

Forschung Frankfurt



Planet Erde

- Der lebende Ozean
- Megacities am Rande des Kollaps?
- Wasser weltweit
- Infektionskrankheiten als Mitbringsel
- Klima – Höchste Zeit zu handeln

3.2008

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

im Jahr des Planeten Erde möchten die Vereinten Nationen den Menschen das vielfältige Wissen über unseren Planeten näher bringen. Viele sind schon sensibilisiert für die großen Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt, wenn eine wachsende Erdbevölkerung überleben soll, ohne ihre Lebensgrundlagen selbst zu zerstören. Die Zusammenhänge sind komplex. Wie lassen sich Wirtschaftswachstum und ein nachhaltiger Umgang mit Ressourcen vereinbaren? Kann man genügend Nahrungsmittel produzieren, ohne die Artenvielfalt zu zerstören? Warum ist die Gleichberechtigung von Männern und Frauen eine wesentliche Voraussetzung, um Wohlfahrt und gesellschaftlichen Fortschritt in allen Teilen der Welt zu erreichen? Diesen Fragen stellen sich unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sie zeichnen mögliche Lösungswege und vermitteln Ihnen in dieser Ausgabe von »Forschung Frankfurt« Wissen, auf dessen Grundlage Gesellschaften Entscheidungen treffen und Kompromisse aushandeln können.



Die meisten Beiträge kommen aus den Geowissenschaften. Auf diesem Gebiet verfügt die Goethe-Universität, an deren Geozentrum alle hessischen Forschungsaktivitäten gebündelt sind, über eine herausragende Kompetenz. Von den heißen Magmaströmen, die sich explosionsartig aus dem Erdinneren einen Weg an die Erdoberfläche bahnen, bis hin zum Sternenstaub aus der Milchstraße, aus dem unser Planet entstanden ist, decken die Frankfurter Geowissenschaftler ein breites Themenspektrum ab. Dabei ist ihre Arbeit international verzahnt, wie etwa die Arbeiten Petra Dölls, Mitglied des Weltklimarates, zur Modellierung der weltweiten Wasserressourcen.

Bei der Erforschung der Erde und ihrer Bewohner besteht eine langjährige Kooperation zwischen der Goethe-Universität und dem Forschungsinstitut Senckenberg. In diesem Heft spiegelt sie sich mehrfach wieder, beispielsweise in dem Interview mit dem Meteorologen Christian Schönwiese von der Universität und dem Paläontologen und Senckenberg-Direktor Volker Mosbrugger zum Klimawandel. Der Meeresbiologie Michael Türkay nimmt uns mit auf eine faszinierende Reise, die von tropischen Korallenriffen und Mangrovenwäldern zu den seltsamen Bewohnern der dunklen, kalten Tiefsee führt.

Es braucht innovative Instrumente und Modelle, um die gravierenden Probleme der Menschheit lösen zu können, dazu gehören beispielsweise auch der virtuelle Wasserhandel und die neuen weltweit handelbaren Emissionszertifikate. Unsere Sozial- und Naturwissenschaftler suchen nicht nur im transdisziplinären Dialog nach Lösungsansätzen; sie kooperieren auch mit den politischen Akteuren auf internationaler und lokaler Ebene. Denn – wie es der Humangeograf Christian Berndt in seinem Beitrag treffend formuliert – »mit ökonomischer Internationalisierung und modellförmigen Märkten sind die neuen Realitäten nur unzureichend beschrieben; es gilt die Vielfalt der unterschiedlichen Akteure in den Blick zu nehmen.« Dem kommen die Autorinnen und Autoren in dieser Ausgabe unseres Wissenschaftsmagazins in eindrucksvoller Weise nach.

Ich wünsche ich Ihnen eine spannende und ertragreiche Lektüre!

Ihr

 Ingwer Ebsen
 Vize-Präsident der
 Goethe-Universität

Kompakt

- 4 Prof. Werner Müller-Esterl
neuer Präsident der
Goethe-Universität

- 5 LOEWE ermöglicht
Klimafolgenforschung

- 7 Die Wolke in der Kammer

- 8 »Creative Age« – mehr als ein
positives Zukunftsszenario?

- 10 Der Wald der Zukunft

Forschung intensiv

- Carola Hilmes 12 **Reiseliteratur**
Die Erforschung der Welt –
Expeditionen und Erfahrungen

- Michael Türkay 18 **Meeresforschung**
Der lebende Ozean – Biodiversität
in marinen Ökosystemen

- Frank Brenker, 24 **Sonnensystem**
Christian Vollmer, Kosmischer Staub
Sylvia Schmitz im Nano-Labor

- Joachim Curtius, 29 **Atmosphärenforschung**
Heinz Bingemer Wie in Wolken der Regen entsteht

- Susanne Heeg 34 **Megacities**
Megacities am Rande des Kollaps?

- Uta Ruppert 41 **Geschlechterforschung**
»Gender makes the World go
round« – Frauenarbeit als
Fundament von Weltentwicklung

- Peter Lindner, 48 **Globaler Agrarmarkt**
Stefan Ouma »Meet the Farmer« – Kleinbauern,
Regionalentwicklung und der
neue globale Agrarmarkt

- Petra Döll 54 **Wasserressourcen**
Wasser weltweit – Wie groß
sind die globalen Süßwasser-
ressourcen?

Forschung aktuell

- Diana Hummel, 60 Die globale Wasserkrise
Florian Keil, und der virtuelle
Alexandra Lux Wasserhandel

- Rainer Durth 64 Weltweites Experiment:
Handel mit Emissionszertifikaten

- Regina Allwinn 68 Infektionskrankheiten
als Mitbringsel

- Bruno Streit, 72 Eine Erde voller Arten – Darwins
Markus Pfenninger, Vermächtnis in der heutigen
Klaus Schwenk Evolutionsbiologie

Aufbruchstimmung:
Reisen in die nahe und die ferne Fremde

12



Viele Reisende waren Pioniere und Entdecker. Von den Anstrengungen des Reisens, den oft seltsamen oder auch überraschenden Begegnungen mit dem Fremden, den Beobachtungen von Flora und Fauna wissen wir durch ihre Aufzeichnungen. Besonders im 18. Jahrhundert waren Reiseberichte ein äußerst beliebtes Genre, weil sie auf unterhaltsame und spannende Weise über die nahe und ferne Fremde informierten. Gelegentlich fungierten sie auch als kritischer Spiegel der alten Welt, wie die Literaturwissenschaftlerin Prof. Carola Hilmes herausfand.

18 Der lebende Ozean –
Biodiversität in marinen Ökosystemen

Die Weltmeere spielen für den Wärme- und Energiehaushalt der Erde und die Gemeinschaft ihrer Bewohner eine wichtige Rolle. Bisher gehören sie jedoch zu den am wenigsten erforschten Regionen unseres Planeten. Der Mensch fischt und badet vor allem in den Flachmeeren. Dort ist auch die Schifffahrt am dichtesten. Obwohl die Flachmeere nur etwa 5 Prozent des Ozeanbodens ausmachen, wirken sich menschliche Einflüsse empfindlich auf alle Meeresbewohner aus, wie Prof. Michael Türkay aus mehr als 30 Jahren Meeresforschung weiß. Er kennt die Ozeane bis in die dunkle, kalte und nahrungsarme Tiefsee.



Megacities
am Rande des Kollaps?

34



Mumbai, Mexico City, Lagos und Kairo – das sind Megacities des neuen Jahrtausends. Sie leiden ausnahmslos unter ähnlichen Problemen: Mehr als die Hälfte der Einwohner lebt von unregelmäßigen Einkünften in den Slums am Rande der Metropolen. Die soziale Polarisierung wächst ebenso wie das Sicherheitsproblem. Wo das staatliche Gewaltmonopol zunehmend zerfällt, nutzen private Akteure ihre Chance, um Sicherheit zu schaffen und Gebiete zu kontrollieren – nicht selten gewaltsam. Mehr dazu von der Humangeografin Prof. Susanne Heeg.

»Vielleicht muss der Leidensdruck noch steigen«



86

Die Prognosen von Klimamodellen sind unsicher, aber auch im günstigsten Fall ist es höchste Zeit, zu handeln. Darin sind sich Senckenberg-Direktor Prof. Volker Mosbrugger und Meteorologe Prof. Christian D. Schönwiese einig. Im Interview mit »Forschung Frankfurt« berichten sie über unausweichliche Folgen des Klimawandels und diskutieren, wie Ökosysteme sich

daran anpassen können. Beide plädieren für einen sachlichen Standpunkt, jenseits der Extreme »Klimakatastrophe« und »Klimaschwindel«.

91



Warum die »Ver-Marktung« der Gesellschaft nie vollständig gelingen kann

Bis Tomaten aus Baja California im Supermarkt in Seattle angeboten werden, sind scheinbar eindeutige Grenzen zwischen Mexiko und den USA gleich mehrfach überschritten worden. Gesellschaften und ihre Ökonomien lassen sich nicht mehr territorial auf nationalstaatliche Grenzen reduzieren. Doch was tritt im globalen Zeitalter an ihre Stelle? Es gilt die Vielfalt der unterschiedlichen Akteure in den Blick zu nehmen, die in den von Ökonomen geschaffenen und umgesetzten

Modellen keine Beachtung finden; dies tun die Humangeografen wie Prof. Christian Berndt mit ihrem neuen Ansatz der »kulturellen Geografien der Ökonomie«.



96

»Ich muss Schiffsplan-ken unter den Füßen spüren«

Wer unseren Planeten erforschen will, muss sich auf die Socken machen. Forschungsreisen gehören für fast alle Autorinnen und Autoren dieses Heftes selbstverständlich zum Beruf. Dass sie dabei neben rein forschungsbezogenen auch ganz persönliche Erfahrungen machen, bereichert ihr Leben. Und sie haben wunderbare kleine Geschichten zu erzählen. Was sie auf ihren Reisen zu Luft, Land und Wasser erlebt haben, darüber berichtet Marita Dannenmann.

Forschung aktuell

- | | | |
|--|----|--|
| Wo wächst die Palmyrapalme? Mit Satellitendaten praxistaugliche Verbreitungskarten erstellen | 75 | Konstantin König, Karen Hahn-Hadjali, Rüdiger Wittig |
| Wenn es unter den Maaren brodelst – Das Eifelvulkanfeld ist noch lebendig | 79 | Alan B. Woodland, Cliff S. J. Shaw |
| Böden als Archive | 82 | Heinrich Thiemeyer |

Perspektiven

- | | | |
|---|----|--|
| »Vielleicht muss der Leidensdruck noch steigen« Interview zum Klimawandel | 86 | Volker Mosbrugger, Christian D. Schönwiese, Anne Hardy |
| Warum »Ver-Marktung« der Gesellschaft nie vollständig gelingen kann | 91 | Christian Berndt, Marc Boeckler |
| Was Forscher auf ihren Reisen zu Luft, Land und Wasser erleben | 96 | Marita Dannenmann |

Gute Bücher

- | | | |
|--|-----|-----------------------|
| <i>Georg Forster:</i> Reise um die Welt | 101 | Carola Hilmes |
| <i>Ilija Trojanow:</i> Der entfesselte Globus | 102 | Ariane Stech |
| <i>Franz Uekötter:</i> Umweltgeschichte im 19. und 20. Jahrhundert | 103 | Noyan Dinçkal |
| <i>Harald Müller:</i> Wie kann eine neue Weltordnung aussehen? | 104 | Kerstin Eisbrenner |
| <i>Harald Welzer:</i> Klimakriege. Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird | 105 | Bodo Ahrens |
| <i>Klaus Hahlbrock:</i> Kann unsere Erde die Menschen noch ernähren? | 106 | Diana Hummel |
| <i>Mike Davis:</i> Planet der Slums | 107 | Andrej Holm |
| <i>Niels Werber:</i> Die Geopolitik der Literatur | 108 | Hanno Sauer |
| <i>Regina Römhild et. al. (Hrsg.):</i> Fast Food. Slow Food | 109 | Michael Schillmeier |
| <i>Katharina Zoll:</i> Stabile Gemeinschaften. Transnationale Familien in der Weltgesellschaft | 110 | Rabea Krätschmer-Hahn |
| <i>Dörfling, Newman, Barford:</i> Der schlaue Planet | 111 | Sarah A. Lippke |

Das nächste Mal

- | | | |
|-----------------------------------|-----|--|
| Vorschau, Impressum, Bildnachweis | 112 | |
|-----------------------------------|-----|--|



Gratulation für Prof. Dr. Werner Müller-Esterl (Mitte) nach seiner Wahl zum neuen Präsidenten der Goethe-Universität: Dr. Rolf.-E. Breuer, Vorsitzender des Hochschulrates der Goethe-Universität (links) und der scheidende Präsident Prof. Rudolf Steinberg (rechts) wünschen Müller-Esterl für seine neue Aufgabe »eine glückliche Hand«.

Hohe Reputation als Wissenschaftler und Wissenschaftsmanager

Der neue Präsident der Goethe-Universität:
Werner Müller-Esterl tritt am 1. Januar sein Amt an

Prof. Dr. Werner Müller-Esterl wird neuer Präsident der Goethe-Universität. Der erweiterte Senat der größten hessischen Hochschule wählte den 60-Jährigen Ende Oktober mit deutlicher Mehrheit zum Nachfolger des Juristen Prof. Rudolf Steinberg, der zum Jahresende in den Ruhestand tritt.

Müller-Esterl, der seit 2006 als Vizepräsident der Goethe-Universität für die lebenswissenschaftlichen Fachbereiche Biochemie, Chemie und Pharmazie, Biowissenschaften und Medizin verantwortlich ist, war vom Hochschulrat als einziger Kandidat für die Wahl aufgestellt worden. »Zum Präsidenten der Goethe-Universität gewählt zu werden, ist eine große Ehre«, sagte Müller-Esterl. »Zugleich stellt es eine enorme und verantwortungsvolle Herausforderung dar, denn kaum eine andere Hochschule befindet sich derzeit in einer vergleichbaren Aufbruchstimmung wie die Goethe-Universität. So gilt es jetzt auf der einen Seite, die Frankfurter Traditionen zu wahren, beispielsweise die seit jeher starke Position der Geisteswissenschaften, und andererseits

neue Schwerpunkte zu bilden, so wie sie unter anderem bereits im Rahmen der Exzellenzinitiative und im LOEWE-Programm entstanden sind. Und natürlich gilt es, das Modell Stiftungsuniversität weiter auszubauen und den begonnenen Neubau der Universität zu einem erfolgreichen Ende zu führen – sprich, auch das Werk meines Vorgängers Rudolf Steinberg zu Ende zu führen.«

Müller-Esterl, der an der Goethe-Universität zuletzt auch für Forschungsfragen und die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses zuständig war, hat sich für seine Amtszeit zehn übergeordnete Programmlinien vorgenommen – darunter die Weiterentwicklung der Stiftungs- wie der Forschungsuniversität unter Beibehaltung eines breiten Fächerspektrums, die Verbesserung der universitären Lehre, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Gleichstellungsarbeit, eine Optimierung der Lehrerausbildung sowie die weitere Verankerung der Bürgeruniversität in Stadt und Region. Ebenso sollen die strategische Weiter-

entwicklung der Universität in den Bereichen Kernkompetenzen, Exzellenz, Haushalt und Weiterbildung eine Rolle spielen, die Etablierung einer internen Organisationskultur und die Vereinfachung organisatorischer Prozesse, schließlich auch die Aktualisierung des Leitbildes der Universität.

Müller-Esterl wurde in Bonn geboren, studierte dort wie in München Chemie und Medizin und wurde 1974 promoviert. An der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München erwarb er 1979 die ärztliche Approbation. 1985 habilitierte sich Müller-Esterl in klinischer Biochemie und wurde zwei Jahre später zum C2-Professor für Klinische Biochemie in München berufen. 1989 wechselte er auf die C4-Professur für Pathobiochemie an die Universität Mainz, seit 1999 ist er als C4-Professor für Biochemie an der Universität Frankfurt tätig. Seit 2000 ist er dort Direktor des Instituts für Biochemie II und des Gustav-Embden-Zentrums für Biologische Chemie am Fachbereich Medizin und damit für biochemische Lehre und Forschung in der Vorklinik verantwortlich. Wissenschaftlich beschäftigt sich der zweifache Vater mit den molekularen Mechanismen, die das kardiovaskuläre System steuern.

»Den Reformkurs selbstbewusst fortsetzen«

Der »Architekt der Stiftungsuniversität« Rudolf Steinberg, der mit achteinhalb Jahren der am längsten amtierende Präsident der Goethe-Universität ist und der den Umbau der Universität zu einer der führenden deutschen Hochschulen entscheidend vorangetrieben und geprägt hat, zeigte sich mit der Wahl Müller-Esterls sehr zufrieden: »Mit Werner Müller-Esterl wird die Goethe-Universität ihren Reformkurs in der deutschen Hochschullandschaft selbstbewusst fortsetzen. Zum einen ist er durch seine Tätigkeit als Vizepräsident auf das Beste mit der

jüngeren Entwicklung der Goethe-Universität vertraut, zum anderen hat er selbst eine hohe Reputation als Wissenschaftler wie als Wissenschaftsmanager. Ich traue ihm zu, mit neuer Energie nicht nur das Begonnene fortzuführen, sondern auch eigene Akzente zu setzen, so wie er dies schon seit 2006 als Sprecher des Exzellenzclusters »Macromo-

lecular Complexes« getan hat. Ich gratuliere ihm und wünsche ihm viel Erfolg. Die Zukunft der Goethe-Universität liegt bei ihm in guten Händen.«

Auch der Vorsitzende des Hochschulrates der Goethe-Universität, Dr. Rolf-E. Breuer, gratulierte Müller-Esterl: »Ich wünsche Ihnen im Namen des Hochschulrates für

Ihre neue Aufgabe eine glückliche Hand. Da die Entwicklung der Goethe-Universität ein zentraler Aspekt der Aufgaben des Hochschulrates ist, nehme ich Ihre heutige Wahl gerne zum Anlass, Ihnen unsere Unterstützung bei den aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Universität auszusprechen.«

Dem Wandel rechtzeitig begegnen

Landesförderung ermöglicht richtungsweisende Klimafolgenforschung

Der erwartete Klimawandel wird zwar weltweit intensiv erforscht, analysiert und modelliert, dabei geht es aber meist eher um die Zusammenhänge zwischen Klimadynamik und Stoffkreisläufen. Die hochkomplexen Wechselwirkungen von Klima und Biosphäre auf der Ebene der Organismen werden in der Klimafolgenforschung derzeit noch vernachlässigt.

Diese Lücke wird nun durch das LOEWE-Forschungszentrum Biodiversität und Klima (Bik-F) geschlossen: Die Goethe-Universität und das Forschungsinstitut Senckenberg (FIS) arbeiten künftig mit dem Deutschen Wetterdienst, dem Institut für sozial-ökologische Forschung sowie EUMETSAT zusammen an der Erforschung des Klimawandels und seinen Auswirkungen auf die Biosphäre. Dabei geht es auch darum, Möglichkeiten aufzuzeigen, die zu erwartenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen zu bewältigen. Das Zentrum wird seit dem 1. Juli im Rahmen des hessischen Exzellenzprogramms LOEWE

(Landesoffensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz) gefördert. Bis 2010 erhält es Mittel in Höhe von 18,2 Millionen Euro, zuzüglich beträchtlicher Mittel für Baumaßnahmen. Bei positiver Begutachtung kann das Projekt um drei Jahre verlängert werden.

Das neue Zentrum soll die hochkomplexen Wechselwirkungen zwischen Klima und Biosphäre in einem umfassenden, interdisziplinären Forschungskontext systematisch bearbeiten. Es geht darum zu verstehen, wie einzelne Organismen, ganze Ökosysteme und vor allem Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen auf Klimaveränderungen reagieren. Dieses Wissen schafft die Voraussetzung dafür, noch rechtzeitig Strategien der Anpassung zu entwickeln. Die Grundlagen für das neue Zentrum haben seine beiden Hauptträger, FIS und Goethe-Universität, bereits gelegt. Sie verfügen über langjährige Erfahrung in der organismischen Forschung sowie über

Langzeitdaten und -observatorien. Die Zusammenarbeit ist eingespielt, wie beispielsweise die derzeitige Umweltbildungskampagne »Biodiversitätsregion Frankfurt/Rhein-Main« zeigt.

Das neue Zentrum wird unter dem Dach des federführenden Partners, des Forschungsinstituts Senckenberg, angesiedelt sein. Zehn neue Professuren sind ausgeschrieben. Zusammen mit den beteiligten Forschern des FIS, der Goethe-Universität und der anderen Partner werden die circa 130 Mitarbeiter des Forschungszentrums in sechs thematische Projektbereiche gruppiert: A: Evolution und Klima; B: Biodiversitätsdynamik und Klima; C: Anpassung und Klima; D: Laborzentrum; E: Daten- und Modellierzentrum und F: Ergebnis-Transfer und sozial-ökologische Aspekte.

Wie Lebewesen auf den Klimawandel reagieren

Die Projektbereiche A bis C decken auf der Zeitebene lang-, mittel- und kurzskalige Prozesse ab,

Die Natur des Rhein-Main-Gebietes ist überraschend vielfältig. Wie sieht sie in einigen hundert Jahren aus?





In der Arktis und den Tropen werden die Folgen des Klimawandels besonders stark zu spüren sein. Welche Folgen hat dies beispielsweise für afrikanische Kleinbauern und Viehzüchter? Wie können sie sich darauf vorbereiten?

und zwar für einen räumlichen Bereich, der Ökosysteme auf der Erde und im Meer von tropischen bis hin zu polaren Klimazonen umfasst. Der Bereich A widmet sich dabei sehr langen Zeiträumen. Es ist bis jetzt kaum bekannt, wie klimatische Veränderungen langfristig die Evolution und Diversifikation der Organismen beeinflussen, oder auch, wie sich Veränderungen der Biosphäre umgekehrt auf das Klima auswirken. Hierzu sollen nun vor allem die letzten 65 Millionen Jahre der Erdgeschichte entscheidende Rückschlüsse liefern, und zwar mittels einer Kombination geochemischer, paläontologischer, morphologisch-anatomischer und molekulargenetischer Untersuchungen von Fossilien und noch lebenden oder kürzlich erst ausgestorbenen Arten. Hieraus lassen sich dann Konsequenzen des Klimawandels für die verschiedenen Ökosysteme und Klimazonen abschätzen und Empfehlungen für Vorsorge- und Schutzmaßnahmen ableiten.

Deutlich schneller ablaufende Prozesse werden im Projektbereich B untersucht, nämlich die Auswirkungen des Klimawandels auf Arealverschiebungen von Arten, die Dynamik von Artengemeinschaften und die Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze. Wichtige Fragen sind beispielsweise, ob Arten schnell genug »wandern« können, um dem klimabedingten Wandel zu folgen, welche Auswirkungen die kommenden Veränderungen auf die Dienstleistungen der Ökosysteme haben – etwa die Reinigung von Luft und Wasser –, und, ganz konkret, wie sich zum Beispiel Krankheitserreger unter den veränderten Bedingungen ausbreiten werden.

In Bereich C geht es um noch kurzzeitigere Prozesse, nämlich um innerhalb weniger Generationen stattfindende Anpassungen von Arten an veränderte Bedingungen. Diese können sowohl physiologischer als auch genetischer Natur sein, und die Frage ist, ob sich die Arten auf diese Weise schnell genug an einen zügig ablaufenden Klimawandel anpassen können.

In dem neuen Laborzentrum werden die notwendigen analytischen Primärdaten auf höchstem technologischem Niveau gewonnen. Das Daten- und Modellierungszentrum verbindet die bio- und klimarelevanten Daten und Erkenntnisse, wertet sie aus und erarbeitet Vorhersagen über zukünftige Ereignisse und Entwicklungen.

Die innovativen Aspekte liegen besonders im Bereich der molekulargenetischen Methoden. Sie

werden verwendet, um Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Klimawandel zu erforschen, vergangene Klimazustände zu untersuchen und gekoppelte Modelle zu entwickeln, die etwa Atmosphäre und Biosphäre oder Nischen- und Migrationsmodelle verbinden. Darüber hinaus können moderne bio- und geowissenschaftliche Methoden gekoppelt werden.

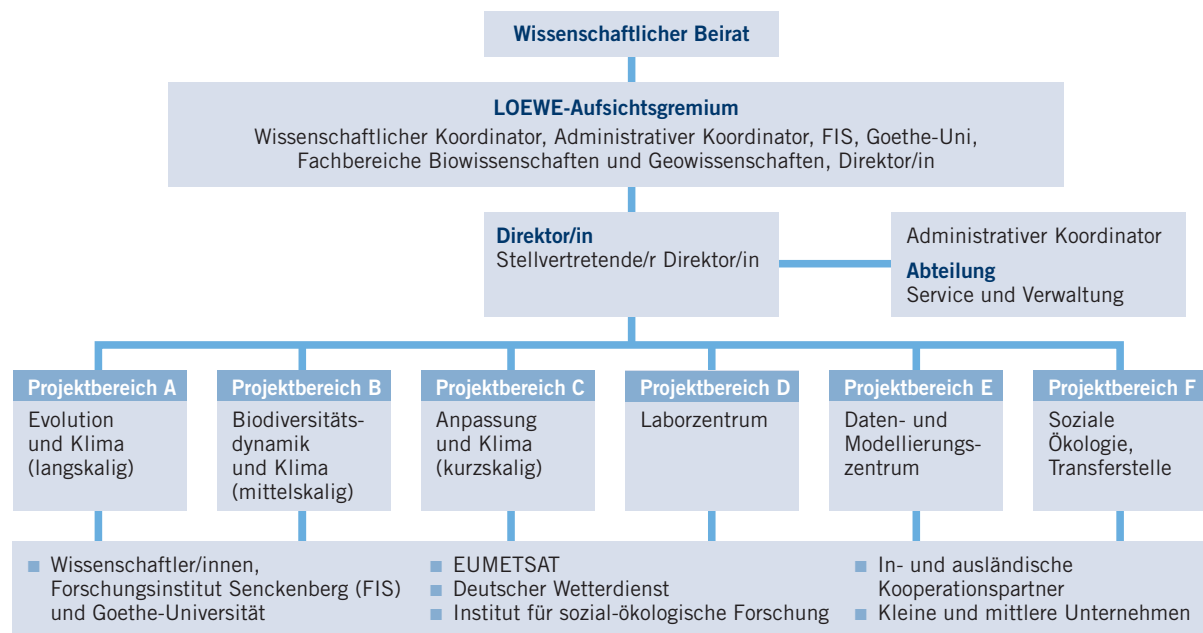
Ergebnisse konkret anwenden

Die Abteilung für Ergebnis-Transfer und sozial-ökologische Aspekte klimabedingter Biodiversitätsveränderungen stellt abrufbereite Informationen mit Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger im Spannungsdreieck von ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen zur Verfügung. Das heißt, verschiedenste gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Anspruchsgruppen (zum Beispiel Natur- und Umweltschutz, Forst- und Holzwirtschaft, Landwirte, Fischerei, Entwicklungszusammenarbeit, aber auch Politiker und sonstige gesellschaftliche Akteure) bekommen wissenschaftlich fundierte Empfehlungen, wie mit den aus dem Klimawandel resultierenden Veränderungen der Biodiversität konkret umzugehen ist. Außerdem liefert das Forschungszentrum wissenschaftliche Beiträge zur Erfüllung internationaler Übereinkommen wie der EU-Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (EU-FFH), der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), der Biodiversitätskonventi-

Die Autoren

Prof. Dr. Rüdiger Wittig, Institut für Ökologie, Evolution und Biodiversität, Goethe Universität.

Prof. Dr. Volker Mosbrugger und **Dr. Julia Krohmer**, Forschungsinstitut Senckenberg.



on (CBD) und der Klimarahmenkonvention (UNFCCC).

Mit dieser Zielsetzung und seiner in dieser Form einzigartigen Interdisziplinarität (beteiligt sind Ökologie/Evolutionsforschung, Meeresbiologie, Geologie/Paläonto-

logie, Meteorologie, Bodenbiologie, Bioinformatik und Soziale Ökologie) besitzt das Zentrum europaweite Alleinstellungsmerkmale. Für Frankfurt und die Goethe-Universität bedeutet es außerdem eine langfristige Stärkung der organismischen

Biologie. Die Zusammenarbeit mit weiteren Partnern aus Wirtschaft und Gesellschaft setzt zudem das klare Signal, dass die für unsere Zukunft so wichtige Klimafolgenforschung nicht nur im universitären Elfenbeinturm stattfinden soll. ♦

Die Wolke in der Kammer

Hat die kosmische Höhenstrahlung einen Einfluss auf das Klima?

Jeder weiß, dass Wolken das Wetter und das Klima entscheidend beeinflussen, aber ändert sich ihr Einfluss auf das Klima im Laufe der Zeit?

Seit einigen Jahren gibt es Hinweise, dass in der Vergangenheit Schwankungen der kosmischen Höhenstrahlung nahezu zeitgleich mit Änderungen der Temperatur und Niederschläge auf der Erde aufgetreten sind. Ursächlich verbunden sein könnten diese beiden Phänomene durch die Wolkenbildung, denn die kosmische Höhenstrahlung schafft in der Atmosphäre Ionen, die zu Schwebeteilchen (Aerosolpartikeln) anwachsen können. Und diese Partikel, an denen sich dann der Wasserdampf anlagert, sind der Ausgangspunkt für die Wolkenbildung. Wie diese Prozesse sich im Einzelnen abspielen und inwiefern sie das Klima beeinflussen könnten, soll jetzt ein von der Europäischen Union gefördertes Doktoranden-Netzwerk im Rahmen von »CLOUD-ITN« klären. »CLOUD ist das erste Klima-Experiment, das an einem Teilchenbeschleuniger ausgeführt wird«, erklärt Koordinator Prof. Dr. Joachim Curtius vom Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität. Das am Europäischen Zentrum für Kernforschung CERN angesiedelte Experiment erhält in den kommenden vier Jahren eine Fördersumme von 2,3 Millionen Euro.

Hochenergetische galaktische kosmische Strahlung besteht im Wesentlichen aus Protonen und Alpha-Teilchen, die bei Supernova-Explosionen ins All geschleudert werden. Wenn sie die Erdatmosphäre durchqueren, lösen sie gewissermaßen im Vorbeifliegen Elektronen aus den atmosphärischen Gasen, so dass sie eine Spur geladener Mole-

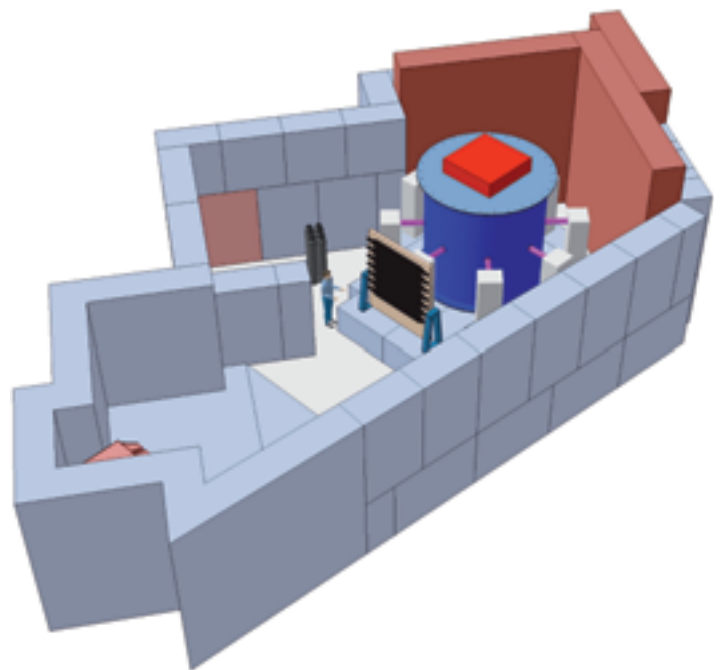
küle hinterlassen. Diese Ionen sind möglicherweise ideale Kondensationskeime für die Bildung von neuen Aerosolpartikeln in der Atmosphäre. Ohne die Aerosolpartikel als Kondensationskeime könnten sich die Wassertröpfchen nicht bilden, aus denen Wolken bestehen. Um die Details dieses Prozesses in Abhängigkeit von der Höhe und der Zusammensetzung der Atmosphäre zu verstehen, planen die Forscher im »CLOUD-Experiment«, die Vorgänge im Labor zu simulieren.

Herzstück des Experiments ist eine Aerosol-Kammer, ein fast vier Meter hoher Zylinder mit einem Durchmesser von drei Metern, der mit Luft, Wasserdampf und variablen Anteilen gasförmiger Schwefelsäure gefüllt wird. »Mit der Schwefelsäure berücksichtigen wir den menschlichen Beitrag zur Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid«, erklärt Joachim Curtius, »Ein Teil des Schwefels gelangt aber auch durch Vulkane oder aus den Meeren in die Atmosphäre.« Die kosmische Höhenstrahlung simuliert ein Teilchenstrahl aus dem Teilchenbeschleuniger des Proton-Synchrotron-Beschleunigers am CERN bei Genf. »Damit kommen wir der galaktischen kosmischen Höhenstrahlung sehr nahe«, sagt Curtius, »wir können ihre Intensität über einen Bereich von Erdbodenhöhe bis zu 15 Kilometer Höhe simulieren.«

Die Grafik zeigt den Experimentierbereich des CLOUD-Experiments am CERN. Wie bei allen Beschleunigerexperimenten ist dieser wegen der Strahlung mit Wänden aus großen Betonblöcken umgeben. Das Kernstück ist die zylindrische Aerosolkammer (blau) mit den rundherum angeordneten verschiedenen Instrumenten zur Messung der Aerosolpartikel, Spurengase und Ionen. Links unten tritt der aufgeweitete Teilchenstrahl ein.

An dem Projekt sind außer dem CERN noch das Paul Scherrer Institut, die Universitäten in Helsinki, Leeds, Reading und Wien sowie das Institut für Troposphärenforschung aus Leipzig und die Firma Ionicon Analytik aus Innsbruck beteiligt. Insgesamt werden in CLOUD-ITN acht Doktoranden und zwei Postdoktoranden gefördert. Der Frankfurter Beitrag besteht in der Messung der gasförmigen Schwefelsäure und in der Entwicklung einer Nachweismethode für Tröpfchen oder andere Schwebeteilchen, deren Durchmesser kleiner ist als drei Nanometer. Die kritische Größe für die Aerosolbildung in der Atmosphäre liegt nämlich bei ein bis zwei Nanometern. Bisher entzieht sich dieser Bereich aber der direkten Beobachtung.

Die Ergebnisse von »CLOUD-ITN« sollen künftig in Klimamodelle eingespeist werden. Denn die Wolkenbildung stellt bisher einen der größten Unsicherheitsfaktoren bei der Vorhersage des Klimawandels dar. ♦



»Creative Age« – mehr als ein positives Zukunftsszenario?

Humangeografen untersuchen den Kreativsektor in Frankfurt – Neuer Schwerpunkt der städtischen Wirtschaftsförderung

Die Kreativwirtschaft beschäftigt in Frankfurt etwa ebenso viele Menschen wie das Kreditgewerbe, trägt bislang allerdings lediglich 4,6 Prozent zum städtischen Gesamtumsatz bei. Seit einigen Monaten richtet die Frankfurter Wirtschaftsförderung ihr Augenmerk besonders auf den Kreativsektor. Der »1. Frankfurter Kreativwirtschaftsbericht«, den Wirtschaftsdezernent Boris Rhein (CDU) im Sommer der Öffentlichkeit vorstellte, wurde von Humangeografen der Goethe-Universität unter Leitung von Christian Berndt, Pascal Goeke und Peter Lindner erarbeitet.

nung der beiden Sphären »Markt« und »Kultur«. Dagegen wenden die Kritiker ein, dass »Kreativwirtschaft« in erster Linie eine schöne Verpackung für nicht selten prekäre Beschäftigungsverhältnisse sei. Die Marktlogik werde damit auf bislang geschützte Bereiche ausgedehnt, und es fehle an empirischen Belegen, dass sich der Kreativsektor überhaupt stadtplanerisch entwickeln lasse.

Im 21. Jahrhunderts seien in den Metropolen des Nordens weder der klassische Produktions- noch der Dienstleistungssektor, sondern die »Kreativbranchen« für wirtschaftlichen Aufstieg oder Niedergang entscheidend, verkündeten zu Beginn des neuen Jahrtausends Experten wie der US-amerikanische Stadtplaner Richard Florida. Bereits 1997 hatte der damalige britische Premierminister Tony Blair eine »Creative Industries Task Force« ins Leben gerufen, die sich mit Entwicklungsoptionen für Altindustrieregionen befassen und dabei der Kreativwirtschaft besondere Aufmerksamkeit schenken sollte. Im Jahr 2002 spitzte Florida mit seinem Buch »The Rise of the Creative Class... and How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life«¹¹ die Debatte stark zu und verhalf ihr so zu Breitenwirkung.

Entscheidend für Konkurrenzfähigkeit der Städte: Die drei »T« – Technologie, Toleranz und Talent

Er diagnostiziert den Beginn eines »Creative Age«, in dem Städte in einer weltweiten Konkurrenz um die kreativsten Köpfe stünden, die – hochmobil – ihren Wohnort stark an (sub-)kultureller Attraktivität und Vielfalt ausrichteten. Entscheidend für die lokale Konkurrenzfähigkeit seien zukünftig die Aufgeschlossenheit gegenüber Hochtechnologie und neuen Medien, die Förderung kultureller Vielfalt und unterschiedlicher Lebensstile sowie das in den Kreativbranchen benötigte Arbeitskräftepotenzial. Diese Entwicklungsvoraussetzungen reduziert Florida auf die Kurzformel »drei T«: Technologie, Toleranz und Talent.

