



# UFZ-Spezial



HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ

DEZEMBER 2009



## IN SACHEN KLIMAWANDEL

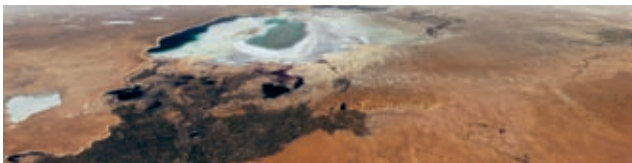
Überall dort, wo der Mensch begonnen hat, Wüsten landwirtschaftlich zu nutzen, kämpft er gegen Bodenversalzung und Austrocknung. Der Klimawandel wird die Situation in vielen Regionen der Welt verschärfen und hinterlässt bereits heute seine Spuren. Die Antwort muss heißen: Anpassen – und zugleich das Klima schützen. Mit seiner Expertise trägt das UFZ dazu bei, die Folgen des Klimawandels zu erforschen und Anpassungsstrategien zu entwickeln.



HELMHOLTZ  
ZENTRUM FÜR  
UMWELTFORSCHUNG  
UFZ

# THEMEN DIESER AUSGABE

- S. 3** Vorwort des Wissenschaftlichen Geschäftsführers des UFZ
- S. 4 – 5** Forschung für eine integrierte Klimaschutz- und Klimawandelpolitik
- S. 6 – 7** Interview: Achim Steiner; UNEP  
Wir brauchen eine Klimavereinbarung



## Kapitel 1: Klimawandel und Wasser

- S. 8 – 9** Die Zukunft des Wassers
- S. 10** Das Wasser des Amudaryas
- S. 11** Verwundbar gegenüber Extremereignissen
- S. 12** Von der Kalahari lernen
- S. 13** Regionale Klimamodelle verbessern



## Kapitel 2: Klimawandel und Biodiversität

- S. 14 – 15** ALARM: Klimawandel reißt Löcher in das Netz des Lebens
- S. 16** Perspektiven für Extremisten

- S. 17** Viren auf Reisen
- S. 18** Giftige Aussichten
- S. 19** Standpunkt: Bioenergie – Hoffnungsträger für den Klimaschutz?
- S. 20 – 21** Klimawandel und nachhaltige Waldwirtschaft



## Kapitel 3: Klimawandel und Sozioökonomie

- S. 22 – 23** Interview: Pavan Sukhdev; TEEB  
Vitale Ökosysteme schützen besser vor den Folgen des Klimawandels
- S. 24** Standpunkt: Kosten der Klimaanpassung mit Unsicherheiten behaftet
- S. 25** Konflikte vermeiden, Synergien nutzen
- S. 26** Standpunkt: An der Kohle kommt keiner vorbei!
- S. 27** CO<sub>2</sub> – Klimagasentsorgung im Untergrund?
- S. 28** Auf dem Weg zu einer europäischen Anpassungspolitik
- S. 29** Umweltrecht unter Anpassungsdruck?
- S. 30 – 31** Kurzinformationen
- S. 32** UFZ im Überblick

# KLIMAWANDEL – EINE GESAMTGESELLSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNG



Die Wissenschaft ist sich einig: Das Klima ändert sich – maßgeblich auch durch den Einfluss des Menschen. Der vierte Klima-Report des Weltklimarates (IPCC) bestätigt: Ein globaler Temperaturanstieg im jährlichen Mittel in den nächsten 50 bis 100 Jahren von zwei bis vier Grad Celsius ist unvermeidlich. Selbst wenn der Klimaschutzgipfel in Kopenhagen erfolgreich sein sollte, wird die globale Erwärmung noch eine Weile anhalten. Wir wissen auch, dass eine globale Erwärmung nicht zum ersten Mal in der Erdgeschichte stattfindet, aber zum ersten Mal derartig schnell und mit 6,7 Milliarden Menschen an Bord – im Jahr 2050 werden es voraussichtlich 9 Milliarden Menschen sein. Experten sind sich auch einig: Der Klimawandel wird weit reichende Folgen für Mensch und Umwelt haben, die alle betreffen werden – direkt oder indirekt. Niederschläge werden sich anders verteilen. Starkregen, Hitzeperioden und Stürme werden sich häufen. Schleichende Veränderungen werden auf lange Sicht das Umfeld des Menschen verändern. Blütezeiten verschieben sich, Pflanzen- und Tierarten wandern, Bäche und Flüsse verändern sich, die Gebirgsgletscher schmelzen, Krankheitserreger können sich bei höheren Temperaturen besonders gut vermehren und werden den Weg in die heute gemäßigten Klimaregionen finden.

Wenn sich im Dezember 2009 mehr als 10.000 Teilnehmer auf der Klimakonferenz in Kopenhagen treffen, wird bei den Verhandlungen neben dem Klimaschutz (Mitigation) auch die Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Adaptation) eine wichtige Rolle spielen. Denn eine integrierte Klimapolitik besteht aus beiden Säulen.

Das eine wird ohne das andere nicht funktionieren. Und wie der Klimaschutz ist auch die Anpassung eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die die Akteure aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und jeden Einzelnen fordert. Der ehemalige Weltbankchef Sir Nicholas Stern hat errechnet, dass ein ungebremster Klimawandel bis zu 20 Prozent des weltweiten Bruttosozialproduktes kosten könnte. Allein schon der Verlust der biologischen Vielfalt könnte nach einer ersten Schätzung von Pavan Sukhdev, dem Leiter des Projektes zur wirtschaftlichen Bedeutung von Ökosystemen und Biodiversität (TEEB), bereits im Jahr 2050 6,3 Prozent des Weltbruttosozialproduktes betragen. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass gehandelt werden muss.

Die Bundesregierung hat mit verschiedenen Forschungsprogrammen sowie der Einrichtung des Climate Service Centers (CSC) als zentrale Beratungs- und Informationsplattform zwischen Wissenschaft und Gesellschaft reagiert. Die Helmholtz-Gemeinschaft konzentriert sich mit ihren Beiträgen vor allem auf den regionalen Maßstab. Die von acht Zentren gestartete Helmholtz-Klimainitiative bündelt und koordiniert dabei sowohl originäre Prozessuntersuchungen, das Sammeln und Verarbeiten von Daten auf verschiedenen Plattformen als auch die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels beispielsweise auf den Wasserhaushalt, die Biodiversität und die Landnutzung.

Das UFZ als das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung hat besondere Kompetenzen und Erfahrungen in der Analyse komplexer Umweltsysteme und ist deshalb beim Thema Klimawandel mit seiner ganzen

Palette naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Forschung maßgeblich beteiligt.

Einen Überblick über einige der aktuell hierzu am UFZ bearbeiteten Themen gibt Ihnen das vorliegende Heft. Ich wünsche Ihnen beim Lesen viel Vergnügen.

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

Tausende Klimaanlage, um sich Abkühlung in Büros und Wohnungen zu verschaffen – so könnte Anpassung an den Klimawandel aussehen, wenn die Sommer länger und heißer werden. Doch als wahre Stromfresser sind Klimaanlage zugleich Klimasünder, die den Klimawandel weiter vorantreiben.  
Foto: www.fotolia.de

## FORSCHUNG FÜR EINE INTEGRIERTE KLIMASCHUTZ- UND KLIMAWANDELPOLITIK

Um die Erderwärmung langfristig auf zwei Grad zu beschränken, bedarf es einer großen weltweiten Kraftanstrengung. Die globalen Kohlenstoffemissionen müssten ab dem kommenden Jahr (2010) stetig sinken – statt wie bislang stetig zu steigen. Nur wenn sie im Jahr 2050 noch halb so hoch sind wie 1990, kann das klimapolitische Ziel des Treffens der großen Industrienationen (G8) mit den Schwellenländern Brasilien, Indien, China und Mexiko in L'Aquila im Sommer 2009 gelingen. Und selbst wenn die Trendwende beim weltweiten Kohlendioxid ausstoß gelänge, müssten wir auf dem langen Weg zur Klimastabilisierung mit Temperaturanstiegen von bis zu 4 Grad Celsius im weltweiten Durchschnitt rechnen. Die Anpassung an den Klimawandel wird damit zu einer globalen Notwendigkeit.

Anpassung an den Klimawandel bedeutet, dass wir unsere Verletzlichkeit gegenüber den Folgen der Erderwärmung verringern. Während wir uns in Deutschland besser für Hitze- und Starkregenereignisse rüsten müssen, geht es in anderen Ländern vornehmlich darum, Gefahren aus dem Meeresspiegelanstieg, extremen Wasserknappheiten und dem Verlust empfindlicher Ökosysteme wie Korallenriffen zu begegnen. Die Länder des Südens werden die Hauptlast der Folgen der Erderwärmung tragen, während die Länder des Nordens davon sogar vorübergehend profitieren. Aber mit der zunehmenden Erderwärmung werden sich auch diese Vorteile in ihr Gegenteil verkehren, so dass wir langfristig weltweit

mit negativen Folgen des Klimawandels rechnen müssen.

### Globaler Wandel – Regionale Wirkung

Die Wirkungen des Klimawandels zeigen sich auf regionaler Ebene. Beispiel Deutschland: Bei einem Business-As-Usual-Szenario müssen je nach Emissionsszenario und Klimamodelltyp zwischen 2 bis 3,5 Grad Celsius Temperaturanstieg bis 2100 in Kauf genommen werden. Diese Erwärmung wird sich hauptsächlich in der Variabilität der Niederschlagsmengen und einer Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Überflutungen und Stürmen auswirken. Allerdings sind die Prognoseunsicherheiten für diese Klimafolgen sehr groß. Deshalb ist noch ein erheblicher Modellierungs- und auch Monitoringaufwand zur Überprüfung und Verbesserung der Modellvorhersagen zu betreiben, um zu fundierteren Prognosen des regionalen Klimawandels zu kommen. Das gilt erst recht für die ökologischen und ökonomischen Folgen des Klimawandels und besonders für die verletzlichen Regionen dieser Welt wie Zentralasien, den Mittleren Osten oder viele Megastädte, in denen soziale und ökonomische Randbedingungen wie Bildungsstand und ungleiche Einkommen zur Bewältigung von Klimawandelfolgen zu beachten sind.

### Anpassung – Die notwendige Antwort auf den Wandel

Hier bestehen noch große Forschungslücken und erhebliche Unsicherheiten, da viele unterschiedliche natürliche und sozioöko-

nomische Faktoren im Zusammenhang zu betrachten sind. Darin sieht das UFZ seine Aufgabe: In der systemischen Erforschung von regionalen Klimawandelfolgen in Deutschland und den besonders verletzlichen Regionen dieser Welt, um Konzepte aufzustellen, mit denen die Folgen des Klimawandels bewältigt werden können. Ziel aller Anpassungsmaßnahmen sollte es sein, Gefahren und Schäden für Ökosysteme, die menschliche Gesundheit sowie Infrastrukturen zu minimieren. Doch welche Anpassungsoptionen haben wir und welche sind die richtigen? Wie lassen sich Synergien und Konflikte vernünftig abwägen, um direkte oder indirekte negative Folgen vermeintlich sinnvoller Anpassungsmaßnahmen zu vermeiden? Beispiel: Die extensive Nutzung von Bioenergie als Strategie zur Senkung der Treibhausgasemissionen macht uns anfälliger gegen Klimaschwankungen, erhöht also die gesellschaftliche Verletzlichkeit. Die Schaffung von städtischen Grünkorridoren dagegen bindet Kohlenstoff und verbessert das Stadtklima. Adaptation (Klimaanpassung) und Mitigation (Klimaschutz) stehen insoweit nicht im Gegensatz zueinander. Das eine ohne das andere griffe jeweils zu kurz. Was wir brauchen, ist eine integrierte Klimaschutz- und Klimawandelpolitik.

Anpassungspolitiken finden heute bereits auf unterschiedlichen Ebenen statt. Die Vereinten Nationen erörtern bereits seit dem Umweltgipfel von Rio (1992) internationale Maßnahmen zur Stärkung der Anpassungsfähigkeit in besonders verletzlichen



Regionen dieser Welt. Zwei Prozent der Umsätze des so genannten Clean Development Mechanism (CDM) fließen bereits heute in einen Fonds für Anpassungsmaßnahmen in den besonders verletzlichen Ländern der Welt. Das ist aber nur ein Tropfen auf den heißen Stein. Gemessen am weltweiten Bedarf von mindestens 9 bis 41 Milliarden US-Dollar pro Jahr (Angaben der Weltbank) sind die Mittel aus der CDM-Steuer (zirka 180 Millionen in 2009) selbst bei optimistischer Zukunftsprognose für den CDM bei weitem nicht ausreichend. Zusätzliche Mittel wurden von den G8 z. B. für die Länder Afrikas versprochen, aber es ist fraglich, ob das Mittel sind, die tatsächlich zusätzlich zur offiziellen Entwicklungshilfe fließen oder nur ohnehin gemachte Hilfszusagen ersetzen. Auch der Mitteltransfer der Hilfe für Afrika gestaltet sich zäh. Hier müssen auf der Klimakonferenz COP 15 in Kopenhagen neue, effektive Instrumente gefunden werden, um den gewaltigen zukünftigen Finanzierungsbedarf in den Ländern des Südens decken zu können.

#### **Globale denken**

Die globale Finanzkrise macht deutlich, welche enormen Mittel in sehr kurzer Frist international koordiniert mobilisiert werden können, wenn die Gefahren für die Weltwirtschaft erkannt sind. Der Klimawandel ist wie die Finanzkrise ein systemisches Risiko für die Weltwirtschaft – wenn auch auf längere Sicht. Es wäre ein Gebot politischer Klugheit und Fairness gegenüber zukünftigen Generationen, dass wir schon heute

die vorsorgenden finanziellen Maßnahmen ergreifen, um uns global für den Klimawandel in der Zukunft zu rüsten. Den Finanzsektor trifft nach den Rettungsaktionen des Jahres 2008 hierbei eine besondere Verantwortung. Eine Tobin-Steuer (benannt nach dem US-amerikanischen Wirtschaftswissenschaftler James Tobin, der 1972 eine sehr niedrige Steuer auf sämtliche internationale Devisengeschäfte vorschlug, um die kurzfristige Spekulation auf Währungsschwankungen einzudämmen) von nur 0,01 Prozent auf alle grenzüberschreitenden Finanztransaktionen allein könnte hier ein weltweites Aufkommen von 125 Milliarden Dollar pro Jahr erbringen. Damit kämen wir in die Größenordnung der tatsächlichen benötigten Finanzmittel für die Anpassung an den Klimawandel. Ein solcher grüner „New Deal“ wäre nachhaltiger und scheint gegenwärtig politisch greifbarer als eine internationale Auktion von CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten unter UN-Hoheit. Ansonsten bleibt uns nur das Hoffen auf die Philanthropie. Rückversicherer und andere internationale Unternehmen, die ihre globale Verantwortung verstanden haben, können durch neue Formen des „Fundraising“ (z. B. ein Rating von Anpassungsprojekten in Entwicklungsländern nach Synergiepotenzialen) systematisch zu Spendenaktionen motiviert werden.

#### **Regional handeln**

Die Europäische Union (EU) hat mit ihrer Anpassungsstrategie aus dem Jahr 2009 den Anstoß zu einem Prozess gegeben, auf Länderebene geeignete Strategien in den

verschiedenen Sektoren und Regionen auszuarbeiten und einen Prozess der politischen Willensbildung in den Ländern sowie auf der Ebene der Kommunen anzustoßen. Eine erste Bestandsaufnahme zeigt: Noch fehlt es an geeigneten Monitoring- und Indikatorensystemen, um den Erfolg der Anpassungsmaßnahmen effektiv und regelmäßig zu kontrollieren und die Anpassungspolitiken zwischen Europäischer Gemeinschaft, nationalen Regierungen, Regionen und Gemeinden wirksam zu koordinieren (siehe Beitrag Seite 28). Synergien suchen und Konflikte vermeiden ist auch hier die Zauberformel der nächsten Zeit. Zu einer wirksamen Strategie der Anpassung im Multiebenen- und Multisektorensystem der Europäischen Gemeinschaften kommen wir nur, wenn rechtliche, politische und ökonomische Synergien mit den Zielsetzungen in den Sektoren (z. B. Gesundheitspolitik, Verkehr, Landwirtschaft) und auf den unterschiedlichen Ebenen gesucht bzw. Konflikte vermieden werden. Sonst bleibt es bei bloßen Absichtserklärungen. Die EU kann auch in dieser Frage globale Führungsqualitäten zeigen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Reimund Schwarze**  
**Dept. Ökonomie**

Telefon: 0341/235-1607

e-mail: [reimund.schwarze@ufz.de](mailto:reimund.schwarze@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.ufz.de/index.php?de=15992](http://www.ufz.de/index.php?de=15992)

## WIR BRAUCHEN EINE KLIMAVEEINBARUNG

### Herr Steiner, im Dezember wird die Konferenz „COP 15“ in Kopenhagen stattfinden. Welche Erwartungen haben Sie?

Da nur wenige Monate Zeit bleiben, ist es ungewiss, ob die UN-Klimakonvention der wissenschaftlich erwiesenen Dringlichkeit zu handeln gerecht werden wird. Denn laut wissenschaftlicher Erkenntnis werden die Treibhausgasemissionen höchstwahrscheinlich bis Ende des Jahrhunderts zu einem globalen Temperaturanstieg führen, der über der kritischen Schwelle von etwa zwei Grad Celsius liegt, wenn in den nächsten Jahrzehnten keine grundlegenden und dauerhaften Emissionsminderungen seitens der Industrieländer stattfinden.

In Kopenhagen müssen die Regierungen zu einer Vereinbarung kommen, die auch ausreichend Mittel zur Verfügung stellt, um besonders gefährdete Entwicklungsländer und Gemeinschaften dabei unterstützen zu können, sich an den bereits begonnenen Klimawandel anzupassen und gleichzeitig den Technologietransfer von leistungsfähigen Technologien mit geringem CO<sub>2</sub>-Ausstoß aufzustoßen.

Wir brauchen eine Vereinbarung, um die Wirtschaftssysteme der Entwicklungsländer finanziell zu fördern und ihre Wälder zu

schützen anstatt zu roden. Wenn eine Minderung der Emissionen, die durch Waldrodung und Waldvernichtung entstehen (REDD), Teil eines globalen Klimaabkommens sein könnte, dann könnte das nicht nur dazu beitragen, den Klimawandel zu stabilisieren, sondern auch den Verlust an Biodiversität rückgängig zu machen, die Wasserversorgung zu verbessern, Böden

zu stabilisieren und möglicherweise auch Arbeitsplätze beim Management von Naturressourcen zu schaffen sowie schließlich den Ökotourismus zu fördern. REDD unterstreicht den mehrfachen ökologisch-ökonomischen Nutzen eines Handelns angesichts des Klimawandels.

**Viele Experten sagen, dass vor allem die**

### UNEP – DAS UMWELTPROGRAMM DER VEREINTEN NATIONEN

Die UNEP (engl. United Nations Environment Programme) hat ihren Hauptsitz in Nairobi, Kenia. Es ist das erste Organ der Vereinten Nationen mit Hauptsitz in einem Entwicklungsland. Vorsitzender der UNEP war von 1998 bis Ende März 2006 der ehemalige deutsche Bundesumweltminister Klaus Töpfer. Im Juni 2006 übernahm Achim Steiner den Vorsitz. Das Umweltprogramm wurde 1972 ins Leben gerufen und versteht sich als „Stimme der Umwelt“ der UN. UNEP wirkt als Auslöser, Anwalt, Lehrer und Vermittler für den schonenden Umgang mit der Umwelt und einer nachhaltigen Entwicklung. Seine Aufgaben bestehen darin, globale, regionale und nationale Umweltdaten zu sammeln und zu bewerten, politische Instrumente für den Umweltschutz zu entwickeln sowie Wissen und Technologien zu vermitteln. Schwerpunkte sind dabei Klimaveränderungen, Trinkwasserprobleme, der Rückgang der biologischen Vielfalt, die Verschlechterung der Bodenqualität, Wüstenbildung, Schädigung der Küstenregionen und Ozeane, gefährliche Abfälle und Chemikalien und die Verschmutzung der Atmosphäre. Die UNEP arbeitet mit anderen UN- und internationalen Organisationen, Regierungen, Nichtregierungsorganisationen, Unternehmen und der Zivilgesellschaft zusammen.

