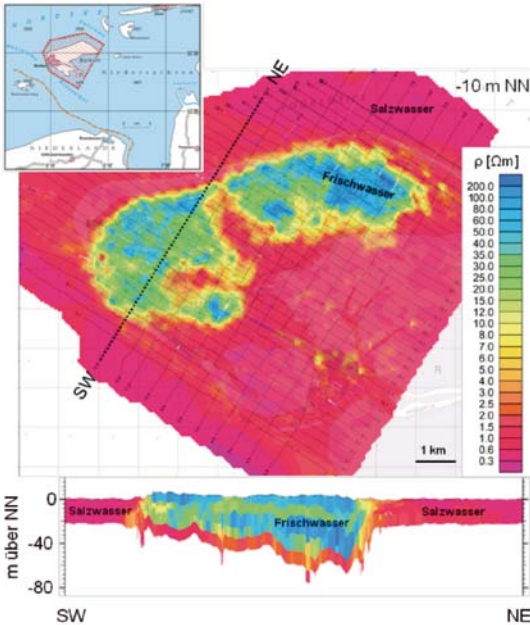
mate & Water“ führt das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) entsprechende Untersuchungen und Datenerhebungen an der Nordseeküste und auf den ihr vorgelagerten Barriereinseln durch. Wissenschaftler untersuchen u.a. den Untergrund von Borkum, um die Süßwasserlinse zu modellieren und den Einfluss zukünftiger Klimaänderungen und deren Folgen wie zum Beispiel die Salzwasserintrusion abschätzen zu können. Vom Hubschrauber aus werden die durch die unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten von Süß- und Salzwasser gut abgrenzbaren Süßwasserlinsen kartiert (siehe Karte auf S. 46). Die aus diesen Daten abgeleiteten numerischen Simulationsmodelle zeigen, dass für die Bildung einer stabilen Linse mehrere hundert Jahre nötig sein können. Verändert man durch Überförderung von Trinkwasser oder durch den Bau von Brunnen an ungeeigneten Stellen die Grenze zwischen Süß- und Salzwasser, so kann der Prozess der Regenerierung ähnlich lange dauern – damit ist die Süßwasserlinse gefährdet. Um Veränderungen der Süß-/Salzwassergrünze zu erkennen, finden auf Borkum jetzt kontinuierliche Messungen über zwei in 45-65 m Tiefe eingebaute vertikale Elektrodenstrecken statt. Durch Monitoring und Modellierung werden Brunnenstandorte und Wassermanagement optimiert. So kann eine nachhaltige Trinkwasserversorgung gewährleistet werden.

Wissen international übertragen

Genau solches Wissen ist auch für die Spermonde-Inseln notwendig. Bisher sind die Bewohner der Inseln überwiegend auf sich allein gestellt, um auf den zunehmenden Süßwassermangel zu reagieren. Die hohe Besiedlungsdichte und das weitere Anwachsen der Bevölkerung verstärken das Problem. So reduzieren Haushalte zwar einerseits ihren Verbrauch, indem sie Süßwasser ausschließlich als Trinkwasser verwenden. Brunnenwasser, welches zunehmend versalzt, wird andererseits häufig weiterhin zum Kochen verwendet. Es ist absehbar, dass dies gesundheitliche Folgen nach sich ziehen wird. Regenwassertanks, mit denen auf vielen Pazifikinseln Regenwasser über Hausdächer gesammelt wird, sind in Spermonde bisher kaum verbreitet. Einige Inseln kaufen ihr Trinkwasser bereits von außerhalb. Organisiert wird der Wasserhandel von professionellen Verkäufern, die von der Süßwasserknappheit im Archipel profitieren. Längerfristig bietet sich der Bau von Entsalzungsanlagen an, doch auch diese Option birgt Konfliktpotential. Eine von einer japanischen Entwicklungshilfeorganisation gebaute Anlage wurde von den regionalen Wasserhändlern als Konkurrenz gesehen. Aufgrund fehlender regelmäßiger Wartung, mangelnder Ersatzteile und Erosion des Ufers war die Anlage bereits nach kurzer Zeit nicht mehr funktionsfähig. Inselbewohner berichten, dass Bemühungen, sie wieder in Gang zu bringen, von den Wasserhändlern unterminiert wurden.