Warum wurde diese These so populär? Ihre Einfachheit trug dazu ebenso bei wie das darin enthaltene positive Zukunftsszenario. Darüber hinaus bietet der Begriff der »kreativen Klasse« einen Identifikationsrahmen für eine äußerst heterogene Gruppe von Personen mit »urbanem Lebensstil«, die sich jetzt als entscheidende Säule städtischer Entwicklung sehen darf. Eine empirische Überprüfung steht jedoch vor dem großen Problem, dass die Datengrundlage für eine differenzierte Betrachtung nicht ausreichend ist.

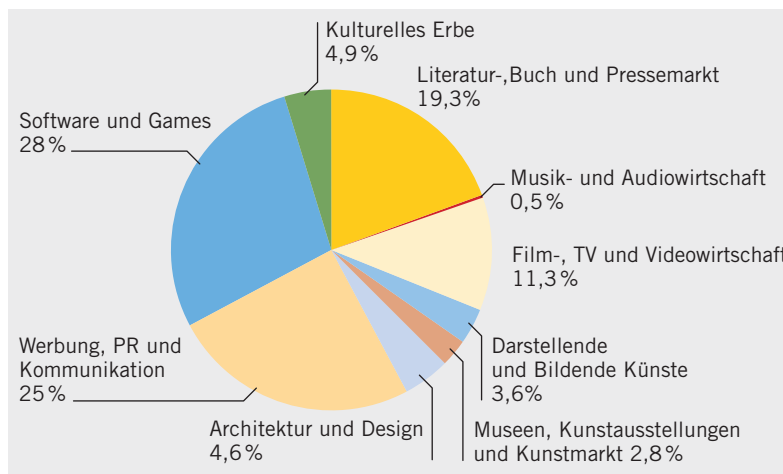


Treffpunkt der Kreativen: In der denkmalgeschützten Naxoshalle tritt Willy Praml mit seinem Ensemble seit 2000 auf – hier eine Szene aus Goethes »Wilhelm Meister«.

Die Stadt Frankfurt reagiert damit auf einen Trend, der mittlerweile in fast allen europäischen Metropolen zu beobachten ist und von Experten durchaus ambivalent eingeschätzt wird: Was manche Wissenschaftler und Politiker als neue Perspektive regionaler Wirtschaftsentwicklung loben, wird von anderen als substanzloser Hype massiv kritisiert. Die Protagonisten einer städtischen »Kreativpolitik« sehen die Chance, mit vergleichsweise geringem finanziellen Aufwand eine regionalwirtschaftliche Basis zu schaffen, in der nicht Lohnkosten und Preiswettbewerb, sondern Innovation, Design und Qualität entscheidend sind; sie hoffen bisweilen gar auf eine Versöh-

Charme der Off-Kultur: In dieser Halle eines ehemaligen Import-Export-Geschäfts in der Breiten Gasse zeigt der Kunstverein »Familie Montez« aktuelle Kunst. Zurzeit läuft die Ausstellung »My Generation«.





1 Für den »1. Frankfurter Kreativwirtschaftsbericht« wurde der Kreativsektor in diese Branchen unterteilt.

2 Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der Frankfurter Kreativwirtschaft im Jahr 2006 nach Branchen. [Quelle: Bundesagentur für Arbeit]

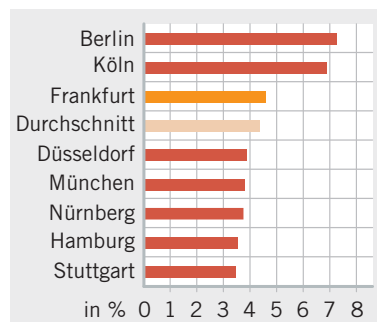
Der »Kreativanteil« von Beschäftigungen wird in keiner Statistik erfasst, und so bleibt nur, ganze Branchen gemäß der deutschen Klassifikation der Wirtschaftszweige pauschal aufzunehmen oder auszuklammern. Diese zu Beginn jeder Untersuchung zwingend notwendige Festlegung beeinflusst das Ergebnis maßgeblich: Die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Kreativberufen variiert zwischen Erhebungen mit einer sehr weiten Abgrenzung, wie sie beispielsweise der erste Hessische Kulturwirtschaftsbericht verwendet, und einer sehr engen Definition um den Faktor 3!

In Frankfurt gibt es in den von uns berücksichtigten Branchen 1 zwischen 54 000 und 66 000 »Kreative« einschließlich aller geringfügig Beschäftigten und Selbstständigen. Allerdings ist davon auszugehen, dass ein überproportional hoher Anteil der Betriebe unter der gesetzlichen Umsatzsteuergrenze von 17 500 Euro liegt und deshalb statistisch nicht erfasst wird. Die wichtigste Rolle spielen die Bereiche Software/Games sowie Werbung/PR/Kommunikation gefolgt vom Literatur-/Buch-/Pressemarkt. 2 Nicht unerwartet setzt sich die

Frankfurter Kreativwirtschaft überwiegend aus kleineren – im Schnitt 6,1 Beschäftigte pro Betrieb – und relativ jungen Unternehmen zusammen; fast die Hälfte wurde erst nach 2000 gegründet, nur 9 Prozent bestanden schon vor 1979.

Frankfurt führt in den Bereichen Software/Games und Werbung/PR/Kommunikation

Der Frankfurter Kreativsektor hat sich in den letzten Jahren mit deutlich stärkeren Schwankungen als die Gesamtwirtschaft entwickelt: Er zeichnet sich durch überproportionale Zuwachsraten bis 2000/2001, aber auch stärkere Umsatzeinbrüche nach dieser Zeit aus. Mittlerweile hat sich die Lage wieder stabilisiert und ist von einer moderaten Aufwärtsentwicklung geprägt. Im Verhältnis zu anderen deutschen Großstädten ist Frankfurts Position differenziert zu beurteilen: Bei einem Vergleich absoluter Zahlen liegt die Stadt weit zurück, weil dann die Größe/Einwohnerzahl zum alles andere überprägenden Einflussfaktor wird und Berlin mit deutlichem Abstand führt. Relativ zur städtischen Gesamtwirtschaft ergibt sich hingegen ein anders Bild. 3 Eine im



3 Anteil der Umsätze in der Kreativwirtschaft an der Gesamtwirtschaft im Vergleich ausgewählter deutscher Großstädte. [Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt]

bundesdeutschen Vergleich weit überdurchschnittliche Bedeutung besitzt die Stadt insbesondere in den beiden Bereichen Software/Games sowie Werbung/PR/Kommunikation.

Der »Cult of Urban Creativity«^{12/} beruht auf einem verallgemeinernden Entwicklungsmodell; ob dieses stichhaltig ist, dazu kann ein primär als Status-Quo-Analyse konzipierter Kreativwirtschaftsbericht bestenfalls erste, vage Hinweise liefern. Doch wie viele andere ökonomische Modelle so ist auch das Szenario der Kreativwirtschaft performativ und schafft sich mit Hilfe von Planungsleitbildern, Förderprogrammen und öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen die Wirklichkeit selbst, die es vermeintlich nur beschreibend wiedergibt. ◆

Literatur

^{1/1}Florida, Richard. 2002. *The Creative Class ... and How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life* New York.

^{12/} Peck, Jamie. 2008. *The Cult of Urban Creativity* In Keil, R. und R. Mahon

(Hrsg.). *Leviathan Undone: The Political Economy of Scale* Vancouver (im Druck).

Der »1. Kreativwirtschaftsbericht Frankfurt« zum Download: www.humangeographie.de/kreativwirtschaft

Die Autoren

Prof. Dr. Peter Lindner, Prof. Dr. Christian Berndt [siehe Autorenhinweise Seite 52 und 95].

Dr. Pascal Goeke ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Humangeographie. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Migrationsforschung sowie Prozesse auf dem Arbeitsmarkt.

plindner@uni-frankfurt.de;
c.berndt@em.uni-frankfurt.de;
goeke@uni-frankfurt.de

Der Wald der Zukunft

Forschungsprojekt für eine sanfte Anpassung der Waldwirtschaft an den Klimawandel

Aktuellen Klimaszenarien zufolge werden in den kommenden 50 bis 100 Jahren die Sommer trockener und die Winter feuchter und wärmer. Zudem werden extrem trockene und heiße Sommer wie im Jahr 2003 oder ungewöhnlich niederschlagsreiche Jahre gehäuft auftreten.

Das hat auch Folgen für den Wald: Die in Deutschland zahlrei-

chen Buchenwälder könnten immer mehr durch Eichenwälder abgelöst werden. An jetzt schon sehr trockenen Standorten können aber auch unsere mitteleuropäischen Eichenarten Probleme mit dem Aufwuchs bekommen. In einem Kooperationsprojekt der Goethe-Universität mit dem Forschungsinstitut Senckenberg (FIS), dem Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) und der ECT Flörsheim GmbH, das im neuen LOEWE-Forschungszentrum Biodiversität und Klima angesiedelt ist, werden daher trockenresistentere Eichenarten aus dem süd- und südosteuropäischen Raum angepflanzt, um zu prüfen, ob sie als hiesige Waldbäume tauglich sind.

»Bereits jetzt ist die Wiederaufforstung von Eichenwäldern in der südhessischen Rheinebene durch die Grundwasserabsenkungen in den vergangenen Jahrzehnten stark bedroht«, erklärt Prof. Dr. Wolfgang Brüggemann. Der Ökophysiologe ist Leiter des Teilprojekts »Wald der Zukunft«, das im Rahmen des LOEWE-Forschungszentrums »Biodiversität und Klima« vom Land Hessen finanziert wird. Brüggemann macht darauf aufmerksam, dass nicht nur der gesunkene Grundwasserspiegel, sondern auch die bereits eingetretene beziehungsweise zu erwartende Ausbreitung von Schadinsekten (Maikäfer, Prachtkäfer) – begünstigt durch höhere Wintertemperaturen – die mitteleuropäischen Waldbäume zunehmend schädigen werden. Blieben künftig ganze Flächen auf Trockenstandorten waldfrei, würde dies zusätzlich Grundwasserspiegel und -qualität

beeinflussen, was besonders für das Rhein-Main-Gebiet mit seinem wachsenden Trinkwasserbedarf vermieden werden sollte.

Nach der erfolgreichen Anlage einer Versuchsfläche im Botanischen Garten der Goethe-Universität im vorigen Jahr werden nun in Feldversuchen auf Versuchsflächen im südhessischen Forstamt Lampertheim (mit Vergleich zu derzeit üblicherweise eingesetzten, standortgemäßen Wirtschaftsbaumarten) und im Stadtwald Rüsselsheim trockenresistentere Eichenarten aus dem süd- und südosteuropäischen Raum angepflanzt: die wintergrüne Steineiche (*Quercus ilex* aus Frankreich), zwei wintergrüne Eichen-Hybriden (*Q. x turneri* und *Q. x hispanica*) sowie die laubwerfenden Arten Flaumeiche (*Q. pubescens* vom Kaiserstuhl) und Ungarische Eiche (*Q. frainetto* aus Südosteuropa). Bei erfolgreichen Ergebnissen dieser Anbauversuche könnte gegebenenfalls durch die gezielte Anpflanzung solcher Arten das natürliche Vordringen wärme- und trockenoleranterer Waldbäume nach Norden in der Folge des Klimawandels beschleunigt werden. Langfristig würden die Forscher dann erwarten, dass sich stabile, artenreiche Ökosysteme bilden werden, in die dann auch die an die südeuropäischen Baumarten angepassten Tier- und Pflanzenarten nachwandern können und sich dort heimisch fühlen werden.

Wissenschaftliche Kooperationspartner des LOEWE (Landesoffensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz) geförderten Projektes sind die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), eine Forschungsanstalt der Länder Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt und das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie sowie als Nutzer des Grundwassers Hessenwasser GmbH und als Eigentümer des Waldes Hessen-Forst und die Stadt Rüsselsheim. Über die Anlage einer weiteren Versuchspflanzung im Stadtwald Frankfurt wird derzeit noch mit den zuständigen kommunalen Behörden verhandelt. ◆



Auf einer Versuchsfläche im Botanischen Garten der Goethe-Universität testen Frankfurter Botaniker um Prof. Wolfgang Brüggemann, wie trockenresistentere Eichenarten aus dem süd- und südosteuropäischen Raum sich in unseren Breiten entwickeln. Die Bäume unter den Zelten erhalten dabei in etwa die gleiche Wassermenge wie in ihren Heimatländern.

Mit diesem Apparat ermitteln die Mitarbeiterinnen von Prof. Wolfgang Brüggemann, in welchem Maße die Flaumeichen auf der Versuchsfläche unter Trockenstress leiden. Dazu messen sie gleichzeitig die Photosynthese und die Chlorophyllfluoreszenz.



Die Universität Frankfurt auf dem Weg zur Spitze:

„Wir sind Sherpas für die Uni. Werden Sie es auch!“



Hilmar Kopper
Vorsitzender des Vorstandes der Freunde
der Universität



Petra Roth
Oberbürgermeisterin von Frankfurt am Main
Vorstandsmitglied der Freunde



Claus Wisser
WISAG Service Holding
Vorstandsmitglied der Freunde

Werden Sie Mitglied bei den Freunden der Universität Frankfurt

Name: _____

Vorname: _____

Straße: _____

PLZ: _____

Ort: _____

Staat: _____

Die folgenden Angaben helfen, unsere Angebote auf Ihre Interessen abzustimmen.

Tätigkeitsfeld: _____

Studium/Ausbildung: _____

an der Uni Fankfurt ja nein

Ich bin Mitglied der Alumnivereinigng des Fachbereiches _____

Telefon: _____

Telefax: _____

E-Mail: _____

Geburtstag: _____

Ich möchte der Vereinigung von Freunden und Förderern der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. beitreten als

Einzelmitglied (Jahresbeitrag 50,- EURO)

Firma oder Organisation (Jahresbeitrag 500,- EURO)

Ich bin bereit, über den Mindestbeitrag hinaus jährlich _____
EURO zu zahlen.

Bitte buchen Sie den Jahresbeitrag und darüber hinausgehende jährliche
Zuwendungen von meinem Konto ab.

Kontonummer: _____

Bankinstitut: _____

BLZ: _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Bitte senden Sie den ausgefüllten Coupon an folgende Adresse:
Vereinigung von Freunden und Förderern der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V.,
Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt am Main





Aufbruchstimmung: Reisen in die nahe und die ferne Fremde

Die Erforschung der Welt – Expeditionen und Erfahrungen

von **Carola Hilmes**

Schon früh hatte das Unbekannte viele mit Versprechungen gelockt. Aber das Reisen war mit Gefahren verbunden. Vor allem Seereisen erforderten Mut. Nicht immer waren es Abenteuerlust oder Neugier, die Menschen hinaustrrieben. Viele Reisende waren Pioniere und Entdecker. Inseln und Berge, Ströme und Meeresengen sind nach ihnen benannt. Von den Anstrengungen des Reisens, den oft seltsamen oder auch überraschenden Begegnungen mit dem Fremden, den Beobachtungen von Flora und Fauna wissen wir durch ihre Aufzeichnungen, die später als Reiseberichte publiziert wurden. Besonders im 18. Jahrhundert waren Reiseberichte ein äußerst beliebtes Genre, weil sie auf unterhaltsame und spannende Weise über die nahe und ferne Fremde informierten. Gelegentlich fungierten sie auch als kritischer Spiegel der alten Welt.

Entdeckungsreisen im 18. Jahrhundert und Expeditionen im 19. Jahrhundert erweitern unsere Kenntnisse der Welt. Verbesserte Seekarten und technische Präzisionsinstrumente ermöglichen die Navigation zu ferneren Inseln und die genaue Vermessung unbekannter Landstriche. Unschuldige in diese Besitznahme im Dienste der Wissenschaft nicht.

Von Brest aus stach Louis-Antoine de Bougainville im November 1766 in See. Seine Fregatte »La Boudeuse« war für eine Weltumseglung ausgerüstet, mit an Bord der Naturforscher und Astronom Pierre-Antoine Véron. Auf dieser Expedition erforschten sie 1768 zahlreiche pazifische Inseln und hätten fast die Ostküste Australiens entdeckt. Bougainvilles im Stil eines Logbuchs gehaltener Reisebericht, der viele wissenschaftliche Beobachtungen verzeichnet, trug mit seiner Schilderung Tahitis dazu bei, den Mythos vom Paradies in der Südsee zu etablieren. In der Tat muss die grüne Insel der an Skorbut und anderen Mangelerscheinungen leidenden Besatzung als ein Garten Eden erschienen sein. Freundliche Menschen lebten hier im Einklang mit der Natur, die einfache Sozialstruktur ließ gesellschaftliche Hierarchien kaum erkennen. Das von Rousseau entworfene Bild des Edlen Wilden schien auf Tahiti Wirklichkeit. Vor allem die reizenden, nur spärlich bekleideten Frauen der Insel und die freizügigen Sexualpraktiken beförderten die Wunschvorstellung einer erotischen Utopie, »une Nouvelle Cythère«. Auch der Schiffsarzt Philibert Commerson berichtete

1769 im *Mercure de France* vom Zauber Tahitis; über die Geschlechtskrankheiten, mit denen die Seeleute die indigene Bevölkerung infizierten, schrieb er nicht.

Tahiti als Sehnsuchtsort

Diderots *Nachtrag zu Bougainvilles Reise* (1796) formuliert eine entschiedene Kritik an den europäischen Sitten und Gebräuchen, die er im Spiegel der Verhältnisse der tahitischen Gesellschaft als naturwidrig erkennt. Vor allem der repressive Einfluss der christlichen Religion auf Ehe und Sexualität werden geißelt in einem fiktiven Gespräch zwischen dem Schiffskaplan der Fregatte und Orou, einem tahitischen Familienvater, der dem Gast seine Töchter und seine Ehefrau anbietet, was den Geistlichen in Gewissenskonflikte stürzt. Dass Diderot in seiner viel beachteten zivilisationskritischen Schrift seinerseits von geschlechterspezifischen Vorurteilen nicht frei ist – so legitimiert er etwa die polynesischen Liebesfreiheiten im Dienste einer expansiven Bevölkerungspolitik – steht auf einem anderen Blatt. Die scharfe Kritik, die ein tahitischer Greis in seiner fiktiven Abschiedsrede an die ausseggelnde Fregatte äu-

Die Weltkarte zeigt die im 18. und 19. Jahrhundert angenommene Ausprägung und Verteilung von fünf Menschenrassen. Damals viel diskutiert war deren Ursprung. Kant etwa postulierte eine Ursprungsrasse und erklärte die Unterschiede zwischen den Menschen mit klimatischen und anderen Umweltfaktoren. Die Verschiedenheit legitimierte dabei eine Rangfolge der Rassen. Einer solch problematischen Schlussfolgerung widersprach Georg Forster und trat für die Gleichheit der Völker ein.



Forster, erkennt in den europäischen Weltreisenden die ersten Kolonisatoren und bedauert den Kulturkontakt als äußerst nachteilig für sein eigenes Land. Die Globalisierung und ihre Probleme haben mit den ersten Welt- und Entdeckungsreisen begonnen.

Als Georg Forster gemeinsam mit seinem Vater, dem Naturforscher Johann Reinhold Forster, 1772 zur zweiten Weltumseglung von James Cook aufbrach, war er noch nicht 18 Jahre alt. Sein Reisebericht, *Voyage around the World* (1777), erschien zuerst auf Englisch, 1778 bis 1780 veröffentlichte er dann eine erweiterte deutsche Übersetzung. Dieser philosophische Reisebericht zeichnet sich nicht nur durch zivilisations-, sondern auch durch erkenntniskritische Perspektiven aus. Anders als der »armchair traveller« des 18. Jahrhunderts sind die Beschreibungen der fernen Fremde hier erfahrungsgesättigt. Neben dem Edlen Wilden und seinem Counterpart, dem Kannibalen, entdeckt Georg Forster auf Feuerland die Elenden Wilden, Menschen, denen es am Nötigsten mangelt. Die Fremde wird also nicht nur als Spiegel des Eigenen instrumentalisiert,

sondern es wird auch anderes gesehen. Forsters Beobachtungen auf Tahiti führen zu Differenzierungen; bekannt ist seine Schilderung eines tahitischen Fressers, der sich von Untergebenen bedienen lässt. Außerdem beklagt Forster den schlechten Tausch, den die Einheimischen im Warenverkehr mit den Europäern eingehen, und kritisiert den schnellen Sex, der dazu führt, dass die paradiesische Insel mit venerischen Krankheiten infiziert wird.

Der Aufklärer: Forster als Entdecker im Dienste der Wissenschaft

Die Konzeptualisierung des Weiblichen als »moralisches Geschlecht« (Lieselotte Steinbrügge), wie sie von der feministischen Forschung für des 18. Jahrhundert erarbeitet wurde, gilt nicht uneingeschränkt.



Die Begegnung der indigenen Bevölkerung Brasiliens mit den europäischen Reisenden zeigt ein deutliches Machtgefälle: Die Männer zu Pferde blicken auf die nackten Indios herab, deren Frauen sich im Gebüsch am Wegesrand versteckt haben. Ängstlich und zugleich neugierig blicken sie auf die Europäer in deren für sie fremden, sicherlich auch befremdlichen Tracht (aus: Johann Moritz Rugendas *Voyage Pittoresque dans le Brésil* Paris 1827 – 1835).



Die ferne Fremde wird zum Ort sexueller Fantasien, die im Zuge der Kolonisierung dann ausgelebt werden. Diese 1835 nach einer Zeichnung von Johann Moritz Rugendas entstandene Lithografie deutet das erotisch-zügellose Leben der Weltgeistlichen in Bahia an. Eine Vermischung der »Rassen« wird sowohl gezeigt als auch unter Vorbehalt gestellt. Die den Einheimischen unterstellte Wildheit kann zwar abgetötet und domestiziert, aber nicht ganz zum Schweigen gebracht werden. Die Rolle der Tiere im Bild ist diesbezüglich aufschlussreich.

Zwei Naturforscher bei der Arbeit. Der kolorierte Holzstich (nach einem Gemälde von John Francis Rigaud, 1780) zeigt Johann Reinhold Forster (1729–1798) mit seinem Sohn Georg (1754–1794). Er zeichnet hier einen damals noch unbekanntem Vogel auf Tahiti. Die europäische Kleidung der Männer wird vom üppigem Grün der Bäume gerahmt, die den Blick freigeben auf eine Südseeinsel im Hintergrund. In dieser naturalistisch anmutenden Darstellung können wir sehen, dass der Zeichenstift als Waffe fungiert, denn für die zoologischen Zeichnungen mussten viele Vögel sterben.

Forsters Beobachtungen weiblicher Sinnenfreude bezeugen, dass eine Sexualisierung der Frau keineswegs zu einer Destabilisierung von Familie und Gesellschaft führen muss. Seine Wahrnehmung und Beschreibung der fremden Frauen in der Südsee war getrübt von seinem Blick durch europäische Moralvorstellungen. Als Humanist hielt er an der Überlegenheit der Zivilisation fest und arbeitete am Projekt einer (selbst-)kritischen Aufklärung. Fortschrittsoptimismus und Skepsis verbinden sich zu einem äußerst produktiven Programm. Forster reiste als Entdecker im Dienste der Wissenschaft, wobei eine Dialektik der Aufklärung, die auch den Preis des Fortschritts und seine Schattenseiten aufzeigt, zuweilen aus dem Blick geriet. Neben geografischen und ethnologischen Forschungen haben



a) Georg Forsters kolorierte Zeichnungen von Pflanzen und Tieren – Menschen hat er nicht gemalt – sind in der 2007 erschienenen Neuausgabe seiner *Reise um die Welt* erstmals zu sehen. Nach Linné'schem Muster wurde die Araukarie aus Neukaledonien klassifiziert: *Araucaria columnaris*. Dieser Baum kann bis zu 1000 Jahre alt werden.

b) Der Tahiti-Laufsittich zählt zu den ausgestorbenen Arten. Georg Forster zeichnete ihn 1774 während eines Aufenthalts auf Tahiti und bewahrte ihn so im wissenschaftlichen Gedächtnis. Lange Zeit waren seine Zeichnungen in Londoner Archiven verschwunden und wurden erst kürzlich dem deutschen Publikum wieder geschenkt.

die Forsters auch mit der Erforschung der Sprachen Polynesiens begonnen und sich hier unumstrittene Verdienste erworben.

Reisen in die nahe Fremde: Goethes Italien-Reise

Goethes Italienische Reise (1786–1788) diente der Selbstbildung, und was anfangs wie Flucht aussah, wendete sich zum Guten. An den Herzog von Weimar schreibt Goethe: »Ich habe mich in dieser anderthalbjährigen Einsamkeit selbst wiedergefunden: aber als was? – Als Künstler!« In der Form eines Tagebuches hält Goethe die einzelnen Stationen seiner Reise fest, wobei er besonders auf die Natur, die Gesellschaft und die Kunst achtet. Diese drei großen Bereiche versucht er wechselseitig zu erhellen, indem er sie jeweils als lebendigen Organismus versteht. »Kunst ist nichts anderes als Natur auf ihrer höchsten Stufe. Im Kunstwerk verewigt sich das Werden zum Sein, ohne seine Spontaneität zu verlieren«, heißt es im Nachwort zur *Italienischen Reise*. Dem Buch, das zuerst 1816 und 1817 erschien, stellt Goethe das Motto »Auch ich in Arkadien!« voran. Insbesondere der Aufenthalt in Rom wird ihm zur wichtigen Selbstbegegnung. Am 1. November 1786 notiert er: »Ja, ich bin endlich in dieser Hauptstadt der Welt angelangt! (...) es geht, man darf wohl sagen, ein neues Leben an, wenn man das Ganze mit Augen sieht, das man teilweise in- und auswendig kennt. Alle Träume meiner Jugend seh' ich nun lebendig; (...) es ist alles, wie ich mir's dachte, und alles neu.«

Seinem Freund Schiller war diese unmittelbare Wahrnehmung des Idealen fremd und suspekt, Goethe aber fühlt sich durch seinen Italien-Aufenthalt darin bestätigt. Die Stadtbesichtigung zeigt ihm nicht nur das damals gegenwärtige Rom, sondern in den Bauwerken wird auch das Vergangene als Fortbestehendes sichtbar. Goethe liest Geschichte gleichsam von innen heraus. Seine Reise in die nahe Fremde ist eine Reise zu den Anfängen der europäischen Kultur. Viele sind ihm auf diesen Pfaden gefolgt.



Reisende Frauen und ihre Einblicke in »geheime Räume«

Zu den Italien-Reisenden zählten auch Frauen, darunter etwa Fanny Mendelssohn, die in Italien mehr Anerkennung als Musikerin erfuhr als zu Hause in Berlin, oder die Vormärzautorin Fanny Lewald, die sich nicht nur an Goethe, sondern auch an Heines *Reisebildern* orientierte und die Fremde wiederholt zum Projektionsraum eigener Wünsche machte: Italien wird als Gegenbild zum kalten, puritanischen Norden wahrgenommen. Trotz dieser Idealisierung enthält Lewalds *Italienisches Bilderbuch* (1847) viele detailgenaue Beobachtungen des Alltags, die in sozialkritischer Absicht notiert werden. Wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts noch debattiert, »Ob und wie Frauenzimmer reisen sollen?« (Franz Ludwig Posselt), gehörte Italien bald schon zu einem auch für Frauen vergleichsweise leicht erreichbaren Land, wozu nicht zuletzt bessere Verkehrswege und komfortablere Transportmittel beigetragen hatten. Gleichwohl stellte für die Frauen das Reisen eine besondere Herausforderung dar, denn die Erfahrungen der Reise konfrontierten sie mit der »eigenen Fremde« (Annegret Pelz). Diese Konfrontation mit dem Anderen des Selbst lässt sich besonders gut an den Beschreibungen des Orients, genauer gesagt seiner geheimen Räume, illustrieren.



Wichtige Stationen auf *Goethes Italienischer Reise* waren Rom, Neapel und Sizilien. Viele Impressionen der Reise hat er in seinem Skizzenblock festgehalten: »Wo man geht und steht, ist eine Landschaft Bild.« Auf diesem unbekanntem Blatt von Johann Heinrich Wilhelm Tischbein sehen wir Goethe am Fenster seiner römischen Wohnung. Er blickt in die Nebengassen der Stadt. Um das italienische Leben studieren zu können, wendet er selbst dem Betrachter den Rücken zu.



Ida Pfeiffer (1797–1858) in dem von ihr selbst entworfenen Reisekostüm, das sich durch Zweckmäßigkeit auszeichnet. Schmetterlingsnetz und Botanisiertrommel weisen auf ihre Sammeltätigkeit hin. Unter dem Hut, der sie vor Sonne und Regen schützt, blickt die Wienerin unternehmungslustig und selbstbewusst in die Welt, die sie viele Jahre durcheilte, nachdem sie ihre Rolle als Ehefrau und Mutter erfüllt hatte.

Schilderungen des Harems stellen ein Privileg reisender Frauen dar. Über einen Besuch der heißen Bäder in Sofia, die sie als das »Kaffeehaus der Frauenzimmer« charakterisiert, schreibt Lady Mary Montagu 1717, dass sie unter den »vielen schönen nackten Weibsbildern« in ihrem europäischen Reisekleid als die Fremde erscheinen muss. Ihre Wahrnehmung des Orients ist durch Empathie und den Gleichheitsgedanken der frühen Aufklärung getragen. Gräfin Ida von Hahn-Hahn, die ein vorrangig touristisches Interesse am Orient hat, beschreibt 1848 das Fremde als minderwertig. Ihr kolonialer Blick lässt positive Fremderfahrungen nicht mehr erkennen. Im 19. Jahrhundert sind alle Weltteile entdeckt, jetzt werden sie genauer erschlossen. Neben einer ökonomischen Ausbeutung des Fremden wird die wissenschaftliche Erschließung der Welt in geografischer, biologischer und ethnologischer Hinsicht fortgesetzt. Verblüffend ist, unter den Forschungsreisenden sind auch botanisierende Hausfrauen zu finden. Da wäre etwa die recht unbekannte Berlinerinnen Caecilie Seler-Sachs zu nennen, die ihren Mann nach Mexiko und Guatemala begleitete und bei seinen Forschungen unterstützte.

Die Wienerin Ida Pfeiffer war 1842 zu einer Pilgerfahrt nach Jerusalem aufgebrochen, zwei Weltreisen und eine Fahrt nach Madagaskar sollten folgen. Für sie ist das Reisen aber nicht nur Flucht aus einer unglücklichen Ehe, sondern vor allem eine aktive, selbstbestimmte Lebensform. Durch ihre Reiseberichte und das Sammeln von naturgeschichtlichen Objekten und ethnografischen Gegenständen ermöglichte sie sich die Finanzierung weiterer Reisen. Als Reiseschriftstellerin findet sie ebenso Anerkennung wie als Naturforscherin. Alexander von Humboldt wird sie nach ihrer zweiten Weltreise als Ehrenmitglied der Berliner Geographischen Gesellschaft vorschlagen. Ida Pfeiffer hält sich selbst zwar für vorurteilsfrei, ist aber in ihrer von der abendländischen Zivilisation geprägten Weltanschauung befangen. Trotz aller eurozentristischen Bornierungen eröffnet sich der reisenden Frau aber ein doppelter Blick auf die Fremde, denn als »Exotin« hat sie im Osten gleichermaßen Zugang zur Welt der Männer, etwa dem orientalischen Kaffeehaus, und zur Welt der Frauen, dem Harem. Insofern sind die Berichte von Frauen über ihre Reisen anders. Auch wenn Ida Pfeiffer nur selten als teilnehmende Beobachterin auftritt, so dürfen wir doch nicht vergessen, dass sie mit Schmetterlingsnetz, Schreibfeder und Essbesteck kam, nicht mit Gewehr und Bibel.

Alexander von Humboldts Urwaldlaboratorium am Orinoko. Alles soll genau gemessen und verzeichnet werden. Sein Reisegefährte Bonpland ist umgeben von Tieren und Pflanzen, die noch zu präparieren beziehungsweise zu herbarisieren waren. Vieles von der wissenschaftlichen Ausbeute ging während der strapaziösen Reise allerdings wieder verloren, etwa die in Spiritus aufbewahrten Tiere. Sie fielen dem Klima oder auch den Stürzen der Maultiere zum Opfer.



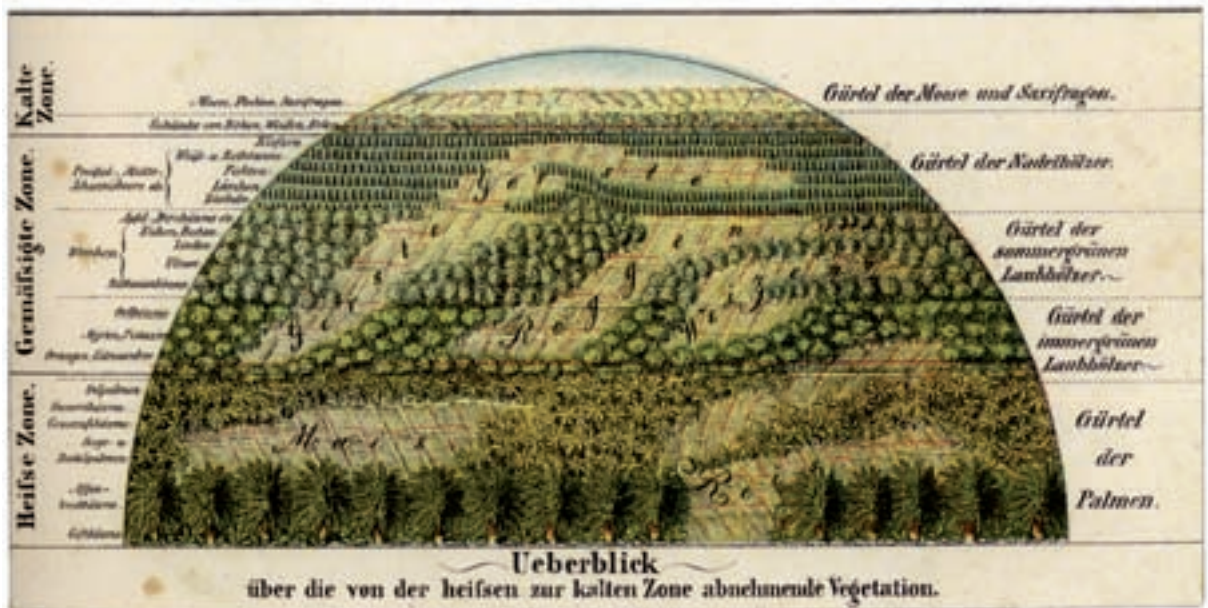
Alexander von Humboldt und sein Dialog mit den Kulturen

»Die Fortschritte des kosmischen Wissens wurden durch alle Gewaltthätigkeiten und Gräueln erkaufte, welche die sogenannten *civilisirenden Eroberer* über den Erdball verbreiten.« Das lesen wir in Alexander von Humboldts Fragment gebliebenem Spätwerk *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung* (5 Bände, 1845–1862). Ähnlich wie Goethe begreift Humboldt die Natur als ein lebendiges Ganzes und findet darin auch die Begründung einer Moral, was auf ein modernes ökologisches Verständnis vorausweist. Als »Geschichtsschreiber der Kolonien«, wie Humboldt sich

selbst nennt, schreibt er gegen Ausbeutung und Sklaverei, denn er propagiert die »Einheit des Menschengeschlechts«. Anders als Georg Forster allerdings ist er Diplomat, nicht Revolutionär. Sein demokratisches, unterschiedliche Disziplinen umgreifendes Wissenschaftsverständnis – neben Betrachtungen der Natur treten kulturgeschichtliche und sozialökonomische Studien, Gutachten über Edelmetallvorkommen, astronomische und geografische Messungen – ist auf einen Dialog der Kulturen angelegt.

Humboldts *Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents*, die er zwischen 1799 und 1804 unternimmt, ist keine Entdeckungsreise im herkömmlichen Sinne. Bei seiner Erkundung des Orinoco-Gebietes befährt und beschreibt er die Gabelteilung des Casiquiare, die zwei Flusssysteme, den Orinoko und den Amazonas, miteinander verbindet. Diese »*monstruosité géographique*« kann gelesen werden als Plan einer »anderen Moderne« (Ottmar Ette), denn die netzförmige Verschlingung der Flussläufe veranschaulicht eine relative

Die Verteilung der Pflanzen auf der nördlichen Erdhalbkugel. Alexander von Humboldt ging von einem Gleichgewicht der Natur aus, für ihn war die Welt ein organisches Ganzes. Lokale Eingriffe können also globale Folgen haben. Wiederholt warnte Humboldt vor der Umweltzerstörung; bereits Georg Forster hatte die unheilvolle Wirkung der Europäer in der Südsee, wo sie nachteilig ins soziale Gleichgewicht eingriffen, erkannt.