Achim Steiner, 1961 in Brasilien geboren und aufgewachsen, studierte Philosophie, Politik und Ökonomie an der University of Oxford. Seinen Master-Degree in Ökonomie und Regionalplanung erhielt er an der University of London. Nach Studienaufenthalten am Deutschen Institut für Entwicklungspolitik (DIE) in Berlin und an der Harvard Business School arbeitet Steiner zunächst bei Umweltverbänden auf der lokalen Ebene. Mit seiner Tätigkeit für die weltweit größte Naturschutzorganisation IUCN in Washington (D.C.) und Asien begann sein Engagement im internationalen Umweltschutz. 1998 wurde er Generalsekretär der World Commission on Dams (WCD) in Kapstadt. 2001 kehrte er zur IUCN als Generaldirektor der World Conservation Union IUCN mit Sitz in der Schweiz zurück. Im März 2006 wurde Achim Steiner in Nairobi von UN-Generalsekretär Kofi Annan als Nachfolger von Klaus Töpfer für das Amt des Exekutivdirektors der UNEP nominiert. Sein Amt trat er im Juni 2006 an.

**Länder, die am wenigsten zum Klimawandel beitragen, am stärksten von seinen Auswirkungen betroffen sind. Was macht es eigentlich so schwierig, die Ziele des Klimaschutzes der Politik auf die Fahnen zu schreiben? Haben wir immer noch das Gefühl, noch nicht betroffen zu sein?**

Sie haben Recht, dass es Kontinente wie Afrika sind, die zwar nur für einen minimalen Ausstoß an Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, aber sowohl in der Vergangenheit als auch gegenwärtig am meisten unter den Folgen leiden. Afrika ist generell ein Kontinent mit einem extremen Klima, das zu extremen Wetterereignissen wie Überschwemmungen und Dürren neigt – und der Klimawandel wird dies noch verstärken.

Unterdessen fehlt es in Afrika und in vielen Regionen Asiens wie z. B. Bangladesch, in den Entwicklungsländern kleiner Inselstaaten oder den Wirtschaftssystemen vieler Entwicklungsländer an finanziellen und institutionellen Kapazitäten, um in dem nötigen Ausmaß und mit der nötigen Schnelligkeit reagieren zu können, sollte der Klimawandel unkontrolliert fortschreiten.

Ich glaube, dass eine zunehmende Anzahl von Menschen und Unternehmen sowohl in den Industriestaaten als auch in den Entwicklungsländern immer mehr verstehen, dass sie vom Klimawandel ganz grundlegend betroffen sein werden. Es ist möglicherweise die Politik, die einen Umgestaltungsprozess blockiert – wobei einige Politiker befürchten, dass das Handeln ihrer Wirtschaft schaden könnte, anstatt zu erkennen, dass eine Verzögerung des Handelns überall immer teurer wird.

**In einer Vorbereitungssitzung zur COP 15 wurde davor gewarnt, dass der Klimawandel zu Millionen von Flüchtlingen führen wird und keiner wirklich weiß, woher sie kommen und wohin sie gehen werden. Ist die internationale Staatengemeinschaft überhaupt auf dieses Problem vorbereitet?**

Wenn, wie die Wissenschaft annimmt, die Gletscher in den Gebirgsregionen wegschmelzen – in manchen Prognosen heißt es, dass viele Gletscher im Himalaya bereits in den 30er Jahren des 21. Jahrhunderts verschwunden sein werden – dann würde dies viele der großen Flüsse in saisonale Flüsse verwandeln. Ganze Wirtschaftssysteme und die Art, dort zu leben, haben sich um diese Flusssysteme entwickelt – viele Leute werden keine andere Wahl haben,

als umzusiedeln. Gleichermaßen werden viele Menschen in tiefliegenden Gebieten und auf kleinen Inseln von flutartigen Überschwemmungen und dem daraus resultierenden Anstieg des Meeresspiegels betroffen sein. In Indien errichtet man bereits einen Grenzzaun zu Bangladesch. In der Region von Darfur im Sudan hat UNEP eine Studie durchgeführt und sieht einen Zusammenhang des dortigen Konflikts mit dem Rückgang der Niederschlagsmenge, und zwar insofern Menschen auf das Terrain anderer umsiedeln, wo Naturressourcen bereits knapp waren. Ist die internationale Staatengemeinschaft darauf vorbereitet? – Sie ist sich vielleicht der Gefahren bewusst, aber ist sie auch zu Veränderungen bereit? Die ehrliche Antwort lautet: Nein.

**Wie kann die Wissenschaft dazu beitragen, einen Ausgleich zwischen einer gesunden ökonomischen Entwicklung und dem Klimaschutz zu finden?**

Die Wissenschaft ist stets der entscheidende Ausgangspunkt gewesen. Der auf einen Konsens ausgerichtete und von Experten begutachtete Prozess des Weltklimarats (IPCC), der von UNEP und der World Meteorological Organisation (WMO) gegründet wurde, hat als Katalysator gewirkt, so dass mehr als 190 Nationen durch die UN-Rahmenkonvention zum Klimawandel und durch das Kyoto-Protokoll zusammengefasst haben. Es war der vierte Beurteilungsbericht der IPCC, der 2007 veröffentlicht wurde und endlich die Debatte beendete, ob der Klimawandel von Menschen verursacht ist und was die wahrscheinlichsten Auswirkungen des Klimawandels sind. Desweiteren ist es der IPCC gewesen, der unterstrichen hat, dass der Kampf gegen den Klimawandel nicht die Welt kosten wird, sondern gerade mal einen geringen Prozentsatz des jährlichen globalen Bruttoinlandsprodukts über die nächsten 20 bis 30 Jahre.

Also ist es die Wissenschaft, die die Regierungen nach Kopenhagen holt, und es soll auch die Wissenschaft sein, die hinter den politischen Entscheidungen steht, die gefällt werden.

**Während ihrer beruflichen Laufbahn haben Sie auf unterschiedlichen Kontinenten gelebt und gearbeitet. Mit dem Problem des Klimawandels im Bewusstsein: Was könnten die Menschen voneinander lernen?**

Keine einzelne Nation hat ein Monopol auf transformative Ideen und Handlungen – wir können alle voneinander lernen. Ein kleines

Land wie Costa Rica hat die Zusammenhänge zwischen dem Abholzen der Wälder und dem Klimawandel hervorgehoben und einfallsreiche Zahlungssysteme zwischen lokalen Gemeinden und privatem Sektor erfunden, die bei diesem Konflikt angewandt werden können. Schauen wir uns Island an, das in den 1980er Jahren alles daran setzte, seine hydro- und geothermische Energie zu nutzen, um seine Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern, oder schauen wir uns die Energieeffizienz der Autos an, die über viele Jahre in Japan entwickelt worden sind, oder die enormen Wiederaufforstungsprojekte von China. Oder zum Beispiel Deutschland mit der Entwicklung von erneuerbaren Energien, grünen Jobs und dem Export von sauberer Energietechnologie: Es gibt schon jetzt einen großen Reichtum an Erfahrungen und Lektionen, wie man auf ökologisches Wirtschaften mit geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß und effizienterem Umgang mit den Naturressourcen umstellen kann – wir müssen einfach die zahlreichen erlernten Erfahrungen und Lektionen aufnehmen und einsetzen.

UFZ-Wissenschaftler nehmen Wasserproben aus unterschiedlichen Tiefen des Toten Meeres, um die Schichtung des Wasserkörpers zu verstehen und Grundwassereinflüsse zu erkennen. Der Wasserspiegel des Toten Meeres sinkt jedes Jahr um etwa einen Meter.



## DIE ZUKUNFT DES WASSERS

Seit Jahrtausenden war er Quelle des Wohlstands, ernährte seine Anwohner und ließ Hochkulturen gedeihen. Auch heute noch ist Ägypten fast ausschließlich auf das Wasser des Nils angewiesen. Doch in Zeiten von Klimawandel und Bevölkerungsexplosion ist die Zukunft unsicher: Standen in den 90er Jahren statistisch gesehen jedem Ägypter 1.000 Kubikmeter Wasser pro Jahr zu Verfügung, so werden es 2030 wahrscheinlich nur noch 400 sein. Das Einzugsgebiet des Nils verteilt sich auf zehn Länder mit über einer Viertel Milliarde Menschen. Seit zehn Jahren versuchen die Anrainerstaaten im Rahmen der Nilbeckeninitiative, einen multilateralen Vertrag zur Nilwassernutzung auszuhandeln. Im Sommer dieses Jahres vertagten die Länder den Abschluss erneut um ein halbes Jahr, um offene Streitfragen zu klären. Das Beispiel zeigt, welches politische Konfliktpotenzial die Ressource Wasser birgt.

So wie im Nilbecken sind überall auf der Welt Menschen davon abhängig, dass Flüsse als wichtige Ressource für Trinkwasser und zur Bewässerung effektiv gemanagt werden. In den Industrieregionen ist die mangelhafte Gewässergüte das Hauptproblem. In semi-ariden und ariden Regionen stellt die Wasserknappheit die größte Hürde für die Entwicklung dar. Klima- und Landnutzungswandel, steigender Bevölkerungsdruck in vielen Teilen der Welt und eine zunehmende Zahl an Extremwetterereignissen werden

diese Probleme im globalen Maßstab verschärfen. Ein nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser setzt voraus, dass geeignete Strategien, Konzepte und Maßnahmen umgesetzt werden. Wassernutzungstechnologien und Bewirtschaftungsmethoden müssen an die Standorte angepasst werden. Deshalb werden Methoden entwickelt, die helfen sollen, derartig komplexe Systeme zu managen, denn die Anpassung an den Klimawandel kann nur auf regionaler Ebene gelingen.

### **Wasserdilemma im Jordangebiet**

Was passiert, wenn eine Region über ihre Verhältnisse lebt, ist am Rande des Toten Meeres eindrucksvoll zu sehen. Das Binnenmeer wird vom Fluss Jordan gespeist, dessen Wasser in immer stärkerem Maße zur Bewässerung eingesetzt wird. Die Folge: Pro Jahr sinkt der Wasserspiegel des Toten Meeres um einen Meter. Da das Wasser des Jordans auch aus qualitativen Gründen praktisch nicht mehr als Trinkwasser zu gebrauchen ist, werden die Menschen zusätzlich aus tiefen Brunnen versorgt. So sinkt der Grundwasserspiegel weiter und fossile Wasserreserven werden angebohrt, die sich über Millionen von Jahren gebildet haben. „Das fossile Wasser wird aber in einigen Jahrzehnten erschöpft sein“, beschreibt Dr. Roland Müller vom UFZ das Dilemma. „An der Wiederverwendung von Abwasser führt daher kein Weg vorbei. Wenn sich die

Bevölkerung in den nächsten Jahrzehnten verdoppeln wird, dann muss sich der Umgang mit der knappen Ressource Wasser in dieser Region drastisch ändern.“ Zusammen mit israelischen, palästinensischen und jordanischen Kollegen suchen die Helmholtz-Forscher daher nach Wegen, die Wasserversorgung im Nahen Osten zu stabilisieren. So wurde im Herbst im jordanischen Al-Fuhays eine Pilotanlage zur Abwasserreinigung in Betrieb genommen. „Wenn künftig die Landwirtschaft als größter Verbraucher gereinigtes Abwasser nutzt, dann würde das die knappen fossilen Ressourcen spürbar entlasten“, hofft Dr. Tino Rödiger, der am UFZ an Methoden zur künstlichen Regenerierung der Grundwasserleiter forscht.

### **Politischer Wille notwendig**

Dass deutsche Wissenschaftler in verschiedensten Regionen der Erde an der Lösung von Wasserproblemen beteiligt sind, ist für Prof. Dr. Dietrich Borchardt vom UFZ, der das Vernetzungsprojekt zum Integrierten Wasserressourcen-Management (IWRM) koordiniert, kein Zufall. Rechtsverbindliches IWRM gibt es weltweit nur in Europa, und von den EU-Ländern kann Deutschland besondere Erfolge vorweisen. Es gilt international als ein Land, in dem es gelungen ist, einen hohen Standard umzusetzen. Paradebeispiel ist die Sanierung des Rheins, der durch ungehemmtes Wirtschaftswachstum in den 60er und 70er Jahren kurz vor dem



## INTEGRIERTES WASSERRESSOURCEN-MANAGEMENT (IWRM)

Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen soll dazu beitragen, die soziale und wirtschaftliche Entwicklung ohne Beeinträchtigung der lebenswichtigen Ökosysteme und unter gerechten Bedingungen bei der Ressourcennutzung voranzutreiben. Das Konzept eines Integriertes Wasserressourcen-Managements wurde bereits 1992 mit den Dublin-Prinzipien und der Agenda 21 international als Leitbild verankert. Weltweit leiden derzeit etwa 800 Millionen Menschen unter Trinkwasserknappheit. 3,2 Milliarden Menschen leben in Verhältnissen ohne sichere Abwasserentsorgung. Bis 2015 wollen die Vereinten Nationen die Zahl der Betroffenen halbieren. Deshalb hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung einen Förderschwerpunkt aufgelegt, in dem IWRM-Konzepte für 16 ausgewählte Modellregionen der Welt entwickelt werden. Das UFZ ist an den Modellregionen Jordan und Mongolei beteiligt und für die Vernetzung der 16 Projekte zuständig. [www.wasserressourcen-management.de](http://www.wasserressourcen-management.de)

Kollaps stand und dessen Anrainerstaaten Frankreich, Deutschland und die Niederlande sich über Jahrzehnte nicht auf eine gemeinsame Schutzanstrengung einigen konnten. „Eigentlich hätte auch hier eine Situation wie heute im Nahen Osten oder im Aralenzugsgebiet entstehen können. Aber es ist gelungen, auch aufgrund eines politischen Willensbildungsprozesses, das abzuwenden. Diese Leistung kann man gar nicht hoch genug einschätzen“, meint Borchardt.

### Kritische Entwicklungen in der Mongolei

Auch in der Mongolei hilft diese politische Glaubwürdigkeit den Forschern. Wie im Nahen Osten wächst hier die urbane Bevölkerung ebenfalls überproportional stark. Dem Wachstum sind aber Grenzen gesetzt, denn die Wasserver- und -entsorgung der Städte ist bereits heute unzureichend – mit dramatischen Konsequenzen für die Verbreitung von Krankheiten. Je stärker sich diese Entwicklungen beschleunigen, umso kritischer wird der Zustand. Dazu kommt, dass die Mongolei und die zentralasiatische Region zu den letzten großräumig ungestörten Naturregionen gehören. „Das Kharaa-Becken entwässert in den Baikalsee, den tiefsten und ältesten See der Erde. Alles, was in unserem Untersuchungsgebiet passiert, hat also unmittelbar Auswirkung auf dieses einzigartige Weltnaturerbe“, erläutert Dietrich Borchardt. Neben dem Baikal gibt es noch eine Reihe weiterer Seen in der Region, die alle unter Naturschutz stehen. Bei manchen wird befürchtet, dass sich diese wie der Aralsee entwickeln könnten, sich also entweder chemisch stark verändern oder extrem schrumpfen. Von den kleineren Seen sind einige bereits heute schon verschwunden. In anderen Bereichen wird das Wasserangebot dagegen zunehmen. Das kann aber trotzdem bedeuten, dass die Lebensumstände härter werden – zum Beispiel wenn feuchte und schneereiche Winter die traditionelle nomadische Lebensweise beeinträchtigen. Der Klimawandel bedeutet also eine grundlegende Veränderung der Lebensverhältnisse in diesen ländlichen Räumen. Zusammen mit seinen Kollegen entwickelt Borchardt Methoden, die nachhaltiges Wirtschaften in der Mongolei ermöglichen sollen. „Trotz vergleichsweise geringerem Lebensstandard ist der Wasserverbrauch in den urbanen Regionen exorbitant hoch. Die Verschwendung ist mehr als schmerzlich. Die Infrastrukturen sind marode. Es fehlen die Mittel, um Technologien zum Wassersparen einzusetzen.“ Die wirtschaftliche Wiederverwendung von Abwasser wäre

ein Teil der Anpassungsstrategien, um dem Klimawandel zu begegnen. Damit könnten die Grundwasservorräte angereichert oder Wälder bewässert werden. Doch moderne Technik allein wird das Problem nicht lösen können. Es fehlt auch an Konzepten für besonders wichtige Quellregionen. 30 Prozent des Einzugsgebietes liefern 90 Prozent des



Romantik am Eero im Khentii-Gebirge in der Mongolei. Unkontrollierter Holzeinschlag, Waldbrände, Bergbau, die exorbitant steigende Weidewirtschaft und der Klimawandel werden auch hier ihre Spuren hinterlassen, wenn nicht nachhaltig gewirtschaftet wird: Überweidung, Bodenerosion, Wasserverschmutzung, Hochwasser oder Wassermangel. (Foto: Dietrich Borchardt)

Wassers. Diese „Wassertürme“ sind Gebiete, die großräumig vor Forstwirtschaft, Bergbau und Weidewirtschaft geschützt werden müssten. Seit Ende der Planwirtschaft ist der Viehbestand um etwa ein Drittel angestiegen. Kashmirziegen, Schafe und Rinder werden exportiert. „Der chinesische Markt nimmt alles ab, was produziert wird. In der Flussaue dort erreicht die Viehdichte ein Niveau, das dauerhaft nicht tragbar ist. Die Mongolei hat knapp drei Millionen Einwohner auf der vierfachen Fläche Deutschlands, aber wahrscheinlich etwa 40 Millionen Nutztiere, die sich in den fruchtbaren Flussauen zu bestimmten Zeiten so konzentrie-

ren, dass der Zustand inzwischen kritisch ist – mit allen Problemen wie Überweidung, Erosion, Wasserverschmutzung und so weiter“, kritisiert der Gewässerökologe Borchardt. „Stimmen werden immer lauter, die Freiheit der privaten Wassernutzung erneut zu beschränken. Es bedarf Obergrenzen – auch in einem freien Markt.“ Ein Problem, das auf politischer Ebene gelöst werden muss. Dabei stehen die kulturellen Zeichen günstig: Wasser ist in dieser Region ein viel präzenteres Thema als in Europa, denn Wasser ist traditionell und spirituell ein hohes Gut in der Mongolei und jedes Oberflächengewässer ist auch heute noch bei den Nomaden eine Trinkwasserressource für Mensch und Vieh. Trotzdem geht es auch hier darum, den Menschen verständlich zu machen, was der Klimawandel für sie bedeuten wird: Mit modernerem Umweltmonitoring sind bessere Prognosen möglich. Und damit wiederum können politische Entscheidungen besser begründet und Probleme besser kommuniziert werden. Mit Spekulationen ist niemandem geholfen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Roland-Arno Müller**  
Umwelt- und Biotechnologisches Zentrum (UBZ)

Telefon: 0341/235-1275  
e-mail: [roland.mueller@ufz.de](mailto:roland.mueller@ufz.de)  
mehr Informationen:  
[www.iwrm-smart.org](http://www.iwrm-smart.org)

■ **Prof. Dr. Dietrich Borchardt**  
Dept. Aquatische Ökosystemanalyse (und Fließgewässerökologie)

Telefon: 0391/810-9757  
e-mail: [dietrich.borchardt@ufz.de](mailto:dietrich.borchardt@ufz.de)  
mehr Informationen:  
[www.iwrm-momo.de](http://www.iwrm-momo.de)



Vor dem Kollaps des Aralsees 1982 produzierte die Fischindustrie bis zu 300.000 Tonnen Fisch pro Jahr. Im Vordergrund hebt sich deutlich das Delta des Amudaryas von den Steppengebieten ab. Die Zuflüsse Syrdarya und Amudarya speisten früher den Aralsee.  
Bild: Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum des DLR

## DAS WASSER DES AMUDARYAS

Seit Sultanbaj Umuratov denken kann, kam im Frühjahr die Flut aus den Bergen und mit ihr das Leben ins Delta. Das Flusswasser spülte Millionen Larven und junge Fische kostenlos in seine Seen. Der Fischfang bescherte den Vorfahren Umuratovs stets ein bescheidenes Einkommen am Unterlauf des Amudaryas. Wenn der alte Mann jetzt von seiner Bank aus auf den Seitenarm des Flusses schaut, dann ist dort nur noch trockener, brauner Schlamm. Bis in die 60er Jahre war das Delta des Amudaryas das zweitgrößte der Sowjetunion. Doch dann kam der Beschluss, die Baumwollproduktion auszuweiten. Regen fällt in den semi-ariden Ebenen Turkmenistans und Usbekistans fast nicht. Höchstens zehn Zentimeter pro Jahr. Mehr als das Zehnfache verdunstet aber im Sommer bei heißen Temperaturen und starken Winden. Das Schmelzwasser, das der Amudarya über hunderte Kilometer aus den Hochgebirgen Pamir, Tienschan und Hindukusch heranbringt, ist die einzige nennenswerte Quelle zur Bewässerung der Felder. Und diese wurde bedenkenlos ausgebeutet. Innerhalb weniger Jahrzehnte wuchsen die Baumwollflächen auf das Zehnfache. Über vier Millionen Hektar müssen heute bewässert werden. Eine Industrie, die in Usbekistan Priorität hat, denn deren Erlöse machen ein Drittel des Staatshaushaltes aus.