Luftaufnahme der Insel Barrang Caddi im Spermonde-Archipel vor der indonesischen Insel Sulawesi. Nahezu jeder verfügbare Quadratmeter der Insel ist bebaut, so dass der Pflanzenwuchs inzwischen auf einige wenige Vorgärten beschränkt ist. Dies wirkt sich negativ auf Verdunstungsraten und Grundwasserneubildung aus. Zunehmende Küstenerosion, die bereits zum Verlust mehrerer Häuser an der Inselkante geführt hat, verstärkt den Grundwassermangel.



Darstellung des spezifischen elektrischen Widerstands für -10m NN unterhalb der Nordseeinsel Borkum sowie im Tiefenschnitt. Die Ausdehnung der Süßwasserlinse (grün-blau) hebt sich gegen das umgebende Salzwasser (rot) gut ab.

Handlungsempfehlungen an die Politik

- Intensiviert durch Sekundäreffekte des Klimawandels wird Salzwasserintrusion in den kommenden Jahrzehnten verstärkt die Grundwasserqualität an Küsten und auf Inseln gefährden. Dabei ist es zentral, die voranschreitende Verknappung des Trinkwassers zu entschleunigen.

- Für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Grundwasser ist eine verbesserte Kenntnis des Insel-Untergrundes unumgänglich, um den Gefahren der sich verstärkenden Salzwasserintrusion frühzeitig und effizient entgegen wirken zu können. Durch den gezielten Einsatz von geophysikalischen Methoden wie auf Borkum kann die Süßwasserlinse zerstörungsfrei von der Erdoberfläche aus erkundet werden. Dabei können auf der Basis von Simulationsmodellen und Monitoring Brunnenstandorte und Wassermanagement der Salz-Süßwassergrenze optimiert werden.
- Unabhängig davon bedürfen die effizientere Nutzung von Regenwasser, eine sozial gerechte Sicherung der Wassergrundbedürfnisse und die Gesundheitsfolgen der Trinkwasserverknappung besonderer Aufmerksamkeit.
- Die Wahrnehmung und das Wissen über die Problematik Salzwasserintrusion und Grundwasserschutz muss auch im Bewusstsein der Bewohner kleiner Inseln durch Bildungsmaßnahmen stärker verankert werden.

Abb.: BGR/LIAG

GREENPILOT

Abb.: www.greenpilot.de

The screenshot shows the GREENPILOT search interface. At the top, the search query 'climate change secondary effects water' is entered. Below the search bar, there are filters for 'Trefferbere', 'Markiere (0)', 'Dokumentkategorien', and 'My GREENPILOT'. The main content area displays search results for 'Suche nach Ernährung, Umwelt, Agrar'. The results are organized into sections: 'Verwandte Begriffe', 'Jahr', 'Dokumenttyp', and 'Sprache'. The 'Verwandte Begriffe' section lists related terms like 'Wasserversorgung', 'Gesundheit', 'Evaporation', 'Regen', and 'Wasserverbrauch'. The 'Jahr' section shows results for 2011, 2010, and 2009. The 'Dokumenttyp' section lists 'Online-Cover', 'Artikel', 'Buch', 'Zeitschrift', and 'Dissertation / Habilitation'. The 'Sprache' section shows 'Englisch'. The search results themselves are listed in a table with columns for a number, a snippet of the article title, and a 'Verwandte Zeile' link.