Weiterführende Literatur

Matthias Meyn u.a. (Hrsg.) <i>Die großen Entdeckungen</i> München 1984.	Annegret Pelz <i>Reisen durch die eigene Fremde. Reiseliteratur von Frauen als autogeographische Schriften</i> Köln, Weimar, Wien 1993.	Franke Georg Forster zum 200. Todestag. Ausstellungskatalog, Universitätsbibliothek Mainz 1994.	von Humboldt Netzwerke des Wissens, Bonn 1999.	Folge. Beiheft 2. Bern u.a. 1999.	Andreas Erb u. Hannes Krauss (Hrsg.) <i>Lesen – Reisen – Schreiben</i> Der Deutschunterricht, Heft 4, 2002.	amerikas Berlin 2004.
Mary Louise Pratt <i>Imperial Eyes. Travel Writing and Transculturation</i> London, New York 1992.	Rolf Reichardt u. Geneviève Roche (Hrsg.) <i>Weltbürger, Europäer, Deutscher,</i>	Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) <i>Alexander</i>	Alexander Honold u. Klaus Scherpe (Hrsg.) <i>Das Fremde. Reiseerfahrungen, Schreibformen und kulturelles Wissen</i> Zeitschrift für Germanistik. Neue	Otto Krätz <i>Alexander von Humboldt: Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär</i> 2. korr. Aufl. München 2000.	Michaela Holdener <i>Künstliche Horizonte. Alterität in literarischen Repräsentationen Süd-</i>	Georg Forster <i>Reise um die Welt. Illustriert von eigener Hand</i> (Sonderband der anderen Bibliothek). Frankfurt/M. 2007; vgl. Rezension S. 101

Alexander von Humboldt in seiner Bibliothek, 1856 (Farblithografie von Storch und Kramer nach einem Aquarell von Eduard Hildebrandt). Die Gefahren des Urwalds hat der alte Gelehrte lange hinter sich. Bequem sitzt er im Lesesessel. Die Welt ist nun zusammengeschnürt auf die Größe eines Globus. Die Erfahrung aber – die eigene und die fremde – ist enthalten in seiner umfänglichen Sammlung von Büchern und Karten. Das Bild lässt erkennen, dass die Fülle des Wissens in Unordnung zu geraten droht. Ob Alexander von Humboldt (1769–1859) das schon ahnt? Sein Blick scheint skeptisch.



onale, eine dem Wurzelgeflecht von Pflanzen entsprechende Logik, die die Philosophen Gilles Deleuze und Félix Guattari Mitte des 20. Jahrhunderts zur Grundlage ihres postmodernen Modells der Wissensorganisation und Weltbeschreibung gemacht haben. Sie sprechen von Rhizom und meinen ein dreidimensionales Labyrinth. Dieses nicht hierarchisierende Modell ist anders als die stammbaumförmigen Darstellungsweisen eines konventionellen Wissenschaftsverständnisses, die den Wurzelgrund privilegieren und die Verästelungen nach Stärke beziehungsweise Nähe zum Grund in eine klare Ordnung bringen.

Anders als etwa Georg Forster suchte Humboldt in der fernen Fremde nicht nach den Anfängen der Menschheitsgeschichte. Er findet bei seinen Expeditionen in Süd- und Mittelamerika vielmehr Zeichen einer anderen Geschichte; vor allem die Üppigkeit der Natur lässt sich nicht in herkömmlicher Weise beschreiben, und deshalb propagiert Humboldt die Vernetzung des Wissens.

Reiseliteratur und die »Unheimlichkeit des Raums«

Reiseliteratur gibt Aufschluss über den Zusammenhang von Reisen, Schreiben und Denken, wobei die Bewegung im Raum als Modell eines prozessualen, offenen, in sich vielstimmigen Welt- und Selbstverständnisses dient. Auf den Reisen erfahrenes Wissen wird schreibend geordnet und auf Karten verzeichnet. Auch zu Humboldts Reisewerk gehört eine Vielzahl von Karten, die die neuen Weltgegenden veranschaulichen. Festzuhalten ist jedoch, dass die Kartografie Wissen nicht abbildet, sondern es zuallererst herstellt. Ein Blick auf andere als die uns mittlerweile vertrauten Karten illustriert neben diesem konstruktiven auch das erzählerische Element unserer Welterschließung. So erfahren wir im *Atlas der wahren Namen* (2008), dass Amazonas »der Bootszerstörer« bedeutet. Die Herkunft des Namens Chimborazo, des zu Zeiten Humboldts höchsten bekannten Berges, ist nicht ganz klar; er könnte »Eisige Frau« oder auch »Eisiger Thron Gottes« bedeuten. Die im Namen sedimentierte mythologische Geschichte verweist auf ein anderes Wissen, dessen Erschließung noch längst nicht abgeschlossen ist.

In seinem Bestseller *Die Vermessung der Welt* (2005) entwirft Daniel Kehlmann ein literarisches Doppelporträt des Weltreisenden Alexander von Humboldt und des Mathematikers Carl Friedrich Gauß. Darin werden zwei Facetten der Aufklärung illustriert: Dem skurrilen Logiker stellt Kehlmann einen preußischen Rationalisten gegenüber und zeichnet damit sicherlich ein historisch falsches Bild Humboldts. Die »Unheimlichkeit des Raums« jedoch gestaltet der Roman auf fesselnde Weise und verdeutlicht so den Anteil, den die Literatur an der Erschließung der Welt hat. Einer Expedition in neue literarische Räume können wir auch in Felicitas



Diese Plakatwand in einer Straße Londons (von J. Parry, 1835) zeigt unter anderem Angebote für Schiffspassagen. So wird die neue Welt sicher erreichbar. Fernweh und Nostalgie sind mögliche Reaktionen auf diese Szene. Die Plakatwand kann aber auch gelesen werden als Palimpsest: Durch Beschreibung bekannt geworden, wird die Welt nun mit Reklame überschrieben. Und noch etwas zeigt diese Szene: Mit Gefahren ist man schon zu Hause konfrontiert, wie der kleine Taschendieb, links im Bild, demonstriert.

Hoppes Reiseroman *Pigafetta* (1999) folgen, der uns auf einem Frachtschiff einmal um die Welt führt. Der Titelheld war übrigens ein Reisegefährte von Fernão de Magellan, der 1520 zur ersten Weltumseglung aufbrach. ◆

Die Autorin



Prof. Dr. Carola Hilmes, 52, studierte Germanistik, Politikwissenschaft und Philosophie in Freiburg, Edinburgh, Frankfurt und Paris; sie ist außerplanmäßige Professorin der Goethe-Universität und arbeitet derzeit als Dozentin für Neuere deutsche Literaturwissenschaft an der Universität Bayreuth. Neben der Reiseliteratur und der Autobiografie gehören die Genderforschung, Mythenrezeption und Intermedialität zu ihren Arbeitsschwerpunkten. Die Wissenschaftlerin war für den Hessischen Rundfunk und als Gastprofessorin in Essen, Innsbruck, Lodz und Vechta tätig.

C.Hilmes@lingua.uni-frankfurt.de



Der lebende Ozean

Biodiversität in marinen Ökosystemen

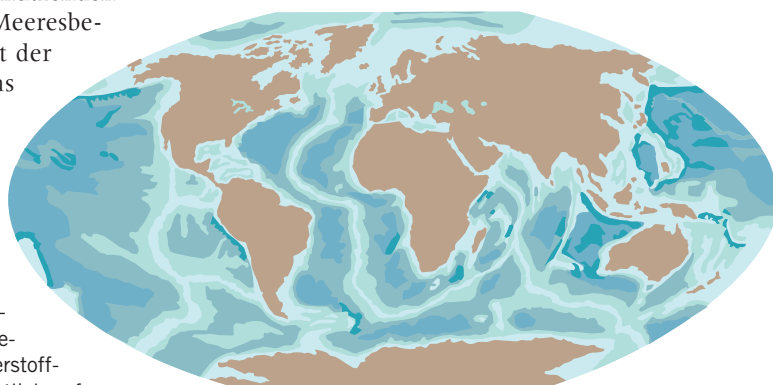
von **Michael
Türky**

Der Ozean gehört zu den am wenigsten erforschten Regionen unseres Planeten, obwohl er für den Wärme- und Energiehaushalt der Erde und die Gemeinschaft ihrer Bewohner eine wichtige Rolle spielt. Der Mensch fischt und badet vor allem in den Flachmeeren. Dort ist auch die Schifffahrt am dichtesten. Doch obwohl die Flachmeere nur etwa 5 Prozent des Ozeanbodens ausmachen, wirken sich Veränderungen empfindlich auf alle Meeresbewohner aus, bis in die dunkle, kalte und nahrungsarme Tiefsee.

Alles Leben kommt aus dem Meer. Vor etwa 3,3 Milliarden Jahren begannen sich alle heute bekannten Tierstämme zu entwickeln und einige darüber hinaus. Erst vor etwa 400 Millionen Jahren, als genügend Sauerstoff in der Atmosphäre war, um einen schützenden Ozongürtel zu bilden, krochen die ersten Meeresbewohner an Land. Bis heute ist die Vielfalt der Baupläne im Meer größer als an Land. Das spiegelt die Vielgestaltigkeit dieses Lebensraumes wider und seine große Ausdehnung. Etwa 70 Prozent der Erdoberfläche sind von Meeren bedeckt. Der größte Teil der riesigen untermeerischen Räume ge-

☐ Diese Karte der Meerestiefen zeigt, dass die von Menschen am häufigsten genutzten Flachmeere (weiß) nur einen Bruchteil des Meeresbodens bedecken. Umweltfaktoren wie Temperatur und Sauerstoffgehalt des Wassers wirken sich hier besonders deutlich auf die Verbreitung der Organismen aus.

hört zur Tiefsee: Etwa 80 Prozent des Ozeanbodens liegen unter 1000 Metern Wassertiefe. Intensiv erforscht ist davon aber nur ein verschwindend kleiner Teil; zusammengenommen beträgt die untersuchte Fläche



6000m 5000m 4000m 3000m 0m

☐ Meeresforscher müssen seefest sein, wie die Aufnahme vom Forschungsschiff F. S. Meteor zeigt. Im Seegebiet um die Kanarischen Inseln nehmen sie zusammen mit der Mannschaft Messungen vor. Dazu müssen Geräte ausgesetzt und wieder eingeholt werden.

etwa fünf Quadratkilometer. Für die Erforschung der Biodiversität bilden dieser Raum und auch der gesamte Ozean eine riesige Herausforderung, technologisch wie auch wissenschaftlich.

Wer zählt die Arten, nennt ihre Namen?

Wie viele Tierarten gibt es im Meer? Diese Frage ist deshalb hochaktuell, weil wir uns aufgrund globaler Veränderungen des Klimas und anderer Randbedingungen des Lebens fragen müssen, wohin die Biosphäre driftet. Es reicht nicht, zu wissen, welche Temperaturen auf der Erde herrschen werden, wie stark die Polkappen abschmelzen oder die Zahl der Wirbelstürme zunimmt. Wichtig ist für uns Menschen auch die belebte Umwelt, aus der wir Nahrung gewinnen. Lebewesen halten die dazu notwendigen Stoffkreisläufe in Gang. So ist auch der Ozean weit mehr als eine mit Wasser gefüllte Wanne, die in Klimamodellen als ein berechenbarer Wärmespeicher auftritt. Die planktonischen Kleinalgen des Ozeans produzieren ungeheure Mengen Sauerstoff, die sie in die Atmosphäre abgeben – etwa so viel wie die tropischen Regenwälder. Sie produzieren Nahrung für immer größere Organismen bis hin zu Menschen und Walen.

Tiere und Pflanzen des Meeresbodens bestimmen Küstenformen und ihre Stabilität gegenüber den Gewalten des Wassers. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist, dass erst die Vielfalt der Lebensformen, Stoffwechselwege und Anpassungen ein komplexes und stabiles Gefüge erzeugt. Solche Systeme können teilweise extreme Abweichungen von ihren gewöhnlichen Lebensbedingungen bewältigen, ohne umzukippen. Damit werden die Funktionen, die auch für uns Menschen von Bedeutung sind, nachhaltig gesichert. Um die Prozesse, ihre Mechanismen und Schwachstellen zu verstehen und damit auch ihre Schutz- und Erhaltungsstrategien, ist der erste Schritt die Erforschung der Arten- und Formenvielfalt.

Die großen Wissenslücken in Bezug auf die Tiefsee fordern dazu heraus, zunächst einmal ganz einfache und klassische Bestandsaufnahmen durchzuführen. Das von der amerikanischen Sloan Foundation ins Leben gerufene Großprogramm »Census of Marine Life« stellt drei Fragen: Welche marinen Arten gibt es? Wo kommen sie vor? Wie ist ihre globale Häufigkeitsverteilung? Diese einfach erscheinenden Fragen sind die Basis eines internationalen 10-Jahres-Programms, das im Jahre 2000 begonnen hat und an dem auch deutsche Gruppen, darunter das Forschungsinstitut Senckenberg, beteiligt sind.

Schon die erste Frage nach der Artenzahl ist nicht leicht zu beantworten. Solide Schätzungen gehen davon aus, dass es etwa 250 000 beschriebene marine Tierartengibt. Aber wie viele unbekannte Arten gibt es darüber hinaus? Eine in Expertenkreisen kontrovers diskutierte amerikanische Studie kam 1992 bei einer Hochrechnung auf Grundlage einer kontrollierten Probenahme zu dem Ergebnis, dass die globalen Artenzahlen allein der Tiefsee bei etwa zehn Millionen liegen müssen. Selbst wenn die Forscher sich grob verschätzt hätten, würde bereits ein Fünftel ihrer Schätzzahl die Anzahl der bisher im Meer und an Land beschriebenen Tierarten um etwa 25 Prozent übersteigen. Das zeigt: Wir kennen erst einen verschwindend kleinen Teil der marinen Biodiversität.



3 Am Ende der Nahrungskette stehen Fische, die der Mensch als Nahrung verwertet, hier ein Makrelenschwarm.

Meere vor unserer Haustür

Der Mensch nutzt überwiegend die Flachmeere. Aus ihnen schöpft er Nahrung, nutzt sie im Urlaub zur Erholung und beeinflusst sie durch sein Handeln nachhaltig. Zwar handelt es sich nur um etwa 5 Prozent des Ozeanbodens, aber diese sind empfindlich und örtlich bereits stark verändert. Für die Forschung sind sie von großem Interesse, da sich in ihnen die abiotischen Umweltfaktoren wie Temperatur und Sauerstoffgehalt des Wassers besonders deutlich auf die Verbreitung der Organismen auswirken. Umgekehrt sind die Verbreitung und das Vorkommen bestimmter Tierarten und Tiergemeinschaften Indikatoren, manchmal auch Frühwarnsysteme für definierbare Umweltbedingungen, seien es Erwärmung, Sauerstoffmangel, Schwermetallbelastung und vieles mehr. Um diese Indikatorfunktion nutzen zu können, ist zuvor die genaue Kenntnis der beteiligten Akteure, der Arten, erforderlich.

In der Nordsee sind aufgrund langer Forschungstradition die meisten Arten bereits bekannt, wir wissen aber wenig über die Entwicklung der Tiergemeinschaften, die Richtung, in der diese Prozesse ablaufen, und die Anpassungsfähigkeit von Organismen. Solche Fragestellungen erfordern Langzeitbeobachtungen, also die ständig wiederkehrende Probenahme am selben Ort und mit denselben Methoden. Langzeitbeob-



4 Ein typischer Netzfang im Gebiet der südlichen Nordsee. Die Fauna ist bereits durch Sieben vom Sediment getrennt. In einem weiteren Schritt konserviert man die Organismen mit geeigneten Chemikalien. Später im Labor heißt es: auswerten, bestimmen und zählen.

achtungen werden in der Gezeitenzone wie auch im tieferen Wasser der Deutschen Bucht und der offenen Nordsee vorgenommen. Im Weichbodenwatt leben die meisten Organismen im Sediment, sehr wenige an der Sedimentoberfläche. Entsprechend sind Spaten und Wattstechkasten die wichtigsten Geräte zum Sammeln von Proben. Diese werden anschließend gesiebt, und die Tierwelt wird quantitativ erfasst. So kann sowohl die Abundanz (Individuenzahl je Art) als auch die Biomasse auf die Fläche bezogen werden. Vergleichende Untersuchungen über viele Jahre liefern wertvolle Informationen darüber, wie sich die Zusammensetzung der Arten und ihre Häufigkeit verändern. Daraus kann man auch Rückschlüsse auf die Funktionsweise des Ökosystems ziehen.

In der offenen See werden dieselben Untersuchungen von einem Forschungsschiff aus gemacht, allerdings mit anderen Geräten. Kastengreifer mit einem automatischen Schließmechanismus stechen Blöcke aus dem Meeresboden aus und bringen sie nach oben an Deck. Auch hier wird dann die Fauna durch Sieben vom Sediment getrennt, die Organismen werden mit geeigneten Chemikalien (meist Formaldehyd) konserviert und später im Labor ausgewertet, bestimmt und gezählt. Im Gegensatz zum Watt gibt es im tiefen Wasser reichlich Tiere, die auf der Meeresbodenoberfläche leben und daher nicht mit kleinflächigen Greifern erfasst werden können. Sie werden in Schleppnetzen gefangen. An Deck wird der Fang gesiebt, und die häufigen Arten der Grobfraction werden gleich vor Ort bestimmt, gezählt und registriert. Der Rest wird konserviert und ebenfalls mitgenommen.

Auch in solchen Unterwassergebieten sind Langzeituntersuchungen von großer Bedeutung, da sie klimatisch oder anderweitig bedingte Veränderungen der Tierwelt erkennen lassen. Sie dienen damit als Indikatoren für Prozesse, die unsere maritime Umwelt bestimmen. Solche Langzeitserien existieren bei Senckenberg seit den 1970er Jahren: Begonnen haben wir am Jadebusen, 1975 kam die Helgoländer Reede hin-

zu, 1978 das Gebiet nördlich von Norderney und 1982 die Helgoländer Tiefe Rinne. Dort werden in wöchentlichen bis vierteljährlichen Abständen Proben entnommen. Die meisten Stationen gibt es auf der Doggerbank, wo seit 1991 40 Stationen existieren, an denen jährlich Proben genommen werden. Diese Datensätze sind gerade in der derzeitigen Klimadebatte von großem Wert, da sie die Reaktionen eines Teiles unserer Biosphäre detailliert nachzeichnen.

Korallenriffe und Mangrovenwälder

Nicht nur in unseren gemäßigten Breiten ist die Untersuchung der Biodiversität wichtig, sondern auch in den Tropen und Subtropen. Korallenriffe und küstennahe Mangrovenwälder sind in den Flachmeeren der Tropen die bestimmenden Lebensräume. Sie beherbergen eine große Artenvielfalt, deren Erforschung schon in sich eine große Herausforderung darstellt. Dieser Aufgabe widmen wir uns schwerpunktmäßig im Roten Meer und den ostasiatischen Meeren, um die beiden weit auseinanderliegenden Extreme des Indopazifischen Ozeans vergleichen zu können.

Neben dieser taxonomisch-biogeografischen Fragestellung interessiert uns besonders die Zusammensetzung der Arten in unterschiedlichen Typen von Habitaten (Lebensräumen). Korallenriffe sind heute durch vielfältige Einflüsse stark gefährdet. Hohe Wassertemperaturen führen zur Korallenbleiche: Die farbenprächtigen Lebewesen sterben ab und lassen die weiße Kalkunterlage, auf der sie einst lebten, zurück. Lokal können ganze Riffe absterben. Küsten- und Hafenbaumaßnahmen tun ein Übriges zu ihrer Vernichtung. Sterben die Korallen ab, verändert sich auch die Sekundärbesiedlung mit Gastorganismen, denn im kranken Riff nehmen die Höhlungen im Korallengestein zu und bieten vielfältigere Behausungen für Organismen, die sich dort gewöhnlich nicht ansiedeln. Je detaillierter man die spezialisierten Tiergemeinschaften kennt, die das gesunde Korallenriff kennzeichnen, desto besser kann man sie als Indikator für den Gesund-



☒ Korallenriffe gehören zu den artenreichsten Lebensräumen des Meeres. Sie sind durch hohe Wassertemperaturen besonders gefährdet.



☒ Die wichtigsten Geräte zum Sammeln der Tierwelt der Mangroven sind Spaten und Eimer. Hier der Autor bei einer Probeaufnahme auf Martinique.

heitszustand eines Riffes einsetzen. Dasselbe gilt für die Mangrovenwälder, deren Bestand ebenfalls gefährdet ist durch zunehmende Austrocknung, den Bau von Garnelenfarmen, Brennholzgewinnung, Überweidung und Küstenbau. Nur für wenige dieser Ökosysteme gibt es detaillierte Untersuchungen.

Der Tiefe Ozean

Die Tiefsee ist der größte Lebensraum unseres Planeten. Sie ist gekennzeichnet durch gleichmäßig niedrige Temperaturen um 2 °C und weiträumige Gleichförmigkeit. Trotzdem beherbergt sie eine sehr große Artenzahl. Von dieser ist nur der geringste Teil bekannt und beschrieben. Proben, insbesondere kleinwüchsiger Bodentiere, sind für die Forschung sehr ergiebig, denn sie enthalten oft über 90 Prozent Neues. Noch spannender ist die Frage, wie eine solch hohe Biodiversität bei einer so großen Gleichartigkeit des Lebensraumes zustande kommt. Isolationsbarrieren sind nicht zu erkennen, obwohl sie vorhanden sein müssen.

Für den Tiefseeforscher ergeben sich daraus viele Fragen: Welche Rolle spielt etwa der räumliche Abstand zwischen Populationen in diesem gering besiedelten Lebensraum? Bilden die Rücken zwischen den großen Tiefseebecken von über 4000 Metern Wassertiefe eine wirksame Verbreitungsbarriere? Solche Fragen lassen sich nur mithilfe einer repräsentativen Beprobung beantworten, die bisher fehlt oder sehr selten ist. Für eine einzige Probenahme muss man ein Schleppnetz in über 5000 Meter Wassertiefe fahren. Das dauert etwa 13 Stunden. Aufgrund des großen Zeitaufwandes wurden stets nur einzelne Proben in den großen Tiefen des Ozeans genommen.

Die Ozeanbecken des Atlantiks werden nach und nach von Süd nach Nord im Rahmen des Großprojekts DIVA untersucht. DIVA (Diversitätsgradienten in der Tiefsee des Atlantiks) ist Teil des »Census of Marine Life« und wird vom Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, einer Abteilung des Senckenberg-Instituts, geleitet. Mehrere Expeditionen mit dem

☒ Diesen Rattenschwanzfisch (*Macrouridae*) fingen die Frankfurter Forscher mit einem Schleppnetz in 5000 Metern Tiefe im Südatlantischen Ozean. Um sehr geringe von seinen Nahrungstieren ausgehende Lichtreize wahrzunehmen, hat er Teleskop-Augen.



☒ Die Tiefseegarnele der Gattung *Sergestes* lebt im Südatlantischen Ozean.



Forschungsschiff F. S. Meteor dienten der Untersuchung des Kap-, des Angola- und des Guinea-Beckens, alle über 5000 Meter tief, deren Tierwelt zuvor kaum erforscht war. Auf langen Strecken innerhalb der Becken und quer über sie hinaus haben wir untersucht, welchen Einfluss der Abstand zwischen den Probenahmen auf die Vielfalt der Bodentierwelt hat. Dabei interessiert uns vor allem, ob die Unterschiede beim Überschreiten der Beckengrenze größer sind als innerhalb desselben Tiefseebeckens. Erstaunlicherweise konnten wir bei diesen noch nicht ganz abgeschlossenen Untersuchungen nachweisen, dass die biologische Produktivität des Wassers in den oberen und mittleren Schichten bis auf den Tiefseeboden in mehr als 5000 Metern Tiefe hinab wirkt. Auf diese Weise wird die Gleichförmigkeit der Umweltbedingungen durchbrochen.

☒ Das Forschungsschiff F. S. Meteor ist auf seinem Hauptdeck mit 20 Laboratorien ausgestattet, in denen bis zu 28 Wissenschaftler auf 400 Quadratmetern arbeiten können. Das Schiff gehört der Bundesrepublik Deutschland und wird zu 70 Prozent von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und zu 30 Prozent für Projekte des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) genutzt.





Der Unterwasserroboter QUEST gehört zu den neuesten Erfindungen der deutschen Meeresforschung. Er wird vom Zentrum der Meereswissenschaften an der Universität Bremen (MARUM) betrieben und steht auf Antrag allen interessierten Arbeitsgruppen zur Verfügung.

»Warme« Tiefsee: Rotes Meer und Mittelmeer

Von dem Muster einer gleichmäßig kalten Tiefsee gibt es zwei wichtige Ausnahmen, das Rote Meer und das Mittelmeer. Beide Nebenmeere sind von der großen ozeanischen Zirkulation durch flache Schwellen an ihren Eingängen ausgeschlossen, so dass ihr Tiefenwasser vor Ort gebildet wird und daher auch nicht kälter sein kann als in den Bildungsgebieten im Winter. Im Roten Meer sind dies 20,5 °C, die bis in die größten Tiefen von über 2000 Metern herrschen, im Mittelmeer 13,5 °C bis in 5000 Meter Tiefe. Solche Bedingungen sind einzigartig: Da alles absinkende Material schneller bakteriell zersetzt wird als im »Kühlschrank« der ozeanischen Tiefsee, kommt am Meeresboden weniger an,

so dass dort eine extreme Nahrungsarmut entsteht.

Die Lebensgemeinschaften der Bodentiere müssen sich auf eine unregelmäßige Nahrungszufuhr einstellen, die überwiegend nicht aus der Produktion im Freiwasser gespeist wird, sondern durch Strömungen aus nahe liegenden nährstoffreicheren Gebieten oder vom Land aus, etwa durch Absinken von Material, das durch Regen ausgewaschen wurde. Die Tierwelt muss schnell auf solche Ereignisse reagieren, aus entfernten Gebieten zuwandern oder kleinwüchsig sein, um den Nahrungseintrag unmittelbar zu nutzen, in der kurzen Zeit zu wachsen und sich fortzupflanzen. Besonders gut können dies Mikroorganismen und Einzeller, die außerdem lange Perioden des Nahrungsmangels eingekapselt und inaktiv überdauern können.

Je größer die Organismen werden, umso seltener sind sie, die Megafauna schließlich besteht nur aus



Mit QUEST lassen sich unter direkter Beobachtung in bis zu 4000 Meter Wassertiefe gezielte Proben nehmen und Experimente durchführen.

Der Autor



Prof. Dr. Michael Türkay, 60, studierte, promovierte und habilitierte sich an der Goethe-Universität. 1976 wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut Senckenberg, seit 1989 ist er dort Abteilungsleiter der Evertibratenzoologie (heute Marine Zoologie) und seit 1995 Stellvertretender Direktor. 2008 wurde Türkay

zum außerplanmäßigen Professor am Fachbereich Biowissenschaften der Goethe-Universität ernannt. Seine Forschungsinteressen sind die Taxonomie, Systematik, Biogeografie und Ökologie der Großkrebse (Crustacea: decapoda), die Langzeitentwicklung der Nordseefauna, die Biodiversität und Ökologie der ozeanischen Tiefsee sowie die Crustaceenfauna und Biogeografie tropischer Flachmeerküsten.

michael.tuerkay@senckenberg.de
www.senckenberg.de/mtuerkay

mobilen und zur Wanderung über lange Strecken befähigten Organismen. Die Einzigartigkeit sowohl einer speziell angepassten Warmwasser-Tiefseefauna als auch die Besonderheiten der Struktur und des Funktionierens solcher Lebensgemeinschaften haben wir sowohl im Mittelmeer als auch im Roten Meer mithilfe der Forschungsschiffe »Meteor«, »Sonne« und »Valdivia« studiert. Mittlerweile sind die oben beschriebenen Zusammenhänge gut belegt, und wir konnten dokumentieren, dass die Biodiversität von den abiotischen Parametern abhängt.

Oasen der Tiefsee

Oasen des Lebens in der Tiefsee stellen die Lebensgemeinschaften der Hydrothermalquellen dar, deren reiche Tierwelt nur auf bakterieller Produktion beruht. Bakterien oxidieren den aus dem Erdinneren ausströ-

☒ Oasen des Lebens in der Tiefsee sind die Lebensgemeinschaften der Hydrothermalquellen: Am Mittelatlantischen Rücken leben in etwa 3300 Metern Wassertiefe Tiefsee-Pferdemuscheln (*Bathymodiolus*) und Vent-Garnelen (*Rimicaris*).

menden Schwefelwasserstoff und das Methan und gewinnen dadurch Energie. Diese Art der Energiegewinnung und Produktion organischer Substanz ist vom Sonnenlicht unabhängig und kann daher als Alternative zur Fotosynthese durch grüne Pflanzen gesehen werden. Viele Tiere der Hydrothermalquellen leben nicht nur von Bakterien, sondern haben sie fest an sich gebunden, indem sie solche Bakterien als Symbionten in ihre Körpergewebe aufnehmen. Sie »füttern« ihre Symbionten mit dem reichlich vorhandenen Schwefelwasserstoff und ernähren sich dann von ihnen oder ihren Stoffwechselprodukten. Einige dieser charakteristischen Arten nehmen überhaupt keine Nahrung mehr auf, andere nur noch wenig, um die bakterielle Produktion in ihrem Körper zu ergänzen. Solche ungewöhnlichen Symbiosen haben bizarre und zuvor völlig unbekannt Anpassungen zustande gebracht. Das Studium dieser Tiergruppen und ihrer Taxonomie ermöglicht uns Einblicke in die Laboratorien der Evolution. Insbesondere interessiert uns die Verbreitung solcher Tiergemeinschaften in Raum und Zeit. Ziel ist es, ein Indikationssystem zu erzeugen, mit dessen Hilfe man Hydrothermalquellen am Meeresboden gezielt auffinden kann.

Wie geht es weiter?

Noch wissen wir wenig über die Mechanismen, die marine Ökosysteme in Gang halten. Ein Schlüssel dazu scheint aber die biologische Vielfalt der Lebensgemeinschaften zu sein. Nur wenn wir diese verstehen lernen, werden wir sie auch schützen können. Denn noch ist unklar, wie die Bewohner der Weltmeere, aus denen wir, aber auch andere Lebewesen Nahrung schöpfen, langfristig auf unsere Abfälle und die Erwärmung ihres Lebensraums reagieren werden. ◆



Weiterführende Literatur

Türkay, M. (2001) *Die Tiefsee* in: Hofrichter, R. (Hrsg.) *Das Mittelmeer*. Fauna, Flora, Ökologie 1: 416–423, Abb. 6.101–6.108; Heidelberg, Berlin (Spektrum Akademischer Verlag).

Türkay, M. (2002) *Meeresbiologie bei Senckenberg – Natur und Museum* 132(8): 257–272, Tab. 1, Abb. 1–11.

Kröncke, I. & Türkay, M. (2003) *Structural and functional aspects of the benthic communities in the deep Angola Basin* – Mar. Ecol. Progr. Ser., 260: 43–53, 1–4, text-figs. 1–7.

Kröncke, I., Türkay, M. & Fiege, D. (2003) *Macrofauna communities in the eastern Mediterranean deep sea* – P. S. Z. N.: Mar. Ecol., 24(3): 193–216, tables 1–4, text-figs. 1–7.

Türkay, M. (2007) *Meeresforschung. Aufbruch in eine neue Welt – Vernissage* 15(10/07): 60–65, 14 Abb.

Zu den Senckenberg-Tiefsee-Projekten siehe auch: www.cedamar.org

Anzeige



**BEDINGUNGSLOS
MENSCHLICH.**

Bitte schicken Sie mir unverbindlich Informationen

- über ÄRZTE OHNE GRENZEN
- für einen Projekteinsatz
- zur Fördermitgliedschaft
- zu Testamentsspenden
- zu Spendenaktionen

Name

Anschrift

E-Mail

ÄRZTE OHNE GRENZEN e.V. • Am Köllnischen Park 1 • 10179 Berlin
www.aerzte-ohne-grenzen.de

**Spendenkonto 97097
Bank für Sozialwirtschaft
BLZ 370 205 00**



11104908

Mit ÄRZTE OHNE GRENZEN helfen Sie Menschen in Not.

■ Dichte Staubwolken sind bedeutende Sternentstehungsregionen. Viele junge Sterne findet man im Nebel M16. Der Staub wird durch die Sternentstehung aufgebraucht.



Kosmischer Staub im Nano-Labor

Ein Blick in die Kinderstube des Sonnensystems

von Frank Brenker, Christian Vollmer und Sylvia Schmitz

Staubwolken sind im Universum die Geburtsstätten neuer Sterne. Dort wiederholen sich Prozesse, die vor 4,56 Milliarden Jahren auch zur Entstehung unseres Sonnensystems geführt haben. Noch heute gibt es Zeugen aus dieser Zeit: Kometenstaub, Sternenstaub und interstellarer Staub. Die »Stardust-Mission« hat sie eingefangen, und Frankfurter Geowissenschaftler haben darin – dank modernster Labor-Analytik – erstaunliche Funde gemacht.

Staub ist nicht nur auf der Erde allgegenwärtig, auch im scheinbar weitgehend leeren Weltall bildet er eine der wichtigsten Komponenten überhaupt. Er ist so häufig, dass man ihn bei sehr guter Sicht auf den Sternenhimmel sogar mit bloßem Auge ausmachen kann. Schaut man ins Zentrum unserer Galaxie, also direkt in Richtung der Milchstraße, bemerkt man dunkle Bänder, die sich wie Schleier zwischen den unzähligen Sternen hindurchziehen. Diese Regionen bestehen aus einem Staub-Gas-Gemisch. Verdichten sich diese Bereiche zu Molekülwolken, werden sie zu den Geburtsstätten neuer Sterne. ■ Auch unser eigenes Sonnensystem ist vor circa 4,56 Milliarden Jahren durch diesen Prozess entstanden. Jahrzehntlang mussten sich Wissenschaftler damit begnügen, die Staub-Gas-Gemische mit

erheblichen Einschränkungen lediglich aus der Ferne zu studieren. Völlig neue und direkte Einblicke in die Bausteine unseres Sonnensystems und die Prozesse während seiner Entstehung eröffneten sich inzwischen durch drei Neuerungen: bahnbrechende technische Fortschritte in der Nano-Analytik, die Funde ursprünglicher (pristiner) Asteroidenbruchstücke auf der Erde und die »Stardust-Mission« der NASA, die Proben des Kometen Wild 2 ■ und des interstellaren Staubstroms einfing und zur Erde brachte.

Kometenstaub von Wild 2

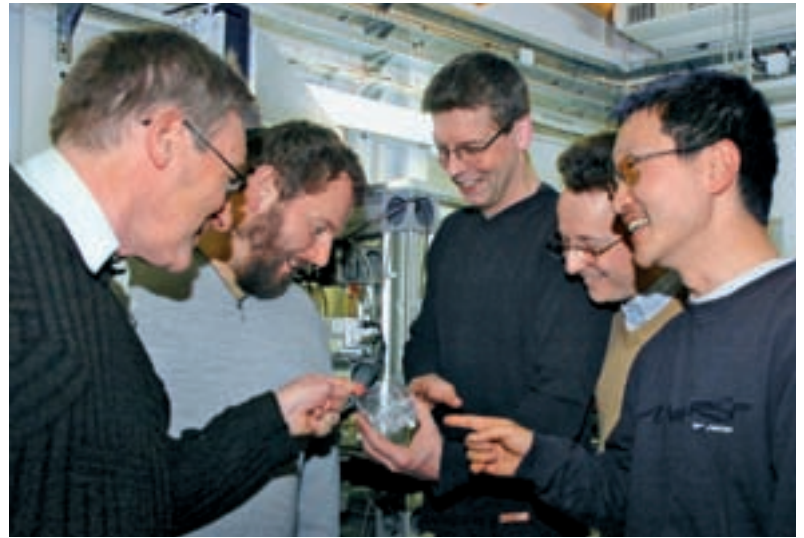
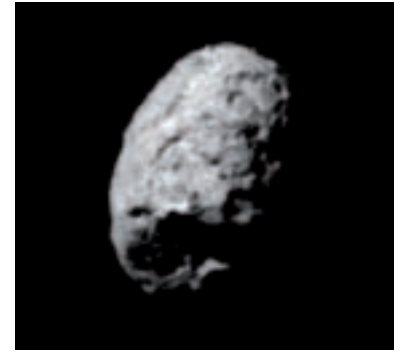
Mit der Stardust-Mission der NASA [siehe »Die Stardust-Mission«, Seite 26] wurde erstmals seit den Mondmissionen wieder Material von einem Himmelskörper

zur Erde gebracht. Eine internationale Arbeitsgruppe **3** unter Leitung von Frank Brenker erhielt den Zuschlag zur Teilnahme an den Untersuchungen dieses exklusiven Materials schon im Rahmen des Voruntersuchungsteams der NASA. Eine von der Arbeitsgruppe entscheidend weiterentwickelte Messtechnik an der European Synchrotron Radiation Facility – ESRF [siehe »Supermikroskop mit Röntgenstrahlen«, Seite 27] – gab den Ausschlag für die Aufnahme ins Team. Später sicherte die enorme Palette an Messverfahren mit hoher Ortsauflösung, die am Institut für Geowissenschaften der Goethe-Universität vorhanden sind, die Zusendung weiterer Kometenstaubproben. **4**

Obwohl die Datenbasis noch relativ klein ist und die Untersuchungen eigentlich gerade erst richtig begonnen haben, konnten wir schon einige bahnbrechende, zum Teil völlig unerwartete und der bisherigen Lehrmeinung konträre Erkenntnisse gewinnen. Bisher war man davon ausgegangen, Kometenstaub enthalte das ursprünglichste, auch während der Bildung unseres eigenen Sonnensystems weitgehend unverändert gebliebene Ausgangsmaterial, die Grundbausteine unseres Sonnensystems: Sie wurden während der Entstehung der Kometen in den kalten äußeren Bereichen des Sonnensystems eingefangen und darin in den letzten 4,56 Milliarden Jahren gewissermaßen auf Eis gelegt. So erwartete man einen hohen Anteil an echtem Sternstaub, der nicht nur einen ungestörten Blick in die Kinderstube unseres Sonnensystems, sondern auch in die Prozesse der Sternentstehung geben sollte. Denn Sterne lieferten den Staub für die Molekülwolken, aus denen letztendlich unser Sonnensystem entstand.