All das hängt am Wasser des Amudaryas. Nicht einmal ein Zehntel bleibt noch für das Delta übrig, und so existieren nur noch weniger als ein Fünftel der einst 2.600 Seen – in feuchten Jahren. Über eine Viertel Million Hektar Auenwald sind ebenfalls verschwunden. Und im südlichen Teil des Aralsees kommt nach über 2.500 Kilometern schon lange kein Wasser mehr an. Eine ökologische Katastrophe, aber auch eine

soziale: Nach dem Zusammenbruch der Fischindustrie im Aralsee versuchten viele Bewohner ihr Glück stromaufwärts. In den verbliebenen Seen entstanden kommerzielle Fischfarmen, deren Produkte wieder zu einem Exportfaktor werden könnten. Doch darüber, wie viel Wasser ins Delta kommt, entscheidet das Landwirtschaftsministerium, das wenig Interesse für die Belange der Fischer zeigt. In trockenen Jahren wie 2000 und 2001 reicht das Wasser nicht einmal mehr für Baumwollfelder. Die Seen trocknen aus. Um mehr als einen Meter schwankt der Wasserspiegel selbst in normalen Jahren. Dabei kann schon ein Absenken um einen halben Meter die Flachwasserbereiche trocken legen und den Fischnachwuchs vernichten. „Die Feuchtgebiete des Amudarya-Deltas erfüllen aber lebenswichtige Funktionen“, erklärt Dr. Maja Schlüter vom UFZ. „Fisch ist Nahrung und Einkommensquelle zugleich. Schilf wird als Baumaterial und Futter für die Rinder, Holz als Baumaterial und Heizstoff genutzt. Das Delta schützt vor Wind und Salzstürmen. Außerdem hat es eine Pufferfunktion, um trockene Jahre abzufedern.“ Genug Gründe aus Sicht der Wissenschaftlerin, um auch dem Delta Wasser zuzubilligen. Wasserzufluss in den kritischen Wochen könnte die Fischproduktion entscheidend unterstützen und würde die Landwirtschaft wenig kosten. Doch letztlich kollidieren die Interessen der Bewässerungslandwirtschaft am Oberlauf mit den Wassernutzern am Unterlauf. Kein Einzelfall, wie das Forschungsprojekt NeWater gezeigt hat, in dem der Amudarya eine von sieben Fallstudien war. Dabei wurden vergleichende Klimaszenarien für große Flusseinzugsgebiete in Europa, Zentralasien und Afrika entwickelt und Anpassungsmaßnahmen untersucht. Für den Umgang mit Dürren, wie sie beispielsweise an der mit-

teleuropäischen Theiß und am zentral asiatischen Amudarya immer häufiger auftreten, existieren bisher jedoch kaum Rezepte. Oft dominieren ad-hoc-Strategien. Die Entwicklung von längerfristigen Anpassungsmaßnahmen wird wenig vorangetrieben.

Der Klimawandel wird die Konflikte verschärfen, denn das Wasser des Amudaryas stammt größtenteils aus Gletschern und die Prognosen sehen alles andere als rosig aus: 2050 könnte die Durchschnittstemperatur um drei Grad gestiegen sein und der Rückgang der Gletscher dazu führen, dass die Wassermenge im Fluss um 15 Prozent zurückgeht. Eine ebenso gewaltige Menge versickert momentan aber auch ungenutzt in dem maroden Leitungssystem, geht durch schlechte Planung oder illegale Wasserentnahmen verloren. „Wenn es jedoch gelingt, die Bedürfnisse verschiedener Nutzer zu integrieren und flexiblere Managementstrategien zu entwickeln sowie die Effektivität in der Landwirtschaft zu steigern, dann könnte mehr Wasser verfügbar sein, um das Delta regelmäßig zu fluten“, hofft die usbekische Wissenschaftlerin Dr. Gulchekhra Khasankhanova vom Uzbek State Uzgiplomeliyodkhoz Institute. Das würde dem Delta wieder neues Leben einhauchen, aber auch neue Möglichkeiten eröffnen, mit den potenziellen Folgen des Klimawandels umzugehen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Maja Schlüter**  
Dept. **Ökologische Systemanalyse**

Telefon: 0341/235-1279

e-mail: [maja.schlueter@ufz.de](mailto:maja.schlueter@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.newater.info/  
index.php?pid=1010](http://www.newater.info/index.php?pid=1010)



Mulde-Hochwasser August 2002 in Grimma  
Foto: AP/Eckehard Schulz

## VERWUNDBAR GEGENÜBER EXTREMEREIGNISSEN

Extreme Wetterereignisse überraschen immer wieder und offenbaren unsere Verwundbarkeit. Spätestens seit den Fluten an Elbe, Oder, Rhein oder Donau bzw. dem Hitzesommer von 2003 rückt dies auch in das öffentliche Bewusstsein. „Wir haben herausbekommen, dass das Bewusstsein für Extremereignisse durchaus zunimmt – sowohl in der Bevölkerung als auch bei den Behörden“, berichtet Dr. Dagmar Haase über ihre Erfahrungen aus mehreren Großprojekten. Warum erwischen solche Ereignisse Betroffene, Gemeinden und Organisationen immer wieder auf „dem falschen Fuß“? Wie kann man die teilweise verheerenden Folgen abmildern oder gar vermeiden? Das sind Fragen, mit denen sich Wissenschaftler des UFZ befassen. Einige Antworten haben sie in den internationalen Forschungsvorhaben Floodmed, FLOODsite, FLOOD-ERA und NeWater gefunden. Seien es Befragungen vor der eigenen Haustür (z. B. Mulde) oder in anderen europäischen Flusseinzugsgebieten (z. B. Theiß) – sie alle kommen

zu einem ähnlichem Ergebnis: Technische Lösungen dominieren in den derzeitigen Schutz- und Anpassungsstrategien. Beim Hochwasserschutz beispielsweise sind es Deiche, Stauauern und Rückhaltebecken, die sich hoher Akzeptanz in der Bevölkerung erfreuen. Die sozialwissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen des EU-Projektes FLOODsite, die von den UFZ-Wissenschaftlern Dr. Annett Steinführer und Dr. Christian Kuhlicke gemeinsam mit Kollegen aus Italien und Großbritannien durchgeführt wurden, zeigen aber auch, mit welchen Folgen solche technischen Anpassungsstrategien verbunden sein können: Hinter den Deichen, in den geschützten Bereichen, entwickelt sich ein vermeintliches Gefühl der Sicherheit, und private Vorsorgemaßnahmen finden kaum statt. Überraschung und Verwundbarkeit können somit auch beim nächsten Extremhochwasser wieder Hand in Hand gehen. Diesem Befund sollte bei der Risikokommunikation größere Bedeutung beigemessen werden, denn

noch klaffen die Zuweisung von Verantwortlichkeiten durch den Gesetzgeber und das Wissen auf Seiten der Bewohner der gefährdeten Bereiche darum, was überhaupt getan werden kann, weit auseinander.

Entscheidend wird jedoch sein, wie Anpassungen trotz grundlegender Unsicherheiten in Bezug auf zukünftige klimatische, aber auch demographische und ökonomische Entwicklungen gestaltet werden können. Die Herausforderungen bestehen also darin, zum einen diese mit großen Unsicherheiten verbundenen Veränderungen in den Risiken abzuschätzen und zum anderen Anpassungsstrategien zu entwickeln, um auf diese unsicheren Entwicklungen vorbereitet zu sein: „Unsere Methoden sollen helfen, sich flexibel anpassen zu können, um widerstandsfähig gegenüber häufigen Veränderungen zu werden“, so Dr. Volker Meyer. Deshalb forschen er und verschiedene UFZ-Wissenschaftler weiter in internationalen Projekten wie CapHaz-Net zu Dürren in Spanien, Hangrutschen und Sturzfluten in den Alpen sowie Hochwasser im Elbeinzugsgebiet. In RISK MAP wird untersucht, wie Hochwasserrisikokarten verbessert werden können. Beide Projekte werden vom UFZ koordiniert.

### FLOODCALC

Die neue Hochwasserrahmenrichtlinie der EU (HWRRL) fordert die Erstellung von Risikokarten für alle größeren Flüsse in Europa. Das am UFZ entwickelte „FloodCalc“ ermöglicht eine räumlich explizite integrierte Bewertung ökonomischer, sozialer und ökologischer Hochwasserrisiken auf der Basis öffentlich verfügbarer Daten. Die Anwendung kann problemlos auf jedem PC installiert werden. Auf Basis von Überflutungsdaten und Schadenspotenzialkarten, welche die räumliche Verteilung der Kriterien über ihre Risikoelemente im Untersuchungsraum darstellen, berechnet FloodCalc Schadenskarten für unterschiedliche Hochwasser-Eintrittswahrscheinlichkeiten. Danach werden die ökonomischen, sozialen und ökologischen Risikokarten addiert. Eine Standardisierung der Risiken erfolgt mittels multikriterieller Entscheidungsregeln. Das Verfahren ist auf andere Flussgebiete in Europa übertragbar. [www.ufz.de/index.php?de=18112](http://www.ufz.de/index.php?de=18112)

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Volker Meyer**  
**Dept. Ökonomie**

Telefon: 0341/235-1641  
e-mail: [volker.meyer@ufz.de](mailto:volker.meyer@ufz.de)

mehr Informationen:  
**FLOODsite:** [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net)  
**RISK MAP:** [www.ufz.de/index.php?de=18469](http://www.ufz.de/index.php?de=18469)

Um herauszufinden, aus welchen Quellen Nitrat im Grundwasser der Kalahari stammt, untersucht UFZ-Mitarbeiterin Martina Neuber die Grundwasserproben mit kombinierten isotohydrologischen und chemischen Methoden im Labor.



## VON DER KALAHARI LERNEN

### Wie Klimaveränderungen die Nitratwerte im Grundwasser steigen lassen.

Der weite Weg in die Kalahari hat sich für Dr. Susanne Stadler gelohnt: An einer Fallstudie in Botswana konnte sie zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen dem in den letzten tausenden Jahren häufiger aufgetretenen Wechsel von eher feuchtem zu trockenem Klima und dem Nitratgehalt im Grundwasser gibt. Das ist nicht nur ein Problem in Botswana, sondern auch für bestehende oder zukünftige Trockengebiete weltweit. Für ihre Dissertation arbeitete Susanne Stadler vom Geozentrum Hannover eng mit Wissenschaftlern am UFZ zusammen. „Wir untersuchen die Wasserressourcen zusammen mit den an sie gebundenen Stoffkreisläufen des Kohlenstoffs, Schwefels und Stickstoffs“, erklärt Dr. Karsten Osenbrück vom UFZ, der an der Studie beteiligt war. Zur Identifizierung der Nitratquellen im Ntane Sandstein Aquifer in Botswana wurde in dieser Studie ein integrativer Ansatz verwendet, der Methoden der Hydrogeologie, Grundwasserchemie und Isotopenhydrologie kombiniert.

Untersuchungen in dicht besiedelten Gebieten wie dem Gaza-Streifen hatten bereits zuvor gezeigt, dass Dünger und Abwässer die Nitratwerte im Grundwasser so ansteigen lassen können, dass daraus Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung erwachsen. Doch wie verändern sich Nitratgehalte im Grundwasser in Gegenden, in denen der Einfluss menschlichen Handelns absolut gering ist? In der unbesiedelten Kalahari-Wüste, die sich vor allem auf dem Gebiet von Botswana erstreckt, ist dies der Fall. Die Kalahari ist eigentlich eine Trockensavanne. Ihre charakteristischen lang gestreckten Dünen wurden

in einer feuchteren Klimaphase der jüngsten Erdgeschichte (vor etwa 10.000 bis 20.000 Jahren) durch Pflanzenwuchs stabilisiert. Es dominieren Gräser, Dornensträucher und Akazienbäume, die auch bei extrem geringen Niederschlagsmengen überleben können. Die wenigen im Kalahari-Gebiet lebenden Menschen unterhalten Rinderherden, die die bewachsenen Flächen abweiden. Der Wasserbedarf für Mensch und Tier kann ausschließlich über das Grundwasser gedeckt werden.

Bei ihren Untersuchungen fanden Susanne Stadler und ihre Mitsstreiter heraus, dass das Grundwasser an einigen Stellen stark erhöhte Nitratkonzentrationen aufwies, die deutlich über dem Grenzwert der Weltgesundheitsorganisation von 50 Milligramm pro Liter liegen. „Das hat natürliche Ursachen“, weiß Stadler. So gibt es z. B. Termiten, deren Bauten teilweise bis zum Grundwasserspiegel herunter reichen. Diese Insekten züchten einen Pilz, von dessen Ausscheidungen sie leben. Um diesen Pilz zu ernähren, bringen sie Pflanzenrückstände mit gebundenem Stickstoff in ihren Bau. Doch davon allein geht keine signifikante Gefahr aus. Es sind die Klimaveränderungen, die sich negativ auf die Wasserqualität auswirken: Hydrochemische und isotohydrologische Untersuchungen an Grundwasserproben zeigten eine Verbindung von Nitratkonzentrationen und dem Alter von Grundwasser. In langen, trockenen Perioden wird kein neues Grundwasser gebildet – das System wird weniger gut „gespült“. „Die Wasserqualität sinkt, weil die gleiche Nitratmenge in weniger Wasser gelöst wird“, fasst

Karsten Osenbrück zusammen. So gesehen sind die Kalahari und einige Regionen Europas gar nicht mehr so weit entfernt: Durch weitere Verringerung der Niederschlagsmengen könnten sich auch hierzulande die bereits bestehenden Mensch gemachten Probleme durch erhöhte Nitratwerte verschärfen. Im Umweltbericht 2008 eines Schweizer Kantons wird beispielsweise darauf hingewiesen, dass gerade trockene Jahre zu einer temporären Nitratmobilisierung und damit höheren Nitratkonzentrationen im Grundwasser besonders in landwirtschaftlich geprägten Gebieten geführt haben. Verantwortlich seien laut Bericht die gelockerten Vorschriften für die Winterbegrünung von Äckern.

Karsten Osenbrück ist überzeugt: „Wir brauchen bessere Prognosen über die Entwicklung der Grundwasserqualität. Und dafür müssen wir natürliche und Mensch gemachte Komponenten berücksichtigen.“ Ein Ziel, für das es sich lohnt, in der trockenen und heißen Kalahari zu forschen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Karsten Osenbrück**  
**Dept. Isotopenhydrologie**

Telefon: 0345/558-5207

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

mehr Informationen:

[www.ufz.de/index.php?de=703](http://www.ufz.de/index.php?de=703)

■ **Dr. Susanne Stadler**  
**Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Geozentrum Hannover**

Telefon: 0511/643-3545

e-mail:

[susanne.stadler@liag-hannover.de](mailto:susanne.stadler@liag-hannover.de)

UFZ-Modellierer arbeiten daran, regionale Klimamodelle mithilfe hydrologischer Modelle zu verbessern. In der oberen Ebene ist beispielsweise die Abweichung des Winterniederschlags vom langjährigen Mittel einer Region dargestellt.

Grafik: Ronny Grafik: Jesse/www.jesse3d.de

Abweichung des Winterniederschlags (mm)

25  
20  
15  
10

## REGIONALE KLIMAMODELLE VERBESSERN

„Wir werden mit keinem noch so guten Klimamodell vorhersagen können, wie groß die Niederschlagsmenge oder die Sonnenscheindauer im Juli 2027 auf Sylt oder in den Alpen sein wird. Eine seriöse Wettervorhersage mit Wettermodellen ist derzeit für eine Zeitspanne von sieben bis zehn Tagen möglich – und selbst die ist noch mit Unsicherheiten behaftet“, erklärt Dr. Matthias Cuntz vom UFZ. Klimamodelle haben wie alle Modelle Grenzen. Ihre Ergebnisse sind keine sicheren Vorhersagen, sondern schlicht Rechenergebnisse, die nur so gut sein können, wie die ihnen zugrunde gelegten Daten und Annahmen. Sie sollen helfen, mögliche Trends in der Klimaentwicklung zu finden und einzelne Klimafaktoren zu gewichten. „Deshalb sprechen wir auch von Klimaszenarien und nicht von Klimaprognosen“, ergänzt der Physiker.

Klimamodelle gehören zu den kompliziertesten und rechenaufwändigsten Computermodellen, die die Erde in ihren physikalischen Einzelheiten nachbilden. Es werden möglichst viele relevante Komponenten und Wechselwirkungen in der Atmosphäre, den Ozeanen und auf der Erdoberfläche berücksichtigt und je nach Fragestellung miteinander gekoppelt. Trotz Höchstleistungsrechnern und vereinfachter Abbildung klimarelevanter Prozesse sind die erforderlichen Rechenleistungen so hoch, dass die räumliche Auflösung globaler Klimamodelle zwischen 50 und 250 Kilometern liegt. „Das reicht nicht, um Klimafolgen für Länder oder Regionen abzuschätzen und entsprechende Anpassungskonzepte zu entwickeln. Kleinskalige Prozesse oder Extremwetterereignisse fallen durch das grobe Raster“, erläutert Prof. Dr. Sabine Attinger, UFZ-Expertin für hydrologische Modellierung.

Soll beispielsweise abgeschätzt werden, wie sich zukünftig Wasserressourcen auf Land räumlich und zeitlich verteilen, müssen sowohl hydrologische als auch regionale Klimamodelle verwendet, verbessert und miteinander gekoppelt werden. „Da stehen wir noch ganz am Anfang. Erst seit kurzem sind regionale Klimamodelle überhaupt in der Lage, in kleinen Rastern um 10 Kilometer zu arbeiten. Lange hingen sie bei 50 Kilometern fest – und das ist für hydrologische Modelle einfach zu grob“, so die Physikerin. Umgekehrt haben die UFZ-Wissenschaftler erst in den letzten Jahren numerisch effiziente Schemen an hydrologischen Modellen entwickelt, mit denen vertikale Prozesse wie Bodenfeuchtedynamik oder Pflanzentranspiration auf größeren Skalen regionalisiert werden können. Damit ist es nun prinzipiell möglich, Klimamodelle und hydrologische Modelle miteinander zu verknüpfen und neben Klimaszenarien auch hydrologische Szenarien zu liefern.

Vorhersagen zur regionalen und lokalen Hydrologie sind allerdings nur dann gut, wenn die lokalen und regionalen Niederschläge stimmen. Sie sollten nicht statistisch, sondern tatsächlich am richtigen Ort und zum richtigen Zeitpunkt stattfinden. Doch Klimaszenarien liefern nur statistische Aussagen zum zukünftigen Wettergeschehen, wie die Zahl und Häufigkeit von Extremniederschlägen, aber nicht den Ort und den Zeitpunkt ihres Auftretens. Um das zu verstehen, muss man sich verdeutlichen, wie Klimamodelle aufgesetzt werden: Klimamodelle – wie auch hydrologische Modelle – werden zunächst mithilfe von Daten aus den vergangenen 50 bis 80 Jahre aufgestellt und daran gemessen, wie gut sie die Vergangenheit reproduzieren. Regionale Klimamodelle

rechnen nur eine Region und sind in globale Klimamodelle eingebettet. Alternativ kann man regionalen Klimamodelle auch großskalige Prozesse wie Hoch-/Tiefdruckgebiete vorgeben. Anschließend lassen es die Wissenschaftler 100 Jahre vorwärts rechnen – ohne die Vorgabe von beobachteten Temperaturen, Winden, Drücken – so dass das Modell frei rechnet und sich sein „eigenes“ Wetter erzeugt. Da sich Wetter chaotisch verhält, lassen sich keine genauen Vorhersagen machen, sondern nur statistische Aussagen. Deshalb sind Wissenschaftler nicht in der Lage, genaue hydrologische Vorhersagen zu liefern. Sie können nur hydrologische Szenarien und ihre Wahrscheinlichkeiten berechnen.