Beispiel von Literatursuche in GREENPILOT

*Luciana Zedda, Tanja Meyer, Heike Grelka
(ZB MED)*

Mit dem Suchportal GREENPILOT (www.greenpilot.de) bietet die Deutsche Zentralbibliothek für Medizin, Gesundheit, Ernährung, Umwelt, und Agrar. (ZB MED) Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern einen Zugriff auf fachliche Informationen. Die Suchergebnisse stammen aus über 20 nationalen und internationalen Fachdatenbanken, Katalogen, Volltexten in frei verfügbaren Fachzeitschriften und dem in tieferen Ebenen abgelegten Wissen auf relevanten Webseiten. Ziel von GREENPILOT ist es, den direkten Zugang zum Volltext einer Publikation oder eine Bestellung zu ermöglichen.

Eine Literaturrecherche auf Englisch über "climate change, secondary effects, water" ergibt mehr als 5.400 Ergebnisse (Stand vom 12. Juli 2011) über die Sekundärfolgen des Klimawandels auf aquatische sowie terrestrische Ökosysteme.

Außerdem werden überdies verwandte Begriffe zeitgleich recherchiert.

Individuelle Einstellungen und Filteroptionen bieten optimale Bedingungen zur Selektion bis hin zu den passenden Treffern, z.B. durch eine Verfeinerung der Suchbegriffe zu „Evaporation“. In diesem Fall werden die Treffer deutlich weniger (477) und 92% davon sind frei online verfügbar.

Die Literatursuche wird zum einen unterstützt von dem semantischen Such-Tool Morphosaurus, zum anderen von zwei multilingualen Fachthesauri, welche in bis zu 19 verschiedenen Sprachen aufzufinden. Insgesamt gibt es zahlreiche Publikationen über die Einflüsse des Klimawandels auf die Biodiversität sowie die menschliche Gesundheit. Diese stellen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen eine Breite an fachlich fundierten Informationen zur Verfügung, welche über die üblichen wissenschaftlichen Zeitschriftenportale oder einer Standard-Internetsuche nicht zu finden sind.

Autorenliste

Dr. Peter Casper

arbeitet als Mikrobiologe in der Abteilung „Limnologie Geschichteter Seen“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin-Neuglobsow (IGB).

Tel.: (033082) 699 29
pc@igb-berlin.de

Dr. Katrin Drastig

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe sowie Leiterin der Nachwuchsgruppe „AgroHyd“ am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB).

Tel.: (0331) 5699 218
kdrastig@atb-potsdam.de

Dipl. Geogr. Marianela Fader

ist Doktorandin in der Abteilung Klimawirkung und Vulnerabilität am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

Tel.: (0331) 288 2458
mfader@pik-potsdam.de

Dr. Sebastian Ferse

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der sozial-ökologischen Arbeitsgruppe am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie in Bremen (ZMT).

Tel.: (0421) 23 800 28
sebastian.ferse@zmt-bremen.de

Dipl.-Ing. Carolin Galler

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover¹ und Geschäftsführerin des Arbeitskreises „Wasser und Raumplanung“ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, Hannover (ARL).

Tel.: (0511) 762 4443
galler@umwelt.uni-hannover.de

Prof. Dr. Mark Gessner

leitet die Abteilung „Limnologie Geschichteter Seen“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin-Neuglobsow (IGB).

Tel.: (033082) 6990
gessner@igb-berlin.de

M. Eng. Johannes Glaab

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Geschäftsbereich GaN-Optoelektronik am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH).

Tel.: (030) 6392 2684
johannes.glaab@fbh-berlin.de

PD Dr. Marion Glaser

ist Leiterin der sozial-ökologischen Arbeitsgruppe am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie in Bremen (ZMT).

Tel.: (0421) 23 800 66
marion.glaser@zmt-bremen.de

¹ Die Leibniz Universität ist keine Einrichtung der Leibniz-Gemeinschaft.

Heike Grelka

ist Journalistin und betreut die Pressearbeit der Deutschen Zentralbibliothek für Medizin. Gesundheit. Ernährung. Umwelt. Agrar. (ZB MED).