Überraschenderweise ergab aber die Rekonstruktion der chemischen Zusammensetzung des Kometen, an der die Frankfurter Arbeitsgruppe maßgeblich beteiligt war, Werte, die sehr genau der mittleren chemischen Zusammensetzung unseres gesamten Sonnensystems entsprechen. Abgesehen von leicht flüchtigen Elementen hat der Komet eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie die Sonne. Dies wurde bereits als ein erster Hinweis auf eine chemisch gute Durchmischung aller Komponenten in unserem Sonnensystem bis in die Bildungsbereiche des Kometen Wild 2 gewertet. In der Folge bestätigten Detailuntersuchungen diese Vermutung noch weiter. So wurden im Kometenstaub

2 Aufnahme vom Kern des Kometen Wild 2, aufgenommen von der Bordkamera der Raumsonde Stardust bei ihrem Flug durch das Koma des Kometen. Die unruhige Oberfläche des Kometenkerns entsteht größtenteils während der Entgasung in der Nähe der Sonne. Die Bildung einer solchen Vertiefung durch einen Gas-Jet wurde von der Sonde beobachtet. Im Gegensatz hierzu ist die Oberfläche von Asteroiden geprägt durch vielfältige Impaktkrater.

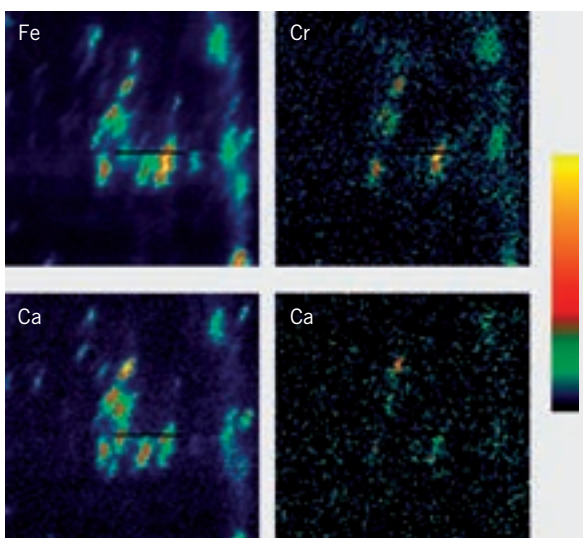


3 Arbeitsgruppe an der European Synchrotron Radiation Facility: von links Christian Riekel, Manfred Burghammer (ESRF, Grenoble, Frankreich), Frank Brenker (Goethe-Universität, Frankfurt), Laszlo Vincze und Bart Vekemans (Ghent University, Belgien)

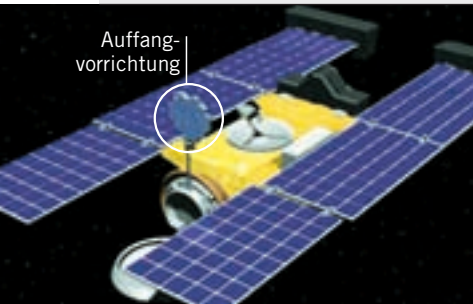
viele Hinweise darauf gefunden, dass die Komponenten bei hohen Temperaturen (zum Teil weit über 1000°C) entstanden wären. Den Höhepunkt stellte der Fund von sogenannten kalzium- und aluminiumreichen Einschlüssen dar. Diese Mineralgemenge kennt man bereits aus den Untersuchungen von Meteoriten, die überwiegend Bruchstücke von Asteroiden sind. Asteroiden bilden einen Gürtel aus Kilometer großen Objekten, welche die Sonne umkreisen. Die Kalzium- und Aluminium-reichen Einschlüsse entstehen durch Kondensation in der Nähe unserer Sonne bei Temperaturen weit über 1000°C. Sie stellen das älteste bekannte Material unseres Sonnensystems dar.

Was können wir daraus schließen, wenn Kometen, die am Rand des Sonnensystems entstanden sind, Komponenten enthalten, die sich etwa zeitgleich bei sehr hohen Temperaturen weiter im Zentrum des Sonnensystems bildeten? Erklären lässt sich das nur durch

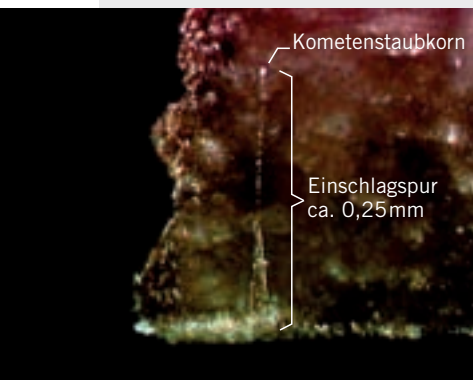
4 Elementverteilungsbilder der Konzentration einzelner chemischer Elemente. Das Bild zeigt den Ausschnitt aus einem Bereich entlang der Einschlagsspur (hohe Konzentrationen gelb, niedrige Konzentrationen dunkelblau). Die Elemente weisen deutlich unterschiedliche Verteilungsmuster auf, was auf eine Vielfalt verschiedener Mineralphasen schließen lässt. Die Konzentrationen können quantitativ erfasst werden und erlauben die Rekonstruktion der chemischen Zusammensetzung der eingefangenen Kometenpartikel und damit des Kometen selbst.



Die Stardust-Mission



Auffangvorrichtung



Kometenstaubkorn

Einschlagspur
ca. 0,25mm

Die Stardust-Sonde führt eine tennis-schlägerförmige Auffangvorrichtung mit sich, die die mit sehr hoher Geschwindigkeit (>20000 km/h) auftreffenden Kometenstaubpartikel auffängt. Das sanfte Abbremsen der Staubkörner erfolgt in einer eigens hierfür entwickelten Hightech-Substanz, dem sogenannten Aerogel, einem Si-Oxid-Glasschaum, der die einzelnen Felder ausfüllt.

Einschlagspur eines typischen Kometenkornes im Aerogel. Die Einschlagrichtung war vom unteren Bildrand. Am Ende der Spur bleibt ein sogenanntes Endkorn liegen, allerdings wird entlang der Spur bereits ein hoher Anteil (bis über 50 Volumen Prozent) des ursprünglichen Kometenstaubes abgerieben.

Direkt durch den Partikel-Schweif des Kometen Wild 2 flog die Sonde der Stardust-Mission. Es war die erste Mission der NASA nach dem Ende des Apolloprogramms zum Mond, die Material von einem anderen Himmelskörper sicher zur Erde brachte. Die Sonde sammelte nicht nur Proben des Kometenstaubs, sondern auch des interstellaren Materiestroms, der durch unser Sonnensystem zieht. Nach einem sieben Jahre dauernden Flug landete die Sonde mit ihrem kostbaren Inhalt am 16. Januar 2006 sicher in der Wüste von Utah. Eingefangen wurden die mit sehr hoher Geschwindigkeit durch das Weltall fliegenden Partikel in einem Aerogel. Das ist extrem poröser »Glasschaum« aus reinem Siliziumoxid, der zu 99,8 Prozent aus Luft besteht. Die Staubpartikel durchschlagen darin Tausende von Nanoglaswänden und werden so relativ schonend auf einer sehr kurzen Distanz (kleiner als ein Millimeter) abgebremst. Die Einfanggeschwindigkeit lag bei 6 Kilometern pro Sekunde (entsprechend 21 600 km/h) im Falle des Kometenstaubs und bei circa 14 Kilometern pro Sekunde (entsprechend 50 000 km/h) im Falle der interstellaren Partikel.

eine unerwartet hohe Dynamik: Es muss einen Materiefluss aus sonnennahen Bereichen bis in die äußeren kalten Zonen unseres Sonnensystems gegeben haben. In Modellen lassen sich diese Bedingungen bisher nur annähernd nachvollziehen, beispielsweise im X-Wind-Modell. Demnach hätten magnetische Winde in der Nähe der Sonne Material weit bis in die Außenbereiche des Sonnensystems transportieren können. Die immense Dynamik sorgte aber gleichzeitig dafür, dass die ursprünglichen Komponenten des Sonnensystems an jedem Ort in gleicher oder zumindest ähnlicher Weise zur Verfügung standen. Dieses Modell nährt Vermutungen zur Entstehung des Lebens, bedenkt man, dass damit die Grundbausteine hierfür an fast jeder Stelle vorhanden waren und zum Beispiel auf dem Mars recht ähnliche Startbedingungen vorlagen wie auf der Erde.

Auf der anderen Seite sind »echte« Sternenstaubkörner eher ein sehr seltener Fund im Kometenstaub. Während der Voruntersuchungen konnte lediglich ein einziges, winziges Sternenstaubkorn entdeckt werden. Möchte man also tatsächlich in Sternentstehungsprozesse schauen, muss man an anderer Stelle suchen. Ursprüngliches (pristines), das heißt seit seiner Bildung vor 4,56 Milliarden Jahren unverändertes Material wird in manchen Meteoriten gefunden.

Sternenstaub

Neben der Rekonstruktion der Urbausteine unseres eigenen Sonnensystems im Rahmen der Stardust-Mission der NASA interessiert sich unsere Arbeitsgruppe vor allem für Körner, die noch älter sind als unsere Sonne. Diese sogenannten »präsolaren Körner« stellen echten Sternenstaub dar, der den Mischungs- und Aufheizungsprozessen während der gesamten über 4,5 Milliarden Jahre dauernden Geschichte unseres Sonnensystems wie durch ein Wunder entkam.

Der mit Abstand höchste Anteil präsolare Körner in einem Meteoriten wurde in dem Stein »Acer094« entdeckt. Bei der Untersuchung dieses exklusiven Materials kooperiert das Institut für Geowissenschaften der Goethe-Universität unter anderem mit dem Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz und dem Institut für Funktionswerkstoffe der Universität Saarbrücken.

Das extrem feine räumliche Auflösungsvermögen der verwendeten Techniken ist dabei ebenso entscheidend wie bei der Analyse von Kometenstaub, denn die Sternenstaubkörner in den kosmischen Proben sind zumeist kleiner als ein tausendstel Millimeter. Um die winzigen präsolaren Körner in den Meteoriten und Kometensplittern aufspüren zu können, benötigt man ein räumlich hochauflösendes Sekundärionen-Massenspektrometer, das »NanoSIMS«. Ein feiner Ionenstrahl aus Cäsium (mit einem Durchmesser von einem zehntel Mikrometer) rastert dabei die Probe ab und misst auf jedem analysierten Punkt die isotopische Zusammensetzung. Die Isotope eines Elements haben gleiche chemische Eigenschaften, aber unterschiedliche Massenzahlen (entsprechend der Anzahl der Neutronen im Atomkern). Die Häufigkeit, mit der die Isotope eines Elements in der Natur auftreten, gibt Auskunft über ihre Herkunft. Sternenstaub erkennt man anhand der isotopischen Anomalien in Elementen wie Sauerstoff und Kohlenstoff. Ihre Zusammensetzung unterscheidet sich grundlegend von derjenigen der anderen Materie unseres Sonnensystems. Das lässt sich nur durch Fusionsprozesse im Inneren von Sternen erklären.

Ist der Sternenstaub durch seine isotopischen Besonderheiten im Meteoriten lokalisiert, muss er für die Analyse im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) herausgeschnitten werden. Denn die Proben dürfen nicht wesentlich dicker sein als etwa 100 Nanometer, damit sie für Elektronen durchstrahlbar sind. Dieser Schritt



ist der heikelste. Mit einem »fokussierten Ionenstrahl« aus Gallium wird das präsolare Korn punktgenau aus der Probe herausgeschnitten. Im Elektronenmikroskop durchstrahlen dann hochenergetische Elektronen (mit einer Beschleunigungsspannung von 200 000 Volt) die Probe. Das Vergrößerungsvermögen dieses Instrumentes ist so hoch, dass sogar einzelne Atomlagen im Kristallgitter abgebildet werden können. Die Untersuchungen erlauben Rückschlüsse auf die Struktur, aber auch die Chemie der untersuchten Körner.

Die isotopischen, chemischen und strukturellen Untersuchungen des Sternstaubkorns ermöglichen es nun, seine Entstehungsgeschichte zu rekonstruieren. In den Winden welches Sternes ist es vor Urzeiten kondensiert und wie? Durch welche Prozesse ist das Korn während seiner Reise durch das interstellare Medium verändert worden? Welche stellaren Umgebungen haben Staub in das Sonnensystem geliefert? Eine unerwartete Entdeckung gelang dabei in Frankfurt: Eines der präsolaren Körner, das nachweislich in den Winden eines Roten Riesensterns kondensiert ist, hat die Kristallstruktur eines Hochdruckminerals, das den größten Teil des unteren Erdmantels ausmacht: Magnesiumperowskit. Aber wie kann diese Mineralmodifikation unter den extrem niedrigen Drücken der Sternatmosphären entstehen? Die plausibelste Erklärung hierfür ist wohl die Umwandlung des Korns in

einer Supernovaschockwelle – einer gewaltigen Explosion, bei der sich der Sternstaub schlagartig verdichtete. Diese Entdeckung ist deshalb so unerwartet, weil man davon ausgegangen war, dass Körner in diesen Schockwellen größtenteils zerstört werden. Der Fund belegt das Gegenteil und zeigt, wie wichtig kombinierte spektrometrische und elektronenmikroskopische Untersuchungen an präsolaren Mineralen sind. Die Ironie dieses Fundes: Man sucht nach Staubkörnern, die lange vor der Entstehung des Sonnensystems in fernen Sternen kondensiert sind und heute noch im interstellaren Raum zu finden sind – und entdeckt stattdessen das häufigste Mineral unseres Planeten Erde!

Interstellarer Staub

Auch in Zukunft sind am Geowissenschaftlichen Institut der Goethe-Universität spektakuläre Funde zu erwarten. Gerade erst hat die Untersuchung der Staubkörner des interstellaren Materiestroms begonnen, die ebenfalls während der Stardust-Mission aufgesammelt wurden. Über die Beschaffenheit (Struktur und Chemie) der Körner, die die einzige Verbindung unseres Sonnensystems mit dem Rest der Galaxie darstellen, hat man bislang nur eine recht grobe Vorstellung. Man geht davon aus, dass während der Mission nur etwa 100 solcher Körner eingesammelt wurden. Bevor sie untersucht werden können, müssen sie erst einmal



Die European Synchrotron Radiation Facility – ESRF – ist eine Europäische Großforschungseinrichtung, an der über 3000 Arbeitsgruppen pro Jahr messen können. Die Synchrotronstrahlung (eine hochenergetische Röntgenstrahlung) wurde einst am großen Bruder CERN entdeckt. Da sich diese Art der Strahlung als äußerst nützlich erwies, wurden hierfür optimierte Messanlagen wie das ESRF entwickelt.

Supermikroskop mit Röntgenstrahlen

Welche Struktur hat der Kometenstaub, und wie ist seine chemische Zusammensetzung? Um diese Fragen beantworten zu können, ohne die Proben zu zerstören, so dass sie anderen Wissenschaftlern für weitere Untersuchungen zur Verfügung stehen, bediente sich unsere Arbeitsgruppe der erstaunlichen Möglichkeiten an der European Synchrotron Radiation Facility – ESRF – in Grenoble. Dieses europäische Großprojekt stellt eine Art Röntgensupermikroskop bereit. Auf einer fast ein Kilometer langen Kreisbahn werden Elektronen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Lenkt man die Elektronen von einer geraden Bahn ab, senden sie eine brillante, hochenergetische Röntgenstrahlung aus, die sogenannte

Synchrotronstrahlung. Ähnlich wie bei einer Röntgenaufnahme des menschlichen Knochengewebes kann man auf diese Weise den Kometenstaub durchleuchten. Die von uns angewandten Methoden erlauben die dreidimensionale Messung der chemischen Zusammensetzung (Röntgenstrahlfluoreszenzanalyse) und des strukturellen Aufbaus (Röntgenstrahlbeugung) des Kometenstaubes.

Den Weltrekord in Präzision hält die Beamline-Nummer ID13 des ESRF: Erst kürzlich erreichte man hier eine Punktauflösung von nur fünf Nanometern. Im Routinemessbetrieb ergibt sich hierdurch immerhin noch eine Fokusbreite von nur 100 Nanometern (1/10000stel eines Millimeters). Zum Vergleich: Ein menschliches Haar ist etwa 1000-mal dicker. Die Messbedingungen lassen sich im Idealfall über

mehrere Tage stabil halten. Die nutzbare Ortsauflösung ist damit um etwa eine Größenordnung besser als bei den Strahlungsquellen in den USA (Argonne National Laboratory) und in Japan (Spring 8).



Messtation ID13 an der European Synchrotron Radiation Facility. Neben der Struktur des Kometenstaubes mittels Röntgenbeugung lässt sich vor allem die chemische Zusammensetzung der Partikel dreidimensional mit einer Ortsauflösung von weniger als 100 Nanometern (ein 10000stel Millimeter) ermitteln.

Kometen und die Entstehung unseres Sonnensystems



Der Komet West, erstmals gesichtet im August 1975, ging wegen seines spektakulären Schweifs in die Geschichte ein.

Vor etwa 4,5 Milliarden Jahren entstand unser Sonnensystem, indem ein Staub-Gas-Gemisch sich zu einer Molekülwolke verdichtete. Zunächst bildeten sich größere Staubkörner, die dann zu noch größeren verklumpten. Beim Zusammenstoß der Klumpen entstanden sogenannte Planetesimale, die in der Nähe der Sonne zu Asteroiden, Kleinstplaneten und Planeten anwuchsen. An den kalten Rändern

des Sonnensystems entstanden zur gleichen Zeit die Kometen. In ihnen wurde das Gas-Staub-Gemisch in einem sehr ursprünglichen Zustand eingefroren. Sie sind daher als Botschafter vergangener Zeiten ein begehrtes Forschungsobjekt. Auch der Asteroidengürtel, der sich zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter befindet, sowie der Kuipergürtel zeugen bis heute von der Entstehung unseres Sonnensystems aus einer Staubwolke. Und auch außerhalb unseres Sonnensystems verdichteten sich Gas-Staub-Gemische an vielen Orten des Universums auch heute noch zu Molekülwolken. Sie sind die Geburtsstätten neuer Sterne.

in den Proben aufgespürt werden. Weltweit suchen zurzeit über 30 000 Laien und Wissenschaftler, die sogenannten »Stardusters«, nach diesen Körnern. Am Bildschirm durchsuchen viele Freiwillige mit großem

Engagement Bilder einzelner Probenausschnitte. Auch für dieses Projekt wurde von der NASA ein relativ kleines Voruntersuchungsteam zusammengestellt, das in den nächsten drei Jahren das kostbare Material untersuchen wird. Zurzeit werden lediglich Untersuchungsmethoden akzeptiert, die vollkommen zerstörungsfrei arbeiten.

Anfang 2008 wurde am Jet Propulsion Laboratory der NASA in Pasadena die erste Probe aus dem Aufnahmehälter der Mission herausgeschnitten und auf direktem Weg zu unserer Messung in Grenoble geschickt. Inzwischen liegen die ersten Ergebnisse vor, aber ein definitiver Nachweis der interstellaren Materie ist noch nicht gelungen. Da die Präparation der Körner inzwischen im Routinebetrieb ohne Verluste möglich ist, wagen wir uns nun auch an die besseren Kandidaten für Material aus dem interstellaren Materiestrom heran. Zweifelsfrei identifiziert wurden bereits sogenannte Sekundärpartikel, die durch den Einschlag von kosmischen Staubpartikeln auf die Sonnensegel entstanden. Diese Staubpartikel enthalten auch Reste vom ursprünglich eingeschlagenen Partikel, und das könnte sich als interstellares Korn erweisen. Hierzu sind aber NanoSIMS-Messungen nötig, die erst in einem weiteren Schritt erfolgen sollen, da diese Untersuchung nicht zerstörungsfrei ist.

Darüber hinaus warten wir gespannt auf den Rücktransport der Proben des Asteroiden Itokawa von der Hayabusa-Mission der japanischen Weltraumorganisation Jaxa. Sie müssten 2010 auf der Erde eintreffen und sollen bereits ein Jahr später an Wissenschaftler in der ganzen Welt gehen. In absehbarer Zukunft wird es erneut Probenrücktransporte von unseren Satelliten vom Mond und später auch von den kommenden Marsmissionen geben. ◆

Die Autoren



Prof. Dr. Frank Brenker, 42, studierte Geologie und Paläontologie an der Technischen Universität Darmstadt und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Nach seiner Doktorarbeit, die er an der Goethe-Universität und der University of Liverpool durchführte, war er Assistent in der Arbeitsgruppe Kosmochemie der Universität Köln. Er ist Mitglied im »preliminary examination«-Team der Stardust-Mission der NASA.

Während mehrerer durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die NASA unterstützter Forschungsaufenthalte in den USA konnte er sein Wissen auf dem Gebiet der extraterrestrischen Forschung erweitern. Anfang 2007 erhielt er die erste Heisenberg-Proffessur der DFG für Naturwissenschaften.



Diplom-Geologe Christian Vollmer, 31, hatte es bereits während seiner Diplomarbeit an der Universität Köln mit winzigen Proben zu tun, die kleiner sind als 0,1 Millimeter. Damals waren es Einschlüsse in Diamanten, die ihn fesselten. Der Sternenstaub, den er seit Oktober 2005 als Doktorand an

der Goethe-Universität und dem Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz untersucht, ist allerdings noch mehrere Größenordnungen kleiner. Sternenforschung begeisterte ihn schon seit seiner Kindheit. Mit dem Studium der Geologie hat sich einer seiner Kindheitsträume erfüllt.



Diplom-Mineralogin Sylvia Schmitz, 28, nahm nach ihrem Abitur 2000 ein geowissenschaftliches Studium an der Universität Potsdam auf, das sie Mitte 2006 mit einem Abschluss in Mineralogie beendete. In der Frankfurter Nano Science-Gruppe arbeitet sie seit zwei Jahren an Material des Kometen Wild 2 aus der NASA-Stardust-Mission.

Sie untersucht es mit dem Transmissions-elektronenmikroskop in Frankfurt und mit von Synchrotronstrahlung induzierter Röntgenfluoreszenzstrahlung am ESRF in Grenoble, Frankreich.

f.brenker@em.uni-frankfurt.de
cvollmer@mpch-mainz.mpg.de
schmitz@em.uni-frankfurt.de
<http://www.mineralogie.uni-frankfurt.de/nanogeoscience/index.html>



■ Eine regenschwere Cumulo-Nimbus-Wolke baut sich über der Schwäbischen Alb auf. Nur etwa jede zehnte Wolke regnet aus. In den meisten Fällen verdampfen die kleinen Wolkentröpfchen wieder. Damit Regentropfen entstehen, die schwer genug sind, um zu Boden zu fallen, müssen die Wolkentröpfchen auf ein Vielfaches ihrer Größe anwachsen.

Wie in Wolken der Regen entsteht

Kristallisationskeime als Schlüssel

Wolken haben einen maßgeblichen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Erde, das Wettergeschehen und das Klima. Sie wissenschaftlich zu beschreiben, ist schwierig – und das erschwert die Niederschlagsvorhersage ebenso wie die Klimamodellierung. Wichtig für die Entstehung von Regen in unseren Breiten sind Eispartikel. Sie machen einen großen Teil der Wolken aus. Doch wie bilden sie sich, und warum sind sie für viele physikalische Prozesse in den Wolken unentbehrlich? Und schließlich: Wirkt sich menschliches Handeln auf die Wolken aus?

**von Joachim Curtius
und
Heinz Bingemer**

Zur Eröffnungsfeier der diesjährigen Olympischen Spiele in Peking gab es nicht nur ein großes Feuerwerk, sondern auch Artilleriefeuer mit Silberjodid-Granaten. Während das Feuerwerk allerdings im unmittelbaren Umfeld des Vogelnest-Stadions gezündet und über das Fernsehen in alle Welt übertragen wurde, fand das Artilleriefeuer fast unbemerkt vor den Toren Pekings statt. Die mehr als 1100 Silberjodid-Granaten sollten am Tag der Eröffnungsfeier verhindern, dass die aufziehenden Wolken über Peking abregneten. Tatsächlich blieb der Regen an diesem Tag aus. Ob dies jedoch dem Zufall oder den chinesischen »Wettermachern«

geschuldet ist, bleibt ungewiss. Silberjodid hat zwar tatsächlich einen Einfluss auf die Entstehung des Regens, die Vorgänge im Einzelnen sind aber viel zu komplex, als dass man einzelne größere Regenwolken oder gar das Wetter allgemein heute wirklich so beeinflussen könnte, dass Ort, Zeitpunkt und Intensität des Regens gezielt im Voraus manipuliert werden könnten.

Wie sich der Regen in unseren Breitengraden bildet, ist inzwischen zumindest im Prinzip verstanden. Wolken entstehen, sobald die relative Feuchte in einer Luftmasse einen Wert von 100 Prozent erreicht. Dies geschieht meist, wenn sich Luftmassen abkühlen,

Bergeron-Findeisen-Prozess

Da die Wassermoleküle im Eis stärker gebunden sind als in flüssigem Wasser, ist bei gleicher Temperatur der Gleichgewichtsdampfdruck über Eisteilchen niedriger als über unterkühlten Wassertröpfchen. Solange sowohl Eispartikel als auch unterkühlte Wassertröpfchen in einer Wolke vorhanden sind, kann sich daher kein Dampfdruckgleichgewicht einstellen. Dies führt dazu, dass ständig Wasser von den unterkühlten Tröpfchen abdampft, da für sie die Gasphase mit Wassermolekülen übersättigt ist, während sich Wassermoleküle auf den Eipartikeln anlagern, denn in Bezug auf die Eispartikel ist die Gasphase übersättigt.

Sobald sich in einer Wolke aus flüssigen Wassertröpfchen

auch Eispartikel gebildet haben, beginnt daher ein Wachstum der Eisteilchen, während die Tröpfchen verdampfen. Diesen Transfer von Wassermolekülen von den Tröpfchen auf die Eiskristalle nennt man den Bergeron-Findeisen-Prozess. Haben die Eispartikel auf diese Weise eine Größe um 50 Mikrometer erreicht, steigt ihre Kollisionswahrscheinlichkeit mit den verbliebenen unterkühlten Tröpfchen deutlich an, und es setzt eine Bereifung der Eiskristalle ein, wobei die unterkühlten Tröpfchen an den Eispartikeln festfrieren. So können die Eispartikel bis zu Größen anwachsen, bei denen sie schließlich schwer genug sind, um aus den Wolken herauszufallen.

während sie aufsteigen. Es bilden sich zunächst kleine, flüssige Wolkentröpfchen, die nur einige Mikrometer groß sind, das heißt kleiner als die Dicke eines menschlichen Haares. Damit aus den kleinen Wolkentröpfchen Regentropfen entstehen, die schwer genug sind, um zu Boden zu fallen, müssen die Wolkentröpfchen auf ein Vielfaches ihrer Größe anwachsen. Dies ist in der Regel nicht der Fall: Die meisten Wolken verdampfen wieder, und nur etwa jede zehnte Wolke regnet aus. **1**

Ohne Eispartikel kein Regen

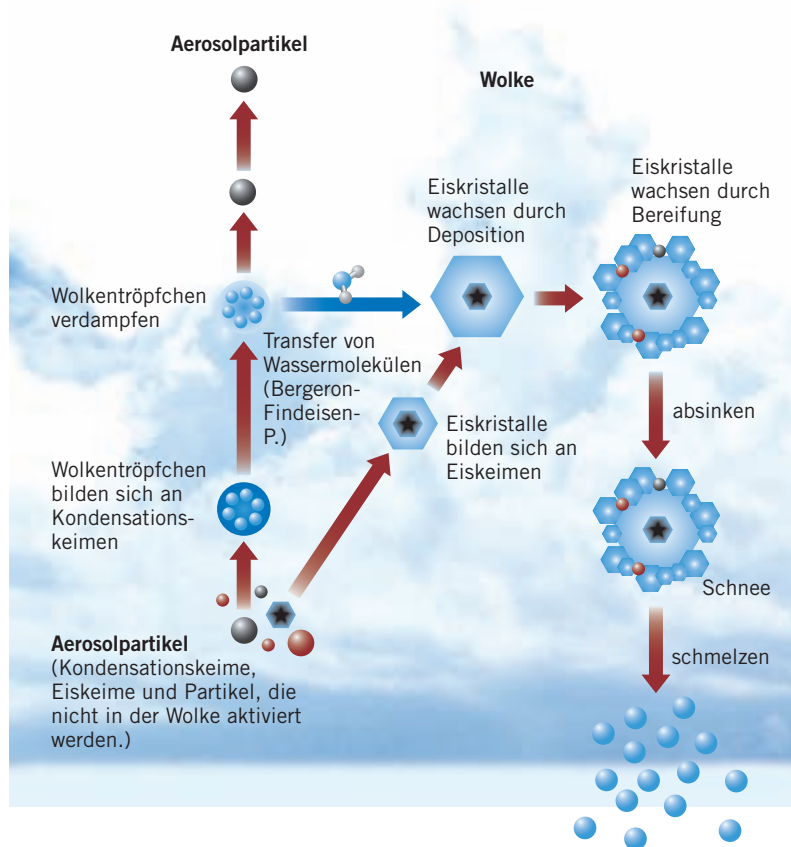
Entscheidend für die Entstehung von Regen ist ein Zusammenspiel von unterkühlten flüssigen Tröpfchen und Eispartikeln. Nur die allerwenigsten Wolkentröpfchen gefrieren tatsächlich schon bei Temperaturen kurz unterhalb von 0 °C. Bis zu Temperaturen von -38 °C können sie flüssig bleiben, ohne zu gefrieren. Im Temperaturbereich zwischen 0 °C und -38 °C – das entspricht in unseren Breiten etwa den untersten sieben bis acht Kilometern der Atmosphäre – entstehen zunächst nur einige wenige Eispartikel. Jedes dieser Eispartikel benötigt zu seiner Entstehung einen Eiskeim. Nur die Eispartikel können in den Wolken so groß anwachsen, dass sie schwer genug sind, um aus der Wolke herauszufallen und dann als Regen, Graupel, Hagel oder Schnee den Boden zu erreichen.

Die Wolken, in denen sowohl Eispartikel als auch unterkühlte Flüssigkeitströpfchen gleichzeitig vorkommen, werden Mischphasenwolken genannt. **2** Die unterkühlten Flüssigkeitströpfchen verdampfen in diesen Wolken, und der Wasserdampf lagert sich dann an den Eispartikeln an [siehe »Bergeron-Findeisen-Prozess«. Dadurch wachsen die Eispartikel zunächst bis zu einer Größe von etwa 50 Mikrometern an. Danach erfolgt das weitere Wachstum hauptsächlich durch Zusammenstöße der Eispartikel mit den kleinen unterkühlten Tröpfchen, die an den Eispartikeln festfrieren. So wachsen die Partikel auf Größen von mehr als 100 Mikrometern an und werden so schwer, dass sie aus den Wolken herausfallen. In wärmeren Luftschichten schmelzen sie dann häufig wieder und erreichen als flüssige Regentropfen den Boden. Die Eispartikel sind also ganz wesentlich an der Entstehung des Regens beteiligt.

Warum gefrieren die meisten Tröpfchen auch weit unterhalb von 0 °C nicht? In der Regel fehlt ihnen ein Eiskeim, der eine geeignete feste Oberfläche für das Wachstum des Eiskristalls bietet. Die meisten in der Atmosphäre schwebenden Partikel (Aerosole) sind flüssig, zum Beispiel Sulfattröpfchen oder organische Partikel. Bei den wenigen festen Partikeln kommt es dann auf die chemische Beschaffenheit, die Größe und die Oberfläche der Partikel an, ob sie sich als Eiskeim eignen. Gute Eiskeime sind Partikel, deren Kristallstruktur derjenigen von Eis ähnlich ist. Dazu gehört das in Peking verwendete Silberjodid. Die Kristallgitter von Eis und Silberjodid sind fast identisch, und deshalb fungiert Silberjodid schon bei Temperaturen von -4 °C als Eiskeim.

Bakterien und künstlicher Schnee

Noch bessere Eiskeimeigenschaften besitzt ein Protein, das in *Pseudomonas-syringae*-Bakterien vorkommt.^{1/1} Diese Bakterien, die vor allem auf verrottenden Blättern und anderen Pflanzenresten zu finden sind, wir-



2 Bildung von Regentropfen in Mischphasenwolken, die aus Eispartikeln und unterkühlten Flüssigkeitströpfchen bestehen. Die Eispartikel wachsen, indem sie den Wasserdampf der verdampfenden Flüssigkeitströpfchen anlagern. Haben die Partikel eine Größe von etwa 50 Mikrometern erreicht, häufen sich die Zusammenstöße mit den unterkühlten Tröpfchen, so dass diese an den Eispartikeln festfrieren (Bereifung). Ab einer Größe von 100 Mikrometern werden die Eispartikel so schwer, dass sie aus den Wolken herausfallen.

ken schon bei Temperaturen von $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ als effiziente Eiskeime. Diese Proteine werden daher dem Wasser für Schneekanonen zugesetzt, um die Schneebildung bei möglichst hohen Temperaturen zu ermöglichen. Nun kommt Silberjodid aber normalerweise nicht in der Atmosphäre vor, und auch die *Pseudomonas-syringae*-Bakterien können zwar am Erdboden die Eisbildung auslösen, sie gelangen aber kaum massenhaft in die Atmosphäre, um dort in den Wolken als Eiskeime zu dienen.

Interessanterweise wirkt nur etwa eines von mehreren 10000 Aerosolpartikeln als Eiskeim. Während sich in der Luft ständig in jedem Kubikzentimeter viele Hunderte Schwebeteilchen aufhalten (der berühmte »Feinstaub«), findet man darunter nur einige Dutzend Eiskeime pro Liter Luftvolumen. Was zeichnet diese seltenen Eiskeime aus? Genau diese Frage ist ein zentrales Thema des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereichs »Die Troposphärische Eisphase«, in dem Forscher der Universität Frankfurt, der Universität Mainz, der Technischen Universität Darmstadt, des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz und des Instituts für Troposphärenforschung in Leipzig gemeinsam die Rolle von Eis in der unteren Atmosphäre untersuchen.

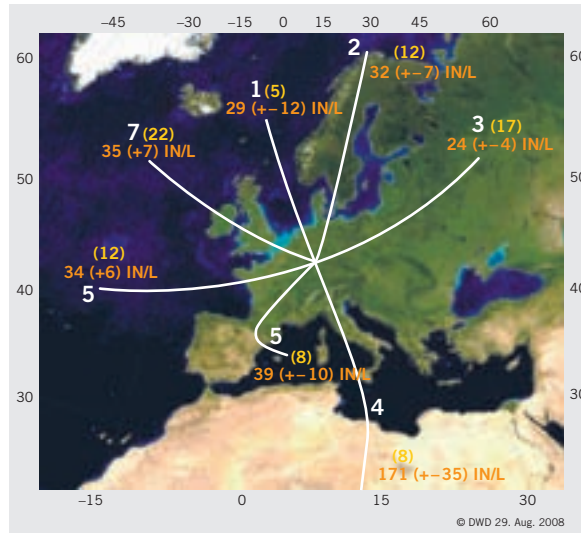
Seltene Eiskeime in der Troposphäre

Im Rahmen von »TROPEIS« haben wir in den letzten vier Jahren unter anderem Messverfahren entwickelt, mit denen wir die Konzentration und die chemische Zusammensetzung der Eiskeime in der Luft messen können. Es gibt nur eine direkte Methode herauszufinden, welche Partikel aus der Vielzahl atmosphärischer Aerosolpartikel in der Lage sind, in der Atmosphäre als Eiskeim zu wirken. Sie besteht darin, diese Partikel den entsprechenden Bedingungen in der Wolke auszusetzen. Dazu unterkühlt man sie wie in der Wolke unter den Gefrierpunkt von Wasser und setzt sie einer mit Wasserdampf übersättigten Umgebung aus. (Die Übersättigung bezieht sich auf den Dampfdruck über Eis.) Unter diesen Bedingungen wird nun beobachtet, an welchen der Partikel das Eis wächst.

Je nach gegebener Aufgabenstellung haben wir zwei unterschiedliche Verfahren eingesetzt, um die Eiskeime zu zählen. Für zeitlich hochaufgelöste Messungen konstruierten wir den schnellen Eiskeimzähler FINCH. Wir leiten vor Ort eine atmosphärische Probe in einen Strömungsreaktor, in dem die entsprechende Unterkühlung und Wasserübersättigung eingestellt sind. Die sich entwickelnden Eiskristalle werden direkt und in der Luft schwebend mit einer Spezialoptik von den unterkühlten Tröpfchen unterschieden und gezählt.^{/2/} Diese schnelle Messmethode wird beispielsweise auf dem neuen Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) im kommenden Jahr erstmals zum Einsatz kommen. Für die Messung der mittleren Eiskeimkonzentration der Luft reichern wir dagegen eine Probe des atmosphärischen Aerosols auf einem Probenträger an und analysieren diesen danach im Eiskeimzähler FRIDGE im Labor.^{/2/}

FRIDGE zählt Eiskeime

In den Computermodellen der Wetterdienste zur Vorhersage von Niederschlägen verwendet man in Ermangelung aktueller Eiskeim-Daten bisher die »globale mittlere« Eiskeimkonzentration, um den Zeitpunkt



Am Observatorium auf dem Kleinen Feldberg im Taunus haben wir in einer Zeitreihen-Messung Luftmassen beprobt und auf Eiskeime untersucht. Die elektronenmikroskopische Analyse individueller Eiskeime erlaubt die Rekonstruktion der Haupt-Transportwege von Mineralstaub, der bis zu 3000 Kilometer aus der Sahara bis zur Messstation zurückgelegt hat. Die roten Zahlen geben die mittleren Eiskeimkonzentrationen der beprobten Luftmassen an. Die orangenen Zahlen geben die Anzahl der untersuchten Fälle an.^{/3/}

zu ermitteln, an dem die niederschlagsentscheidende Eisphase einsetzt. Wir wollten wissen, ob sich die Vorhersagen verbessern lassen, wenn man stattdessen die situationspezifische »wahre« Eiskeimkonzentrationen einsetzt. Dazu haben wir mit unseren Projektpartnern zunächst für einige Monate eine Zeitreihe der Eiskeimkonzentrationen für die Luftmassen Mitteleuropas und des Nahen Ostens gemessen. Die Messstellen waren

Literaturangaben

^{/1/} Möhler, O., DeMott, P.J., Vali, G, and Levin, Z. *Microbiology and atmospheric processes: the role of biological particles in cloud physics Biogeosciences*: 4, 1059–1071, 2007.