Trotz der vielen Einschränkungen hoffen die Wissenschaftler, die Unsicherheiten in den Modellaussagen durch die Kopplung zwischen hydrologischen und regionalen Klimamodelle zu reduzieren. Ergebnisse und Methoden der regionalen Klimamodellierung fließen wiederum in die globalen Klimamodelle ein. So werden die Berechnungen in Zukunft immer genauer.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Sabine Attinger**  
**Dept. Hydrosystemmodellierung**

Telefon: 0341/235-1250  
e-mail: [sabine.atinger@ufz.de](mailto:sabine.atinger@ufz.de)

■ **Dr. Matthias Cuntz**  
**Dept. Hydrosystemmodellierung**

Telefon: 0341/235-1071  
e-mail: [matthias.cuntz@ufz.de](mailto:matthias.cuntz@ufz.de)

mehr Informationen:  
[www.ufz.de/index.php?de=4658](http://www.ufz.de/index.php?de=4658)

Niemand kann sagen, was Bienen oder andere bestäubende Insekten wie Hummeln, Schwebfliegen und Schmetterlinge wert sind. Es wurde aber von Wissenschaftlern berechnet, was sie leisten: Auf dem Weltmarkt haben alle Früchte, Nüsse und Gewürze, die auf Bestäuber angewiesen sind, im Jahr 2005 rund 153 Milliarden Euro gekostet.

Foto: [www.istockphoto.com](http://www.istockphoto.com)



## ALARM: KLIMAWANDEL REISST LÖCHER IN DAS NETZ DES LEBENS

Im EU-Projekt ALARM haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 35 Ländern erstmals Methoden entwickelt, um Artenvielfalt in europäischen Landschaften systematisch zu erfassen und die entscheidenden Faktoren für den beobachteten Artenschwund zu identifizieren: Dabei treibt der regionale Klimawandel die Dynamik an, aber auch Landnutzung und Umweltchemikalien wirken sich aus. Die Folgen des Artenverlustes sind komplex und schwer abzuschätzen. Bei bestäubenden Insekten führt der Verlust zu Ernterückgängen, deren ökonomischer Wert sich beziffern lässt.

„Artenvielfalt ist genauso wichtig wie das Klima, wenn es um die Ernährung der Menschheit geht, aber uns fehlen räumlich und zeitlich gut aufgelöste Daten zu sehr vielen Tier- und Pflanzenarten, um genauer vorhersagen zu können, wie sich die Ökosysteme entwickeln“, erklärt Josef Settele vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Mit dem EU-Projekt ALARM ist es gelungen, einen ersten Überblick über wichtige Lebensräume Europas und ihre spezifischen Probleme zu schaffen. ALARM steht für „Assessing Large scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods“. Settele hat das EU-Projekt, das zwischen 2004 und 2009 mit rund 14 Millionen Euro von der EU gefördert wurde (Gesamtkosten: 24 Millionen Euro), in enger Kooperation mit sechs Kollegen koordiniert; insgesamt haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 35 Ländern und 68 Partnerorganisationen (darunter 7 kleine und mittlere

Unternehmen) daran mitgearbeitet. Die gesammelten Ergebnisse zu den Risiken für die Biodiversität werden Anfang 2010 auch in einem großen Atlas veröffentlicht.

### Gewinner und Verlierer

Mit ALARM haben die Wissenschaftler erstmals einheitliche Methoden entwickelt, um großräumige Umweltrisiken für die Biodiversität für unterschiedliche Landschaftsräume in Europa quantitativ zu erfassen. Ein treibender Faktor ist der regionale Klimawandel, der Flora und Fauna zwingt, sich extrem rasch an neue Bedingungen anzupassen. Außerdem begünstigt der Klimawandel Invasionen fremder Tier- und Pflanzenarten, die heimische Arten verdrängen können und als Schädlinge in Wäldern und Feldern erhebliche Kosten verursachen. Dazu kommen die zunehmende Flächenversiegelung, das immer dichtere Straßennetz

und die Intensivierung der Landnutzung. Umweltchemikalien aus Landwirtschaft und Industrie beeinflussen oft auf subtile Weise die Vermehrungsraten von Insekten und Wirbellosen, die wiederum z. B. von Vögeln gefressen werden. Es ist das Zusammenspiel all dieser Faktoren, das die Musik macht und im Endergebnis den Artenschwund einläutet. „Die Frage, ob der Klimawandel gut oder schlecht für die Arten ist, kann man so nicht beantworten, es gibt Gewinner und es gibt Verlierer. Aber zum Beispiel werden von den rund 300 Tagfalter-Arten in Europa rund 70 Arten profitieren, die anderen 230 eher nicht“, sagt Settele.

### Der Fleiß der Insekten

Eine besonders entscheidende Rolle in Ökosystemen spielen die bestäubenden Insekten wie Bienen, Hummeln, Schwebfliegen und Schmetterlinge. Dass die

## RISIKOATLAS FÜR BIODIVERSITÄT



Initiiert und produziert im Rahmen des ALARM-Projektes erscheint Anfang 2010 der „Atlas of Biodiversity Risk“ im Buchhandel. In elf Kapiteln werden Schwerpunkte der Biodiversitätsforschung präsentiert: Klimaveränderung, Landnutzung, Umweltchemikalien, biologische Invasionen, Verlust an Bestäubern, die Rolle sozioökonomischer Faktoren und die kombinierten Auswirkungen dieser und weiterer Triebkräfte. Abgerundet wird der Atlas durch einen Ausblick auf anstehende Zukunftsaufgaben in der Biodiversitätsforschung.

Pensoft Publishers (Sofia, Bulgarien) ISBN: 978-954-642-446-4 / ISBN e-book: 978-954-642-447-1



Bestäubung in vielen Landschaften Europas deutlich zurückgegangen ist, wurde schon länger beobachtet. Bei Nutzpflanzen führt dies zu Ernteeinbußen, bei Wildpflanzen zu weniger Nachwuchs bis hin zur Gefährdung des Bestands. Zwar werden die Hauptlieferanten von Kohlehydraten wie Weizen, Hafer und Roggen durch den Wind bestäubt, aber rund siebzig Prozent der Nutzpflanzen, darunter Obstbäume, Haselnusssträucher und andere Vitaminlieferanten, sind auf Insekten angewiesen, um Früchte auszubilden. „Wir können nicht sagen, was Bienen wert sind, aber wir können sagen, was sie leisten“, meint Josef Settele und stellt fest: „Auf dem Weltmarkt haben die von Bestäubern abhängigen Früchte, Nüsse und Gewürze im Jahr 2005 rund 153 Milliarden Euro gekostet.“ Diese einfache Rechnung unterschätzt sogar den Schaden, denn wenn beispielsweise die Ernten sinken, steigen die Preise. Im schlimmsten Fall müssten Arbeiter mit Pinseln die Arbeit der Bestäuber übernehmen, wie es heute schon in Kakaoplantagen geschieht. Dieses Ergebnis aus ALARM fließt in den TEEB-Report (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) ein, der unter Leitung des britischen Ökonomieexperten Pavan Sukhdev von einer Arbeitsgruppe am UFZ mit koordiniert wird (siehe Seite 22 / 23).

Durch ALARM ist die aktuelle Verbreitung von vielen bestäubenden Insekten erstmals genauer erfasst worden. Schon länger bekannt sind die Probleme der Bienenvölker, die durch Viren und Parasiten gefährdet

sind. Hinzu kommen aber nun auch neue Erkenntnisse zu den wildlebenden Vertretern wie Bienen, Hummeln, Schwebfliegen und Schmetterlingen. „Das Problem ist: Wir hatten bislang keine guten Daten, vor allem nicht zu häufigen Arten wie Tagpfauenauge und Kleiner Fuchs, die für Spezialisten nicht so interessant sind“, erklärt Settele. Deshalb haben die UFZ-Forscher in Kooperation mit der Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (GfS) ein Netz von rund 600 Ehrenamtlichen organisiert, die regelmäßig bestimmte Strecken ablaufen und Falter zählen. „Als das ZDF über unser Projekt in Abenteuer Wissen berichtet hat, haben sich schon während der Sendung Leute im Online Portal [www.tagfalter-monitoring.de](http://www.tagfalter-monitoring.de) angemeldet“, erinnert sich Settele. Zusammen liefern die ehrenamtlichen Naturfreunde sehr wertvolle Informationen. Auch Wanderungsbewegungen können so quantitativ erfasst werden. Die ersten Auswertungen deuten darauf hin, dass 2009 ein relativ gutes Falterjahr war – dennoch wurden aber selbst sonst häufige Arten wie Kleiner Fuchs oder Kleines Wiesenvögelchen seltener beobachtet. „Wir müssen diese Daten allerdings nun über einige Jahre weiter erheben und auswerten, um zu fundierten Schlussfolgerungen zu kommen“, betont Settele.

#### Karten für die biologische Vielfalt

In dem Atlas der Biodiversitäts-Risiken haben die ALARM-Forscher nun beispielsweise auch die Verbreitungsgebiete bestimmter Pflanzen mit IPCC-Klimaszenarien und


Karten der Landnutzung kombiniert, um zu ermitteln, wo bestimmte Falter jetzt und auch in Zukunft gute Bedingungen vorfinden. Denn es gibt Falterarten wie zum Beispiel die Ameisenbläulinge, die nur in einzigartigen Symbiosegemeinschaften überleben können, welche nur unter Beweidung durch Vieh oder bestimmte Mahdvarianten möglich werden. „Mit diesen Karten sieht man deutlich, welche Bereiche nun mit besonderer Aufmerksamkeit bewirtschaftet werden müssen. Und wir sehen auch, wo sich das Naturschutz-Management von Süden nach Norden übertragen lassen würde, wenn der Klimawandel fortschreitet.“ Das klingt einleuchtend, ist aber ein neuer Gedanke, der nun mit dem Forschungsvorhaben CLIMIT systematisch verfolgt wird (siehe Seite 16). „Klimaforscher haben inzwischen ein engmaschiges Netz aus Messstationen aufgebaut, die stündlich und minütlich Daten liefern. Für die Artenvielfalt haben wir das noch nicht, und es geht auch nicht automatisch. Deshalb sind die Naturfreunde so wichtig, die ehrenamtlich Daten sammeln, damit wir überhaupt mitbekommen, was geschieht und welche Faktoren bestimmte Entwicklungen verursachen“, sagt Settele.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **PD Dr. Josef Settele**  
**Dept. Biozöosenforschung**

e-mail: [josef.settele@ufz.de](mailto:josef.settele@ufz.de)

mehr Informationen:  
[www.alarmproject.net](http://www.alarmproject.net)



Exemplare des britischen *Maculinea arion* aus dem Archiv der Schmetterlingssammlung des Museums für Naturgeschichte in Oxford, England.

## PERSPEKTIVEN FÜR EXTREMISTEN

Intelligentes Landschaftsmanagement könnte die Überlebenschancen von Tier- und Pflanzenarten verbessern, die durch den Klimawandel bedroht sind. Die Schaffung von wärme-gepufferten Kleinhabitaten sowie bessere Verbindungen zwischen Lebensräumen würden dann einer mäßigen Klimaerwärmung entgegenwirken und bedrohten Arten Gelegenheit geben, sich mit etwas mehr Zeit besser anzupassen und/oder in kühlere Regionen zu wandern. Das schlussfolgerten UFZ-Wissenschaftler aus einer britischen Studie über die Rettung des Thymian-Ameisenbläulings (*Maculinea arion*). Diese Schmetterlingsart war 1979 in Großbritannien ausgestorben und wurde dort vor 25 Jahren wieder angesiedelt. Seitdem gilt diese Art als Musterbeispiel für den Schutz bedrohter Insekten.

Der Thymian-Ameisenbläuling gehört zur Familie der Bläulinge, von denen die Raupen von über 75 Prozent der etwa 6.000 weltweit vorkommenden Arten mit Ameisen zusammenleben. Gegen das Verhalten der Ameisenbläulinge war die perfide Spitzfindigkeit des Trojanischen Pferdes harmlos: Die Falter sorgen dafür, dass ihre Raupen von bestimmten Ameisenarten als Angehörige des eigenen Nestes erkannt werden, von ihnen in ihre Nester geschleppt, als eigene Brut „adoptiert“ und gefüttert werden oder sich ungestraft durchfressen dürfen. Schauplatz dieses Vorgangs sind Wiesen, auf denen diese Ameisenarten unter der Erde liegende Nester anlegen. „Ameisenbläulinge sind echte Extremisten unter den Schmetterlingen“, stellt Josef Settele fest. Aus einer ursprünglichen Sym-

biose formte sich im Laufe der Evolution eine fast reine Parasitenrolle der Ameisenbläulinge. Alles in allem eine perfekte Überlebensstrategie.

Doch gerade ihre Spezialisierung scheint ihnen zum Verhängnis zu werden: Klimaerwärmung und veränderte Landnutzung bringen das sensible Zusammenspiel der Arten aus dem Gleichgewicht. Im europäischen Projekt CLIMIT (CLimate change impacts on Insects and their MITigation), das vom UFZ koordiniert wird, untersuchen Wissenschaftler diese Lebensräume und entwerfen Managementszenarien für die Zukunft. „Dabei können wir das Wissen aus vorangegangenen Projekten wie ALARM einfließen lassen“, so Settele (siehe Seiten 14/15). „Schmetterlinge sind gute Indikatoren für den ökologischen Zustand von Wiesen und Weiden – sie reagieren unmittelbar auf Umweltveränderungen und lassen Rückschlüsse auf die Gesamtentwicklung zu“, erklärt der Agrarökologe. Das werden sich die Forscher vom UFZ, aus Frankreich, Italien und Schweden einmal mehr zu Nutze machen: Sie untersuchen die Auswirkungen von Klimaveränderungen und Änderungen anderer Einflussfaktoren wie der Landnutzung bei einigen der in Europa am meisten bedrohten Insektenarten, die ein „Verhältnis“ mit Ameisen eingegangen sind.

Welche Bedingungen sind für das Überleben von Arten notwendig? Wie weit können sie sich innerhalb ihrer Lebensräume anpassen und wie viel Zeit wird dafür benötigt? Welche Wanderungsbewegungen gibt es? Wo gibt es akute Bedrohung?

In einem nächsten Schritt werden in Modellen Szenarien für die nächsten Jahrzehnte entworfen und Handlungsempfehlungen für die Politik und die Naturschutzpraxis erarbeitet. Ziel ist es, zumindest keine Verschlechterung des Zustandes der Population zuzulassen. „Durch gezieltes Management kann der Klimaveränderung ein Schnippchen geschlagen werden, indem wir zum Beispiel Wiesen und Trockenrasen im Durchschnitt höher wachsen lassen und sich damit die mikroklimatischen Bedingungen für die Ameisen weniger gravierend ändern, als dies unter den zu erwartenden großklimatischen Bedingungen der Fall wäre“, so Projektkoordinatorin Elisabeth Kühn. „Das klingt trivial, ist aber ein ganz einfaches Beispiel dafür, dass es durch modifiziertes Management möglich ist, Klimaveränderungen besser abzuf puffern, um vielen Arten eine Atempause zum Anpassen oder Auswandern zu geben.“ Wenn dies gelingt, haben auch die Extremisten unter den Schmetterlingen eine gute Perspektive – idealerweise bevor diese ausgestorben sind und wieder eingeführt werden müssen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **PD Dr. Josef Settele**  
Dept. Biozönosenforschung

e-mail: [josef.settele@ufz.de](mailto:josef.settele@ufz.de)

■ **Elisabeth Kühn**  
Dept. Biozönoseforschung

Telefon: 0345/558-5263

e-mail: [elisabeth.kuehn@ufz.de](mailto:elisabeth.kuehn@ufz.de)





Besonders für Schafe ist die Blauzungkrankheit lebensbedrohlich. Für den Menschen besteht keine Ansteckungsgefahr. Fleisch- und Milchprodukte können ohne Bedenken verzehrt werden.

## VIREN AUF REISEN

Durch Klimawandel, internationalen Handel und Reiseverkehr könnten neue Tierseuchen nach Deutschland kommen. Sie kennen keine Grenzen mehr. In den Zeiten der Globalisierung reisen nicht nur Menschen und Waren um die Welt, sondern auch Viren, Bakterien und krankheitsübertragende Insekten. In Touristenkoffern und Frachtcontainern, mit Tiertransporten und Pflanzenlieferungen überwinden sie mühelos die Distanzen zwischen den Kontinenten. Nicht überall, wo die blinden Passagiere ausgeladen werden, können sie sich auch verbreiten. Experten befürchten allerdings, dass der Klimawandel einigen berüchtigten Tierseuchen den Weg in neue Gebiete ebnet. Denn viele Erreger und ihre Überträger können sich bei wärmeren Temperaturen besonders gut vermehren.

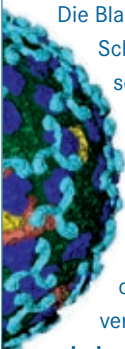
„Auch in Deutschland stehen ein paar sehr gefährliche Krankheiten vor der Tür“, sagt Dr. Hans-Hermann Thulke vom UFZ. Was passiert, wenn sie diese Tür öffnen? Den Sprung über die Grenze schaffen? Wie werden sie sich ausbreiten? Was kann man

dagegen tun? Mit Computermodellen versuchen die UFZ-Forscher, diese Fragen zu beantworten. Bisher nämlich verhalten sich die wandernden Seuchen oft unberechenbar. So zum Beispiel im Fall der Blauzungkrankheit, die vor allem für Schafe lebensbedrohlich ist. Die Wiederkäuserseuche stammt ursprünglich aus den Regionen südlich der Sahara. Doch in den letzten Jahrzehnten hat sie sich nach Norden ausgebreitet und so den Süden Europas erreicht. Die Seuchenexperten vom Friedrich-Loeffler-Institut für Tiergesundheit (FLI) hatten auch damit gerechnet, dass sie irgendwann in Deutschland ankommen würde. Trotzdem war die Überraschung groß, als dann im Sommer 2006 tatsächlich Schafe ganz im Westen Deutschlands – im Raum Aachen – erkrankten. Von den mindestens 24 verschiedenen Varianten des Blauzungenvirus fand sich in diesen Tieren ausgerechnet der Serotyp 8, der in Südeuropa überhaupt nicht vorkommt. Die Seuche konnte also nicht einfach im Zuge des Klimawandels aus Italien weiter nach Norden gewandert sein. „Wie die Krankheit tatsächlich eingeschleppt wurde,

wissen wir bis heute nicht“, sagt Elke Reinking vom FLI. Offenbar ist das Klima also nur ein Mosaikstein im komplizierten Bild der Seuchenwanderungen. In jedem Fall brauchen die Erreger eine günstige Reisegelegenheit sowie geeignete Überträger und Opfer am Zielort. Wenn das gegeben ist, können ihnen die steigenden Temperaturen den Vormarsch erleichtern. „All diese komplexen Zusammenhänge sind sehr schwer zu durchschauen“, sagt Hans-Hermann Thulke. „Deshalb wollen wir die Ausbreitung der Blauzungkrankheit in Mitteleuropa im Computer nachstellen, um zu untersuchen, wie Krankheiten neue Gebiete erobern“. Vielleicht lassen sich ja Gesetzmäßigkeiten erkennen. Das wäre sehr nützlich, um Gegenmaßnahmen möglichst effektiv einzusetzen.

Vielleicht lässt sich dann das Schlimmste verhindern, wenn andere Krankheiten wie etwa die Afrikanische Pferdepest nach Deutschland kommen. Was ein Ausbruch dieser Krankheit anrichten kann, haben spanische Pferdehalter bereits Ende der 1980er Jahre erfahren. In den berühmten Zuchtbetrieben Andalusiens fielen damals zahlreiche Tiere dem Erreger zum Opfer. Wie die Seuche nach Spanien kam, ist inzwischen bekannt: Ein einziges infiziertes Zebra, importiert für den Zoo in Barcelona, war der Auslöser.