Tel.: (0221) 478 5687

grelka@zbmed.de

PD Dr. Hans-Peter Grossart

arbeitet als Mikrobiologe in der Abteilung "Limnologie Geschichteter Seen" und ist Sprecher des Programmbereichs "Aquatische Biodiversität" am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin-Neuglobsow (IGB).

Tel.: (033082) 699 91

hgrossart@igb-berlin.de

Dr. Michael Hupfer

arbeitet als Limnologe und leitet den Programmbereich „Aquatische Grenzonen“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin (IGB).

Tel.: (030) 64181 605

hupfer@igb-berlin.de

Dr. Christoph Jeßberger

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Energie, Umwelt und erschöpfbare Ressourcen“ am ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V. (ifo), München.

Tel.: (089) 9224 1346

jeßberger@ifo.de

Dr. Peter Kasprzak

arbeitet als Limnologe in der Abteilung „Limnologie Geschichteter Seen“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin-Neuglobsow (IGB).

Tel.: (033082) 699 14

daphnia@igb-berlin.de

Prof. Dr. Michael Kneissl

leitet den Lehrstuhl für „Experimentelle Nanophysik und Photonik“ an der TU Berlin und ist zudem Leiter des Geschäftsbereichs GaN-Optoelektronik am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH).

Tel.: (030) 6392 2812

michael.kneissl@fbh-berlin.de

Prof. Dr. Peter Langendörfer

ist Honorarprofessor für System-Software an der BTU Cottbus und Gruppenleiter Sensornetze am IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik in Frankfurt (Oder).

Tel.: (0335) 5625 350

langendoerfer@ihp-microelectronics.com

Prof. Dr. Gunnar Lischeid

leitet das Institut für Landschaftswasserhaushalt am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. und ist Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam.

Tel.: (033432) 82 250

Lischeid@zalf.de

Prof. Dr. Jürgen May

ist Leiter der Arbeitsgruppe „AG May (Infektionsepidemiologie)“ Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNI).

Tel.: (040) 42818 369
may@bnitm.de

Dr. Tim Mennel

ist Senior Researcher im Forschungsbereich „Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement“ am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim.

Tel.: (0621) 1235 201
Mennel@zew.de

Dr. Tanja Meyer

ist Leiterin des Dezernats 5 (Ernährung, Umwelt, Agrar., Standort Bonn) der Deutschen Zentralbibliothek für Medizin, Gesundheit, Ernährung, Umwelt, Agrar. (ZB MED).

Tel.: (0228) 73 34 04
meyer@zbmed.de

Dipl.-Ing. Peter Müller

ist wissenschaftlicher Referent in der Geschäftsstelle der Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, Hannover (ARL). Er leitet dort das Referat „Natürliche Ressourcen, Umwelt, Ökologie“.

Tel.: (0511) 34842 22
mueller@arl-net.de

Dipl.-Ökonom Daniel Osberghaus

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement“ am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim.

Tel.: (0621) 1235 205
osberghaus@zew.de

Dr. Aranka Podhora

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Direktorat / Forschungsgruppe Impact Assessment am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Tel.: (033432) 82 165
Aranka.Podhora@zalf.de

M.A. Philosophie Gregor Prinzensing

ist Pressesprecher des Leibniz-Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung in Erkner (IRS).

Tel.: (03362) 793 274
Prinzensing@irs-net.de

Dr. Kathleen Schwerdtner Máñez

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der sozial-ökologischen Arbeitsgruppe am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie in Bremen (ZMT).

Tel.: (0421) 23 800 82
kathleen.schwerdtner@zmt-bremen.de

Dipl. Physiker Hans Sulzbacher

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik in Hannover (LIAG).

Tel.: (0511) 643 3150

hans.sulzbacher@liag-hannover.de

Dr. Insa Theesfeld

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Rahmenbedingungen des Agrarsektors und Politikanalyse sowie Leiterin des Themenschwerpunktes „Natürliche Ressourcen und Institutionen“ am Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO).