^{/2/} Bundke, U., B. Nillius, R. Jaenicke, T.Wetter, H. Klein, and H. Bingemer: *The Fast Ice Nucleus Chamber FINCH*, Atmos. Res., in press.

^{/3/} Klein, H., et al. poster presented at *International Conference on Clouds and Precipitation*, Cancun, Mexico, 2008.

^{/4/} Mertes, S., Verheggen, B., Walter, S., Conolly, P., Ebert, M., Schneider, J., Bower, K.N., Cozic, J., Weinbruch, S., Baltensperger, U. and Weingartner, E. *Counterflow virtual impactor based collection of small ice particles in mixed-phase clouds for the physico-chemical characterization of tropospheric ice nuclei: Sampler description and first case study* *Aerosol Science and Technology*, 41, 848–864, 2007.

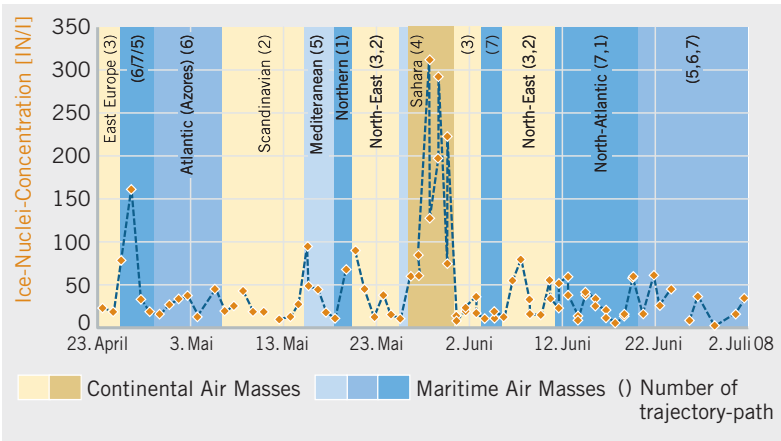
^{/5/} Kamphus, M., M. Ettner-Mahl, M. Brands, J. Curtius, F. Drewnick and S.

Borrmann, *Comparison of Two Aerodynamic Lenses as an Inlet for a Single Particle Laser Ablation Mass Spectrometer* *Aerosol Science and Technology*, 42, 970–980.

^{/6/} Kamphus, M., M. Ettner-Mahl, F. Drewnick, S. Borrmann, L. Keller, D.J. Cziczo, S. Mertes and J. Curtius *Chemical composition of ambient aerosol, ice nuclei, cloud condensation nuclei of supercooled drops in mixed-phase clouds: The Cloud and Aerosol Characterization Experiment (CLACE 6) at the Jungfraujoch Alpine Station* submitted to *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 2008b.

Allgemein: Cantrell, W. and Heymsfield, A. *Production of ice in tropospheric clouds* *Bull. Am. Met. Soc.*, 86, 795–807, 2005.

Pruppacher, H.R., and Klett, J.D. *Microphysics of Clouds and Precipitation* 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NL, 2000.



4 Zeitreihe der Konzentration von Eiskeimen in der Luft am Taunus Observatorium. Auffällig ist die Saharastaub-Episode vom 28. bis 30. Mai 2008, die zu einer zehnfach erhöhten Konzentration der Eiskeime führte.¹³¹

am Taunus Observatorium der Universität Frankfurt und an der Universität Tel Aviv. Die Projektpartner an den Universitäten Mainz und Tel Aviv haben dann mit numerischen Modellen untersucht, welchen Einfluss die beobachtete Variabilität der Eiskeime auf die Wolken- und Niederschlagsentwicklung hat.

Zur Bestimmung der Eiskeimkonzentration in FRIDGE (**FR**ankfurt Ice nuclei **D**eposition freezin**G** Experiment) entnehmen wir der Atmosphäre eine repräsentative Aerosolprobe. Dazu werden die Aerosolpartikel eines Luftprobenstroms in einem neu entwickelten elektrostatischen Aerosolabscheider elektrisch geladen und auf einem Silizium-Probenträger deponiert. Dieser Probenträger wird danach im Eiskeimzähler FRIDGE Unterkühlung und Wasserdampfübersättigung ausgesetzt. Nachdem die Eiskeime in der Probe »aktiviert« worden sind, entstehen Eiskristalle, die mit einer CCD-Kamera abgebildet und automatisch gezählt werden. Da die Koordinaten der einzelnen Eiskristalle auf dem

Siliziumträger durch die Abbildung bestimmt sind, können auch ihre chemischen und morphologischen Eigenschaften individuell elektronenmikroskopisch untersucht werden. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Umweltmineralogie der Technischen Universität Darmstadt mit einem Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM). Hieraus ergeben sich Hinweise auf die Natur und Herkunft der Eiskeime.

Woher kommen die Eiskeime?

Die Zeitreihe unserer bisherigen Messungen mit dem neu entwickelten System am Observatorium auf dem Kleinen Feldberg im Taunus weist beispielsweise als markantes Ereignis eine Saharastaub-Episode vom 28. bis 30. Mai 2008 auf, während der die Spitzenwerte der Eiskeimkonzentration etwa zehnfach überhöht sind.¹³¹ 4 Die meteorologische Analyse und die elektronenmikroskopische Analyse individueller Eiskeime belegen den Transport von Mineralstaub aus der zentralen Sahara (Algerien/Libyen) über zirka 3000 Kilometer. 5 Da wir die Probenahme im Feld und die nachfolgende Probenanalyse im Labor trennen, können wir auch relativ unzugängliche Orte beproben. So werden wir in diesem Winter Proben analysieren, die amerikanische Kollegen von einem Fesselballon aus am Südpol sammeln werden.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs »TROPPEIS« und in Kooperation mit der Universität Manchester, der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich und dem schweizerischen Paul-Scherrer-Institut haben wir auch zwei größere Messkampagnen auf der hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch durchgeführt. 6 Die Messstation befindet sich in 3580 Metern Höhe auf dem Bergsattel zwischen den Gipfeln von Jungfrau und Mönch. Die Station ist im Winter häufig in Wolken gehüllt, bei Temperaturen von -15 bis -20 °C. Dort können wir also direkte Messungen in Mischphasenwolken vornehmen. 7

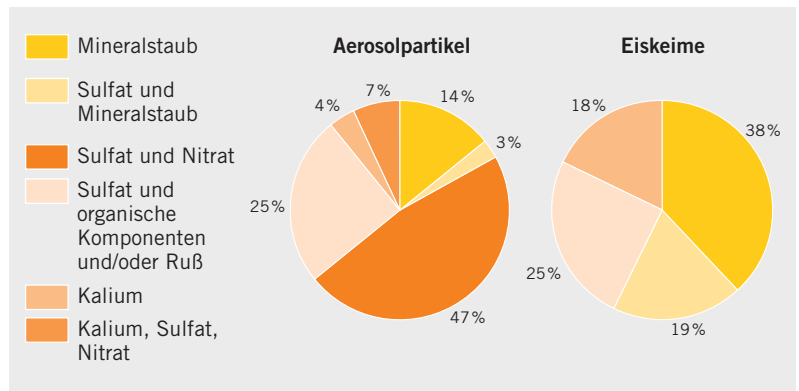


6 Die Forschungsstation Jungfrauoch in 3580 Metern Höhe bietet Gelegenheit, Eispartikel direkt in den Wolken zu untersuchen. In einem hochempfindlichen Partikel-Massenspektrometer können wir die chemische Zusammensetzung der Eiskeime analysieren. Da die Forschungsstation nicht immer von Wolken umgeben ist und die Eiskeime zudem selten und sehr klein sind, kommen in einer Messzeit von vier Wochen nur etwa 350 Eiskeime zusammen.



7 Eine Probenahme von Eispartikeln in den Wolken auf der Forschungsstation Jungfrauoch ist eine frostige Angelegenheit. Sie geschieht glücklicherweise im Regelfall automatisch.

Die Grafik zeigt die Häufigkeit, mit der Hintergrundaerosolpartikel und Eiskeime von den gezeigten chemischen Komponenten dominiert werden. Die Daten entstammen der massenspektrometrischen Analyse von etwa 10000 Hintergrundpartikeln und etwa 350 Eiskeimen, die am Jungfraujoch im Februar und März 2007 gemessen wurden. Bei den Hintergrundpartikeln sind Sulfate, Nitrate und organische Verbindungen die häufigsten Aerosolkomponenten. Bei den Eiskeimen ist der Anteil von Partikeln, die hauptsächlich aus Mineralstaubkomponenten bestehen, stark überhöht. Stark kaliumhaltige Partikel, die mineralischen Ursprungs sein können oder aus Biomassenverbrennung stammen, treten ebenfalls als Eiskeime überproportional häufig auf. In vielen Eiskeimen wurden auch Anteile von Schwermetallen gefunden, relativ unabhängig davon, was die dominierende chemische Komponente ist.^{16/}



Um die Eiskeime analysieren zu können, müssen sie zunächst von allen anderen Partikeln abgetrennt werden: Mithilfe eines speziellen Einlasssystems werden in einem mehrstufigen Verfahren nur die kleinen, frisch gebildeten Eispartikel in einem trockenen und warmen Luftstrom zu den Messgeräten geleitet, während die übrigen Aerosolpartikel, die unterkühlten flüssigen Wolkentröpfchen und die bereits bereiften Eispartikel sehr effizient von den frisch gebildeten Eispartikeln abgetrennt werden.^{14/} Die Eispartikel verdampfen in der warmen Luft auf dem Weg zum Messinstrument. Übrig bleibt nur der ursprüngliche Eiskeim, der eine Größe von weniger als ein Mikrometer besitzt. Dieser wird dann vor Ort in einem hochempfindlichen Partikel-Massenspektrometer auf seine chemische Zusammensetzung hin analysiert.^{15/} Da die Eiskeime so selten und so klein sind und die Forschungsstation nicht immer von Wolken umgeben ist, waren etwa vier Wochen Messzeit auf der Forschungsstation Jungfraujoch nötig, um 350 einzelne Eiskeime zu analysieren.

Beeinflusst der Mensch die Wolkenbildung?

Die Messungen zeigen, dass vor allem natürliche Mineralstaubpartikel atmosphärische Eiskeime bilden. Elemente wie Silizium, Kalzium, Aluminium und deren Oxide finden sich besonders häufig in den Eiskeimen. Sie bilden die bestimmende Fraktion der Eiskeime, während sie nur einen kleinen Teil des Hintergrundaerosols ausmachen. Wir fanden aber auch Hinweise auf Partikel, die aus anthropogenen Quellen stammen und die zum Beispiel Schwermetalle enthalten, mit erhöhter Häufigkeit in den Eiskeimen. Weiterhin wurde eine Gruppe stark kaliumhaltiger Partikel identifiziert, die entweder mineralischen Ursprungs sind oder aus der Verbrennung von Biomasse stammen.^{16/}

Als Nächstes wollen wir untersuchen, ob Eiskeime, die durch den Menschen verursacht in die Atmosphäre gelangen, tatsächlich die Eigenschaften der Wolken verändern und so den Niederschlag und das Klima beeinflussen. Dies ist sowohl auf der regionalen als auch auf der globalen Skala von großem Interesse. Auf der regionalen Skala könnte dies einen Einfluss auf den Niederschlag im Abwind von Ballungsräumen und Industriegebieten haben. Auf der globalen Skala können schon kleine Veränderungen der mittleren Eiskeimkonzentrationen und ihrer Eigenschaften zu signifikanten Änderungen der Strahlungseigenschaften und der Lebensdauern der Wolken führen. Und das hätte einen direkten Einfluss auf das Erdklima. ♦

Die Autoren



Prof. Dr. Joachim Curtius, 39, ist Professor für Experimentelle Atmosphärenforschung am Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität. Er studierte Physik in Heidelberg und promovierte dort. Nach einem zweijährigen Post-Doc bei der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in Boulder, CO, USA, arbeitete er als

wissenschaftlicher Assistent am Institut für Atmosphärenphysik der Universität Mainz, bevor er 2007 an die Goethe-Universität berufen wurde. Er befasst sich mit der Charakterisierung von Partikeln in der Atmosphäre und mit Nukleationsprozessen, insbesondere der Neubildung von Aerosolpartikeln und der Entstehung von Eis. Hierbei kommen massenspektrometrische und optische Methoden zum Einsatz. Curtius leitete ein Teilprojekt des Sonderforschungsbereichs »Die Troposphärische Eispfase« und koordinierte die Messkampagnen an der Forschungsstation Jungfraujoch. Zu den Arbeiten haben insbesondere beigetragen: Prof. Stephan Borrmann, Dr. Ulrich Bundke, Dr. Michael Kamphus, Diplom-Meteorologe Holger Klein, Dr. Stephan Mertes, Diplom-Meteorologe Björn Nillius, Prof. Ulrich Schmidt und Prof. Stephan Weinbruch. Unterstützt wurde das Projekt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie der Stiftung Hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch und Gernergrat (HFSJG). Curtius ist Koordinator des 2008 angelaufenen EU-Doktorandennetzwerks »CLOUD-ITN«, in dem der mögliche Einfluss von kosmischer Strahlung auf die Aerosol- und Wolkenbildung in einem Experiment am CERN untersucht wird.

Dr. Heinz Bingemer, 56, ist akademischer Oberrat am Institut für Atmosphäre und Umwelt. Er leitet das Taunus Observatorium der Universität auf dem Kleinen Feldberg im Taunus und ist wissenschaftlicher Sekretär des SFB 641, in dem er zwei Teilprojekte hat. Er studierte Meteorologie an der Universität Frankfurt und promovierte dort. Von 1984 bis 1990 forschte er als Stipendiat der MPG und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz, seit 1990 an der Universität Frankfurt. Neben den Arbeiten zum atmosphärischen Aerosol gehören vor allem experimentelle Feldstudien zum Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean sowie Atmosphäre und terrestrischer Biosphäre zu seinem Forschungsschwerpunkt.



Curtius@iau.uni-frankfurt.de
 bingemer@iau.uni-frankfurt.de
<http://www.sfb641.uni-frankfurt.de/index.html>

Megacities am Rande des Kollaps?

Von Slums und »Gated Communities«: Wie der städtische Raum zerfällt

von **Susanne Heeg**

Mumbai, Mexico City, Lagos und Kairo – das sind Megacities des neuen Jahrtausends. Sie leiden ausnahmslos unter ähnlichen Problemen: Mehr als die Hälfte der Einwohner lebt von unregelmäßigen Einkünften in den Slums am Rande der Metropolen. Die soziale Polarisierung wächst ebenso wie das Sicherheitsproblem. Wo das staatliche Gewaltmonopol zunehmend zerfällt, nutzen private Akteure ihre Chance, um Sicherheit zu schaffen und Gebiete zu kontrollieren – nicht selten gewaltsam.

Die rapide Verstädterung der Erde ist seit Langem ein Thema in der geografischen Forschung. Besonders rasant wachsen die Städte in den Ländern des Südens: Während die Einwohnerzahl in Städten des Nordens von 1950 bis 2000 im Durchschnitt um das 2,4-Fache anstieg, war es in den Städten des Südens das 7,4-Fache (Bronger 2004). Gegenwärtig befinden sich zwei Drittel aller Megacities – das sind Städte mit mehr als fünf Millionen Menschen – im globalen Süden. Bis 1940 gehörten nur Städte der Ersten Welt zu den Giganten: Tokio, New York, London, Paris, Osaka-Kobe; Shanghai passierte als erste Stadt des Südens in den 1950er Jahren die Fünf-Millionen-Grenze. Gegenwärtig geht man von 34 Megastädten im Süden aus. ■

Die starke Zunahme der Bevölkerung, hervorgerufen durch hohe Zuwanderung und steigende Geburtenraten, wird in der gesellschaftlichen wie in der wis-

senschaftlichen Diskussion überwiegend als Sprengstoff thematisiert, der zu explodieren droht, weil das sozial-, wirtschafts- und naturräumliche Gefüge völlig überlastet sei. Die Betrachtung der Megacities konzentriert sich überwiegend auf Probleme: ungebremstes Wachstum, Unkontrollierbarkeit und die damit verbundenen Probleme im Bereich von Verkehrs- und Gesundheitsinfrastruktur, ökologische Schäden durch hohen Ressourcenverbrauch, Ausdehnung der Siedlungstätigkeit in naturräumlich sensiblen Bereichen, Sicherheitsprobleme und Kriminalität; Grenzen der staatlichen Kontrolle, massenhafte Armut und elitärer Reichtum.

Schuldenkrise, Willkürherrschaft und die Folgen

Viele Länder des Südens sind infolge von Schuldenkrise, Strukturanpassungen, politischer Willkürherr-



schaft von erhöhter Armut und Ungleichheit geprägt; das hinterlässt in den Megacities deutliche Spuren. Megacities sind Orte hoher sozialstruktureller und ökonomischer Dynamik; sie sind Orte, an denen sich Arbeits- und Erwerbsmöglichkeiten sowie Hoffnungen auf ein (gutes) Auskommen konzentrieren. Mit den Maßnahmen der Strukturanpassung wurden aber Hoffnungen und Aussichten zunehmend enttäuscht: Eine Reduzierung öffentlicher Ausgaben bedeutet beispielsweise eine abnehmende Anzahl von öffentlich Beschäftigten, eine zurückgehende Finanzierung sozialpolitischer Maßnahmen im Bereich von Wohnungsbau und Gesundheitsversorgung. Weiterhin wird beispielsweise weniger – beziehungsweise teileräumlich selektiv – in Infrastrukturen der Energieversorgung, Wasser, Bildung, des Öffentlichen Nahverkehrs investiert; weniger Mittel fließen in die importsubstituierenden Industrien, und nationale Schlüsselindustrien werden privatisiert, um staatliche Schuldenlasten zu reduzieren. Dies wirkt sich negativ auf die Lebensbedingungen breiter Bevölkerungsschichten in den Megacities der Welt aus.

Die Verstädterung, die sich am Anteil städtischer Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung eines Landes ablesen lässt, nahm insbesondere in Ländern des Südens zwischen 1975 und 2005 zu; dies hängt damit zusammen, dass es in diesen Ländern noch eine große ländliche Bevölkerung gibt, die in die Städte wandern kann. Die Wanderungsbewegung ist in diesem Zeitraum vor allem darauf zurückzuführen, dass große Teile der ländlichen Bevölkerung im Zuge wirtschaftlicher Liberalisierungen und Öffnungen ihre Erwerbsgrundlage verloren hatten und in den Städten ihr Glück suchten. Frühere Ursachen der Landflucht – und damit des Städtewachstums – sind koloniale Aufstandsbekämpfung und nationale Unabhängigkeitsbestrebungen gewesen, die Flüchtlingsströme in die Städte als vermeintlich sicherere Orte bewirkten. Die Folgen sind gravierend: Die Landflucht führt zur Ausbreitung von Siedlungen in und am Rand von Städten. Die Arbeitslosigkeit steigt, formelle, staatlich regulierte und kontrollierte Beschäftigungsverhältnisse verlieren an Bedeutung. An ihre Stelle treten informelle Ökonomien, dazu gehören die Herstellung und der Verkauf von Produkten auf lokalen Märkten und einfache Dienstleistungen, wie sie Schuhputzer, Hausangestellte, Heimarbeiter und Mikrounternehmer mit weniger als fünf Mitarbeitern erbringen. Die Mehrzahl der informell Beschäftigten kann der sozial marginalisierten Bevölkerung zugerechnet werden, doch arbeiten zunehmend auch Angehörige der Mittelschicht im informellen Sektor.

Von der Ausdehnung der informellen Ökonomie

Der UN-Habitat-Bericht von 2003 zeigt, dass die Arbeit im informellen Sektor im Vergleich zum formellen Sektor deutlich zugenommen hat: 33 bis 40 Prozent der Arbeitskräfte in Asien, 60 bis 75 Prozent

Die brasilianische Wirtschaftsmetropole São Paulo mit mehr als 17 Millionen Einwohnern rangiert auf Platz 5 der Megacities. Nach einer Untersuchung von Städteplanern wächst die Bevölkerung in den Armenvierteln São Paulos jedes Jahr um etwa 6 Prozent, in den reicheren Gegenden dagegen nur um 1,5 Prozent. São Paulo ist in den vergangenen 30 Jahren ringförmig um etwa 1100 Quadratkilometer gewachsen.

Rang (1990)	Metropole	Einwohner (in Tsd.)	Metropolisationsquote
1 (1)	Tokio	33 413	26,3
2 (2)	Seoul	20 379	42,2
3 (6)	Mumbai (früher Bombay)	18 576	1,8
4 (3)	Mexiko City	17 660	18,1
5 (4)	Sao Paulo	17 276	10,2
6 (7)	Jakarta	16 853	8,2
7 (11)	New York	15 885	5,6
8 (12)	Kairo	14 793	21,4
9 (13)	Manila	13 930	18,2
10 (10)	Kalkutta	13 790	1,3
11 (14)	Delhi	13 783	1,3
12 (9)	Los Angeles	12 366	4,4
13 (8)	Osaka-Kobe	12 260	9,7
14 (16)	Shanghai	11 778	0,9
15 (11)	Buenos Aires	11 454	31,8
16 (-)	Dhaka	9 983	7,7
17 (20)	Karachi	9 920	7,1
18 (15)	Paris	9 644	16,3
19 (18)	Rio de Janeiro	8 732	5,1
20 (-)	Beijing	8 503	0,7

1 Die größten Städte der Erde um 2000: Durch den Rangvergleich von 1990 (Zahl in Klammern) und 2000 wird deutlich, wie dynamisch sich einige Städte entwickelt haben. »Metropolisationsquote« bezeichnet den Bevölkerungsanteil der Gesamtbevölkerung, der in Millionenstädten lebt. (Quelle: Bronger 2004: 174)

Rang nach Einwohnerzahl (2000)	Rang nach BIP 1996 / in () nach Einwohnerzahl 2000
1. Tokio	Tokio (1)
2. Mexiko-Stadt	New York (3)
3. New York	Los Angeles (8)
4. Seoul	Osaka (9)
5. Sao Paulo	Paris (25)
6. Mumbai	London (19)
7. Delhi	Chicago (26)
8. Los Angeles	San Fransisco (35)
9. Osaka	Düsseldorf (46)
10. Jakarta	Boston (48)

2 Bevölkerung im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den zehn größten Städten der Welt. Beim Vergleich der Einwohnerzahl von 1 mit 2 fallen divergierende Zahlen auf. Je nachdem, welche Definition und Abgrenzung dem Begriff »Megacity« zugrunde liegt, gibt es unterschiedliche Zuordnungen. Wichtig ist, ob die politischen Grenzen einer Stadt als Bezugsgröße gewählt werden oder der städtische Verdichtungsraum. Dies bedeutet, dass unterschiedliche Zahlen »richtig« sein können. (Quelle: Davis 2004:18)

in Zentralamerika, 57 Prozent in Südamerika und 60 Prozent in Afrika arbeiten im informellen Sektor. Dahinter verbirgt sich, dass die Unsicherheit in Beschäftigungs-, Einkommens- und weiteren sozialen Verhältnissen deutlich gestiegen ist. Die Menschen arbeiten häufig ohne jede Sozialversicherung auf geringem Einkommens- oder Lohnniveau. Nicht selten leben sie in prekären Wohnsituationen, das Gesundheits- und Bildungssystem bleibt für sie und auch die nachfolgende Generation unerschwinglich. Aus all dem resultieren soziale Polarisierungen und räumliche Fragmentierungen in Städten.

Die Slums als »Armutsfalle«?

Mit starker Zuwanderung und unsicheren Einkommensverhältnissen dehnen sich die Slums immer wei-



Zwei Drittel aller Megacities liegen im globalen Süden – so auch Dhaka, die Hauptstadt von Bangladesch, mit fast zehn Millionen Einwohnern. Die Verstädterung in den Ländern des Südens hat in den vergangenen 30 Jahren enorm zugenommen. Hoffnung auf ein besseres Leben in der Stadt ist meist der Anlass der starken Zuwanderung, führt aber nicht selten in die Armutsfalle der Slums.

schen, die gegenwärtig in Slums leben, leben rund 946 Millionen, das heißt die überwiegende Mehrheit, in Entwicklungs- und Schwellenländern. In der wissenschaftlichen Diskussion überwiegt ein Bild von Slums als »Armutsfalle«, da sich dort ungesicherter Aufenthalt und fehlender rechtlicher Schutz mit instabilen Erwerbsverhältnissen verbinden; es gibt jedoch auch Stimmen, welche das produktive und angesichts schwieriger Lebensbedingungen kreative Potenzial der Bewohner betonen. Slums sind jedoch nur eine Ausdrucksform für die Unterversorgung mit Wohnraum in Megacities.

Für viele Zuwanderer in die Megacities des Südens genießt innerstädtischer Wohnraum eine hohe Priorität: Der Weg zu Arbeitsmöglichkeiten ist kürzer, die Fahrtkosten sind geringer. Da es im Stadtzentrum jedoch kaum bezahlbaren Wohnraum gibt, werden andere Wohnformen gesucht. Ein Ausdruck dafür sind Schlafplätze auf Dächern, in Gegenden mit schlechter Wohnqualität, unter Überführungen und an Bahnhöfen. Dies bedeutet zwar niedrige oder gar keine Miete, aber auch keinen gesicherten Status. Darüber hinaus besetzen Zuwanderer öffentlichen Boden an den Rändern der Städte. Für Bewohner in Notbehauungen auf besetztem Land investiert die öffentliche Hand meist nicht in die notwendige Infrastruktur wie Energie, Wasser und Verkehrsanbindung. Die problematische Wohnraumversorgung sowohl in den Innenstädten als auch am Rande charakterisiert diese Megacities. Allerdings sollte man die Analyse von Megacities nicht nur auf die stark wachsenden informellen Siedlungen, die Slums sowie die unzureichende Wohnraumversorgung beschränken.

ter aus. Sie sind damit ein baulich-räumlicher Ausdruck für wachsende städtische Armut. Obwohl Slums schon ein lange bekanntes Phänomen sind, ist die enorme Ausbreitung dieser Siedlungsform seit den 1960er Jahren neu. Im UN-Habitat-Bericht geht man davon aus, dass die Slumbevölkerung in den am wenigsten entwickelten Ländern rund 78 Prozent der städtischen Bevölkerung ausmacht; von rund einer Milliarde Men-

Wer gewährt Sicherheit? Der Rückzug des staatlichen Gewaltmonopols und die neue Macht der privaten Akteure

In Bereichen, in denen formale Regierbarkeit und Kontrolle verloren gehen, weil staatliche Stellen sich aus vielerlei Gründen dazu nicht mehr in der Lage sehen, wandelt sich der gesamte Sicherheitsbereich. In



Unerwünscht und vertrieben von den staatlichen Ordnungshütern: Mit ihrem Kind und einem Korb voller Waren flieht diese Straßenverkäuferin in Buenos Aires. Immerhin suchen 57 Prozent aller Arbeitskräfte in Südamerika ihr Auskommen in der »informellen Ökonomie«. Sie fertigen Produkte für den lokalen Markt, verkaufen diese auf Märkten und Straßen oder verrichten einfache Dienstleistungen wie zum Beispiel als Schuhputzer, Haushaltshilfe oder Heimarbeiter – ohne jede Chance auf soziale Absicherung.



Polizeipräsenz in einer der Favelas von Rio de Janeiro: Zur Einschüchterung der Drogenmafia stürmte die Polizei Teile dieses Viertels in der brasilianischen Millionenstadt – ein klägliches Versuchs, Staatsgewalt in einem seit Jahren von privaten Schutztruppen dominierten Revier zu demonstrieren.

vielen Ländern lassen sich neue Formen der Sicherheitsorganisation auf subnationaler, (teil)städtischer Ebene erkennen. So treten an Stelle des hierarchisch organisierten staatlichen Gewaltmonopols, das in einem abgegrenzten nationalen Territorium wirkt, mehr oder minder konkurrierende Gruppen, die Gewalt gleichermaßen anwenden wie kontrollieren. Diese neu entstehenden Formen sind Ergebnis wie Motor des Zerfalls staatlicher Ordnung. Neue Gruppen stellen bestehende staatliche Gewaltordnungen infrage, neue Machthaber wachsen in dem Vakuum heran, das der Rückzug staatlicher Institutionen hinterlässt, und unterminieren damit das staatliche Gewaltmonopol weiter. Zugleich gibt es in Teilräumen von Megacities immer häufiger auch territoriale Pakte zwischen staatlichen und privaten Sicherheitsorganisationen. Dadurch wird Sicherheit in vielen Weltregionen ein teils öffentliches, teils privates, aber stets wertvolles Gut, das von unterschiedlichen staatlichen, gemeinschaftlichen und privaten Akteuren produziert, aber auch vernichtet wird.

Die Macht der Akteure kann mehrere Ursprünge haben: Sie beruht unter anderem auf bestimmten Traditionen sowie auf lokaler Identitätspolitik, die ihre Kraft aus dem Unterschied zu übergeordneten politischen Ebenen und Machthabern bezieht; sie kann mit Gewalt oder politisch erkämpft sowie von der Bevölkerung zugeworfen worden sein. Unabhängig davon, über welche Macht Akteure verfügen, resultiert diese aus dem Entstehen eines Marktes, auf dem Sicherheit zum nachgefragten und knappen Gut wird. Häufig bilden sich in abgrenzbaren Territorien der Städte als Reaktion auf Unsicherheitssituationen neue Gewaltoligopole heraus. Damit einher gehen oft Versuche von mikroterritorialen Machthabern, das Gewaltmonopol (wieder) an sich zu reißen, was neue Gewalt hervorbringt. Eine Folge sind permanent umkämpfte kleinräumige Gewaltordnungen, die zu einer Fragmentierung des städtischen Raums führen.

Sicherheit zu garantieren oder Vergehen zu ahnden, wird zu einem Geschäft, das von der territorialen Seg-

Wann heißen Großstädte »Megacities«?

Megacities werden in der Regel über ihre Bevölkerungsgröße definiert. Dabei stehen zwei Definitionen nebeneinander: Nach der klassischen beginnt die Megacity bei fünf Millionen Einwohnern; die UN-Definition setzt die Mindesteinwohnerzahl bei zehn Millionen fest. Weitere Bemühungen zur Definition konzentrieren sich auf die Mindest-Bevölkerungsdichte, die mit mehr als 2000 Einwohnern pro Quadratkilometer festgelegt wurde. Um Unterschiede zwischen Megacities im globalen Süden und Norden bestimmen zu können, werden oft nur Städte mit einem einzigen Zentrum in die Betrachtung aufgenommen. »Polyzentrische Agglomerationsräume« wie das Ruhrgebiet mit circa 12,8 Millionen Einwohnern oder die niederländische Randstad mit 7,5 Millionen Einwohnern werden mithin ausgeschlossen. Wenn nach diesem Kunstgriff Megacities

des Südens mit den verbliebenen Megacities des Nordens – wie London, New York oder Paris – verglichen werden, können deutliche Unterschiede identifiziert werden. Megacities des Nordens haben »Global-City-Funktionen«; Megacities des Südens haben eher nationale Bedeutung.

Schlussendlich ist die Festlegung dessen, was Megacities ausmacht, auch von der Verfügbarkeit zuverlässiger Daten und von den Interessen der Forscherinnen und Forscher abhängig. Wenn der Blick auf die starken Ausmaße und das ungebremste Wachstum der südlichen Megacities gelenkt werden soll, werden in der Regel die polyzentrischen Megastädte des Nordens ausgeklammert. Die Definition in diesem Beitrag setzt niedrig an und bestimmt als Megacities solche Städte, die mindestens fünf Millionen Einwohner haben.

mentation, der kleinteiligen Aufspaltung der Territorien, lebt. Das »Mikroterritorium« bietet die Möglichkeit, sich einerseits über Androhung oder Anwendung von Gewalt partikuläre Vorteile zu verschaffen; andererseits versuchen die mikroterritorialen Machthaber aber auch durch karitative Tätigkeiten und Identitätspolitik Zustimmung oder loyales Verhalten der Bevölkerung zu erwirken. Die geschaffene (Un-)Ordnung hat also zwei Seiten: Die mikroterritorialen Machtha-



Dharavi in Mumbai ist die größte Slumregion in Asien. In den kommenden sieben Jahren sollen hier 2,5 Milliarden US-Dollar investiert werden, um die Häuser mit Wasser und Elektrizität zu versorgen.



Geschirrspülen mit Dreckwasser. Katastrophale hygienische Verhältnisse wie in diesem Slum von Kalkutta prägen die Armenviertel der Megacities. Hier liegen zwar große Abwasserrohre, diese wurden jedoch nie an die Kanalisation angeschlossen. Oft dienen kleine Tümpel als Nutz- und Trinkwasserreservoir sowie Toilette und Müllhalde gleichermaßen. Während der Monsunzeit sind sie darüber hinaus eine Brutstätte für Moskitos, die Malaria und Dengue-Fieber übertragen.



ber stellen Ordnungsfaktoren dar, sie sind Identitätsstifter und Arbeitgeber; gleichzeitig üben sie eine Form der Tyrannei und Kontrolle über die lokale Bevölkerung aus, wodurch deren Lebensmöglichkeiten eingeschränkt werden.

Kapstadt II: Am Rande der Slums entsteht urbane Landwirtschaft. Nicht nur für den Eigenbedarf bauen die Südafrikaner hier Gemüse an, sie verkaufen es auch auf den Märkten im Zentrum. Da die Erwerbsarbeit häufig keine stetigen und ausreichenden Einkommen gewährleistet, sichern die Gärten oft das Überleben von Familien.



Kapstadt I: »Phola Park« gehört zu den seit Jahrzehnten bestehenden »informellen Siedlungen«, die die Randbezirke der südafrikanischen Megacity prägen. Bei Phola Park handelt es sich um ein besonders gefährdetes Gebiet: Bei starken Regenfällen ist es regelmäßig überschwemmt mit entsprechenden Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung.

In Megastädten wie Jakarta, Lagos und Rio de Janeiro setzen sich mikroterritoriale Sicherheits- und Unsicherheitsstrategien durch, weil der Staat sich zurückgezogen und ein Macht- und Legitimitätsvakuum hinterlassen hat. Dieses Vakuum begünstigt die Etablierung von sogenannten Gewaltökonomien: In Gebieten mit wenigen Erwerbsmöglichkeiten eröffnet die Mitgliedschaft in Gangs oder Banden den Zugang zu attraktiven Verdienstmöglichkeiten. Diese illegalen Tätigkeiten in Gebieten, die nicht mehr oder kaum noch der staatlichen Kontrolle unterliegen, sind übrigens in vielfacher Weise mit der »legalen« Stadt verbunden. Marcelo Lopez de Souza, Professor für Geografie an der Bundesuniversität Rio de Janeiro, weist in einer Studie 2004 darauf hin, dass die Konsumenten der Drogen, die in den Favelas brasilianischer Städte versteckt und von dort ausgehend verteilt werden, überwiegend in Gebieten der Mittel- und Oberschicht sitzen. Ein anderes Beispiel aus Asien: In bestimmten Gebieten von Jakarta wird in einer Grauzone von krimineller und staatlicher Praxis Schutzgeld von Händlern erpresst. In der Regel ist dabei eine genaue Trennung von staatlichen und nicht staatlichen Akteuren nicht möglich. Unabhängig davon, wie die jeweilige Gewaltökonomie funktioniert, sie kann überwiegend nur dort entstehen, wo die Lebensbedingungen in Slums das gesamte Gefüge einer Megacity in »Unordnung« bringen.

»Gated Communities« und der Wunsch nach räumlicher Kontrolle

Der Rückzug des Staats aus dem Bereich Sicherheit und die Verarmung der Bevölkerung führen dazu, dass der städtische Raum zerfällt: Auf der einen Seite entstehen »Gated Communities« der Vermögenden, auf der anderen Gettos der Armen und Ausgegrenzten. Diese Entwicklung nahm im Norden, genauer, in US-amerikanischen Städten, ihren Anfang; als ein frühes Beispiel gilt Llewellyn Park in New Jersey (1857). Längst sind »Gated Communities« als Wohn- und Bauform auch in Städten des globalen Südens angekommen und finden wegen der schwierigen Sicherheitslage dort besondere Verbreitung. Während bis in die 1980er Jahre in vielen Städten »Gated Communities« eine Wohnform der gehobenen Mittel- und Oberschicht darstellten, setzten sie sich ab den 1980er Jahren auch in Wohngebieten der unteren Mittelschicht durch. Abgeschlossene Nachbarschaften können als eine Strategie der Wiederherstellung sozialräumlicher Grenzen und des Gefühls räumlicher Kontrolle interpretiert werden (Plöger 2006).

Inwieweit dies gelingt, hängt unter anderem von der finanziellen Zahlungsfähigkeit und -bereitschaft der Bewohner ab. Es gibt unterschiedliche Modelle von »Gated Communities«: Einige verfügen über Wachpersonal und/oder Hausmeister, andere Viertel oder Nachbarschaften sind umzäunt oder mit einem Gitter versehen, in manchen gibt es lediglich gemeinsame Freizeitanlagen und eine interne Bewohnervertretung.