### BLAUZUNGENKRANKHEIT (BLUETONGUE)



Die Blauzungkrankheit ist eine virale Infektionskrankheit bei Wiederkäuern wie Schafen und Rindern, die von Mücken übertragen wird. Der krankheitsauslösende Erreger ist das Blauzungenvirus (engl. Bluetongue virus, kurz BTV). Bislang sind mindestens 24 verschiedene Serotypen bekannt. Den Namen verdankt die Krankheit dem auffallendsten Symptom: Die Zunge der Tiere verfärbt sich beim Krankheitsausbruch blau. Weitere Symptome sind Fieber, Ödeme, Atemnot und Geschwüre. Am häufigsten und schwersten erkranken Schafe, vor allem Lämmer. Die Erkrankung ist eine anzeigepflichtige Tierseuche. In Deutschland ist seit 2008 die Impfung für Schafe, Ziegen und Rinder verpflichtend. [www.ufz.de/index.php?en=18943](http://www.ufz.de/index.php?en=18943) (Risikobewertung zur Aufhebung der Impfpflicht gegen BTV, Serotyp 8, 2010)

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Hans-Hermann Thulke**  
Dept. Ökologische Systemanalyse

Telefon: 0341/235-1712

e-mail: [hans.thulke@ufz.de](mailto:hans.thulke@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.ufz.de/index.php?en=14377](http://www.ufz.de/index.php?en=14377)

Wärmeres Klima wird zu wachsenden Populationen von Pflanzenschädlingen und vermehrtem Einsatz von Insektiziden führen. Das wird Folgen für die Umwelt haben – für Gewässer, Grundwasser, den Boden und die darin lebenden Organismen.



## GIFTIGE AUSSICHTEN

Wie Klimaveränderungen die Verwendung von Pestiziden in der Landwirtschaft ansteigen lassen.

Die gute Nachricht zuerst: Mit ansteigenden Temperaturen werden weltweit in höheren Breiten immer mehr Flächen für die Landwirtschaft genutzt werden können. Interessant für den Anbau von Getreide oder Gemüse werden dann auch Regionen, in denen es bisher zu kalt war. Doch das wärmere Klima lässt auch die Populationen von Pflanzenschädlingen wachsen und führt so zu vermehrtem Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln (Pestiziden). Beson-

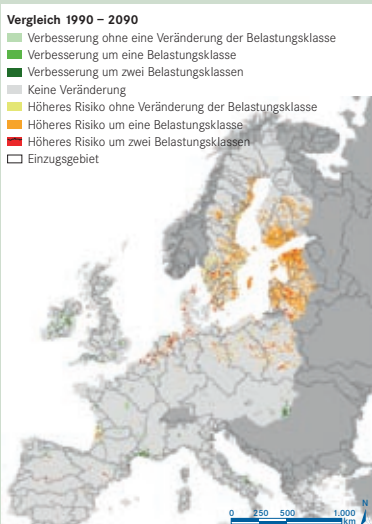
ders gravierende Folgen hat der Anstieg der Durchschnittstemperaturen im nördlichen Europa: In Ländern wie Schweden, Dänemark oder Finnland ist die Vermehrung von Insekten durch den Temperaturanstieg bereits deutlich spürbar. „Das ist deswegen der Fall, weil in den nördlichen Ländern die Temperatur für viele Insektenarten limitierend ist“, erklärt Dr. Matthias Liess vom UFZ. Das trifft nicht nur auf Pflanzenschädlinge zu. So gab es u. a. Anfang August 2009 zahlreiche Medienberichte über eine Mückenplage in Schweden, die bedrohliche Ausmaße angenommen hatte.

Für die Landwirtschaft ist die Formel einfach: Je höher die Durchschnittstemperatur, desto größer wird die Belastung durch Pflanzenschädlinge und dementsprechend höher der erforderliche Einsatz von Pestiziden. „Wenn es also in Finnland im Jahresdurchschnitt so warm wird wie in Deutschland, werden dort in etwa so viel Pestizide benötigt, wie heute hierzulande“, fasst Liess zusammen. Doch Pestizide bekämpfen nicht nur Pflanzenschädlinge, sondern töten auch andere, teilweise nützliche Insekten. Weil nur extrem unempfindliche Insekten überleben, kann durch Einsatz von Pestiziden das natürliche Gleichgewicht – auch nicht landwirtschaftlich genutzter Flächen – schnell gestört werden. Darüber hinaus reichern sich Pestizide in der Umwelt an, schädigen andere Organismen und sorgen besonders in Gewässern für eine erhöhte Konzentration der giftigen Substanzen. Für die dort angesiedelte Flora und Fauna entsteht eine Mehrfachbelastung durch

größere Schadstoffmengen und steigende Wassertemperaturen.

Matthias Liess und seine Kollegen am UFZ untersuchen diese Zusammenhänge und entwerfen Zukunftsszenarien zu Ökosystemeffekten von Pestiziden in der Landwirtschaft. „Ziel des Forschungsprojektes ist, zukünftige Belastung und ökologisches Risiko der Fließgewässerfauna in Europa vorherzusagen“, so Liess. Auf Basis aktueller Klimaszenarien werden Exposition und ökologisches Risiko von Pestiziden auf den Naturhaushalt modelliert und als Risikokarte für Mittel- bis Nordeuropa dargestellt. Daraus geht hervor, wie mit steigenden Temperaturen und damit steigendem Schädlingsdruck der Einsatz von Insektiziden und Fungiziden anwachsen wird. Der Oberflächenabfluss durch mehr Starkniederschläge wird ebenso den Eintrag von Pestiziden in die Umwelt verstärken. Die Landwirtschaft muss sich den veränderten Klimabedingungen stellen. Alternative Wege sind nötig, um die ökologischen und gesundheitlichen Belastungen gering zu halten und wirtschaftliche Interessen in Einklang mit einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung zu bringen. Um das u. a. in der EU-Wasserrahmenrichtlinie formulierte Ziel, eine „gute“ chemische und ökologische Wasserqualität zu erreichen, bedarf es umsichtiger Managementmaßnahmen nicht nur in der Wasserbewirtschaftung, sondern auch in der Landwirtschaft.

Die Risikokarte Mittel- und Nordeuropa zeigt die Veränderung des ökologischen Risikos aufgrund von Insektiziden von 1990 auf 2090. Es ist deutlich zu erkennen, dass vor allem im nördlichen Teil Europas – in Skandinavien und im Baltikum – mit einer Verschlechterung der Umweltqualität aufgrund wachsenden Einsatzes von Insektiziden in der Landwirtschaft zu rechnen ist.



UFZ-Ansprechpartner:

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

Telefon: 0341/235-1578

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

# STANDPUNKT: BIOENERGIE – HOFFNUNGSTRÄGER FÜR DEN KLIMASCHUTZ?



Prof. Dr. Erik Gawel ist stellvertretender Leiter des Departments Ökonomie und Direktor des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Umwelt- und Institutionenökonomik sowie die Finanzwissenschaft. Aktuelle Forschungsfragen betreffen die Konzeption nachhaltiger Bioenergie-Strategien und die Ökonomie der Klimaanpassung.

Telefon: 0341/235-1940  
e-mail: erik.gawel@ufz.de

Die Nutzung erneuerbarer Energien aus Biomasse gilt weithin als Hoffnungsträger. Einerseits verspricht sie klimapolitisch eine deutliche Reduktion der Treibhausgase. Zugleich erschließt sie zusätzliche Energiequellen, die für die Befriedigung des weltweit wachsenden Energiebedarfs dringend benötigt werden. Anders als die Energie aus Sonne und Wind ist Biomasse zudem jederzeit verfügbar und vielfältig einsetzbar – für Strom- und Wärme-Produktion ebenso wie für Kraftstoffe. Ganz nebenbei wird die Abhängigkeit von knapper werdenden fossilen Rohstoffen und drohenden Preissprüngen gemindert. Traditionelle Land- und Forstwirtschaft erhoffen sich von Bioenergiemärkten einen neuen Nachfrageschub, und die staatliche Wirtschaftspolitik wittert Exportchancen für Biomasetechnologie und neue Wertschöpfungsquellen für strukturschwache ländliche Räume. Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, daß die Politik in den letzten Jahren die Zeichen auf massiven Ausbau der Bioenergienutzung gestellt hatte.

## Probleme durch Landnutzungswandel

Doch das Bild von der Wunderwaffe der Klima- und Energiepolitik hat empfindliche Kratzer bekommen: Bioenergie steht plötzlich in der Kritik, durch Umwidmung agrarischer Produktionsfaktoren für die Energiebereitstellung die Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung zu gefährden. Darüber hinaus drohen bei ungesteuerter Bioenergiebereitstellung globale Landnutzungsänderungen, die wichtige ökologische Schutzgüter wie Biodiversität, Wasserhaushalt und Bodenintegrität, die sozioökonomischen Lebensbedingungen der Menschen in den Bioenergieregionen, ja selbst die erwünschte Klimaneutralität beeinträchtigen können, soweit die Flächenumnutzung für Biomasse und ihre Verarbeitung mehr CO<sub>2</sub> freisetzen, als gleichzeitig gegenüber fossilen Brennstoffen eingespart werden kann. Indonesisches Palmöl, das auf ehemaligen Regenwaldstandorten gewonnen und hierzulande als Bio-Diesel verfeuert wird – und überdies noch den dringend nötigen Wandel hin zur Elektromobilität verzögert – wurde zum Inbegriff einer verfehlten Bioenergie-Politik. Verunsicherung ist eingetreten: Was kann Bioenergie für den Klimaschutz tatsächlich bewirken? Sind die

Nebenwirkungen unbeherrschbar? Welche Nutzungsformen und Einsatzmöglichkeiten können wirklich als nachhaltig gelten? Die internationale Forschung muss hierfür rasch das nötige Wissen bereitstellen, damit die Weichen auf nachhaltige Bioenergie-Nutzungspfade gestellt und Fehlentwicklungen vermieden werden können. Die Suche nach synergistischen Optionen wird somit zum Schlüssel für den Erfolg der Klimaschutzstrategie „Bioenergie“: Wir brauchen Optionen für eine Bioenergieproduktion, die umwelt- und naturverträglich ist, Nutzungskonkurrenzen vermeidet und sich selbst als robust gegenüber dem Klimawandel erweist.

## Forschungsziel: Ganzheitliche Lösungsstrategien

Einen solchen erweiterten Forschungsansatz hierzu verfolgen Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen am UFZ: Sie untersuchen die Wechselwirkungen der Gewinnung von Energie aus Biomasse mit ökologischen, technologischen und sozio-ökonomischen Aspekten der Landnutzung, spüren nachhaltige Bioenergieoptionen auf und entwerfen jeweils geeignete Steuerungsinstrumente. So werden existierende und neue Bioenergiesysteme systematisch in ihrer Energieeffizienz und Klimabilanz, aber auch ihren Auswirkungen auf Biodiversität, Wasser und Boden analysiert – jeweils unter Berücksichtigung des Klimawandels. Mithilfe von Experimenten und Modellierungen kann so das Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen Naturhaushalt, Klimaeffekt und Energieausbeute auf einer regionalen Skala verbessert werden. Parallel dazu untersuchen die Forscher die Wirkung politischer Anreize zur Förderung von Bioenergie im Zusammenspiel mit globalisierten Märkten auf Landnutzungsentscheidungen und deren Folgen für Natur und Umwelt. Das erlaubt Rückschlüsse zur adäquaten Gestaltung von Steuerungsinstrumenten und zur Vermeidung von Fehlanreizen. Schließlich arbeiten Biotechnologen daran, die Energie- und Flächeneffizienz nachhaltiger Bioenergiepfade weiter zu erhöhen. Ein Beispiel ist die Gewinnung von Biomethan aus mehrjährigen, zellulosehaltigen Energiepflanzen (z. B. Miscanthus, Pappel) zur Einspeisung in das Erdgasnetz. Die Forschungsarbeiten erfolgen in enger Kooperation mit dem Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ), das über langjährige technologische und systemanalytische Kompetenzen in diesem Bereich verfügt.

## Bioenergie als Baustein einer neuen Klimaschutzstrategie

Diese Forschungsarbeiten tragen dazu bei, Strategien zur Integration des Klimaschutzes in komplexe globale Landnutzungsentscheidungen zu entwickeln: Gerade die klimatisch sensible Verfügung über die Ressource Land muss künftig Klimawirkungen berücksichtigen. Andererseits bedarf es der verbesserten Integration des Klimatreibers „Landnutzung“ in die internationale Klimapolitik. Dabei kann eine nachhaltige Bioenergieproduktion sowohl zur Emissionsvermeidung als auch zur Klimaanpassung beitragen.



# KLIMAWANDEL UND NACHHALTIGE WALDWIRTSCHAFT

## Von Eichenketten, Abstammungsfragen und willkommenem Regen

Unsere Wälder müssen sich verändern: Sollen sie den Auswirkungen des Klimawandels wie Temperaturanstieg und Veränderungen in den Niederschlägen sowie den Bedrohungen durch Schadstoffe gewachsen sein, braucht es neue Konzepte für Deutschlands Wälder von morgen. „Die Herausforderung besteht darin, geeignete Strategien und Maßnahmen zur Risikominimierung und zum Schutz von Ökosystemen und Biodiversität zu entwickeln und umzusetzen“, bringt es Andreas Werntze vom UFZ auf den Punkt. Im Rahmen des 2010 auslaufenden Förderschwerpunktes „Nachhaltige Waldwirtschaft“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) befassen sich mehrere Verbundprojekte mit genau diesem Problemfeld. Andreas Werntze ist Spezialist für die Forst-Holz-Kette und ist tätig in der wissenschaftlichen Begleitung des BMBF-Programmes. Er ist besonders zufrieden über die vielen praxisnahen und sehr konkreten Lösungsansätze, die der über fünf Jahre laufende Förderschwerpunkt bereits hervorgebracht hat. Wie zum Beispiel das Verbundprojekt *Oakchain* (deutsch: Eichenkette), in dem grundlegende Erfahrungen eines Waldumbaus durch Anpflanzen von Traubeneichen im nordostdeutschen Tiefland gewonnen wurden.

### **Eichenkette macht Kiefernwald stärker**

Im Nordosten Deutschlands prägen Buchen- und Buchen-Eichenwälder das Landschaftsbild. In Regionen, in denen weniger Nieder-

schlag fällt, waren es meist reine Kiefernwälder, die nach 1990 ökologisch umgebaut und vorrangig mit Traubeneichen durchsetzt wurden. Ziel dieser Waldumbaumaßnahmen war die Schaffung risikosicherer und ökologisch wertvollerer Mischbestände. Doch das ist nicht so einfach: Bei trockenem Klima sowie schlechterer Nährstoffsättigung und Wasserspeicherkapazität der Böden kann die Traubeneiche nicht optimal wachsen. Praktische Erfahrungen sowie die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem derartigen Waldumbau gab es bislang kaum. Das BMBF-Verbundprojekt *Oakchain* behandelt die Schlüsselparameter im Kontext sich ändernder Klimabedingungen nun interdisziplinär: genetische Anpassungsfähigkeit der Bäume, Kohlenstoff-Sequestrierung, Phänologie und Vitalität, Reaktion der Bestände auf zunehmenden Trockenstress sowie Gefährdung durch biotische Schaderreger. Dadurch werden Aussagen über die Anpassungsfähigkeit der Eichen-Kiefern-Mischwälder unter sich ändernden Klimabedingungen in der Zukunft ermöglicht.

Dabei geht es nicht nur darum, die beste Baumischung für die klimatischen Bedingungen der Zukunft zu finden, sondern es gilt auch, Überzeugungsarbeit bei Waldbesitzern zu leisten: Nadelhölzer können nach zirka 30 bis 40 Jahren erstmals geschlagen werden, Eichen hingegen erst nach rund 100 Jahren. Da ist ein grundsätzliches Umdenken bei den Nutzern der Wälder gefragt.

„Unter Berücksichtigung der Standortverhältnisse könnten prinzipiell die Folgen von Unwetterkatastrophen, die verheerende Stürme wie Kyrill mit riesigen Schadflächen anrichten, als Chance für nachhaltige Aufforstung genutzt werden“, betont Andreas Werntze. Denn – soviel wissen die Forscher bereits – Eichen-Kiefern-Mischwälder können den Klimaveränderungen besser trotzen und zudem das ökologische Gleichgewicht stabilisieren. Im Rahmen von *Oakchain* werden Bewirtschaftungsempfehlungen für Eichen-Kiefern-Mischwälder erarbeitet, die eine nachhaltige Waldwirtschaft sichern sollen. Basis dafür sind Untersuchungen zur Biodiversität, Standortqualität, Nährstoffversorgung von Böden und Bäumen, ober- und unterirdischem Wachstum der Bestände, Konkurrenz der beiden Baumarten sowie



Auf so genannten Kurzumtriebsplantagen wird untersucht, welche Chancen Anbau, Ernte und Biomasseverwertung schnell wachsender Baumarten wie Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen haben. Dazu begleiten Wissenschaftler die Praktiker vom geeigneten Steckling bis zur Erntemaschine, von der Wahl des Standortes bis zur ökonomischen und ökologischen Bilanz.



Quantität und Qualität des anfallenden Holzes. Diese Informationen werden in ein Entscheidungs-Unterstützungs-System (DSS) integriert, das Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Mischbestände erstellt. Nicht zuletzt werden innerhalb des transdisziplinären Projektes Innovationen in den Bereichen Holznutzung und Holzlogistik entwickelt, die die Zukunftsfähigkeit der Holzindustrie substanziell verbessern: Das reicht von neuartigen Verwendungsmöglichkeiten für Eichen(schwach)holz, über die Produktion von Eichen-Thermoholz, innovativen Marketinginstrumenten bis hin zu verbesserten Abläufen der Forstlogistik, die die Kosten dieses Sektors signifikant senken sollen.

#### **Vielfalt als Antwort auf unsichere Bedingungen.**

Ebenfalls im Nordosten Deutschlands sind Wissenschaftler im BMBF-Verbundprojekt *NEWAL-NET* (Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland) aktiv. „Wie können Wälder auf den Klimawandel vorbereitet werden? Welche Baumarten muss man heute pflanzen, damit unsere Enkel und Urenkel noch gesunde Wälder vorfinden können?“, sind zentrale Fragen. Leider können Klimamodelle heute erst Vorhersagen für die nächsten rund 50 Jahre treffen, Bäume leben jedoch erheblich länger. Um viele zukünftige Klima-Eventualitäten abzudecken, scheint es also ratsam, eine große Artenvielfalt in den Wäldern heranzuziehen. Doch dieser Gedanke greift zu kurz: Es müssen die richtigen Arten in

der richtigen Kombination sein, um eine hohe Stabilität des Ökosystems zu sichern. Welche das sein könnten, kreisen die Untersuchungen im Rahmen von *NEWAL-NET* näher ein. Obwohl es im Rahmen dieses Projektes vordergründig um die Folgen für den Wasserhaushalt und die Atmosphäre geht, müssen dabei doch eine Reihe weiterer Anforderungen berücksichtigt werden: Die Nachfrage nach erneuerbaren Rohstoffen und Energien, technische und auch gesellschaftliche Entwicklungen lassen die Ansprüche an die Bewirtschaftung von Wäldern ständig wachsen. Zugleich besteht die Notwendigkeit der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung weiter – gerade in empfindlichen Ökosystemen. Ein möglicher Ausweg wird im „klimaplastischen Laubmischwald“ gesehen, der für zukünftige Entwicklungen mehrere Entwicklungspfade – so genannte „Freiheitsgrade“ – offen hält. Die Anpassung von Wäldern an veränderliche natürliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen durch Selbstorganisationsfähigkeit, Standortplastizität und funktionelle Diversität der Wälder wird im *NEWAL-NET*-Projekt ausführlich beschrieben. Dazu kommt die Abschätzung von Änderungen der Waldnutzung in ihren komplexen Wirkungen auf das System „Landschaft“ unter veränderlichen Umwelt-, Standort- und Rahmenbedingungen.