Tel.: (0345) 2028 138

theesfeld@iamo.de

Prof. Dr. Klement Tockner

ist Direktor des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V. (IGB).

Tel.: (030) 64 181601

tockner@igb-berlin.de

Dipl.-Chemikerin Katlen Trautmann

zeichnet für die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung verantwortlich (IÖR).

Tel.: (0351) 4679 241

K.Trautmann@ioer.de

Dr. Helga Wiederhold

ist Koordinatorin des Forschungsschwerpunktes Grundwassersysteme - Hydrogeophysik am Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik in Hannover (LIAG).

Tel.: (0511) 643 3520

helga.wiederhold@liag-hannover.de

Prof. Dr. Hubert Wiggering

ist Wissenschaftlicher Direktor am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. und Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam.

Tel.: (033432) 82 200

Wiggering@zalf.de

Dr. Luciana Zedda

ist Projektleiterin von GREENPILOT - Deutsche Zentralbibliothek für Medizin. Gesundheit. Ernährung. Umwelt. Agrar. (ZB MED)

Tel.: (0228) 73 90 97

greenpilot@zbmed.de

Dr. Markus Zimmer

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Energie, Umwelt und erschöpfbare Ressourcen“ am ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V. (ifo), München.

Tel.: (089) 9224 1260

zimmer@cesifo.de

Ansprechpartner

Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften (ARL), Hannover

Generalsekretär

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Scholich

Hohenzollernstr. 11
30161 Hannover
Tel.: (0511) 34842 0
www.arl-net.de

Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNI)

Vorsitzender des Vorstands

Prof. Dr. Rolf Horstmann

Bernhard-Nocht-Str.74
20359 Hamburg
Tel.: (040) 42818 0
www.bnitm.de

Deutsche Zentralbibliothek für Medizin (ZB MED)

Leitender Direktor

Ulrich Korwitz

Gleueler Straße 60
50931 Köln
Tel.: (0221) 478 7101
www.zbmed.de

Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), Berlin

Direktor

Prof. Dr. Günther Tränkle

Gustav-Kirchhoff-Str. 4
12489 Berlin
Tel.: (030) 6392 2601
www.fbh-berlin.de

ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München (ifo), München

Präsident

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Hans-Werner Sinn

Poschingerstraße 5
81679 München
Tel.: (089) 9224 0
www.ifo.de

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO)

Geschäftsführender Direktor

Prof. Dr. Thomas Glauben

Theodor-Lieser-Straße 2
06120 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 2928 200
www.iamo.de

**Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim (ATB)**

Direktor

Prof. Dr. agr. habil. Reiner Brunsch

Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam
Tel.: (0331) 5699 0
www.atb-potsdam.de

**Leibniz-Institut für innovative Mikro-
elektronik (IHP), Frankfurt (Oder)**

Wiss.-Technischer Geschäftsführer

Prof. Dr. Wolfgang Mehr

Im Technologiepark 25
15236 Frankfurt (Oder)
Tel.: (0335) 5625 0
www.ihp-microelectronics.com

**Leibniz-Institut für Angewandte Geo-
physik (LIAG) Hannover**

Direktor

Prof. Dr. Ugur Yaramanci

Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel.: (0511) 643 2301
www.liag-hannover.de

**Leibniz-Institut für ökologische Raum-
entwicklung (IÖR) Dresden**

Direktor

Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller

Weberplatz 1
01217 Dresden
Tel.: (0351) 4679 210
www.ioer.de

**Leibniz-Institut für Gewässerökologie
und Binnenfischerei (IGB), Berlin**

Direktor

Prof. Dr. Klement Tockner

Müggelseedamm 310
12587 Berlin
Tel.: (030) 64 181601
www.igb-berlin.de

**Leibniz-Institut für Regionalentwick-
lung und Strukturplanung (IRS)**

Direktorin

Prof. Dr. Heiderose Kilper

Flakenstraße 28-31
15537 Erkner
Tel.: (03362) 793 0
www.irs-net.de

**Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts-
forschung (ZALF), Müncheberg**

Wissenschaftlicher Direktor
Prof. Dr. Hubert Wiggering

Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Tel.: (033432) 82 200
www.zalf.de