»Slum«: ein Begriff – unterschiedliche Definitionen

Den Begriff »Slum« zu definieren, ist ein schwieriges Unterfangen. Nicht nur, weil er häufig unakzeptable moralische Bewertungen wie Ort krimineller Machenschaften oder sozialer Verrohung beinhaltet, sondern weil die Ausdrucks- und Erscheinungsformen von Land zu Land sehr variieren. Schätzungen gehen davon aus, dass es mehr als 200 000 Slums auf der Welt gibt, deren jeweilige Bevölkerungszahl von ein paar Hundert bis zu mehr als einer Million Menschen reicht.

Die fünf größten Metropolen Südasiens – Karatschi, Mumbai (früher Bombay), Delhi, Kalkutta und Dhaka – haben allein schon etwa 15 000 unter-

schiedliche Slumviertel mit einer Gesamtbevölkerung von über 20 Millionen (Davis 2007). Es können Megaslums entstehen, wenn sich Elendsviertel an den Rändern aufeinander zubewegen. Zum Teil gibt es auch vom Zentrum ausgehend strahlenförmige Ausdehnungen wie in Lima. In Kalkutta handelt es sich meist um eine Ansammlung von jeweils fünf Hütten mit circa 45 Quadratmetern, die sich im Durchschnitt 13,4 Personen teilen. In manchen Städten wie Dhaka macht es mehr Sinn, die nicht als Slum klassifizierten Gebiete als Enklaven in einem Meer extremer Armut zu nehmen.

Insgesamt wird der Begriff für ein breites Spektrum von Sied-

lungsformen verwendet, die von vernachlässigten Altstädten über informelle Selbstbau-Quartiere bis zu desolaten Hüttensiedlungen reichen. Die UN-Definition, die in diesem Beitrag übernommen wird, bezeichnet Slums als überfüllte, ärmliche beziehungsweise informelle Unterkunft ohne angemessenen Zugang zu Trinkwasser und sanitären Einrichtungen sowie ungesicherter Verfügungsgewalt über Grund und Boden. Damit wird die schwierig zu messende soziale Dimension des Begriffs aufgegeben zugunsten materieller und rechtlicher Siedlungsmerkmale [siehe auch Buchtipps von Andrej Holm zu Mike Davis »Planet der Slums«, Seite 107].

Diese Tendenzen werden von zwei unterschiedlichen Akteursgruppen vorangetrieben: von Nachbarschaftsvereinigungen mit kleinräumigen Interessen und von Projektentwicklern und Bauunternehmen, die dieses Geschäftsfeld für sich nutzen. Je größer das Macht- und Regulierungsvakuum des Staates ist, umso größeres Gewicht erhalten diese Akteursgruppen. In vielen Städten des globalen Südens – vornehmlich in Lateinamerika und Asien, weniger in Afrika – lässt sich beobachten, wie bestehende Viertel nachträglich sicherheitstechnisch »aufgerüstet« und »befestigt« werden und wie neue Viertel entstehen, die Sicherheit, Exklusivität und Abgrenzung von Anfang an in ihr Verkaufs- und Vertriebskonzept integrieren. So zerfasert das städtische Gefüge, und die Unsicherheit wächst in solchen Gebieten, die sich privatwirtschaftliche Formen der Sicherheitsgewährleistung nicht leisten können.



Kapstadt III: »Gated Community« Kenilworth – in diesen abgeschlossenen Nachbarschaften versuchen die Bewohner ihr Eigentum zu sichern. Wer kann, leistet sich in Südafrikas Städten eine Wohnung oder ein Haus in einer »Gated Community«. Inzwischen ist diese Wohnform zu einer Frage des Status geworden. Der Kontakt mit Armut und Gewalt soll dadurch minimiert werden. Häufig ist die Mobilität der Bewohner begrenzt; sie findet nur noch zwischen verschiedenen »Gated Community«, gesicherten Shopping Centers und Arbeitsplätzen statt.

Kapstadt IV: Hier in Manenberg sind Mietwohnungen in städtischen »Council Houses« entstanden. Manenberg wurde während der Apartheid-Ära als Wohngebiet für die sogenannte »Coloureds« gebaut. »Coloureds« sind Südafrikaner mit weißen und schwarzen Vorfahren. In der Postapartheid-Ära ist Manenberg für Gangs, eine hohe Kriminalität und Gewalt »berühmt«.

Global City contra Megacity?

Megacities werden politisch, ökonomisch und sozial als fragile Gebilde wahrgenommen. Wenn es um das sozioökonomische Entwicklungspotenzial geht, wird häufig darauf verwiesen, dass Megacities im Süden ein hohes Maß an funktionaler Dominanz mit jedoch allenfalls nationaler Reichweite (Bronger 2004) aufweisen. »Funktionale Dominanz« bezeichnet die hegemoniale Stellung, die Überkonzentration von Macht- und Entscheidungsstrukturen (politisch-administrativer, wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Art) in einer Stadt eines Landes. Demgegenüber würden die einzelnen Megacities des Nordens Global-City-Funktionen aufweisen, die aber allen Großstädten der Entwicklungsländer fehlten. ■ In den Megacities des Südens finden sich demnach keine oder wenige Headquarter globaler Unternehmen oder weltweit tätige unternehmens- und finanzorientierte Dienstleistungen. Mit »Global-City-Funktion« wird in der Humangeografie der Umstand bezeichnet, dass in Städten wie Tokio, London und New York eine hohe Dichte an Management-, Kontroll- und Koordinationsfähigkeiten besteht, die zum Auf- und Ausbau sowie zur Steuerung der weltwirtschaftlichen Austausch- und Globalisierungsprozesse beitragen. Megacities in Entwicklungsländern seien dagegen allenfalls national bedeutsame wirtschaftliche, politische und kulturelle Zentren.

Andere Stimmen relativieren dieses Bild (Parnreiter et al. 2005): Man könne erkennen, dass große, international tätige finanz- und unternehmensorientierte Dienstleistungen – als die Träger der Global-City-Funk-

tionen – in wichtigen Megacities wie Mexico City (aber auch in Shanghai und Hongkong) zu finden seien. Zu den Kunden dieser global agierenden Dienstleister gehören häufig sowohl national große Unternehmen mit internationalem Marktbezug als auch global tätige Unternehmen, die sich in den jeweiligen Ländern Märkte erschließen und/oder produzieren. Viele global tätige Unternehmen tendieren dazu, wenn möglich die gleichen Dienstleister an ihren weltweiten Standorten wie am Heimatstandort einzusetzen; dies bedeutet für Dienstleister, dass sie ein weitverzweigtes Standortnetz aufbauen müssen. Häufig folgen Dienstleister wie Makler oder Banken ihren Großkunden an wichtigen weltwirtschaftlichen Standorten nach und bilden darüber ein globales Netzwerk aus. Für nationale Großunternehmen gilt, dass die global tätigen Dienstleister ihnen mit ihrer Expertise Zugang zu anderen international wichtigen Märkten und Börsen verschaffen können.

Damit stellen die Megacities die Scharniere dar, über welche die nationalen und städtischen Ökonomien in die Weltwirtschaft integriert werden. Megacities des Südens sind so – anders als ihre Schwestern im Norden – keine Schaltzentralen der globalen Ökonomie, aber trotzdem globalisierte Orte, die Markteintritte in andere Länder und Kapitalmärkte ermöglichen können. Allerdings gilt dies nicht für alle Megacities in gleichem Ausmaß. So haben zum Beispiel Mexico City, Johannesburg oder Bangalore im Netzwerk der Weltstädte eine bessere Position inne als Lagos oder Karachi. Zu erklären ist dies mit der unterschiedlichen politischen Stabilität der jeweiligen Länder beziehungsweise der Makroregionen.

Die Megacities der Welt – so das Resümee – sind durch starke räumliche Fragmentierungen geprägt: Hohe Zuwanderung und staatliche Erosion bewirken Probleme bei der infrastrukturellen Erschließung, aber auch bei der Gewährleistung von Sicherheit; Gewaltökonomien sowie soziale Polarisierungen begünstigen das Entstehen von »Gated Communities« auf der einen Seite und Slums auf der anderen Seite. Gleichzeitig sind viele Megacities durch internationale Geschäftszonen im »Central Business District« gekennzeichnet; auf diesem Weg wird die städtische wie die nationale Ökonomie in die Weltwirtschaft selektiv einbezogen. Probleme, die mit Megacities einhergehen, sind jedoch weniger Probleme, die ausschließlich mit der städtischen Entwicklung selbst erklärt werden können – vielmehr handelt es sich um Ergebnisse politischer Unordnung sowie wirtschaftlicher Instabilität auf globaler wie auf nationaler Ebene. ◆

Die Autorin



Prof. Dr. Susanne Heeg, 41, lehrt seit 2006 geografische Stadtforschung am Institut für Humangeographie der Goethe-Universität. Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen Fragen rund um die gebaute Umwelt sowie Stadtentwicklung und -planung. Heeg studierte zunächst Soziologie mit dem Schwerpunkt Stadtsoziologie und im

Nebenfach Geografie in Frankfurt (Main). Sie promovierte anschließend am Lehrstuhl Wirtschafts- und Sozialgeographie der Europa-Universität Viadrina in Frankfurt (Oder) und wechselte dann als wissenschaftliche Assistentin an das Institut für Geographie der Universität Hamburg. In dieser Zeit begann sie, sich im Zusammenhang mit Forschungsaufenthalten in Beirut (Libanon), Kapstadt (Südafrika), Manchester (UK) und Boston (USA) mit der unterschiedlichen Stadtentwicklung in Städten des Südens und des Nordens auseinanderzusetzen. Ein jüngerer Artikel zu diesem Thema ist zusammen mit Marit Rosol verfasst worden: »Neoliberale Stadtpolitik im globalen Kontext. Ein Überblick« (Prokla 149, S. 491–509). Heeg habilitierte sich im Jahr 2006 an der Universität Hamburg über die Entwicklung der gebauten Umwelt im Spannungsfeld von Stadtplanung und globalen Immobilieninvestitionen am Beispiel der South Boston Waterfront in Boston. Gegenwärtig baut Susanne Heeg einen Forschungsschwerpunkt zu Immobilienökonomie sowie mit Prof. Robert Pütz zu Fragen von Neuordnungen in Städten im neoliberalen Zeitalter auf.

heeg@em.uni-frankfurt.de; www.humangeographie.de/heeg

Literatur

Bronger, Dirk (2004) *Metropolen – Megastädte – Global Cities. Die Metropolisierung der Erde* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Davis, Mike (2007) *Planet der Slums* Berlin: Assoziation A [siehe auch Buchtipp von Andrej Holm auf Seite 107].

Parnreiter, Christof/Fischer, Karin/Imhof, Karen (2005) »The World's local Bank«: *Finanzdienstleister, Globale Güterketten und das World City Network* In:

Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 147. Jg., S. 37–66.

Plöger, Jörg (2006) *Lima, Stadt der Gitter: Abgesperrte Nachbarschaften als Reaktion auf veränderte sozioökonomische Rahmenbedingungen* In: Gans, P. et al. (Hrsg.) *Kulturgeographie der Stadt Kiel*: Institut für Geographie, 369–381.

UN-Habitat (2003) *The challenge of the slums: global report on Human Settlements* London: Earthscan Publications.

Pakistanische Menschenrechtsaktivistinnen demonstrieren für die friedliche Beilegung der Grenzkonflikte zwischen Pakistan und Indien.

Balance auf einem schmalen Steg: Vietnamesische Frauen tragen frisch geformte Ziegelsteine zum Brennen in eine Ziegelei in Hanoi.



»Gender makes the World go round«

Frauenarbeit als Fundament von Weltentwicklung

von Uta Ruppert

In der Frauenarbeit liegt einer der wichtigsten Schlüssel zur Weltentwicklung. Frauen arbeiten – bezahlt und unbezahlt – sehr viel mehr als Männer. Weltweit sind 40 Prozent der Menschen in Beschäftigungsverhältnissen Frauen. Die unbezahlte Familien- und Fürsorgearbeit, wozu neben Versorgung, Erziehung, emotionaler und gesundheitlicher Pflege auch die unentlohnte Arbeit in der Landwirtschaft gehört, ist bekanntlich überwiegend Frauensache. Frauen sind somit zugleich zentrale Akteurinnen und Adressatinnen, wenn es um die Lösung der großen Probleme von Weltentwicklung wie Klimawandel, Ernährungskrise oder Bevölkerungsentwicklung geht. Auch die großen politischen Ziele wie die Sicherung von Frieden und Demokratie lassen sich nur erreichen, wenn Männer und Frauen wirklich gleichberechtigt sind.





Transnationale Begegnungen am Rande der Vierten Weltfrauenkonferenz 1995 in Beijing. Dort wurde die »Beijing Declaration and Platform for Action« beschlossen, die in allen Bereichen von Politik, Ökonomie und Gesellschaft weitgehende Gleichstellungsziele festlegt und zum Teil konkrete Wege zu deren Erreichung beschreibt. In den meisten Feldern sind, wie im Bereich der Mädchenbildung, diese Maßgaben bis heute nicht erreicht. Daher dient die »Platform for Action« noch immer zahllosen Frauenorganisationen rund um die Welt als Leitfaden ihrer Forderungen an die nationale und internationale Politik.

Nicht nur in der kritischen Forschung über Entwicklungsländer, sondern auch in den internationalen Institutionen und in der Entwicklungspolitik sind diese Zusammenhänge seit mehr als einem Jahrzehnt bekannt. Gleichwohl kommt Gleichberechtigung nur im Schnecken-tempo voran. Wäre die Faktenlage weniger erdrückend, könnte es beinahe banal klingen: Zu Beginn des 21. Jahrhunderts klappt zwischen offizieller politischer Rhetorik und der weltweiten frauen- und geschlechterpolitischen Praxis immer noch eine riesige Lücke. Zwar verbessern sich ganz allmählich die Indikatoren für Geschlechtergleichheit, doch sind Frauen weiter in allen Regionen der Welt im politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Leben benachteiligt. Auch wenn sich Art und Ausmaß der Diskriminierung von Frauen im Prozess der Weltentwicklung verändern, sich nach Weltregionen unterscheiden und von Land zu Land variieren, so sind doch etliche Grundmuster der Ungleichheit weitverbreitet: Frauen haben meist schlechteren Zugang zu Gesundheitsversorgung und (höherer) Bildung als Männer; ihre Einkommen sind niedriger, ihre Chancen auf gute Jobs sind schlechter, und sie verfügen kaum über eigenen Besitz. Zudem haben sie deutlich geringere Chancen

der politischen Teilhabe und besetzen selten zentrale Machtpositionen. Zwar haben die Weltkonferenzen der 1990er Jahre und die »Millennium Development Goals« (MDG) zu partiellen Verbesserungen geführt, grundlegend geändert haben sich die Muster der Ungleichheit dadurch jedoch nicht.

Wie lässt sich Geschlechtergleichheit messen?

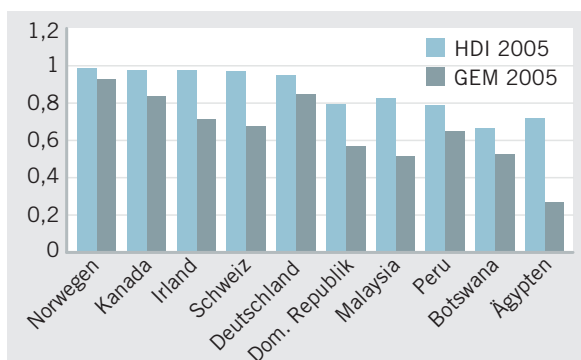
Seit der Vierten Weltfrauenkonferenz 1995 in Beijing wurden von den Vereinten Nationen verschiedene Methoden zur Messung von Geschlechtergleichheit entwickelt. Die mit ihnen erhobenen Daten zeigen, dass in den Kernbereichen menschlicher und gesellschaftlicher Entwicklung weltweit noch immer gravierende Ungleichheiten zwischen Männern und Frauen bestehen. In nahezu allen Ländern der Welt liegt der sogenannte geschlechtsbezogene Entwicklungsindex (»Gender Development Index« GDI) unter dem allgemeinen Index menschlicher Entwicklung (»Human Development Index« HDI); was schlicht bedeutet, dass Frauen nicht die gleichen Gesundheits-, Bildungs- und Einkommenschancen haben wie Männer (UNDP).

Insbesondere in armen Ländern sind die Lebenschancen von Frauen oft sehr viel schlechter als die der Männer. Seit Jahren bilden arme afrikanische Staaten wie Sierra Leone, Niger und Burkina Faso die Schlusslichter in den Rankings zur Gleichberechtigung. Werden über die elementaren Lebenschancen hinaus anspruchsvollere Indikatoren wie die Partizipationsmöglichkeiten von Frauen in der Politik und den Führungsebenen der Wirtschaft zur Messung von Geschlechtergleichheit herangezogen, so fallen die Ergebnisse noch negativer aus. An den Kennzahlen des geschlechtsbezogenen Partizipationsindex (»Gender Empowerment Measure« GEM) wird deutlich, wie hoch das Ausmaß der Ungleichheit zwischen den Geschlechtern auch in den westlichen Industriestaaten noch immer ist. ■ Insgesamt zeigt die Entwicklung der Geschlechterindizes in den vergangenen Jahren kaum noch Fortschritte. Während für die Jahre vor der Weltfrauenkonferenz von 1995 weltweit merkliche Erfolge bei der Gleichstellung zu verzeichnen waren, ist seitdem nur Stagnation oder Verbesserung im Schnecken-tempo zu verbuchen.

Langsamer Wandel:

Mädchen holen bei Primarbildung auf

Armut ist und bleibt neben Gewalt das größte Problem, das Frauen weltweit betrifft. Auch wenn vor dem Hintergrund der volkswirtschaftlichen Dynamiken in etlichen Ländern Ost- und Südasiens die Zahl der Ar-



■ Menschliche Entwicklung und Geschlechtergleichheit klaffen auseinander: Ein hoher Entwicklungsstandard, gemessen mit dem Human Development Index (HDI) der UN, bedeutet keinesfalls automatisch ein hohes Maß an Geschlechtergleichheit, gemessen mit dem Gender Empowerment Measure (GEM) der UN. In vielen Ländern klappt zwischen diesen beiden Indizes eine gravierende Lücke. Dass dies auch auf Industrieländer zutrifft, demonstrieren die Beispiele Schweiz, Irland und Kanada. Zugleich verdeutlicht das Schaubild, dass arme Länder durchaus in der Lage sind, ein (relativ) hohes Maß an Geschlechtergleichheit umzusetzen. Peru erreicht den gleichen GEM-Wert wie die Schweiz, der Abstand zwischen HDI und GEM ist für Botswana nicht größer als für Deutschland.

men weltweit rückläufig ist, verändert dieser statistische Trend die Lebensbedingungen der knapp eine Milliarde Menschen, die mit weniger als einem US-Dollar am Tag auskommen müssen, überhaupt nicht. Obwohl die vorliegenden Daten über Armut weltweit nicht geschlechtsspezifisch aufgeschlüsselt sind, machen die vorhandenen Sozialdaten, etwa zu Bildung und Gesundheit oder Beschäftigungsmöglichkeiten nach Geschlecht, unmissverständlich klar, dass die Mehrheit der Armen dieser Welt weiblich ist. Denn Frauenarmut ist nicht allein eine Frage von Einkommensarmut. Neben Einkommens- und Besitzverteilung entscheiden Faktoren wie eben die Zugangsmöglichkeiten zu Gesundheit und Bildung oder zu Ressourcen wie bebaubarem Land, Umweltressourcen oder auch Krediten darüber, ob es für Frauen Wege aus der Armut gibt oder nicht.

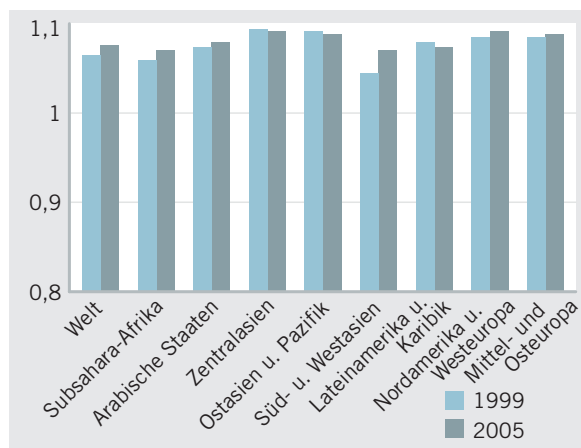
Bildung, so wird es auch in den Millennium-Entwicklungszielen betont, ist eine der wesentlichen Grundlagen persönlicher und gesellschaftlicher Entwicklung; und gleiche Bildungschancen gehören zu den zentralen Voraussetzungen, um Chancengleichheit der Geschlechter zu realisieren. In den Abschlussdokumenten der Weltkonferenzen der 1990er Jahre hatten die Regierungen fixiert, bis zum Jahr 2005 die Ungleichheit zwischen den Geschlechtern im Bildungsbereich zu beseitigen. Doch dieses Ziel wurde grandios verfehlt – immer noch sind zwei Drittel der Menschen, die nicht lesen und schreiben können, weiblich. Allerdings haben die Mädchen bei der Grundschulbildung in vielen Weltregionen substanziell aufgeholt. ■ Dieser Effekt lässt aber mit steigendem Bildungsgrad wieder deutlich nach, und im Sekundar- und Hochschulbereich sind die Disparitäten zwischen den Geschlechtern sehr viel ausgeprägter. Weltweit hatten 63 Prozent der Länder mit verfügbaren Daten bis 2005 ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis in der Grundschulbildung erreicht, doch nur 37 Prozent schafften dies in der Sekundarstufe und weniger als 3 Prozent in der Hochschulbildung, wobei heute in etlichen Ländern, insbesondere im OECD-Raum, mehr junge Frauen als Männer an Universitäten studieren. In Subsahara-Afrika, wo wie in Süd- und Westasien generell nur wenige Kinder die Sekundarstufe besuchen, vergrößerten sich die Geschlechterunterschiede in diesem Sektor sogar (UNESCO 2008).

Ambivalente Globalisierung

Frauen sind die Gewinnerinnen der Globalisierung. So lautet eines der gängigen Vorurteile über die vermeintlich frauenfreundlichen Beschäftigungseffekte von Auslandsdirektinvestitionen. Tatsächlich sieht die Bilanz sehr viel ambivalenter aus, und besonders für arme Frauen in den Weltregionen, die bereits vor der aktuellen Finanzkrise krisengeschüttelt waren, entstehen zum Teil immense Belastungen. Ein geläufiges Beispiel dafür ist die im Zuge von Deregulierungsmaßnahmen stattfindende Privatisierung öffentlicher Dienstleistungen wie Wasser- oder Gesundheitsversorgung. Fehlt das Geld, um diese vormals billigen oder kostenlosen Leistungen zu kaufen, sind es rund um die Welt fast immer Frauen, die (noch) mehr Care-Arbeit leisten, um diesen Ausfall zu kompensieren. Parallel dazu verschlechtern sich außerdem ihre Einkommensmöglichkeiten, die im öffentlichen Sektor meist deutlich besser sind als in der Privatwirtschaft. ■



Straßenimbiss in Laos. Mehr als 80 Prozent aller Beschäftigungsverhältnisse von Frauen in Südasien entsprechen solchen Formen einfachster, ungesicherter Tätigkeiten. »Vulnerable Employment« nennt dies die Internationale Arbeitsorganisation (ILO); mit »verletzlich« wird vor allem umschrieben, dass für diese Tätigkeiten jegliche Form vertraglicher und sozialer Sicherung fehlt.

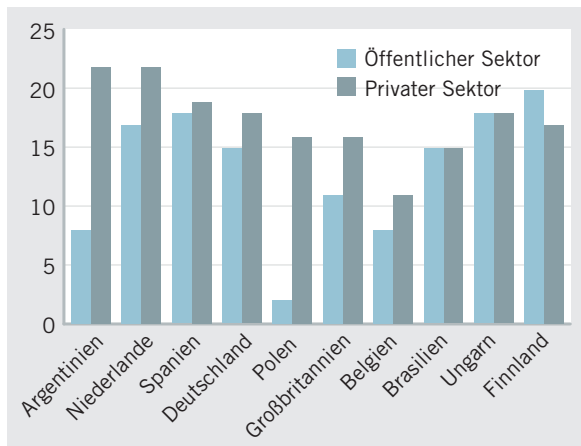


■ Anteil von Mädchen an der Grundbildung: Im Bereich der Grundbildung wurden in den vergangenen Jahren im Weltmaßstab die größten Fortschritte in der Gleichstellung erzielt. Gleichwohl gab es auch Rückschritte, und etliche Weltregionen sind noch weit vom Erreichen des Gleichstellungszieles entfernt.

Allerdings gelten Strategien wirtschaftlichen Wachstums, die zu Lasten der Gleichberechtigung gehen, auch in ökonomischer Sichtweise immer häufiger als inakzeptabel. Denn Fortschritte in der Gleichstellung – das haben progressive Ökonomen längst zur Kenntnis genommen – wirken sich oft positiv auf die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt aus (Worldbank 2000). Gerechtigkeit zwischen den Geschlechtern wird daher nicht mehr nur als eine Frage von »Good Governance«, sondern zunehmend auch als ein Aspekt wirtschaftlicher Effizienz behandelt.



Internationales Callcenter in Marokko: Die Beschäftigung in Dienstleistungsbereichen, die keine höheren Qualifikationen erfordern, hat im Globalisierungskontext deutlich zugenommen.



3 Lohnunterschiede zwischen den Geschlechtern sind höher im privaten Sektor: Der »gender pay gap« (die Lohn- und Gehaltsunterschiede zwischen den Geschlechtern) sind in den meisten Industrieländern immer noch erheblich. In der Privatwirtschaft fällt die Differenz meist sehr viel drastischer aus als im öffentlichen Sektor. Einzige Ausnahme ist Finnland, wo der Unterschied zwischen Männer- und Frauenlöhnen im öffentlichen Sektor 20 Prozent und in der Privatwirtschaft 17 Prozent beträgt.



Gewinnerinnen der Globalisierung? Brasilianische Arbeiterinnen löten Mobilfunkantennen für den südamerikanischen Markt – beschäftigt sind sie bei der Niederlassung der Rosenheimer Firma Kathrein in São Paulo. Viele Unternehmen lagern auch arbeitsintensive Teile der Produktion für die OECD-Märkte in Billiglohnregionen aus. Dort arbeiten zumeist junge, unverheiratete und kinderlose Frauen, deren Löhne nur einen Bruchteil dessen betragen, was Unternehmen in den Industrieländern zahlen müssen.

Generell ist Globalisierung ein höchst disparater Prozess mit widersprüchlichen Auswirkungen: Während zum Teil neue wirtschaftliche Chancen und auch neue politische Handlungsmöglichkeiten entstehen, verschärfen und vertiefen sich gleichzeitig bestehende Ungleichheiten zum Beispiel in den Feldern Bezahlung und Arbeitsteilung. Entsprechend ungleich sind die Fortschritte bei der Gleichberechtigung auch auf die verschiedenen Weltregionen und gesellschaftlichen Gruppen verteilt. Während sich für gut ausgebildete Frauen in einigen Wirtschaftszweigen die Einkommens- und Aufstiegschancen deutlich verbessert haben, steigt für Frauen in wirtschaftlichen Krisenregionen mit dem Armutrisiko auch der Druck, beinahe um jeden Preis zu arbeiten. Und bis heute gilt die feministische Globalisierungskritik der 1990er Jahre: Mit ihrer unbezahlten Fürsorgearbeit tragen vor allem arme Frauen in den südlichen Kontinenten einen großen Teil der sozialen Kosten ökonomischer Globalisierung.

Umdenken der Ökonomie? Der Wert der unbezahlten Fürsorgearbeit

Herkömmliche wirtschaftspolitische Debatten über Globalisierung ignorieren die unbezahlte Fürsorgear-

beit, die weltweit zu mehr als zwei Dritteln von Frauen geleistet wird. Welche enorme Bedeutung die unbezahlte Arbeit von Frauen hat, wird an den Zahlen deutlich, die anlässlich der Weltfrauenkonferenz 1995 von den UN errechnet wurden. Sie schätzten den monetären Wert der unbezahlten Frauenarbeit damals auf elf Billionen US-Dollar jährlich, was mehr als 50 Prozent des Weltsozialproduktes gleichkam (UNDP 1995). Zu dieser Arbeit zählen neben der Versorgungs- und Fürsorgearbeit für Familien und Gemeinschaft immer mehr soziale Dienste, wie der Bau von Schulen und Wasserleitungen, die Unterhaltung von Gesundheitsstationen oder die Errichtung von Erosionsschutzwällen.

Diese Ausdehnung der Fürsorgearbeit, die vor allem dann nötig wird, wenn staatliche Dienstleistungen nicht (mehr) erbracht werden, steht der Verwirklichung von Geschlechtergleichheit diametral entgegen, weil sie althergebrachte Asymmetrien zwischen Frauen und Männern vertieft. Frauen übernehmen die Care-Arbeit auch unter schwierigsten Bedingungen, ohne dadurch einen entsprechenden Zuwachs an eigenen Handlungsmöglichkeiten und politischem Einfluss zu gewinnen. Eines der derzeit größten Probleme von Geschlechterpolitik besteht daher darin, dass Regierungen die Frage der Geschlechtergleichheit nicht ins Verhältnis setzen zu den makroökonomischen Entwicklungen von Liberalisierung und Privatisierung. Die Privatisierung von Bildungs- und Gesundheitsleistungen oder der Energie- und Wasserversorgung wirken ebenso wenig geschlechtsneutral wie die Entwicklungen der Finanzmärkte. Liberalisierungen der Finanzdienste beispielsweise versperren in vielen Fällen gerade armen Frauen den Zugang zu lokalen Kreditmärkten, andererseits waren internationale Banken (bislang!) potenzielle Arbeitgeber für hoch qualifizierte Frauen. Liberalisierung hat somit nicht nur gravierende Effekte auf Beschäftigungsstruktur und Lohnverhältnisse, sondern immer auch auf die »Care-Economy« (Young

Afghanische Studentinnen bei der Aufnahmeprüfung an der Kabuler Universität. Ein Fünftel der 2500 Bewerber sind Frauen, denen unter der Herrschaft der Taliban jeder Zugang zu Bildung versperrt war. Weltweit besuchen inzwischen deutlich mehr Mädchen die Grundschule als noch in den 1990er Jahren, allerdings haben bisher nur wenige auch die Chance, studieren zu können..

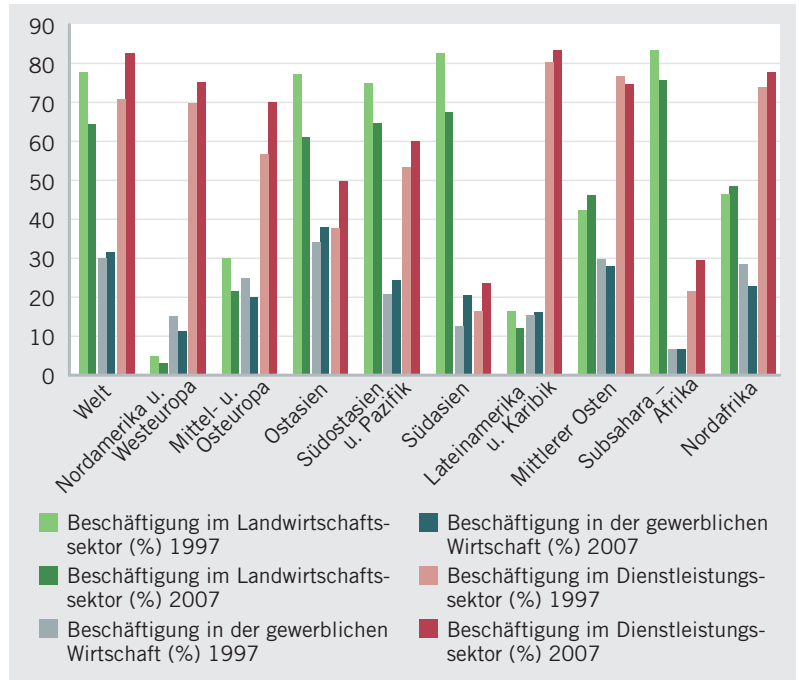


2007). Diese Zusammenhänge zu erkennen und politisch entsprechend darauf zu reagieren, gehört zu den zentralen Herausforderungen geschlechtergerechter Weltentwicklung.

**Ausbau des Dienstleistungssektors:
Immer mehr Frauen sind weltweit erwerbstätig**

Bezahlte Beschäftigung von Frauen hat unter den Bedingungen ökonomischer Globalisierung in einigen Weltregionen zugenommen, in anderen war sie dagegen rückläufig. Die Internationale Arbeitsorganisation verzeichnet im Zeitraum von 1997 bis 2007 leichte Beschäftigungszuwächse für Frauen in den OECD-Ländern und in Südostasien, deutliche Zuwächse in Lateinamerika und dem Nahen Osten. Abgenommen haben die Beschäftigungsraten von Frauen dagegen im gleichen Zeitraum in Osteuropa, Ostasien und Subsahara-Afrika. Die Muster der Erwerbsintegration sind regional sehr vielfältig: Verschiedene Gruppen von Frauen profitieren in unterschiedlichem Maß von den Veränderungsprozessen, die sich seit Beginn des 21. Jahrhunderts abzeichnen. In Lateinamerika ist der Beschäftigungszuwachs für Frauen auf die Ausweitung des Dienstleistungssektors zurückzuführen. Knapp 75 Prozent aller weiblichen Erwerbstätigen sind dort in diesem Sektor beschäftigt, in den OECD-Ländern sind es etwas weniger als 85 Prozent (ILO 2008).

Globalisierungsprozesse haben die Zunahme der Arbeitsmöglichkeiten im Dienstleistungssektor beschleunigt. Jobs für Frauen entstanden vor allem in den handelsbezogenen Bereichen Tourismus, Finanzdienstleistung und Datenverarbeitung. Die Nachfrage nach hoch qualifizierten Dienstleistungen konzentriert sich auf die Industrieländer, die gleichzeitig niedriger qualifizierte Dienstleistungen, etwa in der Datenverarbeitung, teilweise auslagern. In der Karibik und in einigen asiatischen Ländern wurden sogenannte »Digiports« errichtet, wo die Dateneingabe für Internet-Bestelldienste oder Kreditkartenanbieter erledigt wird.



4 Frauenbeschäftigung nach Wirtschaftssektoren: Dienstleistungen sind Frauenarbeit. Weltweit nimmt der Anteil dieser Beschäftigungsart an der Gesamtbeschäftigung von Frauen immer weiter zu, während die Beschäftigung in der Landwirtschaft im gleichen Umfang zurückgeht. Zentren der Dienstleistung sind nach wie vor Nord- und Lateinamerika, während in Südasiens und Subsahara-Afrika die Landwirtschaft der bei Weitem wichtigste Beschäftigungssektor ist.

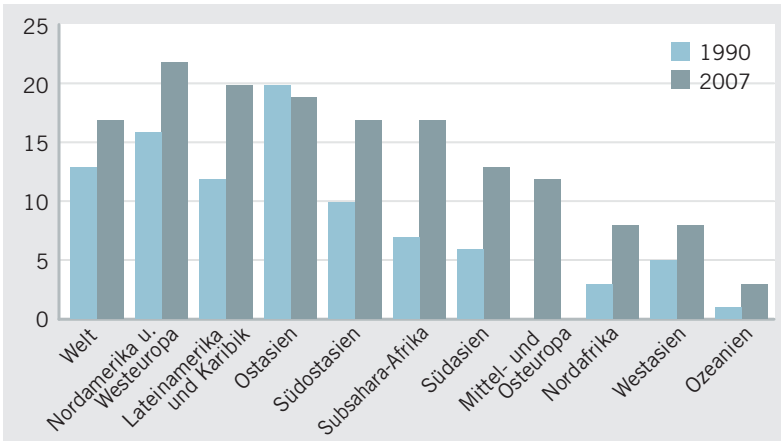
Der Anteil von Frauen an den Beschäftigten in diesen Zentren liegt zwischen 70 und 80 Prozent. Dienstleistungen in der Computerbranche, wie Software- oder Designentwicklung, gehören zu den wenigen Bereichen, in denen Frauen vergleichsweise gute Chancen auf Beschäftigung in höheren Positionen haben.

Prekäre Arbeitsverhältnisse und Billiglöhne in der Industrie

Der Anstieg der Frauenerwerbstätigkeit muss zugleich vor dem Hintergrund der Zunahme von Teilzeitarbeitsverhältnissen und der Entwicklung sogenannter informeller beziehungsweise »verletzlicher« Arbeit (»Vulnerable Employment« heißt es in der neueren Diktion der Internationalen Arbeitsorganisation) gesehen werden. Zu dieser Kategorie zählen zum Beispiel prekäre Arbeitsverhältnisse in Familienbetrieben, insbesondere in der Landwirtschaft, aber auch ungesicherte Formen einfachster Selbstständigkeit wie beispielsweise Herstellung und Verkauf von Produkten auf lokalen Märkten. Als informell wurden diese Tätigkeiten früher bezeichnet, weil sie in keiner offiziellen Statistik – auch nicht bei der Berechnung des Bruttoinlandsprodukts – berücksichtigt werden. Mit der Bezeichnung »verletzlich« soll heute vor allem auf das Fehlen jeglicher vertraglicher und sozialer Sicherung hingewiesen werden. Zwar ist die Zahl der informellen Beschäftigungsverhältnisse in den letzten fünf Jahren leicht rückläufig, doch fallen weltweit immer noch mehr als die Hälfte aller bezahlten Arbeiten von Frauen in diese Kategorie. In Südasiens und Subsahara-Afrika wurden im Jahr 2007 jeweils mehr als 80 Prozent aller Beschäftigungsverhältnisse von Frauen als »verletzlich« gezählt.