#### **Wald von morgen nur von bester Herkunft**

Um eine größtmögliche Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen zu erreichen, ist die erstklassige Genetik

des Saat- und Pflanzgutes außerordentlich wichtig. Darüber hinaus entscheidet die geeignete Herkunft auch über das Produktionspotenzial der Waldbäume. Wie die Authentizität von forstlichem Vermehrungsgut systematisch überprüft und damit die Qualität unserer Wälder der Zukunft gesichert werden kann – damit befasste sich das BMBF-Verbundprojekt *Herkunfts-kontrolle*. Aufgrund der prognostizierten Klimaänderungen wird ein erheblicher Anteil der in Deutschland auf etwa elf Millionen Hektar stockenden Bestände als nicht oder nicht mehr standortgerecht bzw. risikobehaftet eingestuft werden: Ein Waldumbau hin zu stabilen Mischwäldern ist notwendig und bringt einen Baumartenwechsel mit sich. Ungenügende Kontrolle würde die Verwendung nicht angepasster Herkünfte begünstigen und könnte langfristige Schäden der Waldentwicklung, Gewinneinbußen für die Forstbetriebe und hohe Folgekosten nach sich ziehen – ganz abgesehen von den entstehenden Umweltschäden. Die Wahl der geeigneten Herkunft ist somit auch aus ökologischen Gründen zwingend erforderlich.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Andreas Werntze, MSc.**  
**Dept. Naturschutzforschung**

Telefon: 0341/235-1816

e-mail: [andreas.werntze@ufz.de](mailto:andreas.werntze@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.nachhaltige-waldwirtschaft.de](http://www.nachhaltige-waldwirtschaft.de)

Pavan Sukhdev im Gespräch mit Journalisten während der Bundespressekonferenz am 2. September 2009 in Berlin.  
Foto: Klaus-Dieter Sonntag  
(www.fotoplusdesign.de)



## VITALE ÖKOSYSTEME SCHÜTZEN BESSER VOR DEN FOLGEN DES KLIMAWANDELS

### Sie leiten die internationale TEEB-Studie (The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB). Was hat Biodiversität mit Klimawandel zu tun?

Der Rückgang der Biodiversität und der Klimawandel hängen in zweierlei Weise zusammen: Einerseits trägt die globale Erwärmung wesentlich zum fortschreitenden Artenschwund und zu der Zerstörung von Ökosystemen bei. Nach Berechnungen des Intergovernmental Panel on Climate Change ([www.IPCC.ch](http://www.IPCC.ch)) ist der Klimawandel die zweitgrößte Triebkraft für den prognostizierten Biodiversitätsverlust bis zum Jahr 2050. Andererseits besteht eine Kausalität auch in der umgekehrten Richtung. Die Zerstörung von Ökosystemen und insbesondere die anhaltende Abholzung der tropischen Regenwälder führen zu zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. In diesen Wäldern ist etwa ein Viertel des gesamten terrestrisch gebundenen CO<sub>2</sub> gespeichert, das bei ihrer Rodung freigesetzt würde. Gleichzeitig wird mit der Abholzung der tropischen Wälder auch eine wesentliche CO<sub>2</sub>-Senke zerstört. Berechnungen zufolge binden diese Wälder bis zu 4,8 Gigatonnen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre – und das jährlich!

Vitale Ökosysteme zeigen oftmals eine bessere Stabilität und Anpassungsfähigkeit an die Phänomene des Klimawandels und bieten Menschen besseren Schutz vor dessen Folgen. Beispielsweise verringern

intakte Korallenriffe oder Mangrovenwälder die Gefahr für Menschen, die von klimabedingten Extremereignissen ausgeht, z. B. Stürmen oder Fluten. Vor diesem Hintergrund versucht TEEB die ökosystemaren Dienstleistungen, die von einer intakten Natur ausgehen, besser zu erfassen, zu beschreiben und deren Bedeutung für unser Wohlergehen aus ökonomischer Perspektive abzuschätzen.

### Können Sie das bitte an ein paar Beispielen erläutern?

Die TEEB-Studie will mit ökonomischen Fakten das Problembewusstsein für den Verlust von Biodiversität und von ökosystemaren Dienstleistungen schärfen. Wir versuchen nicht, einen genauen Geldwert für die Natur zu errechnen, sondern der ökonomischen Dimension des Problems mehr Gewicht zu

verschaffen. Dabei geht es um die Konsequenzen für ganze Volkswirtschaften wie auch für den Einzelnen: Mehr als eine Milliarde Menschen sind auf Fisch als wichtigste oder gar einzige Quelle tierischen Proteins angewiesen. Die Lebensgrundlage von etwa 500 Millionen Menschen hängt von lebenden, intakten Korallenriffen ab. Wir erleben weltweit, wie sich die natürlichen Lebensbedingungen für Bienenvölker verschlechtern und damit die Bestäubungskapazität für eine Vielzahl von Lebensmitteln sinkt. Auch wird geschätzt, dass bis zu 50 Prozent der pharmazeutischen Produkte weltweit (mit einem Marktvolumen von etwa 650 Milliarden Dollar pro Jahr) auf natürlichen genetischen Ressourcen beruhen. Die Ermittlung monetärer Werte für einzelne Ökosystem-Dienstleistungen hilft, dass diese bessere Berücksichtigung finden, beispielsweise bei

### PAVAN SUKHDEV

Pavan Sukhdev, Vorsitzender des „Global Markets Centre“ der Deutschen Bank in Mumbai, ist derzeit freigestellt, um die „Green Economy Initiative“ des Umweltprogramms der Vereinten Nationen zu leiten, die unter anderem die TEEB-Studie zur Ökonomie der Ökosysteme und der Biodiversität umfasst. TEEB wurde 2007 von der EU-Kommission und dem Bundesumweltministerium in Auftrag gegeben und hat zum Ziel, mit der Vermittlung ökonomischer Werte neue Lösungsansätze für den Naturschutz und die Bewahrung ökosystemarer Dienstleistungen zu erschließen. Die wissenschaftliche Koordination der TEEB-Studie, an der mehr als 100 Wissenschaftler aus 26 Ländern beteiligt sind, erfolgt durch das UFZ.

der Bilanzierung des nationalen Volkseinkommens, bei der Raumplanung, bei der Energiepolitik oder bei der Ausgestaltung von Instrumenten für den Naturschutz. Das gilt gleichermaßen für Anreizsysteme wie Ausgleichszahlungen für die Bereitstellung ökosystemarer Dienstleistungen in der Landwirtschaft oder auch für die Belastung umweltschädlicher Handlungen durch Abgaben oder Steuern.

### **Im Vorfeld der Kopenhagener Klimakonferenz wurde ein Update des TEEB-Zwischenberichts vorgestellt, in dem die Korallenriffe und die Abholzung der Wälder im Mittelpunkt standen. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Wäldern und Korallen im Meer?**

Die globale Erwärmung ist eine wesentliche Ursache für das Absterben der Korallen. Neue Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass bereits ab einer CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre von etwa 320 ppm die Regenerationsfähigkeit der Korallen erheblich beeinträchtigt wird. Unter der derzeitigen Konzentration von etwa 387 ppm ist ein flächenhaftes Absterben der Korallen sehr wahrscheinlich. Dies bedeutet, selbst wenn man sich auf der Kopenhagener Klimakonferenz auf ein Ziel zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf 450 ppm einigen würde, wäre die Existenz der Korallenriffe stark gefährdet – und damit des artenreichsten marinen Ökosystems, das Lebensraum für mehr als ein Viertel aller Meeresfischarten ist.

Um der weiteren Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre entgegen zu wirken, muss das ganze Spektrum der Vermeidungs- und Bindungsmöglichkeiten genutzt werden. Dabei spielt die Emissionsminderung durch technische Reduzierungsmöglichkeiten, eine höhere Ressourceneffizienz und die Umstellung auf regenerative Energieträger eine wichtige Rolle. Darüber hinaus sollte aber auch die Senkenfunktion der Wälder in den Blick genommen werden, die eine enorme CO<sub>2</sub>-Bindung ermöglichen und einer weiteren Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen aktiv entgegen wirken können. Mit der Vermeidung von Abholzung und der aktiven Wiederaufforstung kann der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre zusätzlich gebremst werden. Das hilft auch, Korallenriffe zu erhalten.

### **Weshalb fordern Sie eine dringende Reform der Bilanzierung des Nationaleinkommens?**

Nach wie vor ist das Ziel einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung nicht mehr als eine hehre Absichtserklärung. Eine Ursache hierfür ist, dass wir mit unzureichenden Indikatoren operieren, wenn es um die Bestimmung gesellschaftlichen Fortschritts geht. Insbesondere das Wachstum des Brutto sozialprodukts – als üblicher Maßstab des gesellschaftlichen Wohlstands – ignoriert den Zustand der natürlichen Lebens- und Produktionsgrundlagen. Folglich verzerrt dieser Indikator die Entscheidungsgrundlage zugunsten anthropogen geschaffener Werte und damit zumeist gegen den Erhalt von Ökosystemen und Artenvielfalt.

Verantwortungsbewusste Entscheidungen können aber nur dann getroffen werden, wenn alle dazu notwendigen Informationen vorliegen. Daher unterstützt TEEB ausdrücklich die Entwicklung von Indikatorensystemen zur Erfassung und Messung von Dienstleistungen der Natur. Und das gilt nicht nur für die Messung des gesellschaftlichen Wohlstands, sondern auch für die Bilanzen der Privatunternehmen, deren Wertschöpfung von der Natur abhängt. In aller Kürze: Nur mit ausreichenden Informationen ist verantwortungsbewusstes Handeln möglich.

### **Hilft ein ökonomischer Blick auf die Natur, um sie mehr Wert zu schätzen und dann besser zu schützen? Was, glauben Sie, kann die TEEB-Studie bewirken?**

Die zentrale Botschaft von TEEB ist, dass wir den Wert der Biodiversität und der Ökosystem-Dienstleistungen erkennen und anerkennen sollten. Jede Form des Kapitals kann eine Wertschöpfung erzielen. Es wird Zeit, zu erkennen, in welchem großem Ausmaß Naturkapital zur Wertschöpfung und zum menschlichen Wohlergehen beiträgt. In politischen Entscheidungen, auch auf internationaler und nationaler Ebene, wird dies jedoch noch zu wenig berücksichtigt. Wir haben das Potenzial der natürlichen Systeme zur Lösung der Probleme in der Wirtschaft, in der Klimapolitik und auch in der Natur selbst bislang weitgehend ignoriert.

Immer wieder werden die verschiedenen Nutzen, die wir aus Ökosystemen ziehen, als „externe Effekte“ bezeichnet und behandelt. Warum eigentlich? Weil sie einfach zu groß für unsere etablierten Rechnungen sind? Wir müssen diese Werte in unsere Entscheidungen einbeziehen, wenn wir nicht wider besseren Wissens den allmählichen Verlust unserer Lebensgrundlagen riskieren wollen.

### **Es dauerte viele Jahre, bis der Klimawan-**

## **TEEB LÄDT EIN ZU WEITEREN BEITRÄGEN**

Anfang September 2009 wurde im Rahmen einer Bundespressekonferenz das Update der TEEB-Studie vorgestellt. Der Endbericht wird voraussichtlich im Sommer 2010 erscheinen. Das TEEB-Team ruft Wissenschaftler und andere Experten auf, durch Hinweise auf bestehende Arbeiten zu den ökonomischen Konsequenzen des Biodiversitätsverlustes zum Projekt beizutragen. Über die TEEB-Webseite ist eine Übermittlung solcher Beiträge zu den einzelnen TEEB-Produkten möglich. Außerdem stehen die Entwürfe der Berichtskapitel für eine Kommentierung auf der Webseite zur Verfügung.

### **UFZ-Ansprechpartner:**

Dr. Heidi Wittmer  
Dept. Ökonomie  
Telefon: 0341/235-1629  
e-mail: heidi.wittmer@ufz.de  
[www.teebweb.org](http://www.teebweb.org)

### **del auf der Tagesordnung erschienen ist. Wird es genauso lange dauern, bis wir den Verlust biologischer Vielfalt anerkennen?**

Meines Erachtens passieren derzeit zwei Dinge. Erstens haben viele Menschen dank des Themas Klimawandel begriffen, dass die Natur unersetzlich ist. Sie ist nicht nur etwas, das man im Urlaub genießt, sondern Grundlage unseres Daseins. Das gestiegene Klimabewusstsein hat auch eine größere Aufmerksamkeit für die Bedeutung von intakten Ökosystemen gebracht.

Zweitens werden wir zukünftig die Auswirkungen des Klimawandels viel stärker als bisher erleben. Wenn sich beispielsweise die Politiker auf der Klimakonferenz in Kopenhagen auf ein Ziel zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf 450 ppm einigen, werden wir trotzdem einen immensen Rückgang der Korallenriffe erleben. Das wird Widerstand erzeugen. Ich bin optimistisch, dass wir mit der TEEB-Studie die richtigen Botschaften senden – sowohl für die politischen Entscheidungsträger, die Wirtschaft als auch für die Menschen selbst. Der Erhalt der Biodiversität ist keine Frage, die nur Wissenschaftler betrifft, sondern alle Menschen.

# STANDPUNKT: KOSTEN DER KLIMAAANPASSUNG MIT UNSICHERHEITEN BEHAFTET



Prof. Reimund Schwarze lehrt Finanzwissenschaft und Umweltökonomie an der Universität Frankfurt /Oder. Seit Oktober 2007 arbeitet er am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ im Bereich „Ökonomie des Klimawandels“. Er ist Sprecher für dieses Thema im Rahmen der Klimainitiative der Helmholtz-Gemeinschaft. Im Dezember 2009 ist er Teilnehmer der ClimateNet-Delegation bei der COP 15 in Kopenhagen.

Telefon: 0341/235-1607  
e-mail: reimund.schwarze@ufz.de

Die Ökonomie hat sich in den letzten 30 Jahren intensiv mit Fragen des Klimaschutzes beschäftigt. Das Thema Anpassung an den Klimawandel wurde dagegen kaum oder nur vereinzelt bearbeitet. Das zeigt ein aktueller Bericht der OECD zu den Kosten und Nutzen der Klimaanpassung eindrucksvoll. Die dort wiedergegebenen Abschätzungen der weltweiten Kosten für die Klimaanpassung basieren auf wenigen, stark durch Annahmen geprägten Analysen der Kosten für eine Klimaertüchtigung der globalen Finanzströme bis 2030. Sie weisen insgesamt sehr geringe Kosten für die Klimaanpassung aus – unter 0,02 Prozent des Weltsozialprodukts –, aber die Unsicherheiten sind hoch – bis zu einem Faktor Zehn bei gleicher methodischer Grundlage. Für eine ökonomische Abschätzung der weltweiten Kosten der Klimaanpassung bieten diese Studien keine verlässliche Grundlage.

## Anpassungskosten sind schwer zu bestimmen

Doch warum muss es eine solche Abschätzung der Anpassungskosten überhaupt geben? Passen sich die betroffenen Regionen und Sektoren nicht autonom jeweils zu minimalen Kosten an die vorgefundenen Klimabedingungen an? Diese vereinfachende Sicht, die vielen integrierten Abschätzungsmodellen der Klimaökonomie zugrunde liegt, ist aus meiner Sicht falsch. Ich möchte

das an zwei Beispielen für internationale Koordinationsprobleme aufzeigen: Bei starken Klimaänderungen kommt es zur Migration („Klimaflucht“). Die Kosten der Klimaflucht sind aber heute in keinem ökonomischen Modell des Klimawandels berücksichtigt. Ein anderes Beispiel sind globale Umverteilungsmaßnahmen. Die Folgen der Klimaänderungen treffen die Länder dieser Welt ökonomisch sehr unterschiedlich. Die weltweite ökonomische Last könnte jedoch durch ein Lastenteilungsarrangement verringert werden. Wenn die Länder eine solche Versicherung auf Gegenseitigkeit aber bereits im Vorfeld von Verhandlungen über den Klimaschutz antizipieren, gibt es eine Gefahr: Länder, die sich frühzeitig gegen Klimaänderungen schützen, zahlen mehr in die Lastenumverteilungsfonds als Länder, die zunächst einmal abwarten, wie sich die Klimaänderung bei ihnen auswirkt. Damit steigen die Anpassungskosten für alle.

## Win-Win-Strategien können Anpassungskosten senken

Darüber hinaus gibt es zahlreiche positive wie negative Wechselwirkungen zwischen einzelnen Anpassungsmaßnahmen. Die Nutzung von Bioenergie zur Senkung der Treibhausgasemissionen macht anfälliger gegen Klimaschwankungen. Die Schaffung von städtischen Grünkorridoren dagegen bindet Kohlenstoff und verbessert das Stadtklima. Die Ausschöpfung von Synergien und die Vermeidung von Konflikten zwischen Anpassungsmaßnahmen kann das ökonomische Bild der Kosten des Klimawandels stark verändern. Win-Win-Strategien sind der beste Weg, um die Anpassungskosten gering zu halten.

## Über 2 Grad Celsius wird's teuer

Die Suche nach Synergien zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz ist aber nur dann eine hinreichende Antwort auf die Herausforderungen des Klimawandels, wenn die Erderwärmung auf ein moderates Niveau um zwei Grad Celsius begrenzt werden kann. Jenseits dieses Niveaus wird's teuer. Dann sind weltweit aufwändige Anpassungsstrategien wie Küsten- und Hochwasserschutz oder großflächige Landnutzungsänderungen nötig.

| Studie              | Kosten in Mrd. USD (% BSP) | Zeitbezug | Regionaler Bezug   | Sektoraler Bezug  | Bemerkung  |
|---------------------|----------------------------|-----------|--------------------|---|--|
| Weltbank (2006)     | 9 – 41 (< 0,1%)*           | Gegenwart | Entwicklungsländer | Gesamtwirtschaft  | Vom Klimawandel betroffene weltweite Finanzströme                      |
| Stern Review (2006) | 4 – 37                     | Gegenwart | Entwicklungsländer | Gesamtwirtschaft  | Weltbank-Studie (geringfügig modifiziert)                              |
| Oxfam (2007)        | > 50                       | Gegenwart | Entwicklungsländer | Gesamtwirtschaft  | Weltbank-Studie + Anpassungsprojekte von Nichtregierungsorganisationen |
| UNDP (2007)         | 86 – 109                   | 2015      | Entwicklungsländer | Gesamtwirtschaft  | Weltbank-Studie + Katastrophenschutzkosten                             |
| UNFCCC (2007)       | 28 – 67                    | 2030      | Entwicklungsländer | Landwirtschaft, Wasserversorgung, Gesundheit, Küstenschutz, Infrastruktur | enthält Doppelzählungen  |
| UNFCCC (2007)       | 44 – 166 (0,6 – 0,21%)     | 2030      | Welt               | Landwirtschaft, Wasserversorgung, Gesundheit, Küstenschutz, Infrastruktur | enthält Doppelzählungen  |

\*) Die Weltbank-Studie schätzt die Anteile der vom Klimawandel betroffenen weltweiten Finanzströme. Vgl. OECD (Shardul Agrawala/Samuel Fankhauser), Economic Aspects of Adaptation to Climate Change, Paris. Weltsozialproduktanteile beruhen auf eigenen Berechnungen.





## KONFLIKTE VERMEIDEN, SYNERGIEN NUTZEN

Solange es in der Klimapolitik beim Lippenbekenntnis bleibt, sind wir alle dafür. Aber Politik – sei es zur Vermeidung von oder sei es zur Anpassung an den Klimawandel – kann nur dann erfolgreich sein, wenn klimapolitische Ziele effektiv in diejenigen Sektoren integriert werden, die sowohl für die Verursachung des Klimawandels verantwortlich als auch von Klimafolgen betroffen sind. Dabei handelt es sich um vitale Bereiche der modernen Industriegesellschaft wie Verkehr, Energie, Landnutzung und Ernährung. Gemeinsam mit europäischen Kollegen des PEER-Netzwerks haben die Sozialwissenschaftlerin Dr. Silke Beck, Politikwissenschaftler Prof. Dr. Christoph Görg und der Geograf Dr. Christian Kuhlicke untersucht, in welchem Ausmaß die Erfordernisse des Klimaschutzes und der Klimaanpassung in sechs europäischen Ländern integriert werden.

Das Projektteam kommt zu dem Ergebnis, dass im Jahre 2007 der Klimawandel in allen Ländern an politischer Priorität gewinnt und zur „Chefsache“ gemacht wird. Im europäischen Vergleich stellt Deutschland einen Vorreiter dar, da anspruchsvolle klimapolitische Ziele in sektorale Politiken integriert und mit weit reichenden Maßnahmen (wie beispielsweise in den Bereichen Energieproduktion und -versorgung, Modernisierung von Gebäuden) versehen werden. Allerdings konnten auch hier wichtige Maßnahmen – vor allem im Verkehrsbereich – nicht oder

nur sehr „verwässert“ auf den Weg gebracht werden. Daher mangelt es in vielen Bereichen oftmals an der konsequenten Umsetzung. Darüber hinaus werden häufig nur Bereiche wie Verkehr oder Energie berücksichtigt, „während zum Beispiel Fragen der Raumplanung und Landnutzung nach wie vor vernachlässigt werden“, sagt Görg. Gewarnt wird ausdrücklich vor der Hoffnung, dass technische Innovationen alle Probleme der Klimapolitik lösen werden. Technische Innovationen sind wichtig, müssen aber auf potenziell negative Nebenwirkungen hin befragt werden. „Wir müssen uns der kritischen Diskussion über mögliche negative Auswirkungen von Entscheidungen stellen, die auf den ersten Blick nur positive Folgen zu haben scheinen“, so Görg.