**Zentrum für Europäische Wirtschafts-
forschung (ZEW), Mannheim**

Präsident
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Franz

L 7, 1
68161 Mannheim
Tel.: (0621) 123501
www.zew.de

**Leibniz-Zentrum für Marine Tropenöko-
logie (ZMT) Bremen**

Direktorin
Prof. Dr. Hildegard Westphal

Fahrenheitstr. 6
28359 Bremen
Tel.: (0421) 23 800 21
www.zmt-bremen.de

In Kooperation mit verschiedenen Leib-
niz-Einrichtungen im Themenfeld Sekun-
däreffekte des Wassers:

**Gottfried Wilhelm Leibniz Universität
Hannover**

Welfengarten 1
30167 Hannover
Tel.: (0511) 762 0
www.uni-hannover.de

**Potsdam Institut für Klimafolgenfor-
schung (PIK)**

Direktor
Prof. Dr. Hans Joachim Schellnhuber

P.O. Box 60 12 03
14412 Potsdam
Tel.: 0331 288 2500
www.pik-potsdam.de

In der Reihe Zwischenruf sind bisher erschienen:

Verlust der Nacht (2/2009)

Beiträge aus Ökologie, Astronomie, Lichttechnik, Medizin sowie Raum- und Sozialwissenschaften aus dem Leibniz-Forschungsverbund Verlust der Nacht

Schweinegrippe, AIDS & Co. – Infektionskrankheiten als globales Problem (1/2009)

Beiträge aus Human- und Veterinärmedizin sowie Wirtschafts- und Politikwissenschaften

Keine Zukunft ohne Landwirtschaft (2/2008)

Beiträge aus der Wissenschaft zu Bioenergie, Grüner Gentechnik, Lebensmittelsicherheit und Klimawandel

Bildung fördern. Teilhabe ermöglichen. (1/2008)

Beiträge aus der Bildungs-, Sozial- und Raumforschung

Raumwissenschaftliche Forschung für die politische Praxis (2007)

Demographischer Wandel – Raumentwicklung – Regionalpolitik

Umweltforschung für die politische Praxis (2005)

Gewässerschutz, Bodenschutz, Verbraucherschutz, Feinstaub

Umweltforschung für die politische Praxis (2004)

Klima, Naturschutz, Biodiversität, Nachwachsende Rohstoffe

Die Leibniz-Gemeinschaft

Die Leibniz-Gemeinschaft verbindet 87 selbständige Forschungsinstitute und wissenschaftliche Infrastruktureinrichtungen für die Forschung, deren Ausrichtung von den Natur-, Ingenieur- und Umweltwissenschaften über die Wirtschafts-, Sozial- und Raumwissenschaften bis zu den Geisteswissenschaften reicht. Leibniz-Institute bearbeiten gesellschaftlich relevante Fragestellungen strategisch und themenorientiert. Dabei bedienen sie sich von der Grundlagen- bis zur anwendungsorientierten Forschung der gesamten Breite wissenschaftlicher Ansätze.

Die Leibniz-Gemeinschaft ist außerdem führend mit ihren wissenschaftlichen Dienstleistungen und setzt Schwerpunkte im Wissenstransfer in Richtung Politik, Wirtschaft und in die breite Öffentlichkeit. Die Leibniz-Gemeinschaft pflegt intensive Kooperationen mit Hochschulen, Industrie und anderen Partnern im In- und Ausland. Ihre Einrichtungen unterliegen einem regelmäßigen externen Begutachtungsverfahren. Jedes individuelle Leibniz-Institut hat eine definierte Aufgabe von gesamtstaatlicher Bedeutung. Daher fördern Bund und Länder die Institute der Leibniz-Gemeinschaft gemeinsam.