Das erste Rugby-Match für Frauen in der arabischen Welt (7. März 2002): Spielerinnen zweier tunesischer Teams setzten das Spiel bewusst am Vorabend des Internationalen Frauentags an.



Im Zuge der Globalisierung sind immer mehr Unternehmen im industriellen Sektor dazu übergegangen, arbeitsintensive Teile der Produktion in Billiglohnregionen auszulagern. Je arbeitsintensiver verschiedene Zweige der Exportindustrie produzieren, umso höher der Anteil der Frauen an den Beschäftigten. In sogenannten freien Produktionszonen, den Standorten für exportorientierte Produktion in Entwicklungsländern, die in der Regel von Zöllen, Steuern sowie Arbeits- und Umweltschutzbestimmungen befreit sind, beträgt

5 Frauen in Parlamenten nach Weltregionen: Fortschritt im Schnecken tempo – so lässt sich die Veränderung der Repräsentation von Frauen in der institutionellen Politik zusammenfassen. In den letzten knapp 20 Jahren stieg die Frauenquote in den Parlamenten im Weltdurchschnitt um vier Prozent. Rückschritte gab es nur in Ostasien.

die Quote der Frauen unter den Beschäftigten bis zu 80 Prozent (UNIFEM 2008). Die meisten von ihnen sind jung, unverheiratet und kinderlos, und ihre Löhne betragen nur einen Bruchteil dessen, was in den Industrieländern für die gleichen Tätigkeiten gezahlt wird.

Noch immer widersprechen die Arbeitsbedingungen in diesen Produktionsklaven vielfach den internationalen Sozialstandards. Unbezahlte Überstunden, mangelnde Sicherheit am Arbeitsplatz, fehlender sozialer Schutz und repressives Arbeitsklima bis hin zu körperlichen und sexuellen Übergriffen sind weiterhin an der Tagesordnung. Zwar begrüßen viele Arbeiterinnen in Billiglohnländern die Möglichkeit, Einkommen zu erzielen und sich damit teilweise auch patriarchaler Kontrolle und Unterordnung in ihren Familien zu entziehen. Ob es ihnen in Anbetracht extremer Ausbeutung und menschenrechtswidriger Beschränkungen gelingt, ihren wirtschaftlichen und sozialen Status dauerhaft zu verbessern, bleibt jedoch fraglich.

Politische Partizipation und globale Frauenpolitik

Solche und ähnliche analytische Befunde bilden die empirische Grundlage für die geschlechtskritische politikwissenschaftliche Entwicklungsländerforschung, die nach den Chancen der politischen Veränderung von Ungleichheit fragt. Im Mittelpunkt der Untersu-



Ausgezeichnet mit dem Alternativen Nobelpreis 2008: Die Somalierin Asha Hagi engagiert sich in ihrer von Krieg und Staatszerfall zerrütteten Heimat am Horn von Afrika seit Jahren für die Rechte der Frauen. Als Abgeordnete des Übergangsparlaments kämpft sie gegen Gewalt und Armut, unter der besonders Frauen und Kinder in den Flüchtlingslagern zu leiden haben.

Die erste Parlamentssitzung in Afghanistan nach über 30 Jahren (20. Dezember 2005). Nach der massiven Unterdrückung durch das Terrorregime der Taliban können endlich auch Frauen an politischen Entscheidungen in Afghanistan mitwirken.



Literatur

ILO 2008 *Global employment trends for women* Genf.

ITUC Report *The global gender pay gap 2008* Brüssel.

Ruppert, Uta/Jung, Andrea/Schwarzer, Beatrix (2008) *Beyond the Merely Feasible. Transnational Women's Movements' Politics Today* Baden-Baden, i.E.

UN *The Millennium Development Goals Report 2007* New York.

UNDP *Human Development Report* New York, erscheint jährlich mit den neuesten Daten auch über die Entwicklung der Geschlechtergleichheit im Weltmaßstab.

UNESCO 2008 *World Education Report 2000* Paris.

UNIFEM 2008 *Progress of the World's Women 2008/2009* New York.

Worldbank 2000 *Engendering Development. Enhancing Development through Attention to Gender* Washington.

Wölte, Sonja (2008) *International – national – lokal. FrauenMenschenrechte und Frauenbewegung in Kenia* Königstein im Taunus.

Young, Brigitte (2007) *Die politische Ökonomie des Dienstleistungsabkommens (GATS): Gender in EU und China* Baden-Baden.

chungen, die am Schwerpunkt Entwicklungsländerforschung des Fachbereichs Gesellschaftswissenschaften durchgeführt werden, stehen dabei die Ansätze internationaler Frauenpolitik, die in den vergangenen beiden Jahrzehnten unter dem Dach der Vereinten Nationen entwickelt wurden. Frauenbewegungen und Frauennetzwerke, so konnten diese Forschungen zeigen, sind die wichtigsten Motoren für die Veränderung von Geschlechterverhältnissen, im nationalen wie im internationalen Rahmen. Zu den größten Erfolgen der Frauenbewegungen zählt es, dass sie das Normengefüge der UN in ihrem Sinne beeinflussen konnten und die Geschlechterperspektive in den Menschenrechtskonventionen festgeschrieben wurde. Darüber hinaus ist es gelungen, diese neuen, geschlechtssensiblen internationalen Normen zumindest teilweise in nationale Politiken zu übersetzen (Ruppert/Jung/Schwarzer 2008). Unsere Detailstudien zu Kenia, Südafrika, Rwanda und Liberia zeigen, dass die Stärkung der (Menschen-)Rechte und der politischen Partizipation von Frauen – gegen zum Teil erheblichen Widerstand der etablierten Politik – bei den Frauen selbst hohe Priorität genießen (Wölte 2008). Dabei schließt das Ziel der politisch-rechtlichen Gleichheit immer auch die ökonomische Dimension und darin ganz zentral die Arbeit der Frauen ein. Beispielhaft dafür ist in Kenia und vielen anderen afrikanischen Staaten der Kampf um Gleichheit im Landrecht, die für eine Verbesserung der Arbeitssituation von Frauen in der Landwirtschaft grundlegend ist.

Damit schließt sich der Kreis, und Geschlechtergleichheit wird als (notwendiger!) Weg und Ziel von Weltentwicklung erkennbar. Denn die für weltweiten Frieden, Demokratie und Wohlfahrt unverzichtbaren gleichen sozialen, ökonomischen und politischen Entscheidungsrechte sowie die gleiche Verfügung über Ressourcen von der lokalen bis zur internationalen Ebene lassen sich nur verwirklichen, wenn alle fundamentalen gesellschaftlichen Ungleichheitslagen ausgeglichen werden. ♦

Die Autorin



Prof. Dr. Uta Ruppert, 47, befasst sich seit 1985, dem Jahr der Dritten Weltfrauenkonferenz der Vereinten Nationen in Nairobi, mit den Zusammenhängen zwischen internationaler Politik und Geschlecht. Fasziniert von den politischen Prozessen und Ergebnissen dieser Konferenz begann sie, Entwicklungspolitik als Knoten-

punkt internationaler Geschlechterpolitik zu betrachten. Promoviert hat sie in Gießen über Frauenpolitik im Entwicklungsprozess Burkina Fasos, anschließend arbeitete sie dort über Frauen- und Geschlechterpolitik in den Prozessen globalen Regierens. Zu ihren aktuellen Forschungsschwerpunkten gehören außerdem die Transnationalisierung der Frauenpolitik sowie die Zusammenhänge zwischen Kultur, Kulturförderung und Entwicklung, insbesondere in Südostafrika. Damit zählt sie zur ersten Generation feministischer Politikwissenschaftlerinnen in Deutschland, die maßgeblich zur Etablierung einer neuen, internationalen Standards entsprechenden Forschungsperspektive beigetragen hat. Gelehrt hat sie außer in Gießen, Hannover und Frankfurt auch als Gastdozentin und Gastprofessorin in Österreich, Spanien und Indonesien. 2002 wurde Uta Ruppert nach Frankfurt auf die Professur für Entwicklungsländerforschung unter besonderer Berücksichtigung der Geschlechterverhältnisse am Institut für Politikwissenschaft des Fachbereichs Gesellschaftswissenschaften berufen. Seitdem engagiert sie sich auch als eine der Direktorinnen des Frankfurter Cornelia Goethe Centrus für Frauenstudien und die Erforschung der Geschlechterverhältnisse. Außerdem bringt sie im Zentrum für Interdisziplinäre Afrikaforschung der Universität die Geschlechterperspektive ein. In Kürze erscheint von Ruppert und ihren Mitarbeiterinnen Beatrix Schwarzer und Andrea Jung im Nomos Verlag der Band »Beyond the Merely Feasible. Transnational Women's Movements' Politics Today«. Seit 2007 ist Ruppert Dekanin des Fachbereichs Gesellschaftswissenschaften.

ruppert@soz.uni-frankfurt.de

Anzeige

www.plan-deutschland.de

**Öffne deine Augen für
meine Welt. Werde Pate!**

**Nähere Infos:
040-611 400**

Plan International
Deutschland e.V. · Bramfelder Str. 70 · 22305 Hamburg

Plan

»Carefully selected« – Ghanaische Ananas werden für den Export verpackt. Wer heute anspruchsvolle Kunden in der westlichen Welt gewinnen will, muss Qualitätsware liefern. Doch wie lässt sich »Qualität« definieren? Neben den klassischen messbaren Kriterien wie Größe, Farbe und Form spielen zunehmend soziale und ökologische Zertifizierungssysteme eine Rolle, die von Supermarktketten, Importeuren und Nichtregierungsorganisationen eingeführt werden.



»Meet the Farmer«

Kleinbauern, Regionalentwicklung und der neue globale Agrarmarkt

von **Peter Lindner**
und
Stefan Ouma

Lebensmittelkrisen wie BSE, Schweinepest, Vogelgrippe und der »Gammelfleischskandal« haben das Vertrauen der Verbraucher in den Agrarmarkt erschüttert. Deshalb verwenden Produzenten und Einzelhändler heute mehr Anstrengungen als jemals zuvor darauf, der verunsichernden Anonymität der global organisierten Produktion durch die Herstellung sozialer Nähe entgegenzuwirken. So suggerieren Herkunftszertifikate für Regionalprodukte sowie eine schnell steigende Zahl von Hygiene-, Sozial- und Umweltstandards Verlässlichkeit aufgrund von geringen räumlichen Distanzen und unabhängiger Kontrolle, während Initiativen wie »Caretrace: Meet the Farmer« dadurch Vertrauen schaffen sollen, dass sich der Konsument im Internet über den individuellen Produzenten informieren kann. Doch die Folgen dieser Umbrüche für Produktionsweisen und Anbauregionen sind bislang nur wenig bekannt.

Im Zuge der Globalisierung vollziehen sich diese tiefgreifenden Veränderungen sowohl in der landwirtschaftlichen Produktion als auch im internationalen Agrarhandel. Neue Konsummuster, eine steigende Nachfrage nach »Convenience«- und »Just-in-time«-Produkten und ein zunehmend oligopolistisch organisierter Lebensmitteleinzelhandel zählen dazu ebenso wie eine schnell steigende Zahl von Hygiene-, Sozial- und Umweltstandards sowie neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Staaten, Nichtregierungsorganisationen und Unternehmen.

Trendwende: Von traditionellen tropischen Agrargütern zu »High-Value-Foods«

Die Erzeugung hochwertiger tropischer Gartenbauprodukte (»High-Value-Foods«) wie Frischgemüse, Frischobst und Schnittblumen stellt einen der dynamischsten Sektoren der global organisierten Landwirtschaft dar. Alleine der Handel mit Frischobst und Frischgemüse wuchs zwischen 1980 und 2005 um 243 Prozent an.^{11/} Zahlreiche Entwicklungsländer stellten ihren Export auf neue Produktbereiche um. Bis dahin wurden überwiegend traditionelle tropische Agrar-

produkte wie Kaffee, Kakao, Tee, Zucker, Naturfasern, Nüsse und Gewürze ausgeführt. Während deren Anteil an den gesamten Agrexporten aus Entwicklungsländern zwischen 1981 und 2001 von 39,2 Prozent auf 18,9 Prozent zurückging, nahmen die Ausfuhren von Gartenbauprodukten im selben Zeitraum von 14,7 Prozent auf 21,5 Prozent zu.^{12/}

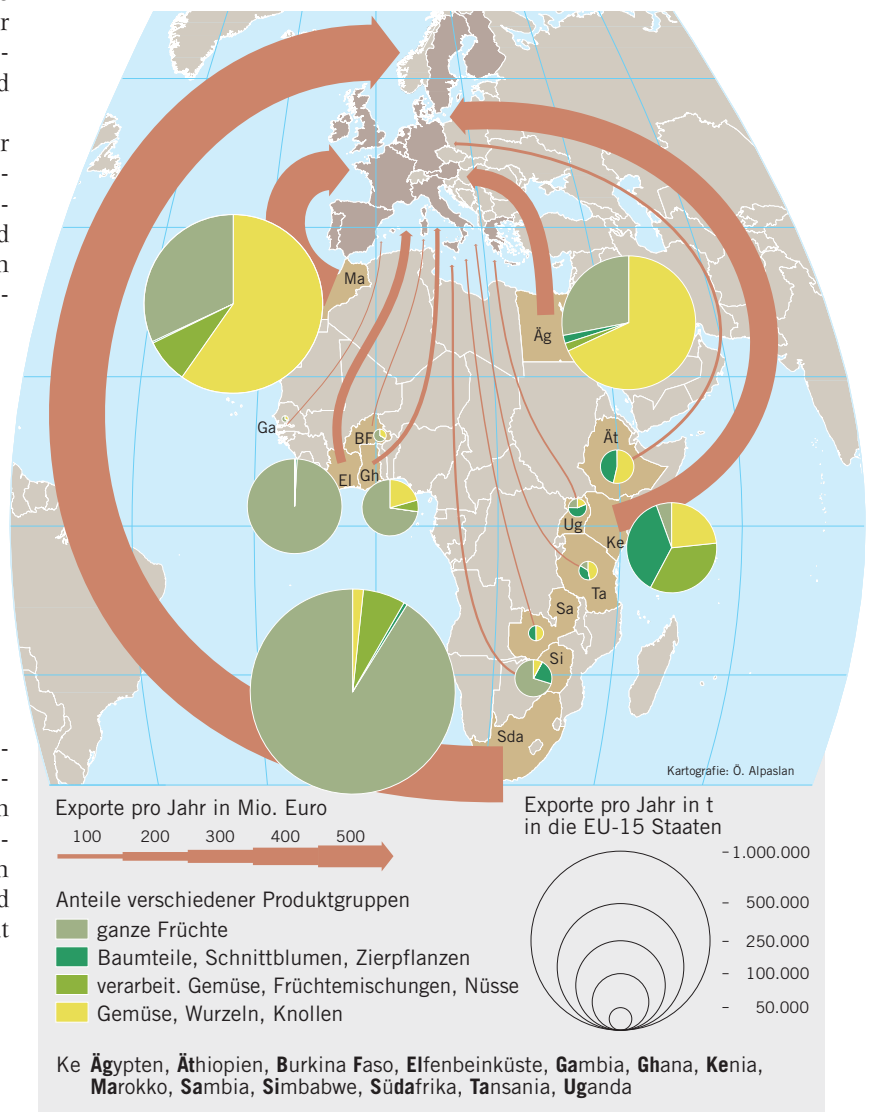
Insbesondere einige afrikanische Exportökonomien konnten sich in den 1990er Jahren im Zuge von neoliberaler Strukturanpassung, Exportförderung und veränderten Nachfragepräferenzen als Produzenten hochwertiger landwirtschaftlicher Erzeugnisse global positionieren. Schnittblumen (»Equatorial Rose«) und grüne Bohnen aus Kenia oder Ananas aus Ghana gehören heute zu den afrikanischen Exportschlägern. Kenia und Ghana etwa exportierten 2007 Gartenbauprodukte wie ganzes und weiterverarbeitetes Frischgemüse und Frischobst, Schnittblumen und Zierpflanzen im Wert von 641,66 Millionen (Kenia) beziehungsweise 99,37 Millionen (Ghana) Euro in die 15 Staaten der »alten« EU und erwirtschafteten damit einen erheblichen Anteil ihrer gesamten Devisen.^{13/} Schätzungen sprechen insgesamt von einer Million kleinbäuerlicher Haushalte in Afrika, die direkt (als Bauern) und indirekt (als Arbeiter und Haushaltsmitglieder) vom Export hochwertiger Agrarprodukte abhängig sind.^{14/} Was als lose organisierter Handel mit einfachen Primärprodukten in den 1980er Jahren begann, ist mittlerweile ein hoch ausdifferenzierter und flexibel organisierter Agrarmarkt geworden, auf dem Prozess- und Produktstandards eine zunehmend strukturierende und regulierende Rolle spielen. **■**

Die Ausbreitung dieser Standards ist Ausdruck einer gestiegenen Reflexivität des Marktes (»Selbstproblematisierung«) im Hinblick auf ökologische, sozioökonomische und hygienische Wechselwirkungen und wird vor allem von privaten Akteuren wie transnationalen Supermarktketten (zum Beispiel »Tesco«), Nichtregierungsorganisationen (zum Beispiel die »Soil Association«) oder Multi-Akteurs-Konstellationen (zum Beispiel die »Common Code for the Coffee Community-Initiative«) vorangetrieben. Wer heute für den Weltmarkt produziert, ist deswegen mit einem Geflecht aus staatlichen und privaten Regularien konfrontiert, die verschiedenste Konnotationen von »Qualität« einfordern. Neben klassischen materiellen Produktattributen wie Größe, Farbe und Form werden dabei verstärkt auch symbolische Eigenschaften wichtig, die sich einer eindeutigen Bewertung entziehen. Scheinbar objektivierende Zertifikate spielen deswegen bei der Sicherstellung von Qualität und der Regulierung von Wertschöpfungsketten eine entscheidende Rolle. Für Produzenten in den Anbauregionen wirken diese oft aus anderen sozialen, ökologischen und ökonomischen Kontexten transferierten Zertifizierungssysteme als erhebliche Handelshemmnisse. Wie soll beispielsweise der in Großbritannien populäre Standard LEAF (»Linking Environment and Farming«) umgesetzt werden, wenn dafür die Brutzeit

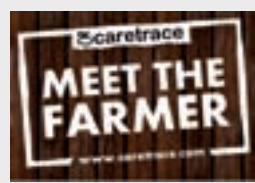
von Vögeln eine wichtige Rolle spielt, es eine klar abgrenzbare Brutzeit in den Tropen aber gar nicht gibt?

Neue Marktnischen und Wünsche der Verbraucher

Einerseits wird es für Produzenten also immer schwieriger, nicht aus dem Markt verdrängt zu werden, da die Anforderungen an die »Qualität« zunehmen, die Produktionsprozesse komplexer werden und die Produktionskosten aufgrund von Zertifizierungsverfahren und Kontrollmaßnahmen steigen. Andererseits wird eine Ausweitung des globalen Agrarmarktes möglich, da immer spezifischere Erzeugnisse nachgefragt werden und so neue Marktnischen entstehen. Dabei bedeutet »Ausweitung des globalen Marktes« hier keineswegs nur die Erschließung zusätzlicher Anbauregionen im territorialen Sinn. Vielmehr sind darunter auch eine stärkere Exportorientierung sowie eine unmittelbare und intensivere Einbindung der beteiligten Akteure in globale Märkte durch die Herstellung sozialer, organisatorischer und regulatorischer Nähe gemeint. Im bereits erwähnten Fall des »Traceability«-Systems »Caretrace: Meet the Farmer« kommt das ebenso zum Ausdruck wie in der Tatsache, dass bei manchem europäischen Supermarkt die Frist zwischen der Bestellung eines bereits im Anbaugelände zubereiteten Fruchtsalats »fresh from harvest« und dem Abtransport im Flugzeug maxi-



■ Exporte hochwertiger Gartenbauprodukte 2007: Viele afrikanische Länder haben ihre Agrarproduktion in den vergangenen Jahren auf »High-Value-Foods« wie Frischobst und -gemüse sowie Schnittblumen umgestellt; sie exportieren diese Waren überwiegend in Länder der Europäischen Union.



James Assabil
James Assabil from Nkwanta in Ghana has been farming for 17 years. In which time his farm has grown to nearly 3 hectares. He grows vegetable pineapple for the Blue Silk Organic Collective (BSOC), which is a Fairtrade association of more than 70 farmers who work in the Central Region of Ghana. James Assabil is 58 years old and is married with 10 children.

Vertrauensbildende Maßnahmen via Internet: »Caretrace« informiert mit der Kampagne »Meet the Farmer« die Konsumenten über »ihre« Bauern in Afrika.

Bauern dabei, von den traditionell angebauten Ananasvarietäten »Sugar Loaf« und »Smooth Cayenne« auf die in Europa und den USA immer populärer werdende Varietät »MD2« umzustellen, und die niederländische Organisation »Cordaid« fördert die Vergabe von Kleinkrediten an Bauern zum Anbau von Mangos. Viele Maßnahmen und Initiativen wie beispielsweise ein vom Internationalen Währungsfond (IWF) unterstütztes Programm zur Landregistrierung oder der »Millennium Challenge Account« (MCA) der US-Regierung beziehen sich dabei nicht unmittelbar oder ausschließlich auf eine marktorientierte Landwirtschaft, sondern schließen das soziale, administrative oder infrastrukturelle Umfeld mit ein. Andere beinhalten Bedingungen, durch die allgemeine Entwicklungsziele mit der Förderung des Agrarsektors kombiniert werden. Als Folge davon bilden sich Unternehmungen und Formen der Produktionsorganisation heraus, die marktwirtschaftliche Ziele mit Aufgaben wie dem Ausbau der regionalen Infrastruktur, einem verbesserten Zugang zu Bildungsinstitutionen oder dem Umweltschutz verbinden, damit teilweise Tätigkeitsfelder von Nichtregierungsorganisationen oder der staatlichen Verwaltung übernehmen und zu ihren Kleinbauern in einem paternalistischen Fürsorgeverhältnis stehen.

Formen der Anbauorganisation, die in diesem Kontext immer wichtiger werden, sind sogenannte »Out-grower Schemes«. Dabei richten Kleinbauern ihre Produktion – Produkte, Menge, Qualität, Organisation des Produktionsprozesses – von vornherein an den Anforderungen eines einzelnen Exporteurs aus. Diese Verbindung zwischen beiden Seiten beruht manchmal nur auf informellen Absprachen, ist aber meist fest vertraglich abgesichert. Beratung, Bereitstellung von Input wie Dünger, Pestiziden und Saatgut, Kredite sowie Abnahme- und Preisgarantien können Teil dieser Vereinbarungen sein, die für beide Seiten eine höhere Planungssicherheit bieten, wobei die Verhandlungsmacht meistens ungleich zugunsten der Exporteure verteilt ist. Ghana, das sich dem Welthandel auch in anderen Bereichen stark geöffnet hat und im letzten »Doing Business-Report« der Weltbank als »Top Reformer« bezeichnet wird¹⁵⁾, forciert eine Anpassung an die neuen Rahmenbedingungen des globalen Agrarmarkts und bezeichnet die eigene Landwirtschaft in Imagebrochüren als »Ready for Take Off«.

Ananas und Mangos aus Ghana – zwei Fallbeispiele

Wie nun sehen die Strategien und Geschäftsmodelle konkret aus, mit denen international vernetzte Agrarunternehmen exportorientierte Märkte in Ghana schaffen? Welche Folgen gehen davon für die Anbaueregionen aus? Beides lässt sich am besten anhand von zwei Fallbeispielen nachvollziehen, die in weit voneinander entfernten Regionen angesiedelt sind, unterschiedliche Produkte exportieren und jeweils eigene Geschäftsmodelle entwickelt haben. Für beide spielen Ananas beziehungsweise Mangos, zwei Anbaufrüchte, die in den vergangenen Jahren auf dem globalen Agrarmarkt erheblich an Bedeutung gewonnen haben, eine entscheidende Rolle.

Im ersten Fall handelt es sich um das multinationale Unternehmen »Fresh Fruit Limited«, das hochwertige »Convenience«-Fruchtprodukte »Just-in-time« an eine unter Zeitdruck lebende, aber kaufkräftige und



Zurückverfolgen bis zum Produzenten: Mit privaten Qualitätsstandards und »Traceability«-Systemen wird der globale Agrarmarkt zunehmend reguliert, was lokale Produzenten vor neue Herausforderungen stellt.

mal zwölf Stunden betragen darf – für die Bauern und Exporteure eine enorme logistische Herausforderung, da Vorratshaltung nur sehr begrenzt möglich ist.

Es ist eines der Kennzeichen der jüngsten Expansionsphase des globalen Agrarmarktes, dass Nichtregierungs- und Entwicklungsorganisationen sowie internationale Organisationen an zentraler Stelle involviert sind. In Ghana wurde beispielsweise die Umstellung der Produktionsprozesse entsprechend GLOBALGAP, dem weltweit wichtigsten Qualitätsstandard für landwirtschaftliche Erzeugnisse, von der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) im Rahmen des »Market Oriented Agriculture Programme«, von der Europäischen Union im Rahmen des »Pesticide Initiative Programme« und von der »United States Agency for International Development« (USAID) im Rahmen des »Trade and Investment Programme for a Competitive Export Economy« gefördert. Die »Horticulture Export Industries Initiative« der Weltbank half


Ananasanbau in Südghana: Wenn die Früchte reif sind, werden sie »Just-in-time« und erntefrisch nach Europa geliefert.



konsumbewusste europäische Klientel liefert. Binnen zwölf Stunden werden Ananas, Mangos, Papayas und weitere Früchte frisch geerntet direkt vor Ort weiterverarbeitet und anschließend per Luftfracht nach Europa exportiert. »Fresh Fruit Limited«* verfügt über eine Zuliefererbasis von 116 Klein- und Mittelbauern im Süden Ghanas und wirkt in ihrer Stammregion als fokaler Wirtschaftsmotor.

Das Unternehmen siedelte sich 1998 in Ghana an und expandierte von dort aus nach Südafrika, Ägypten und Brasilien. Durch flexibles »Supply Chain-Management«, Produktinnovationen, eine proaktive Unternehmenspolitik in Bezug auf soziale und ökologische Zertifizierungssysteme (»Fairtrade«, »Organic«, »GLOBAL-GAP«) und nicht zuletzt durch die geschickte Demonstration von »Corporate Social Responsibility« (CSR) für Arbeiter und kleinbäuerliche Zulieferer gelang es »Fresh Fruit Limited«, sich als einer der Marktführer in Europa zu etablieren. Ein wesentliches Element des Geschäftsmodells ist dabei die Erzeugung sozialer Nähe zwischen Konsumenten und Produzenten durch Marketinginstrumente wie »Caretrace: Meet the Farmer«. Die vermeintliche »Entfetischisierung« der Ware und die Übersetzung lokaler Eigenheiten (Kleinbauern, Frische, Natur) in Produktqualitäten können als marktbezogene Rahmungsprozesse verstanden werden, die dem Unternehmen weiche Wettbewerbsvorteile garantieren.

Wie fragil solche Rahmungsprozesse allerdings sein können, zeigt die jüngere Kontroverse um den ökologischen Fußabdruck von luftfrachtbasierten Agrarprodukten – »Food Miles« – in Großbritannien. Die für biologische Zertifizierung entscheidende britische »Soil Association« hält den Transport per Luftfracht für unvereinbar mit einer nachhaltigen Landwirtschaft und droht seit 2007 mit einem Bann entsprechender Erzeugnisse. Davon wäre ein Großteil der kleinbäuerlichen Zuliefererbasis von »Fresh Fruit Limited« betroffen, was schwerwiegende Folgen für viele Familien im ländlichen Raum hätte. Durch strategisches Engagement und Lobby-Arbeit des Unternehmens auf mehreren Ebenen konnte diese Gefahr aber vorerst abgewendet werden. Das Beispiel zeigt, wie stark die Handlungsoptionen und Perspektiven der Marktintegration lokaler Akteure von Marktmachern im globalen Norden bestimmt werden. Dasselbe Phänomen spiegelt sich eindrucksvoll im Rückgang der Ananas-

exporte nach 2004 wider.  Ursache war eine plötzliche Verschiebung der Marktnachfrage auf die von »Del Monte« entwickelte und propagierte Varietät »MD2«, der die Produzenten wegen der hohen Kosten für neue Setzlinge nicht schnell genug nachkommen konnten.

Während die Marktnische für »Fresh Fruit Limited« die »Just-in-time«-Lieferung von erntefrischen und bereits verarbeiteten Früchten ist, setzt die im Norden Ghanas angesiedelte »Integrated Organic Fruit Company«* (IOFC) auf die Bio-Zertifizierung von Mangos als Marktlücke. Dabei wird eine abgelegene Region durch den globalen Agrarmarkt neu erschlossen und integriert. Zwar ist der Mango-Anbau in Nordghana seit Langem bekannt, er wurde jedoch immer nur im kleinen Stil und für den lokalen Markt betrieben. Die IOFC hingegen setzt ausschließlich auf den Export, möchte die kleinbäuerlichen Anbaustrukturen aber beibehalten. Sie hat sich zudem explizit zum Ziel gesetzt, zur infrastrukturellen und sozialen Entwicklung der Region beizutragen und hilft beim Bau von Schulen oder Wohngebäuden für Lehrer. Grundlage dafür ist ein Vertragsmodell, in das derzeit 1300 kleinbäuerliche Produzenten einbezogen sind, von denen jeder nur einen Acre Land (circa 0,4 Hektar) besitzen darf. Die Verträge wurden wesentlich von einer niederländischen Entwicklungsorganisation mit ausgearbeitet, die dann auch einen Teil der für die Anfangsinvestitionen (Setzlinge, Dünger, landwirtschaftliche Geräte, Bewässerungssysteme) nötigen Kredite bereitstellte. Um eine Verschuldungsspirale zu verhin-

Gut aufgestellt für die Anforderungen des globalen Agrarmarktes – so präsentiert Ghana seine exportorientierte Landwirtschaft in einer Imagebroschüre.



* Namen der Unternehmen von den Autoren geändert

Anmerkungen

^{1/1} FAO 2008: Faostat – Tradestat. <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>

^{1/2} Jaffee, Steven 2005 *Food Safety and Agricultural Health Standards: Challenge and Opportunities for Developing Country Exports* Report 31207, Washington D.C. http://siteresources.worldbank.org/INTRANETTRADE/Resources/Topics/Standards/standards_challenges_synthesisreport.pdf

^{1/3} EUROSTAT 2008 *Außenhandelsstatistiken* EU-27. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136217,0_45571467&_dad=portal&_schema=PORTAL

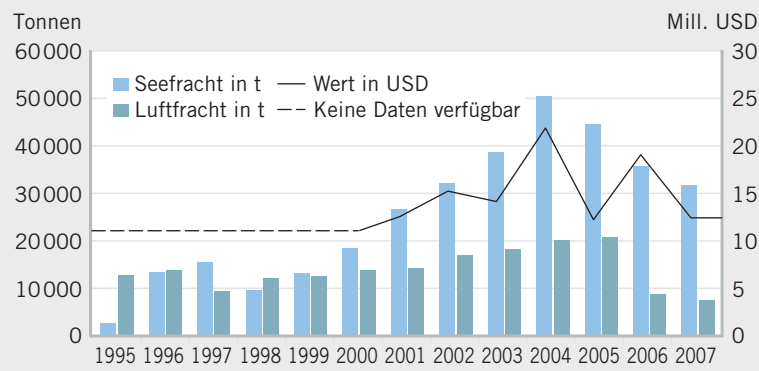
^{1/4} PIP Magazine 2007, H. 12. www.coleacp.org/pip

^{1/5} Weltbank 2007 *Doing Business in Africa* Washington D.C.

Bauer bei der Bewässerung seines Mangofeldes. Eine niederländische Entwicklungsorganisation sorgte dafür, dass etwa 400 Kleinbauern in Nordghana zinsfreie Kredite bekommen, um Setzlinge und Dünger zu kaufen.

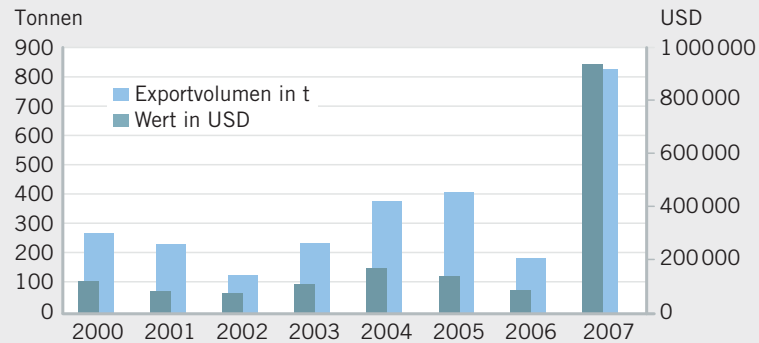


Ghanaische Ananasexporte in t 1995–2007* und in USD 2000–2007**



Quelle: *Sea-Freight Pineapple Exporters of Ghana 2008 **Ghana Export Promotion Council 2008

Ghanaische Mangoexporte 2000–2007 in t und USD



Quelle: Ghana Export Promotion Council 2008

ren dieses Marktes ist auf zunehmend differenziertere, organisatorische und institutionelle Arrangements mit anderen Akteuren angewiesen, die es eigentlich verbieten, von »dem globalen Agrarmarkt« zu sprechen. Veränderungen an den unterschiedlichsten Punkten der agrarischen Wertschöpfungskette – induziert durch Konsumenten, Abnehmer und Produzenten, aber auch ausgelöst durch technische und organisatorische Innovationen – machen diese Märkte hoch dynamisch und zwingen die Beteiligten, sich kontinuierlich neu zu positionieren. Die Integration ökologischer und sozialer Externalitäten, die Entanonymisierung durch »Traceability« oder die scheinbare Aufhebung des Marktprinzips, wenn profit- und allgemeinwohlorientierte Ziele vermengt werden, sind es, die zu neuen Perspektiven und Pfaden regionaler Entwicklung führen. Über die konkreten – positiven wie negativen – Konsequenzen für die Produktionsregionen im Süden ist bislang noch viel zu wenig bekannt.

Die Autoren



Prof. Dr. Peter Lindner, 39, erhielt 2006 einen Ruf auf die Professur für Allgemeine Wirtschaftsgeographie in Frankfurt. Er hat an der Universität Erlangen-Nürnberg promoviert und sich habilitiert und war zwischenzeitlich an der Yale University im »Program in Agrarian Studies« sowie an der »Moscow School of Social and Economic Sciences« tätig. Sein wissenschaftliches Grundinteresse gilt der Frage, auf welche Weise Güter und Märkte geschaffen, reproduziert und verändert werden. Was oft als eine selbstverständliche Tatsache erscheint, etwa die Existenz von privaten Eigentumsrechten, der anonyme Kauf und Verkauf von Produkten oder das Vertrauen in die Effizienz von Märkten, wird aus dieser Perspektive zu einer permanenten Konstruktionsleistung, die alles andere als »natürlich« ist. Wissenschaftliche, insbesondere ökonomische Modelle werden dabei nicht primär als Abbilder, sondern als Handlungsvorlagen verstanden, die sich ihre eigene Wirklichkeit schaffen. Peter Lindner arbeitet zurzeit an Forschungsprojekten zum »globalen Agrarmarkt und seinen unscharfen Rändern« in Ghana, zu »lokalen Marktordnungen und kommunaler Selbstverwaltung« in Russland sowie zur »Kreativpolitik und der Performativität des Kreativitätsparadigmas«. Sein jüngstes Buch trägt den Titel »Der Kolchoz-Archipel im Privatisierungsprozess: Wege und Umwege der russischen Landwirtschaft in die globale Marktgesellschaft«.



Stefan Ouma, M.A., 26, arbeitet seit 2007 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Humangeographie der Universität Frankfurt. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der wirtschaftsgeografischen Globalisierungsforschung. Insbesondere interessiert er sich für den Zusammenhang zwischen globalen Wertschöpfungsketten, privaten Regulierungssystemen und Regionalentwicklung. Er promoviert zurzeit über das Thema »Konstruktion, Ordnung und Praxis von transnationalen Agrarmärkten in Ghana«.

plindner@uni-frankfurt.de; ouma@em.uni-frankfurt.de;
www.humangeographie.de/lindner

Export von Ananas und Mangos aus Ghana: Die zeitverzögerte Umstellung des Anbaus auf eine mittlerweile häufiger nachgefragte Sorte hat nur zu einem vorübergehenden Rückgang der seit den 1990er Jahren kontinuierlich steigenden Ananasexporte geführt. Als wichtiger Devisenbringer für die ghanaische Landwirtschaft könnten in Zukunft Mangos die Ananas ergänzen.

den, erhalten die teilnehmenden Bauern die Kredite zinsfrei, müssen bis zur ersten Ernte nach fünf Jahren nicht mit der Tilgung beginnen und zahlen auch später immer nur einen Prozentsatz der tatsächlich erzielten Erlöse zurück.