Doch das ist oft leichter gesagt als getan, denn Klimapolitik, konsequent umgesetzt, geht oftmals an das „Eingemachte“. Überall da, wo zum Beispiel lieb gewordene Gewohnheiten wie im Verkehr oder der Ernährung auf dem Spiel stehen, ist mit massivem Widerstand zu rechnen, wie beispielsweise von der Autoindustrie. In allen untersuchten Ländern zeigt sich aber, dass Klimaschutz nicht notwendigerweise eine Last für die nationale Wirtschaft sein muss, sondern auch Chancen eröffnet, die nationale Energiesicherheit zu verbessern und neue Arbeitsplätze zu schaffen, wie dies im Augenblick unter „Green New Deal“ diskutiert wird. Um diese Chancen zu realisieren, bedarf es

nicht nur der Verabschiedung europäischer oder nationaler Programme, sondern auch des Engagements einzelner Kommunen, Unternehmen oder der Verbraucher. „Die Bereitschaft Letzterer zur Verhaltensänderung ist häufig vorhanden, wird aber nicht ausreichend von Seiten der Politik aufgenommen und gefördert“, meint Beck. Um zu vermeiden, dass nicht einzelne klimapolitische Maßnahmen ins Leere laufen oder sich ins Gegenteil verkehren, sondern umgekehrt Synergien genutzt werden können, müssen diese besser wissenschaftlich erfasst und abgestimmt werden. Dabei kann es nicht darum gehen, das Rad neu zu erfinden, sondern bestehendes Wissen und Instrumente im Bereich der Umweltforschung systematisch zu nutzen und zu verknüpfen und in den politischen Entscheidungsprozess einzubringen. Das Gebot der Stunde – das mit der Anpassung an Gewicht gewinnt – ist, Konflikte zu reduzieren und Synergien auszuschöpfen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Prof. Dr. Christoph Görg**  
**Dept. Stadt- und Umweltsoziologie**

Telefon: 0341/235-1628  
e-mail: [christoph.goerg@ufz.de](mailto:christoph.goerg@ufz.de)

■ **Dr. Silke Beck**  
**Dept. Ökonomie**

Telefon: 0341/235-1733  
e-mail: [silke.beck@ufz.de](mailto:silke.beck@ufz.de)

# STANDPUNKT: AN DER KOHLE KOMMT KEINER VORBEI!



Prof. Dr. Bernd Hansjürgens lehrt Volkswirtschaftslehre und Umweltökonomie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Am UFZ ist er Programmsprecher des Helmholtz-Programms „Terrestrial Environment“ und Leiter des Departments Ökonomie. In seiner Forschung befasst er sich u. a. mit dem Emissionshandel sowie Architekturen in der internationalen Klimapolitik.

Telefon: 0341/235-1233 o. -1259  
e-mail: bernd.hansjuergens@ufz.de  
www.ufz.de/index.php?de=1643

Wir alle wissen: Das Grundproblem in der Klima- und Energiepolitik sind die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas. Ihre Verbrennung setzt Treibhausgase frei, die das Klima gefährden. Und unser Energiesystem ist zum großen Teil von den Fossilen abhängig, die vielfältig genutzt werden: Wärme und Kühlung, Verkehr und Mobilität sowie zahlreiche mit Strom verbundene Leistungen. Die geringere Nutzung fossiler Energieträger ist daher erklärtes Ziel der Klimapolitik. Um bis zu 80 Prozent sollen bis 2050 die Emissionen in den Industrieländern gesenkt werden. Auch wichtige Schwellenländer erkennen mittlerweile das Ziel der Begrenzung der Erderwärmung an. Besonders im Fokus ist die Kohle, da die mit ihr einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen noch höher sind als beim Erdöl oder beim Erdgas.

Und doch – ob es uns passt oder nicht: An der Kohle kommt – absehbar – keiner vorbei! Sie bleibt für viele Jahre entscheidender Energieträger. Ihr Vorkommen konzentriert sich auf die großen Länder USA, Kanada, Russland, Indien, China, Südafrika und einige Staaten Europas – der „Kohlegürtel“ in Europa reicht von Deutschland über Tschechien, Polen und die Balkanstaaten bis nach Griechenland und die Türkei – und sie reicht vermutlich noch weit länger als 100 Jahre. Sie garantiert Versorgungssicherheit und kostengünstige Energieversorgung. Dabei werden die Weichen für die nächsten 40 bis 50 Jahre in den kommenden Jahren gestellt. Insbesondere zwischen 2015 und 2030 stehen Erneuerungen der Kraftwerkparcs weltweit an. Es ist jetzt schon erkennbar, dass neue Kraftwerke in starkem Maße auf Kohle setzen – nach Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) steigt die Energienachfrage bis 2030 um 45 Prozent, wovon 85 Prozent durch die Fossilen gedeckt werden. Die Kohle deckt heute 39 Prozent der Weltenergieproduktion ab und macht ein Drittel des Anstiegs aus.

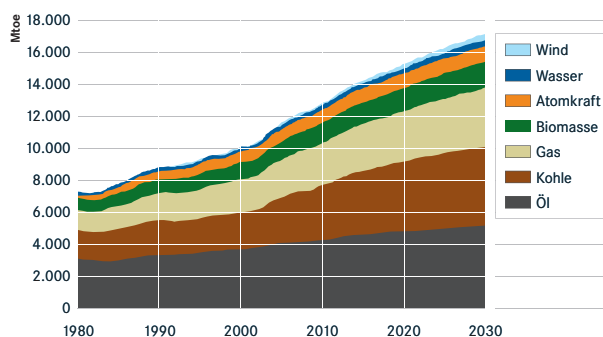
Wir können vor dieser absehbaren Entwicklung nicht die Augen verschließen und so tun, als würde uns ohne größere Probleme ein Ausstieg aus den Fossilen – und damit auch aus der Kohle – gelingen. Aber was heißt das für die Politik? Und was für die Forschung? Zunächst: In der Politik wird es auf Jahre hinaus ein zähes Ringen um Vermeidungsmaßnahmen, deren Kosten und

die Verteilung der Kosten geben. Ich erwarte nicht, dass auf der Klimakonferenz in Kopenhagen der große Durchbruch erreicht wird. Dafür sind die durch langfristige Investitionen gebundenen Mittel zu hoch und ein Abweichen vom einmal eingeschlagenen Weg würde sehr teuer. Zudem erwartet jedes Land immer nur von anderen Maßnahmen, ist aber selbst nicht bereit, Kosten dafür aufzubringen.

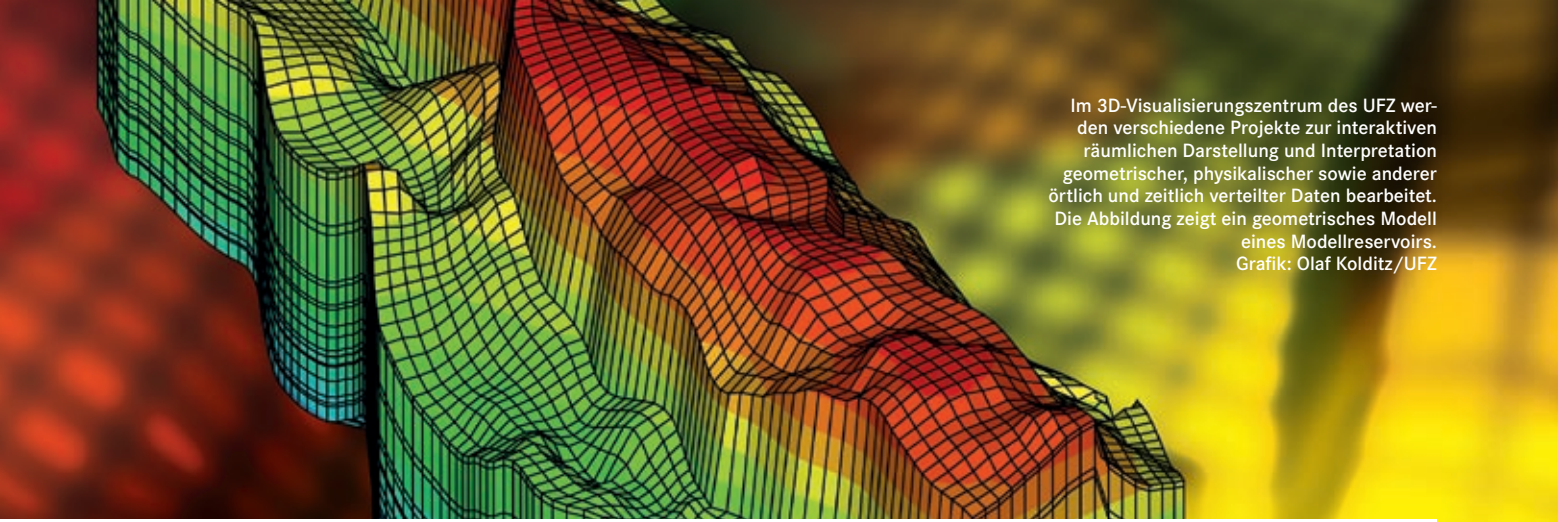
Alle Anstrengungen im Bereich der Kohle – seien es Steigerungen des Wirkungsgrades von Kohlekraftwerken, seien es Neuentwicklungen zur Trennung und Speicherung von Kohlendioxid – müssen eine große Rolle spielen. Wenn die weltweiten Energiesysteme so stark auf Kohle ausgerichtet sind, geht das gar nicht anders. Dies bedeutet, dass die Kraftwerkseffektivität, die im weltweiten Durchschnitt gerade einmal 29 Prozent beträgt, auf 50 Prozent oder mehr zu steigern ist, was dem heute erreichbaren Stand der Technik entspricht. Das bedeutet weiter, dass über die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid – zumindest als Übergangstechnologie – intensiv nachgedacht und geforscht werden muss. Das ist insofern schwierig, als die geschätzten Kosten hierfür zurzeit bei bis zu 70 Euro pro Tonne vermiedenen CO<sub>2</sub> liegen. Und es bedeutet, dass im Rahmen internationaler Verhandlungen Technologietransfer eine große Rolle spielen wird.

Für Forschung und Politik ergibt sich hieraus, dass es den Königsweg in eine CO<sub>2</sub>-freie Zukunft so schnell nicht geben wird. Es wird darauf ankommen, Forschungsanstrengungen in verschiedenen Bereichen zu unternehmen, zum einen im Bereich der Kohle selbst, aber auch bei anderen Wegen zur Verringerung von CO<sub>2</sub>. Eine große Rolle spielt hier die Landnutzung, die immerhin zu 30 Prozent für die Entstehung von CO<sub>2</sub> verantwortlich ist. Und es ist schließlich unabwendbar, sich mit den Folgen des Klimawandels auseinanderzusetzen und Strategien zur Anpassung zu entwickeln. Gerade in den genannten Bereichen versucht das UFZ, zentrale Beiträge beizusteuern.

## WELTWEITER ENERGIEBEDARF BIS 2030



(Quelle: IEA, 2008)



Im 3D-Visualisierungszentrum des UFZ werden verschiedene Projekte zur interaktiven räumlichen Darstellung und Interpretation geometrischer, physikalischer sowie anderer örtlich und zeitlich verteilter Daten bearbeitet. Die Abbildung zeigt ein geometrisches Modell eines Modellreservoirs.  
Grafik: Olaf Kolditz/UFZ

## CO<sub>2</sub> – KLIMAGASENTSORGUNG IM UNTERGRUND?

Auch wenn in vielen Industriestaaten wie Deutschland erneuerbare Energien boomen und ihr Anteil am Gesamtenergiemix wächst, machen sie immer noch nur einen kleinen Teil aus. So werden herkömmliche Kraftwerke, die Kohle oder Erdgas verbrennen, noch eine Weile gebraucht und sind nicht aus den Klimaschutzverhandlungen in Kopenhagen wegzudenken. Da der fossile Rohstoff Kohle bei seiner Verbrennung all das CO<sub>2</sub> wieder freisetzt, das er einst in geologischen Vorzeiten gebunden hatte, werden immer neue Konzepte zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen entwickelt. Die oft eher emotional statt sachlich geführten Diskussionen um das Für und Wider heizen sich mitunter ebenso auf wie die Erdatmosphäre selbst. Das wird beispielsweise auch an der aktuellen Debatte über eine Technologie deutlich, die das Potenzial besitzt, Kraftwerke sauberer zu machen: Carbon Dioxide Capture and Storage – kurz CCS.

Hinter CCS verbergen sich die Abscheidung des Kohlendioxids aus Rauchgasen und dessen dauerhafte Speicherung in tiefen geologischen Schichten. Dazu wird CO<sub>2</sub> in den so genannten superkritischen Zustand versetzt und in poröse Gesteine injiziert. „Superkritisch“ nennt sich ein fluider Aggregatzustand, der weder dem gasförmigen noch dem flüssigen entspricht, jedoch Vorteile von beiden vereint: hohe Dichte, geringe Viskosität. Bei der Injektion in erschöpfte Erdgas- oder Erdöllagerstätten ist die Chance sehr groß, dass im frei gewordenen Porenraum CO<sub>2</sub> gelagert und gleichzeitig sogar Reste von Erdöl oder Erdgas gefördert werden können. Weitere Speichermöglichkeiten sind die Injektion von CO<sub>2</sub> in tiefe, mit Salzwasser gefüllte Sedimentschichten.

Kohlendioxid bei technischen Prozessen abzuscheiden, ist heute beherrschbar. Auch der Transport per Tankwagen oder Pipeline ist erprobt und bekannt. Selbst die Bohrllochtechnologien für die Verbringung in den Untergrund sind aus der Erdgas- und Erdölförderung bestens entwickelt. Nur dass es beim CO<sub>2</sub> nicht um Förderung, sondern Einlagerung geht. Zu diesem Thema werden weltweit in Pilotprojekten Erfahrungen gesammelt. Denn es gibt viele offene Fragen: Wie groß sind die Speicherkapazitäten und wie lange reichen sie aus? Werden durch das unter Druck injizierte CO<sub>2</sub> seismische Mikroaktivitäten ausgelöst? Welche Auswirkungen können diese haben? Kann das verpresste Kohlendioxid im Laufe der Zeit wieder austreten?

Zur systematischen, sachlichen Klärung solcher und anderer Fragestellungen fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung mehrere Verbundprojekte zur CCS-Thematik. An deren Bearbeitung ist auch das UFZ beteiligt. Zu den Aufgaben gehört dabei die numerische Simulation des Kurz- und Langzeitverhaltens des injizierten Kohlendioxids in geologischen Formationen. „Man kann so schlecht in den Untergrund hineinschauen. Deshalb müssen wir mithilfe solcher Simulationen ein Gefühl dafür bekommen, was da unten passiert“, erklärt Dr. Uwe-Jens Görke vom UFZ. „Dabei helfen uns langjährige Erfahrungen im Bereich der numerischen Simulation geotechnischer Vorgänge mit einem eigenen Softwarepaket (GeoSys).“

Bei der Injektion des CO<sub>2</sub> und dessen späterer Ausbreitung im Reservoir laufen komplexe hydraulische, mechanische, ther-

misches und chemische Prozesse ab, die sich gegenseitig beeinflussen. Deren gekoppelte Simulation wird gemeinsam mit Arbeitsgruppen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, dem Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungszentrum (GFZ) sowie anderen Einrichtungen geplant und realisiert. Die Komplexität der Berechnungen stellt hohe Anforderungen an die Effizienz der Algorithmen und setzt Höchstleistungsrechenstechnik voraus. Mithilfe des 3D-Visualisierungszentrums (TESSIN) am UFZ können außerdem die Simulationsergebnisse realitätsnah analysiert und interpretiert werden. „Unsere wissenschaftliche Arbeit lässt Ergebnisse numerischer Experimente und Szenarienstudien erwarten, die wichtige Hinweise auf eine mögliche Konzeptgestaltung der Injektionsprozesse und Langzeittrends in Georeservoirs geben“, betont Görke.

Die ambitionierten globalen Klimaschutzziele werden ohne CCS als Übergangstechnologie kaum zu erreichen sein. Für deren Umsetzung ist in naher Zukunft nicht nur die Frage der technologischen Beherrschbarkeit der CO<sub>2</sub>-Speicherung auf wissenschaftlich fundierter Basis zu klären. Ebenso wichtig sind die Fragen von Akzeptanz, rechtlichen Rahmenbedingungen und der Integration in zukünftige Energieversorgungsstrukturen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Uwe-Jens Görke**  
Dept. Umweltinformatik

Telefon: 0341/235-1804

e-mail: [uwe-jens.goerke@ufz.de](mailto:uwe-jens.goerke@ufz.de)

Das Sturmflutwehr Maeslantkering soll etwa einer Million Menschen im Großraum Rotterdam Schutz vor Hochwasser bieten. Bei Flut verhindert es das Eindringen von Flutwasser der Nordsee in den Fluss Maas. Im Normalfall sind die Tore offen und ermöglichen den Zugang zum Hafen Rotterdam. Der Bau des Wehres war effektiver als die Erhöhung der Maas-Deiche. Die Tore des Wehres sind 22 Meter hoch und je 210 Meter lang.  
Foto: Rijkswaterstaat (Wasserbauamt Niederlande)



## AUF DEM WEG ZU EINER EUROPÄISCHEN ANPASSUNGSPOLITIK

Europa hat erkannt und anerkannt, dass eine Anpassung an den bereits stattfindenden und unvermeidlichen zukünftigen Klimawandel genauso wichtig und notwendig ist, wie die Eindämmung einer weiteren Erderwärmung. Allerdings: „Die Anpassungspolitik steht in vieler Hinsicht noch am Anfang und es mangelt vor allem an einer effektiven Koordinierung zwischen den Handlungsebenen und Akteuren“. Dies ist zentrales Ergebnis der Studie „Europe Adapts to Climate Change – Comparing National Adaptation Strategies“, die unter Beteiligung des UFZ vom Forschungsverbund PEER (Partnership for European Environmental Research, siehe auch Seite 31) erarbeitet wurde. „Ziel des Projektes war es, einen Überblick über die Aktivitäten zu Anpassungsstrategien in den EU-Mitgliedsstaaten zu erhalten“, erläutert Dr. Moritz Reese, der für das UFZ an der Studie beteiligt war. Hierzu wurden die bisher vorliegenden Anpassungsstrategien von Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, den Niederlanden, Spanien und dem Vereinigten Königreich analysiert und verglichen.

In allen Ländern geht es zunächst darum, die regionalen Klimafolgen und Handlungserfordernisse zu erfassen, diese den politischen und privaten Akteuren bewusst zu machen und einen politischen Prozess in Gang zu setzen, um rechtzeitig zu den nötigen staatlichen und persönlichen Maß-

nahmen zu kommen. Dafür ist eine effektive Erforschung und praxisgerechte Vermittlung der regionalen Anpassungserfordernisse nötig. Es müssen ausreichende politische und administrative Kapazitäten geschaffen werden, und eine laufende Überprüfung und Fortentwicklung der Anpassungspolitiken muss gewährleistet sein. Die Studie offenbart, dass die nationalen Strategien hier überwiegend noch ganz am Anfang stehen.

Für die Herausforderung der weiteren wissenschaftlichen Aufklärung wird ein beträchtlicher Planungs-, Finanzierungs- und vor allem Koordinierungsmangel festgestellt: „Es gibt keine konsistente, auch grenzüberschreitend koordinierte Agenda zur Klimafolgenforschung“, berichtet Reese. Es müsse vermieden werden, dass national und regional nebeneinander her geforscht wird. „Hierzu könnten weit vernetzte Einrichtungen wie PEER und das UFZ wichtige Beiträge leisten“, meint Reese. Dabei sind auch die Sozialwissenschaften gefordert: Ökonomische Kosten-Nutzen-Analysen, die eine rationale Grundlage zur Bestimmung des Handlungsbedarfs geben könnten, fehlen bisher weitgehend.