Die Einrichtungen beschäftigen zusammen rund 16.800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter 7.800 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, davon wiederum 3.300 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler. Der Gesamtetat der Institute der Leibniz-Gemeinschaft liegt bei mehr als 1,4 Mrd. Euro, darunter Drittmittel in Höhe von etwa 330 Mio. Euro pro Jahr.

Näheres unter www.leibniz-gemeinschaft.de

Impressum

Herausgeber:

Leibniz-Gemeinschaft e.V.
Geschäftsstelle
Chausseestraße 111
10115 Berlin
Tel.: 030 / 206049-0
Fax: 030 / 206049-55
E-Mail: info@leibniz-gemeinschaft.de
Internet: www.leibniz-gemeinschaft.de

Redaktion:

Josef Zens (v.i.S.d.P.), Dr. Aranka Podhora (ZALF)

Konzept: Leibniz-Arbeitskreis Nachhaltigkeit, Task Force Wasser

Autoren:

Eine Liste der Autorinnen und Autoren finden Sie auf Seite 48 bis 51.

Abdruck, auch von Teilen, nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung der Leibniz-Gemeinschaft gestattet.

Gesamtgestaltung: unicom-berlin.de

Druck: Druckerei Heenemann

Titelfotos: M. Glaser (ZMT), S. Ferse (ZMT), M. Schrumpf, T. Gonsiorczyk (IGB)
(von oben links nach unten rechts)

Bestellungen:

Schriftlich an den Herausgeber.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Begriffe und Funktionsbezeichnungen dieser Broschüre bezeichnen Frauen und Männer in gleicher Weise.

Leibniz ist mehr.

Mehr Themen. Mehr Wissen. Mehr Rat.

Sektion A

Geisteswissenschaften und Bildungsforschung

DBM	Deutsches Bergbau-Museum, Bochum
DIE	Deutsches Institut für Erwachsenenbildung – Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen, Bonn
DIPF	Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung, Frankfurt am Main
DM	Deutsches Museum, München
DSM	Deutsches Schiffahrtsmuseum, Bremerhaven
GNM	Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg
HI	Herder-Institut, Marburg
IDS	Institut für Deutsche Sprache, Mannheim
IFZ	Institut für Zeitgeschichte München-Berlin
IPN	Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel
IWM	Institut für Wissensmedien, Tübingen
RGZM	Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz
ZPID	Zentrum für Psychologische Information und Dokumentation, Trier
ZZF	Zentrum für Zeithistorische Forschung Potsdam

Sektion B

Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Raumwissenschaften

ARL	Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, Hannover
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin
FÖV	Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer
GESIS	GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften, Bonn-Köln-Mannheim
GIGA	German Institute of Global and Area Studies. Leibniz-Institut für Globale und Regionale Studien, Hamburg
HSFK	Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung, Frankfurt am Main
IAMO	Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa, Halle
IfL	Leibniz-Institut für Länderkunde, Leipzig
ifo	ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München
IfW	Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel
ILS	ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Dortmund [Assoziiert]
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

IRS	Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner
IWH	Institut für Wirtschaftsforschung Halle
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen
WZB	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
ZBW	Deutsche Zentralbibliothek für Wirtschaftswissenschaften – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft, Kiel
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim

Sektion C

Lebenswissenschaften

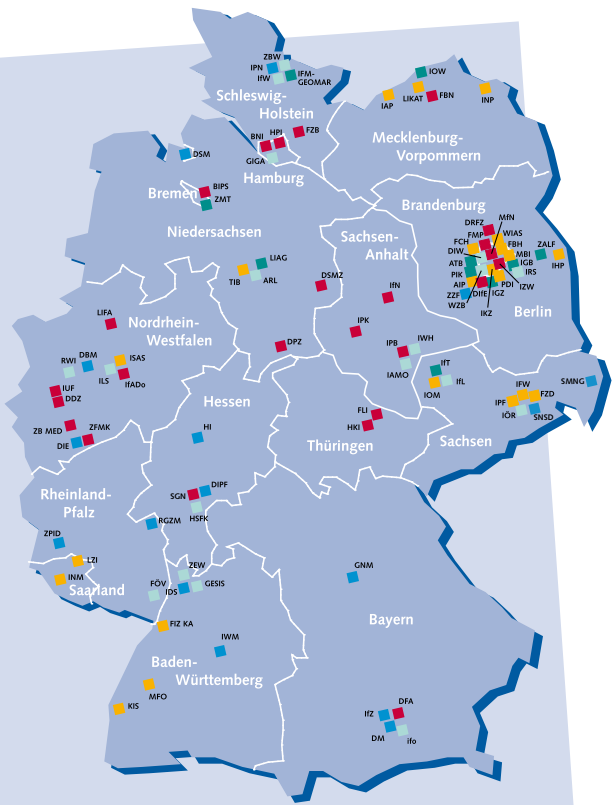
BIPS	Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin [Assoziiert]
BNI	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg
DDZ	Deutsches Diabetes-Zentrum – Leibniz-Zentrum für Diabetes-Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
DFA	Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching
DIfE	Deutsches Institut für Ernährungsforschung, Potsdam-Rehbrücke
DPZ	Deutsches Primatenzentrum – Leibniz-Institut für Primatenforschung, Göttingen
DRFZ	Deutsches Rheuma-Forschungszentrum Berlin
DSMZ	Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, Braunschweig
FBN	Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf
FLI	Leibniz-Institut für Altersforschung – Fritz-Lipmann-Institut, Jena
FMP	Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie, Berlin
FZB	Forschungszentrum Borstel – Leibniz-Zentrum für Medizin und Biowissenschaften, Borstel
HKI	Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut, Jena
HPI	Heinrich-Pette-Institut – Leibniz-Institut für Experimentelle Virologie und Immunologie an der Universität Hamburg
IfADo	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund
IfN	Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg
IPB	Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie, Halle
IPK	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben
IUF	Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf gGmbH
IZW	Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin

- LIFA** Leibniz-Institut für Arterioskleroseforschung an der Universität Münster
- MfN** Museum für Naturkunde – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung an der Humboldt-Universität zu Berlin
- SGN** Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt am Main
- ZB MED** Deutsche Zentralbibliothek für Medizin, Köln
- ZFMK** Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig – Leibniz-Institut für Biodiversität der Tiere, Bonn

Sektion D

Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften

- AIP** Leibniz-Institut für Astrophysik, Potsdam
- FBH** Ferdinand-Braun-Institut – Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin
- FCH** Fachinformationszentrum Chemie, Berlin
- FIZ KA** Fachinformationszentrum Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur
- FZD** Forschungszentrum Dresden-Rossendorf
- IAP** Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn
- IFW** Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Dresden
- IHP** Innovations for High Performance Microelectronics – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)
- IKZ** Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin
- INM** Leibniz-Institut für Neue Materialien, Saarbrücken
- INP** Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald
- IOM** Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig
- IPF** Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden
- ISAS** Leibniz-Institut für analytische Wissenschaften, Dortmund und Berlin
- KIS** Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik, Freiburg
- LIKAT** Leibniz-Institut für Katalyse an der Universität Rostock
- LZI** Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik
- MBI** Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, Berlin
- MFO** Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach
- PDI** Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Berlin
- TIB** Technische Informationsbibliothek, Hannover
- WIAS** Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Berlin



Sektion E

Umweltwissenschaften

- ATB** Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim
- IFM-GEOMAR** Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, Kiel
- IfT** Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, Leipzig
- IGB** Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
- IGZ** Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren & Erfurt
- IOW** Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock
- LIAG** Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover
- PIK** Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
- ZALF** Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg
- ZMT** Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie, Bremen

Leibniz ist mehr.

Mehr Themen. Mehr Wissen. Mehr Rat.

Leibniz-Gemeinschaft e.V.
Geschäftsstelle
Chausseestraße 111
10115 Berlin

www.leibniz-gemeinschaft.de