Auch fehlen überzeugende Konzepte dafür, die Anpassungspolitiken zwischen Europäischer Gemeinschaft, nationalen Regierungen, Regionen und Gemeinden wirksam zu koordinieren. Zwar heben die nationalen Anpassungsstrategien durchweg hervor,

dass die Klimaanpassung ein effizientes Zusammenwirken aller öffentlichen Handlungsebenen voraussetzt. Bisher wird die Vielfalt der örtlichen und regionalen Aktivitäten, die bereits europaweit zu verzeichnen ist, aber allenfalls vereinzelt berücksichtigt. Große Lücken zeigen sich ferner bei der Überprüfung und Fortentwicklung der politischen Planungen und Maßnahmen. Konkrete Planungen zur Entwicklung von Monitoring- und Indikatorensystemen und einer regelmäßigen Erfolgskontrolle sind kaum zu finden. Die deutsche Anpassungsstrategie kann in dieser Hinsicht zumindest als vergleichsweise vorbildlich gelten: „Sie sieht Nachfolgeplanungen vor, benennt konkrete Zeithorizonte, setzt auf die Überprüfung der Strategie und ihrer Implementation und sieht die Schaffung eines aussagekräftigen Monitorings vor“, erläutert Reese. Bis zur Entwicklung und Anwendung eines effektiven Indikatoren- und Monitoringkonzepts liegt aber auch in Deutschland noch ein weiter Weg.

UFZ-Ansprechpartner:

■ **Dr. Moritz Reese**  
**Dept. Umwelt- und Planungsrecht**

Telefon: 0341/235-1987

e-mail: [moritz.reese@ufz.de](mailto:moritz.reese@ufz.de)

mehr Informationen:

[www.peer.eu/projects/  
peer\\_climate\\_change\\_projects](http://www.peer.eu/projects/peer_climate_change_projects)



Die Alpen-Smaragdlibelle (*Somatochlora alpestris*) ist zusammen mit der Alpen-Mosaikjungfer (*Aeshna caerulea*) die einzige hochalpine Libellenart. Ein Verbreitungs- und Schutzgebiet der Alpen-Smaragdlibelle ist der Hochharz in Sachsen-Anhalt. Dort ist sie in Höhenlagen ab etwa 800 Meter zu finden. Die Klimaerwärmung könnte ihren bevorzugten Lebensraum auf noch höhere Lagen einschränken.  
Foto: www.rotholl.at

## UMWELTRECHT UNTER ANPASSUNGSDRUCK?

Der Klimawandel zwingt zur Anpassung – auch in zentralen Bereichen des Umweltschutzes wie dem Naturschutz und der Wasserwirtschaft. Wird diese Anpassungsaufgabe wahrgenommen? Ist unser Umweltrecht den Klimafolgen und Anpassungserfordernissen gewachsen? Mit Fragen wie diesen befasst sich eine Forschergruppe des UFZ.

„Umweltrechtliche Regeln und deren Durchsetzung sind wichtige Mittel, Verhalten zu steuern“, erläutert Prof. Dr. Wolfgang Köck. Zu den zentralen Steuerungsinstrumenten des Umweltrechts gehören z. B. die Umweltplanung, um staatliche Entscheidungen vorzubereiten, oder die präventive Kontrolle und Genehmigung umwelterheblicher Vorhaben. Beide Instrumente müssen nach Auffassung der UFZ-Forscher ertüchtigt werden. Das heißt, Planungs- und Genehmigungssysteme müssen auf die Anpassungsaufgabe eingestellt werden, die Ergebnisse sind bei der Entscheidung zu berücksichtigen und die getroffene Entscheidung muss fortwährend beobachtet und gegebenenfalls nachgebessert werden, wenn neue Erkenntnisse vorliegen. „Ein Umweltrecht, das den Erfordernissen der Adaptation gewachsen sein soll, muss sich als ein Risikorecht verstehen“, fordert Köck. Es kann dabei von anderen Rechtsgebieten wie dem Chemikalienrecht oder dem Gentechnikrecht, die den Umgang mit Unsicherheit institutionalisiert haben, lernen.

Die Anpassungsaufgabe allein über die Instrumente des Umweltrechts zu bewältigen, wird nicht ausreichen. Anpassung wird auch zu einer Herausforderung für die rechtlich verankerten Ziele der Umweltpolitik. Eine

rechtsverbindliche Zielfestlegung des Naturschutzes beispielsweise ist der Aufbau eines Netzes von Vorranggebieten für den Naturschutz (NATURA 2000). Inzwischen sind auf der Basis naturschutzfachlicher Expertise allein in Deutschland mehr als 4.600 Gebiete für das NATURA-2000-Netz vorgesehen, die um bestimmter Lebensraumtypen und Arten willen staatlich zu schützen sind. Ist diese Zielstellung unter den Bedingungen des Klimawandels noch zu halten? Muss das mühsam erarbeitete System der Vorranggebiete aufgegeben und immer wieder neu gestrickt werden? Oder müssen alle Gebiete so robust gemacht werden, dass sie auf Dauer ihre Funktionen erfüllen können? „Weder das eine noch das andere ist richtig“, ist Köck überzeugt. Es ist wichtig, die NATURA-2000-Gebiete robuster zu machen, also in den Naturschutz zu investieren, damit gestresste Systeme länger durchhalten. Aber das funktioniert nur in Grenzen. Unter Umständen muss auch das Ziel selbst geändert werden. Das gegenwärtige NATURA-2000-Schutzrecht zwingt jedoch dazu, Managementmaßnahmen zu ergreifen, um genau den Habitattyp und die Arten zu erhalten, derentwegen das Gebiet in das Netz aufgenommen worden ist. Das kann ein Kampf gegen Windmühlen sein. Die entscheidende Frage ist: Wann ist die Schwelle erreicht, an der es auch volkswirtschaftlich unvernünftig wird, solche Gebiete bestimmter Arten wegen weiter zu erhalten? Dafür müssen Kriterien gefunden werden, die auf ökonomischer und naturschutzfachlicher Expertise beruhen. Es sollte wichtiger sein, vorhandene Vorrangflächen zu schützen, als jede einzelne Art, die möglicherweise durch Klimaveränderungen aus dem immer noch wertvollen Habitat

verschwindet. Dazu sind leistungsfähige Verbundstrukturen zwischen den Flächen notwendig, die dem Wanderungsverhalten vieler Arten entgegen kommen.

Ein anderes Beispiel dafür, dass die Anpassungsaufgabe auf Umweltschutzziele einwirkt, ist der Gewässerschutz in Gestalt der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Ein Ziel der WRRL ist es, für Oberflächengewässer bis Ende 2015 einen guten chemischen und ökologischen Gewässerzustand zu erhalten bzw. wieder herzustellen. „Was ein guter Zustand ist, leitet sich vom Referenzzustand ab“, erklärt Dr. Moritz Reese. „Dieser wird anhand der Referenzbedingungen eines naturnahen Gewässers bestimmt.“ Gegenwärtig werden die Anforderungen an den guten Zustand auf der Grundlage der Referenzanalyse des Jahres 2004 festgelegt. „Der Klimawandel“, so Reese, „wird uns langfristig dazu nötigen, die Referenzzustände neu zu bestimmen und damit auch das, was ein ‚guter Zustand‘ ist“. Nachbesserungsbedarf besteht nach Auffassung von Reese auch im Hinblick auf eine Mengenplanung zur Gewährleistung der Wasserverfügbarkeit. Der „gute mengenmäßige Zustand“ ist gegenwärtig noch kein Ziel des europäischen Gewässerschutzes für Oberflächengewässer. Klimawandel und Anpassungsdruck werden dazu zwingen, dieser Problematik künftig jedenfalls regional mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

UFZ-Ansprechpartner:

■ Prof. Dr. Wolfgang Köck  
Dept. Umwelt- und Planungsrecht

Telefon: 0341 / 235-1232

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

# KURZINFORMATIONEN

## KOMPETENZZENTRUM KLIMAFOLGEN UND ANPASSUNG



Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt (UBA) – kurz KomPass genannt – ist Wegweiser und Ansprechpartner für Anpassungsaktivitäten in Deutschland. Als Schnittstelle zwischen Klimafolgenforschung, Gesellschaft und Politik macht es verwundbare Bereiche und Regionen ausfindig, bewertet Klimafolgen und zeigt die Chancen der Anpassungsmaßnahmen sowie ihre Hürden. KomPass arbeitet mit der Wissenschaft, mit Ministerien und Behörden sowie Verbänden und Unternehmen zusammen und fungiert als Geschäftsstelle bei der Erarbeitung der DAS.

[www.anpassung.net](http://www.anpassung.net)

## DEUTSCHE ANPASSUNGSSTRATEGIE AN DEN KLIMAWANDEL

Das Bundeskabinett hat im Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) verabschiedet. Damit wurde ein Rahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Deutschland geschaffen. Die Strategie beinhaltet den aktuellen Kenntnisstand zu den erwarteten Klimaänderungen und den damit verbundenen möglichen Folgen. Für 15 Handlungsfelder und besonders vulnerable Regionen werden Handlungsoptionen aufgezeigt. Die Umsetzung wird Akteurinnen und Akteuren aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft helfen, die Verwundbarkeit gegenüber dem Klimawandel zu verringern. KomPass unterstützt die Umsetzung der DAS sowohl fachlich und als auch organisatorisch. Bis zum Frühjahr 2011 wird in Zusammenarbeit mit den Akteuren und Ländern ein Aktionsplan Anpassung erarbeitet. Die Grundlage für die Erarbeitung der DAS wurde durch eine wissenschaftliche Vorbereitungskonferenz im August 2009 am UFZ in Leipzig gelegt. Auf dem Symposium wurden der vorrangige Forschungsbedarf zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für die nächsten Jahre und Schnittstellen zwischen den Handlungsfeldern identifiziert.

[www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php](http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php)

## HELMHOLTZ-KLIMAINITATIVE

Die Helmholtz-Gemeinschaft verstärkt ihre Anstrengungen auf dem Gebiet der Klimaforschung und stellt 16 Millionen Euro für die nächsten vier Jahre für eine Helmholtz-Klimainitiative „Regional Climate Change: From Observations and Modelling to Decision Support for Mitigation and Adaptation“ (REKLIM) bereit. Schwerpunkte werden die Entwicklung eines Erdsystemmodells und die Erforschung der regionalen Auswirkungen des globalen Klimawandels sein. Die beteiligten Zentren, zu denen auch das UFZ gehört, werden zusammen die gleiche Summe aufbringen, so dass die Klimainitiative insgesamt über 32 Millionen Euro verfügen kann. Mit der neuen Klimainitiative werden die Kompetenzen verschiedener Helmholtz-Arbeitsgruppen gebündelt, um die Veränderungen des Klimas und insbesondere die damit verbundenen Folgen auf regionaler Ebene zu untersuchen. Dabei werden auch sozioökonomische Aspekte berücksichtigt, um konkrete Empfehlungen geben zu können, die eine nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern und Agrarflächen sowie ein effizientes Wassermanagement ermöglichen. Leiter der Klimainitiative ist Prof. Dr. Peter Lemke vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung. Mit Universitäten und außeruniversitären Arbeitsgruppen sind enge Kooperationen geplant, ebenso wie mit den Regionalen Klimabüros der Helmholtz-Gemeinschaft, dem Climate Service Center und dem Deutschen Klimakonsortium.

## REGIONALE HELMHOLTZ-KLIMABÜROS

Der Klimawandel wird sich regional unterschiedlich ausprägen. Landwirte, Küstenbauingenieure, Stadtplaner, aber auch Entscheidungsträger aus Politik und Unternehmen brauchen Informationen aus erster Hand, um sich für den Klimawandel in ihrer Region wappnen zu können. Die Helmholtz-Gemeinschaft stellt sich diesem Informationsbedürfnis mit einem bundesweiten Netzwerk regionaler Klimabüros. Neben der Bündelung und Vermittlung von Forschungsergebnissen zum regionalen Klimawandel werden Wissensdefizite der regionalen Akteure erfasst. Diese können dann in die Forschungsprogramme der Helmholtz-Gemeinschaft integriert werden.

Das **Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg** mit Sitz am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven deckt Fragestellungen zum Klimawandel mit besonderem Augenmerk auf Wechselwirkungen zwischen den Systemen Eis, Atmosphäre und Ozean ab.

Das **Süddeutsche Klimabüro** am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) bietet Expertise zur regionalen Klimamodellierung und zu Extremereignissen wie Starkniederschlägen und Hochwasser an. Das **Norddeutsche Klimabüro** am GKSS Forschungszentrum Geesthacht fokussiert auf die Forschungsthemen Stürme, Sturmfluten und Seegang sowie Energie- und Wasserkreisläufe in Norddeutschland.



Das **Mitteldeutsche Klimabüro** am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig vermittelt Informationen der natur- und sozialwissenschaftlichen Klimafolgenforschung und der Entwicklung von Anpassungsstrategien. Im Vordergrund stehen Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Landnutzung.

[www.klimabuero.de](http://www.klimabuero.de)

Kontakt: Dr. Andreas Marx  
Tel.: 0341/235-1074  
e-mail: [andreas.marx@ufz.de](mailto:andreas.marx@ufz.de)

## CLIMATE SERVICE CENTER (CSC)

Mit dem Climate Service Center (CSC) wurde am GKSS-Forschungszentrum ein neues nationales Dienstleistungszentrum mit Sitz in Hamburg geschaffen, das sich als zentrale Informations- und Beratungsplattform versteht und eng mit der deutschen Klima- und Klimafolgenforschung, Klimaberatungseinrichtungen und der Wirtschaft vernetzt ist. Es wendet sich mit seinem Beratungsangebot an alle Bereiche aus Wirtschaft, Gesellschaft, Politik und Wissenschaft. Ziel des CSC ist es, Ergebnisse der Klimasystemforschung zusammenzuführen und daraus aussagekräftige Grundlagen für Entscheidungsträger abzuleiten. Es schließt damit die Lücke zwischen der Klimasystemforschung und den Nutzern der Klimadaten. Das CSC bündelt aktuelle Forschungsergebnisse der Klimaforschung und bereitet diese bedarfsgerecht auf, um sie stärker an die Informationsbedürfnisse der Gesellschaft anzupassen.

[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)



Quelle: photodisc/gally images

## PEER – EUROPÄISCHE UMWELTFORSCHUNG



PEER (Partnership for European Environmental Research) ist ein Zusammenschluss von sieben europäischen Umweltforschungszentren, die interdisziplinäre und programmorientierte Umweltforschung betreiben. Auf Initiative des UFZ wurde PEER 2001 ins Leben gerufen. Mit seinen fast 5.000 Mitarbeitern und einem Jahresbudget von rund 360 Millionen Euro will es die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Umweltforschung stärken, Infrastruktur effizient nutzen und Forschungsprogramme – unter anderem zur Klimafolgen- und -anpassungsforschung – langfristig abstimmen.

[www.peer.eu](http://www.peer.eu)

## TERENO – DIE UMWELT BEOBACHTEN

Mehrere Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft haben sich zusammengeschlossen und ein neues Erdbeobachtungs-Netzwerk gegründet: TERENO (Terrestrial Environmental Observatories). Langfristig wird in vier Regionen Deutschlands beobachtet und erkundet, wie sich Klimaänderung und Landnutzungswandel regional auf



Foto: Klaus-Dieter Sonntag

Wasserkreisläufe, regionales Klima und Wetter, die biologische Vielfalt, den Boden und die Luftqualität niederschlagen. Untersucht wird auch, welche sozioökonomischen Konsequenzen das hat, um in Veränderungen steuernd eingreifen zu können und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Herzstück des TERENO-Konzeptes sind die Verbindung von Messung, Modellierung und Experiment sowie der multidisziplinäre Ansatz. Die Observatorien werden mit Wetterstationen, Ultraleichtflugzeugen mit speziellen optischen Sensoren, geophysikalischer Messtechnik, Radarsystemen, Bodensensoren und Grundwassermesssystemen ausgestattet. In TERENO werden neue Modellkonzepte und Scaling-Methoden entwickelt, um die Skalendiskrepanz zwischen Messung, Modell und Management zu schließen. [www.tereno.net](http://www.tereno.net)

Kontakt: Dr. Steffen Zacharias, Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Tel.: 0341/235-1381, e-mail: [steffen.zacharias@ufz.de](mailto:steffen.zacharias@ufz.de)

## UFZ KLIMAEXPLORATORIUM

Das UFZ bereitet in Bad Lauchstädt auf einer Fläche von zwölf Hektar einen Großversuch zum Klimawandel vor. Mit steuerbaren Regen- und Trockenphasen und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wollen die Wissenschaftler beispielsweise mittel- und langfristige Folgen auf Boden und Pflanzen untersuchen, um wichtige Ergebnisse für die Landwirtschaft und Politik zu liefern – auch hinsichtlich notwendiger Anpassungsmaßnahmen. Die Helmholtz-Gemeinschaft fördert den Aufbau der experimentellen Plattform mit vier Millionen Euro. Der Großversuch ist auf eine Laufzeit von 15 Jahren angelegt und wird auch anderen Forschungseinrichtungen zur Verfügung stehen.

Kontakt: Prof. Dr. Francois Buscot, Department Bodenökologie, Tel.: 0345/558-5221, e-mail: [francois.buscot@ufz.de](mailto:francois.buscot@ufz.de) · Dr. Stefan Klotz, Department Biozönoseforschung, Tel.: 0345/558-5301, e-mail: [stefan.klotz@ufz.de](mailto:stefan.klotz@ufz.de)

## BUCH ERSCHIENEN



Silke Beck: Das Klimalexperiment und der IPCC (Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik in internationalen Beziehungen) Das Buch erklärt aus sozialwissenschaftlicher Sicht,

wie es dem IPCC gelungen ist, wissenschaftliche Integrität sowie politische Relevanz und Glaubwürdigkeit seiner Expertisen aufrechtzuerhalten.

*metropolis Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik, ca. 200 Seiten, 22,80 Euro, ISBN 978-3-89518-771-1*

## Impressum

### Herausgeber:

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

### Redaktionsleitung:

Doris Böhme

### Texte:

Gundula Lasch (S. 12, 16, 18, 20/21), Antonia Rötger (S. 14/15), Kerstin Viering (S. 17), Jörg Aberger (S. 6/7, 24, 25, 26, 28), Tilo Arnholt (S. 8/9, 10, 11, 22/23), Reimund Schwarze (S. 4/5, 24), Christoph Schröterschlaack und Augustin Berghöfer (S. 22/23), Doris Böhme (S. 13, 27, 29, 30/31)

### Bildredaktion:

Doris Böhme (verantwortl.), André Künzelmann, Tilo Arnholt

### Fotos:

André Künzelmann

### Satz und Layout:

Noonox media GmbH, Leipzig

### Druck:

Messedruck Leipzig GmbH  
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

# FORSCHEN FÜR DIE UMWELT

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

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

Die Erforschung der Wirkungen des Klimawandels spielt am UFZ eine große Rolle. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den Folgen des Klimawandels für die Umwelt und die menschliche Gesundheit sowie die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Politikmaßnahmen. Basierend auf den umfangreichen Expertisen der UFZ-Wissenschaftler stehen dabei Wirkungen in den Bereichen des Wasserressourcenmanagements, der terrestrischen Ökosysteme und der Biodiversität im Vordergrund. Die Analyse der Klimawandelprozesse und der Politik erfolgt dabei in einem integrativen Ansatz: unter Einbeziehung der relevanten Disziplinen und der Stakeholder.

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



UFZ-Standort Leipzig  
in der Permoserstraße 15



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



UFZ-Standort Magdeburg  
in der Brückstraße 3a

## DIE HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT DEUTSCHER FORSCHUNGSZENTREN

Die Helmholtz-Gemeinschaft leistet Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch wissenschaftliche Spitzenleistungen in den sechs Forschungsbereichen Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Weltraum und Verkehr, Schlüsseltechnologien und Struktur der Materie. Sie ist mit 28.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in 16 Forschungszentren und einem Jahresbudget von rund 2,8 Milliarden Euro die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Ihre Arbeit steht in der Tradition des großen Naturforschers Hermann von Helmholtz (1821–1894). [www.helmholtz.de](http://www.helmholtz.de)