Dieses Beispiel macht deutlich, wie tief greifend die Impulse sein können, die von der Ausweitung des Marktes auf eine Anbauregion ausgehen. Sie betreffen infrastrukturelle Neuerungen, eine Anpassung des traditionellen Bodenrechts, Aufklärungsmaßnahmen im für die Biozertifizierung wichtigen Bereich der Feldhygiene, die soziale Differenzierung in den Dorfgemeinschaften, Gender-Beziehungen aufgrund neuer Formen der Arbeitsorganisation sowie bislang unbekannt langfristige finanzielle Abhängigkeiten. Sollten sich die Anbauprognosen tatsächlich umsetzen lassen, so könnte Nordghana in wenigen Jahren zwei Prozent der derzeitigen jährlichen Mango-Importe der Europäischen Union produzieren.¹³¹

Veränderungen in der agrarischen Wertschöpfungskette und ihre Folgen

Die beiden Fallbeispiele zeigen, dass die Ausweitung des globalen Agrarmarktes ein Prozess ist, der vielfältiger sozialer Veränderungen und technischer Investitionen im Marktumfeld bedarf. Große Exportunternehmen, die kleinbäuerliche Zulieferer an sich binden und zugleich in überregionale Strukturen integrieren, spielen dabei eine Schlüsselrolle. Doch das Funktionie-

Wasser weltweit

Wie groß sind die globalen Süßwasserressourcen, und wie nutzt sie der Mensch?

von **Petra Döll**

■ Viele Menschen dieser Erde stellt die Beschaffung sauberen Wassers vor größere Herausforderungen, wie diesen Jungen im halbtrockenen Nordosten Brasiliens.

Ohne Wasser kein Leben – die ersten organischen Moleküle entwickelten sich im Wasser, aus Wasser plus Kohlenstoff und Stickstoff, und auch heute brauchen Pflanzen, Tiere und Menschen viel Wasser, um zu überleben. Die Erde ist der einzige Planet mit flüssigem Wasser und der einzige Planet, auf dem es Leben gibt, zumindest in unserem Sonnensystem. Zwei Umstände bewirken gemeinsam, dass nur die Erde die richtige Temperatur für flüssiges Wasser an ihrer Oberfläche hat: ihr Abstand zur Sonne und ihre Masse. Aufgrund ihrer ausreichend großen Masse kann sie eine Atmosphäre halten, die die mittlere Oberflächentemperatur von -18 °C auf $+15\text{ °C}$ erhöht. Nur daher konnte sich im Frühstadium der Erdentstehung das Wasser, das in großen Mengen aus dem Erdinnern ausgaste, an der Oberfläche als flüssiges Wasser in den Ozeanen sammeln.

Im Anthropozän [siehe Seite 57] wird das Wasser nun knapp. Immer mehr Menschen brauchen immer mehr Wasser und greifen immer stärker in den natürlichen Wasserkreislauf ein. Das beeinträchtigt das Wohlergehen nicht nur von Menschen, sondern auch von aquatischen Ökosystemen. So fehlen Fischen im Unterstrom von Stauseen die natürlichen jahreszeitlichen Wasserstandsschwankungen und damit zum Beispiel geeignete Laichplätze, oder die Vegetation in Feuchtgebieten stirbt ab, wenn diese durch Wasserentnahmen für Bewässerung trocken fallen. Wasserknappheit bezieht sich aber nicht nur auf die Wassermenge, sondern auch auf die Wasserqualität. Ist Wasser nicht von ausreichend guter Qualität, dann ist es nicht nachhaltig nutzbar. Aber auch ein Zuviel an Wasser schafft zunehmend Probleme. Immer mehr Menschen wohnen in hochwassergefährdeten Gegenden, und durch den anthropogenen Klimawandel werden sich fast überall die Hochwässer häufen.

Wassernutzung

Wir Menschen nutzen Wasser auf vielfältige Weise: zum Trinken und Waschen, zur Herstellung von Nahrungsmitteln und von industriellen Gütern, zur Stromerzeugung – und zum Vergnügen. Wir nutzen es direkt (etwa wenn wir uns waschen) oder indirekt als sogenanntes »virtuelles« Wasser (zum Beispiel, wenn wir essen). Als virtuelles Wasser wird diejenige Wassermenge bezeichnet, die benötigt wird, um ein Produkt herzustellen. Der britische Wissenschaftler John Anthony Allan, der sich mit der Wasserknappheit im Nahen Osten befasste, entwickelte die Idee, Wasser in virtueller Form als Nahrungsmittel zu importieren, wenn eine Ausweitung der (bewässerten) Landwirtschaft wegen der Wasserknappheit nicht mehr möglich ist.^[1] Um das Konzept des virtuellen Wassers für die Identifizierung nachhaltiger Entwicklungsstrategien



nutzen zu können, müssen sozioökonomische Aspekte einbezogen werden. So ist Landwirtschaft die Einkommensquelle von Milliarden von Menschen (zum Beispiel in Indien von 800 Millionen Menschen), und für den Import von Nahrungsmitteln sind beträchtliche finanzielle Ressourcen notwendig.

Der Verbrauch an virtuellem Wasser zeigt den »Wasserfußabdruck« eines Menschen oder eines Landes (www.waterfootprint.org), vergleichbar mit dem »ökologischen Fußabdruck«, der den Flächenverbrauch widerspiegelt. Der Konsum von Nahrungsmitteln hat den weitaus größten Anteil am Wasserfußabdruck, da beim Wachstum von Feldfrüchten große Wassermengen verdunsten.

Und schließlich: Wir nutzen »blaues« und »grünes« Wasser. **3** Das blaue Wasser ist die Domäne der Wasserwirtschaft: das Wasser in Flüssen, Seen und im Grundwasser, das – meist durch Pumpen – entnommen und einer menschlichen Nutzung zugeführt werden kann. In der Landwirtschaft wird blaues Wasser insbesondere zur Bewässerung eingesetzt. Ein Teil des entnommenen blauen Wassers verdunstet während der Nutzung und wird als konsumtiv genutzte Wassermenge bezeichnet, da sie anderen Wassernutzern nicht mehr zur Verfügung steht. Als grünes Wasser bezeichnet man das Regenwasser, das auf Ackerflächen verdunstet, um die Produktion von Feldfrüchten zu ermöglichen. Die Begriffe »grünes Wasser« und »blaues Wasser« wurden von der schwedischen Wissenschaftlerin Malin Falkenmark eingeführt, um den engen Fokus auf die Bewässerung, das heißt auf blaues Wasser, der im landwirtschaftlichen Wassermanagement vorherrschte, zu erweitern. Dadurch wollte sie in der Diskussion um weltweite Nahrungsmittelsicherheit eine integrierte Analyse dieser beiden »Wasserarten« unterstützen.^[2]

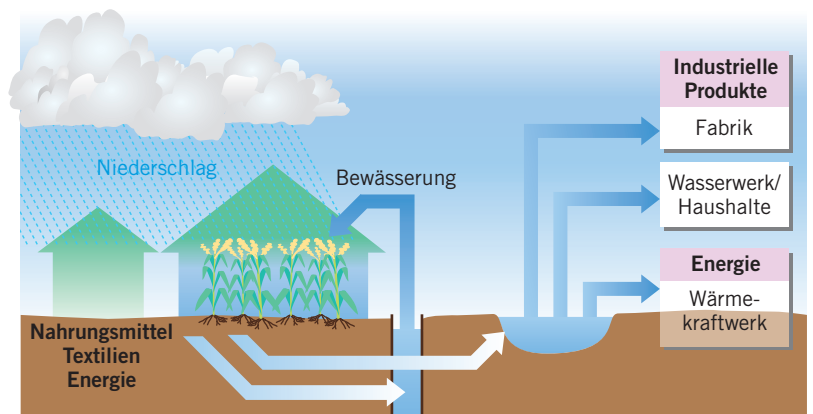
Für eine nachhaltige Entwicklung unseres Planeten ist es notwendig, auch den Wasserbedarf natürlicher Ökosysteme zu berücksichtigen. Aquatische Ökosysteme brauchen blaues, terrestrische Ökosysteme grünes Wasser.

Wo ist das Wasser knapp?

Im Allgemeinen versteht man unter dem Begriff Wasserressourcen den Anteil des Niederschlags, der,



2 Bewässerungskanal: Das bei Weitem meiste Wasser geht dem blauen Wasser durch die Bewässerung von Feldfrüchten, wie hier im brasilianischen Bundesstaat Ceará, verloren. Deshalb lohnt es sich für Staaten in trockenen und halbtrockenen Klimazonen, darüber nachzudenken, ob sie nicht Nahrung aus Ländern importieren können, deren Landwirtschaft auf Regenwasser basiert.



3 Blaues Wasser, das aus Flüssen, Seen oder dem Grundwasser stammt, wird für die Wasserversorgung von Haushalten, Industriebetrieben und Wärmekraftwerken ebenso wie für die Bewässerung von Feldern genutzt. Für die Produktion von Feldfrüchten wird darüber hinaus auch grünes Wasser aus dem Regen genutzt, zusammen mit blauem Wasser im Falle von Bewässerung. Ein großer Teil des Bewässerungswassers geht durch die Verdunstung für die weitere Nutzung verloren. Hingegen steht das blaue Wasser, das für andere Zwecke entnommen wird, nach der Nutzung größtenteils wieder zur Verfügung, falls es nicht zu stark verschmutzt wurde.

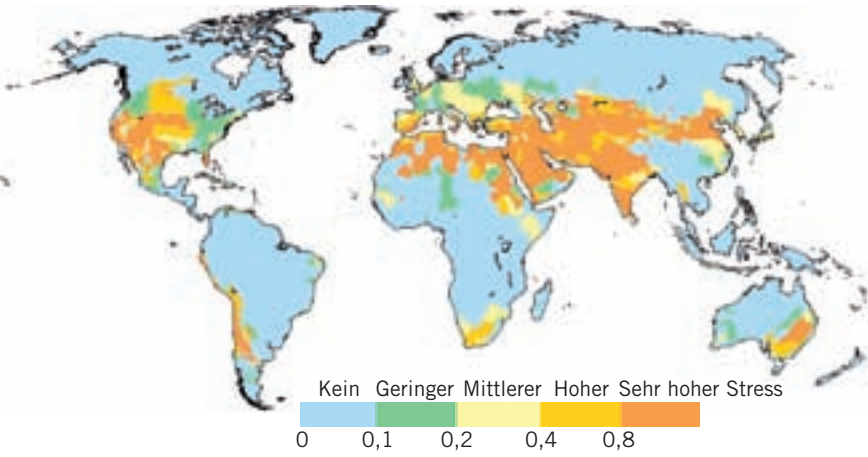


4 In Ceará decken die Menschen ihren Wasserbedarf aus Stauseen, doch in trockenen Jahren trocknen diese aus, so dass auf Grundwasser zurückgegriffen werden muss. Grundwasser ist jedoch aufgrund der hohen Verdunstungsraten versalzen und muss in entsprechenden Anlagen aufbereitet werden.

im langjährigen Mittel, nicht verdunstet, sondern in das Grundwasser oder in Oberflächengewässer fließt und dort genutzt werden kann. Diese traditionelle Fokussierung auf das blaue Wasser behindert jedoch die integrierte Betrachtung von Ernährung, Wasser und natürlicher Umwelt, da das grüne Wasser eine wichtige Ressource für terrestrische Ökosysteme einschließlich

Glossar:

<p>blaues Wasser: Wasser in Flüssen, Seen und im Grundwasser. Die Domäne der Wasserwirtschaft.</p>	<p>verdunstet, um die Produktion von Feldfrüchten zu ermöglichen.</p>	<p>die Blätter (Transpiration).</p>	<p>zung für andere Nutzer verloren geht.</p>
<p>grünes Wasser: Regenwasser, das auf Ackerflächen</p>	<p>Evapotranspiration: Verdunstung über den Boden (Evaporation) und über</p>	<p>konsumtiv genutzte Wassermenge: diejenige Wassermenge, die durch Verdunstung bei der Wassernut-</p>	<p>virtuelles Wasser: Wassermenge, die benötigt wird, um ein Produkt herzustellen.</p>



☐ Wasserstress in Flusseinzugsgebieten um das Jahr 2000. Wasserstressindikator ist das Verhältnis zwischen Wasserentnahmen und erneuerbaren Wasserressourcen (Niederschlag minus Evapotranspiration). Die Wasserressourcen wurden als langjähriges Mittel der Jahre 1961–1990 berechnet.

der Agrarökosysteme ist. Daher sollte der Niederschlag über Flusseinzugsgebieten als die eigentliche erneuerbare Wasserressource dieses Einzugsgebiets betrachtet werden.

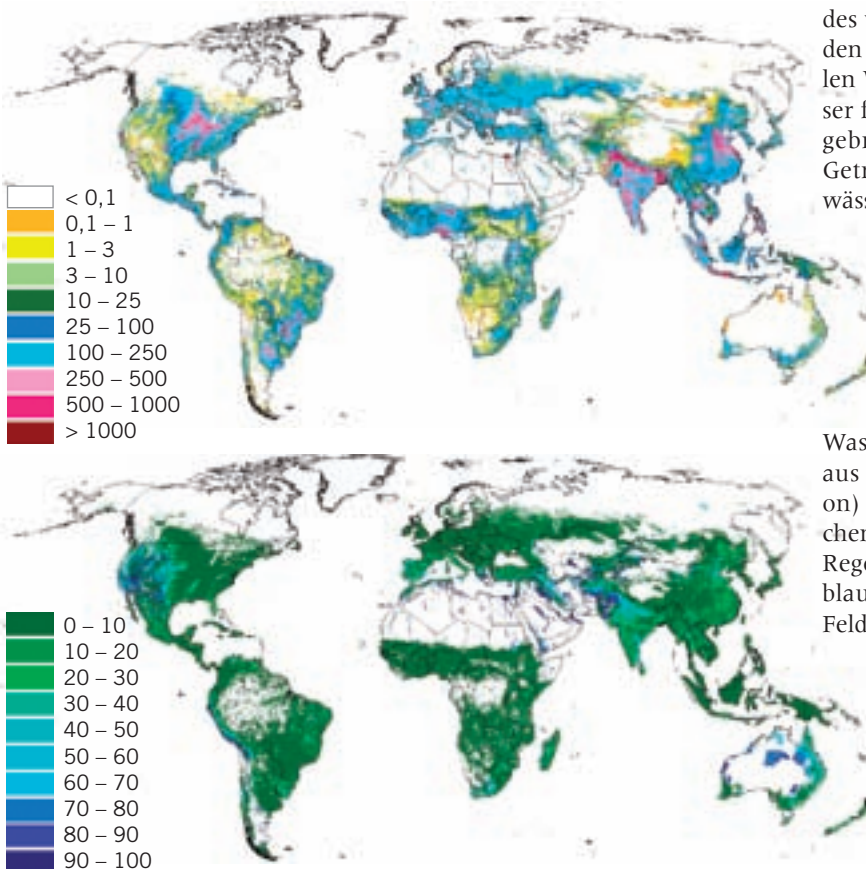
Modelle können dazu dienen, Daten und Wissen zu integrieren und so zu quantitativen Abschätzungen von Größen zu gelangen, die von einer Vielzahl von Prozessen abhängen. Ein solches Modell ist das globale Süßwassermodell WaterGAP, mit dem Wasserressourcen (und andere hydrologische Variablen) sowie die sektoralen Wasserentnahmen (und die konsumtive Wassernutzung) räumlich hoch aufgelöst in allen großen Flusseinzugsgebieten der Erde sowie in einzelnen

0,5°-Zellen abgeschätzt werden können [siehe »Globale Wassermodelle«, Seite 58]. Mithilfe dieses Modells können beispielsweise Indikatoren der Wasserknappheit konsistent berechnet und so die Wassersituation in den verschiedenen Einzugsgebieten der Erde miteinander verglichen werden. Dabei ist zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse generell mit einer hohen Unsicherheit belastet sind.

Wird Wasserknappheit über einen Indikator angezeigt, der als Verhältnis von Wasserentnahmen zu erneuerbaren Wasserressourcen (blaues Wasser) definiert ist, so zeigt sich, dass nicht nur die trockenen Einzugsgebiete unter Wasserknappheit leiden, sondern auch dicht besiedelte Gebiete in wohlhabenden Ländern der humiden Klimazone. ☐ Dort führen die hohen Wasserentnahmen allerdings nicht zu einer physischen Wasserknappheit, sondern der Indikator drückt die allgemeine Belastung der natürlichen Wasserressourcen aus, da zwar ein Großteil des dort vorwiegend für Haushalte und Industrie entnommenen Wassers wieder in die Gewässer zurückfließt, jedoch in mehr oder weniger stark veränderter Qualität.

Wassereinsatz für die Produktion von Nahrungsmitteln

Der Handel mit virtuellem Wasser, über den Handel mit Gütern und insbesondere Nahrungsmitteln, kann als eine Möglichkeit verstanden werden, der Wasserknappheit zu begegnen. Er führt zu einem Anstieg der globalen Wasserproduktivität, das heißt des Ertrags von Feldfrüchten als eine Funktion des eingesetzten Wassers, da Netto-Exportländer von virtuellem Wasser eine höhere Wasserproduktivität haben als Netto-Importländer. Für wasserarme Länder bietet der Import von virtuellem Wasser die Chance, ihre eigenen Wasserressourcen zu schonen. Für ein besseres Verständnis des virtuellen Wasserhandels ist es jedoch notwendig, den Anteil des blauen und grünen Wassers am virtuellen Wasser zu quantifizieren. Werden 1000 Liter Wasser für die Produktion eines Kilogramms Brotgetreide gebraucht, so ist es ein großer Unterschied, ob das Getreide bewässert wurde oder nicht. Das blaue Bewässerungswasser steht in Konkurrenz zu einer Wassernutzung durch Haushalte, Industrie und aquatische Ökosysteme, während grünes virtuelles Regenwasser zum Anbau von Feldfrüchten nur in Konkurrenz zum Wachstum von natürlichen terrestrischen Ökosystemen steht. In Deutschland werden sogar die blauen Wasserressourcen durch Ackerflächen, die grünes Wasser »verbrauchen«, erhöht, da die Verdunstung aus dem Boden und den Blättern (Evapotranspiration) von Ackerflächen geringer ist als die des natürlichen Ökosystems Wald. Anders gesagt, fließt von dem Regenwasser, das auf Ackerflächen fällt, mehr in den blauen Wasserkreislauf als bei Waldflächen, weil die Feldfrüchte weniger Wasser verdunsten als der Wald.



☐ Konsumtive Wassernutzung für die Produktion von Feldfrüchten um das Jahr 2000: oben: Gesamtwasserverbrauch aus Niederschlag und Bewässerung, in mm/a, pro 5-Minuten-Zelle; unten: Anteil des blauen Wassers aus Bewässerung, in Prozent. Ein Millimeter Wassersäule entspricht einem Liter Wasser pro Quadratmeter Fläche.

Unter Verwendung des globalen Modells GCWM [siehe »Globale Wassermodelle«, Seite 58] haben wir nicht nur ein genaues Bild der räumlichen Variabilität des Gesamtwasserverbrauchs (konsumtive Nutzung) für die Produktion von Feldfrüchten gewonnen. Durch die konsistente Modellierung der blauen und grünen Wasserflüsse auf bewässerten und nichtbewässerten Flächen ist es auch erstmals möglich, den Anteil des blauen Wassers am virtuellen Wasser, das für die Produktion von Feldfrüchten notwendig ist, zu quantifizieren. Dieser Anteil entspricht dem Bewässerungswasserbedarf und ist in trockenen (ariden) und halbtrockenen (semiariden) Gebieten mit einer gut ausgebauten Bewässerungsinfrastruktur am höchsten, zum Beispiel im Westen der USA, im Norden Chinas, in Indien und Pakistan, in Nordafrika und im Nahen Osten. In feuchten (humiden) Gebieten wie Deutschland liegt der Anteil des blauen Wassers an der Gesamtwassernutzung im Ackerbau unter 10 Prozent, da zum einen der Anteil bewässerter Ackerbauflächen gering ist, und zum anderen auch auf bewässerten Flächen der überwiegende Anteil des evapotranspirierten Wassers aus dem Regen und nicht aus der Bewässerung stammt.

Ein globaler Blick auf Wassernutzung und Wasserressourcen

Globale Summenwerte von Wassernutzung und Wasserressourcen verbergen die starken regionalen Unterschiede, erlauben es jedoch, die wichtigsten Kenngrößen des globalen Süßwassersystems auf einen Blick zu erfassen. Weltweit verdunsten jährlich bei der Produktion von Feldfrüchten 6500 km³, wovon 80 Prozent Niederschlagswasser sind. Der Anteil von 1200 km³ pro Jahr, der bei der Bewässerung evapotranspiriert, übersteigt bei Weitem die Verdunstung von blauem Wasser durch Wassernutzung in Haushalt, Industrie und Wärmekraftwerken, die sich zu nur 100 km³ pro Jahr aufsummiert (entsprechend 8 Prozent der gesamten konsumtiven Nutzung von blauem Wasser), da der größte Teil des Wassers bei der Nutzung nicht verdunstet. Signifikante Reduktionen des Durchflusses in Flüssen treten daher vorwiegend in Gebieten mit starker Bewässerung auf, beispielsweise im Einzugsgebiet des Colorado in den USA oder im Falle des Gelben Flusses in China. Die Wasserentnahmen für die Bewässerung sind mit 2500 km³ pro Jahr mehr als doppelt so groß wie die konsumtive Wassernutzung, da ein Großteil des entnommenen Wassers im Untergrund versickert oder in ein Oberflächengewässer abfließt. Für die Wasserressourcen am schonendsten ist es, wenn die Pflanzen das zu ihrer Bewässerung eingesetzte Wasser vollständig aufnehmen und verdunsten. Die Wasserentnahmen für Haushalt, Industrie und Wärmekraftwerke betragen 1100 km³ pro Jahr (30 Prozent der gesamten Wasserentnahmen).

Die Wassernutzung wird aus Wasserressourcen gespeist: Das sind jährlich 110 000 km³ Niederschlag auf den Landflächen der Erde (ohne Antarktis), die durch die Evapotranspiration auf 39 000 km³ erneuerbare blaue Wasserressourcen reduziert werden. Ein Drittel der erneuerbaren Wasserressourcen wird als Grundwasser gespeichert, das sich gegenüber Oberflächenwasser durch eine im Allgemeinen bessere Qualität und eine zeitlich konstante Verfügbarkeit auszeichnet.

Das Anthropozän

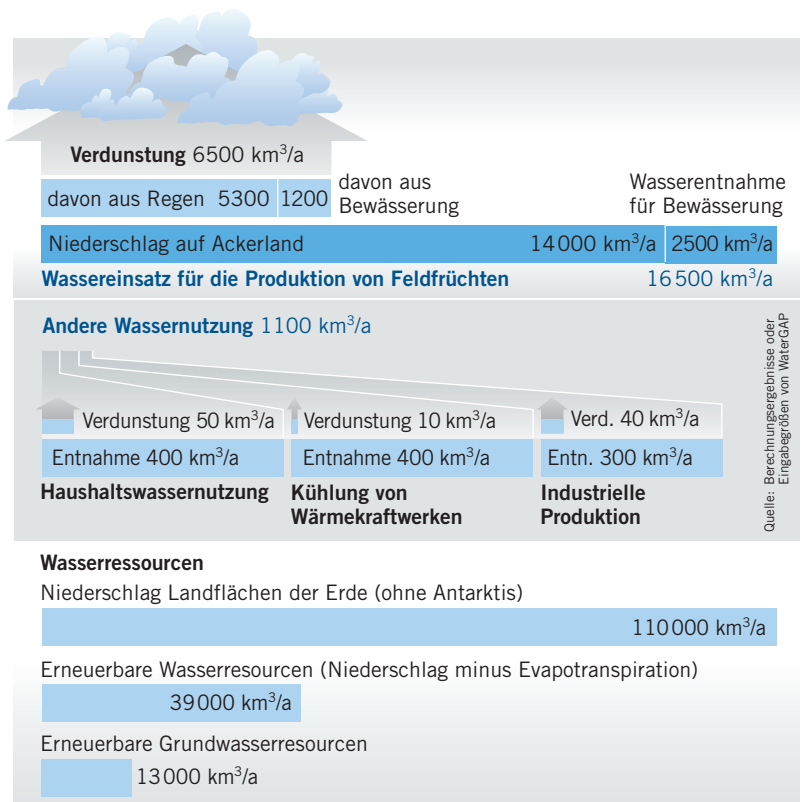
Der Begriff Anthropozän wird zunehmend verwendet, um die Epoche der globalen anthropogenen Umweltveränderungen, in der wir uns gerade befinden, zu bezeichnen. Paul Crutzen, Atmosphärenchemiker und Nobelpreisträger, hat diesen Begriff für den Zeitraum vorgeschlagen⁴¹, als dessen Anfang man ungefähr das späte 18. Jahrhunderts wählen kann, da das Polareis für diesen Zeitpunkt den Beginn des globalen Anstiegs von Kohlendioxid und Methan in der Atmosphäre anzeigt. Im Anthropozän, aber insbesondere seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs, zeigen eine Vielzahl von Indikatoren für

anthropogene Umweltveränderungen einen oft exponentiell ansteigenden Verlauf: Bevölkerung, Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen, Stickstoffemissionen aus Kunstdüngern und Verkehr, organische Mikroverunreinigungen, Artensterben, landwirtschaftliche Flächen, Bewässerung, Dämme und vieles mehr. Auch Geologen und Geologinnen betrachten den anthropogenen biotischen, geochemischen und sedimentären Wandel als so stark und stratigrafisch erkennbar, dass es aus ihrer Perspektive sinnvoll erscheint, dem Holozän die geologische Epoche des Anthropozäns folgen zu lassen.¹⁵¹

Auswirkungen des Klimawandels auf das Süßwassersystem

Wie sich der Klimawandel auf das Süßwasser auswirken wird, kann nur mit großen Unsicherheiten quantifiziert werden, aber qualitative Veränderungen sind sicher zu prognostizieren. Während die Temperatur aufgrund des Klimawandels weltweit steigen wird und die Berechnungsergebnisse der verschiedenen Klimamodelle recht gut übereinstimmen, wird der Niederschlag in manchen Regionen (und Jahreszeiten) zunehmen und in anderen abnehmen. Wie die regionalen Änderungen des Niederschlags aussehen werden, ist schwer abzuschätzen, insbesondere weil die Si-

Globale Werte der direkt und indirekt durch die Menschen genutzten Wassermengen.



Globale Wassermodelle

Das globale Wassernutzungs- und Wasserressourcenmodell WaterGAP berechnet Wassernutzung und Wasserressourcen weltweit (außer Antarktis) mit einer räumlichen Auflösung von 0,5 Grad \times 0,5 Grad (entsprechend einer Fläche von 55 km \times 55 km am Äquator). Es umfasst Module zur Berechnung der Haushaltswassernutzung, der Wassernutzung zur Kühlung von Kraftwerken und für industrielle Zwecke und der landwirtschaftlichen Wassernutzung (vor allem für Bewässerung). Das hydrologische Modul von WaterGAP berechnet, welche Anteile des Niederschlags evapotranspirieren, als Oberflächenabfluss abfließen, das Grundwasser neu bilden, in Boden, Grundwasser und in Oberflächengewässern zwischengespeichert werden und schließlich die Flüsse erreichen. Dabei wird berücksichtigt, dass die Wassermenge in Flüssen durch konsum-

tive Wassernutzung, vor allem in der Bewässerungswirtschaft, reduziert wird. Zur Berechnung wird auf eine Vielzahl von klimatischen und physiogeografischen Daten zurückgegriffen, zum Beispiel auf Zeitreihen des Niederschlags zwischen 1901 und 2006 und auf Daten zur Wasserspeicherkapazität des Bodens. Das hydrologische Modul wurde anhand von Durchflüssen geeicht, die an 1235 Stationen gemessen wurden, so dass die erneuerbaren Wasserressourcen realitätsnah berechnet werden können. Die Genauigkeit für die Wassernutzungsmodule abzuschätzen, wird dadurch erschwert, dass es nur wenig zuverlässige Daten zur Wassernutzung gibt.

Eine Ergänzung zu WaterGAP ist das neue globale Modell des Wasserbedarfs und der Produktion von Feldfrüchten GCWM. GCWM berechnet nicht nur, wie das Bewässerungsmodul von WaterGAP, den


Wasserbedarf der Feldfrüchte, der durch Bewässerungswasser (blaues Wasser) gedeckt wird, sondern auch die konsumtive Nutzung von Regenwasser durch die Transpiration der Feldfrüchte (grünes Wasser). GCWM basiert auf einem ebenfalls neu entwickelten globalen Datensatz landwirtschaftlicher Anbauflächen für den Zeitraum um das Jahr 2000, der für 26 Feldfruchttypen (zum Beispiel Weizen oder Baumwolle) angibt, in welchem Monat welche Flächen unter bewässerten und nichtbewässerten Bedingungen in jeder 5-Minuten-Zelle (8 km \times 8 km am Äquator) bebaut werden.

Publikationen zu den Modellen WaterGAP und GCWM sowie zu verschiedenen globalen Datensätzen finden Sie unter <http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/publikationen/>



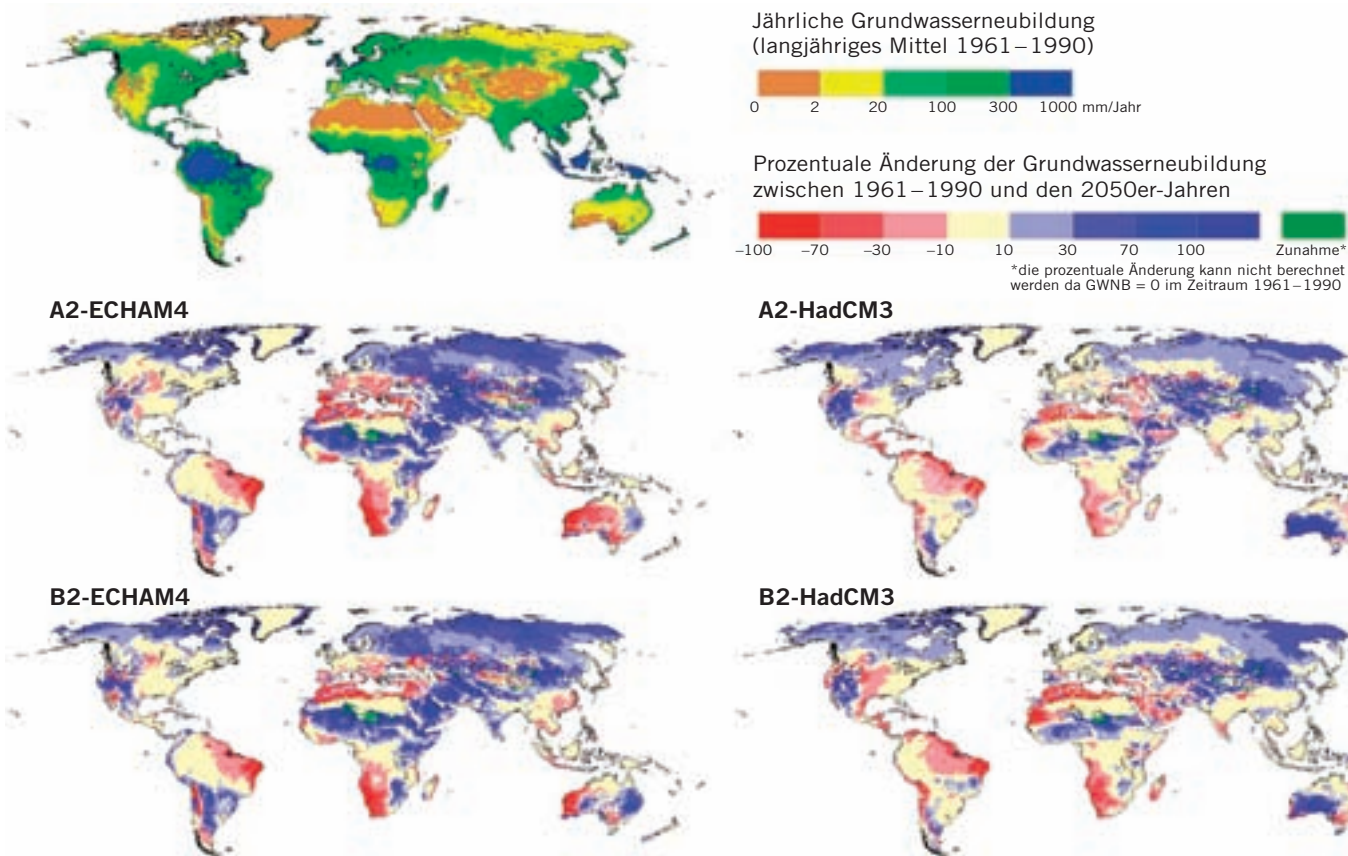
Bei der Bewässerung mit Mikro-Sprinkler-Anlagen, wie hier auf Kreta, kommt das Wasser zum großen Teil den Pflanzen zugute. Nur Tröpfchenbewässerung aus gelochten Schläuchen ist noch effizienter.

mulation von Niederschlag durch Klimamodelle noch immer unrealistisch ist. So stimmen für den Großteil der Landflächen der Erde höchstens 11 der 15 untersuchten Klimamodelle zumindest darin überein, ob der Jahresniederschlag jeweils steigt oder fällt.¹³⁾ Nur in den nördlichen Breiten (Alaska, Kanada, Skandi-

narien, Sibirien) sind sich fast alle Klimamodelle über einen Niederschlagsanstieg einig (nicht aber über das Ausmaß des Anstiegs), und man kann von einer Niederschlagsabnahme im Mittelmeerraum, im Westen der USA, in Mittelamerika und in Südafrika ausgehen. Regional unterschiedliche Niederschlagsänderungen zusammen mit Temperaturanstiegen führen auch zu Änderungen der erneuerbaren Grundwasserressourcen. Nach Modellrechnungen mit WaterGAP können sich die Grundwasserressourcen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts in manchen Gebieten wie in Nordostbrasilien und im Mittelmeerraum um mehr als 70 Prozent verringern. 



In manchen Gebieten, wie hier in Pontianak im indonesischen Teil von Borneo, sind die Menschen von jeher an viel Wasser gewöhnt. Der Klimawandel wird jedoch zu noch stärkeren Regenfällen und Überschwemmungen führen.



Zudem ist aufgrund des Klimawandels eine erhöhte Variabilität des Niederschlags zu erwarten, das heißt, Dürren und Starkregenereignisse werden in Zukunft fast überall zunehmen. Bei höheren Temperaturen wird weniger Winterniederschlag als Schnee und Eis gespeichert werden, was zu mehr Abfluss im Winter und weniger Abfluss im trockenen Sommer führen wird. Steigende Meeresspiegel bewirken in flachen Küstengebieten, dass Süßwasser von Salzwasser verdrängt wird.

Einfluss des Klimawandels auf die erneuerbaren Grundwasserressourcen. Änderung der Grundwasserneubildung zwischen 1961–1990 und 2041–2070. Berechnung unter Verwendung des globalen Wassermodells WaterGAP und der Änderungen von Niederschlag und Temperatur, wie sie von den globalen Klimamodellen ECHAM4 und HadCM3 für die IPCC-Emissionsszenarien A2 und B2 prognostiziert werden. In B2 sind die Treibhausgasemissionen deutlich geringer als in A2.

Eine Anpassung an den Klimawandel ist notwendig und sollte vor allem dadurch geschehen, dass wir die anthropogene Belastung des Süßwassersystems, insbesondere Wassernutzung und Wasserverschmutzung, verringern. Dann werden wir gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels auf das Süßwassersystem weniger empfindlich sein. Maßnahmen zum Klimaschutz, das heißt die Reduktion von Emissionen, verringern den Anpassungsdruck. Dazu gehören Aufforstung, die Nutzung von Wasserkraft und der Anbau von Bioenergiepflanzen, doch diese Maßnahmen können negative Effekte auf die Wasserressourcen hervorrufen, die es zu berücksichtigen gilt.

Die Autorin



Prof. Dr. Petra Döll, 46, entdeckte während ihres Geologie-Studiums an der University of Colorado in Boulder (USA), dass das Wasser und seine mathematische Modellierung »ihr Thema« ist. Sie arbeitete am Geologischen Landesamt Hamburg, an der Technischen Universität Berlin und an der Universität Kassel, bevor sie 2003

Professorin für Hydrologie an der Goethe-Universität wurde. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die globalskalige Modellierung von Wasserressourcen und deren Nutzung während des 20. und 21. Jahrhunderts. Daher ist sie eine der Leitautorinnen des vierten Sachstandsberichts des Weltklimarats IPCC. Ein zweiter Forschungsschwerpunkt liegt auf der Modellierung gesellschaftlicher Akteure, wodurch die Akteure bei der Identifizierung von Strategien für einen nachhaltigen Umgang mit Naturressourcen unterstützt werden sollen. An ihrer Arbeit als Professorin in der Physischen Geografie schätzt sie insbesondere die gegenseitige Befruchtung von Forschung und Lehre.

p.doell@em.uni-frankfurt.de
<http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/>

Literatur

^{1/1} Allan, J.A. (2003): Virtual water: the water, food, and trade nexus – useful concept or misleading metaphor? *Water International* 28: 4–11.

^{2/2} Falkenmark, M. (2007): Shift in thinking to address the 21st century hunger gap – Moving focus from blue to green water management. *Water Resources Management* 21(1): 3–18.

^{3/3} IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 Seiten (<http://www.ipcc.ch/>)

^{4/4} Crutzen, P.J. (2002): Geology of mankind. *Nature* 415(3): 23.

^{5/5} Zalasiewicz, J. et al. (2008): Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*: 18(2), 4–8.

Die globale Wasserkrise und der virtuelle Wasserhandel

Wie innovative Forschung zu einem besseren Ressourcen-Management beitragen kann



von
**Diana Hummel,
Florian Keil und
Alexandra Lux**

Der Gedanke ist so einfach wie die Umsetzung schwierig: Können nicht Länder dadurch ihre Wasserressourcen schonen, dass sie auf die Erzeugung von Agrarprodukten, für die sie viel Wasser benötigen, verzichten und diese stattdessen importieren? Hinter dieser Frage steht das Konzept des virtuellen Wasserhandels, für dessen Erfindung John A. Allan vom King's College in London im August bei der Internationalen Weltwasserwoche in Stockholm den renommierten »Stockholm Water Price« erhielt. Der britische Professor ist einer der bekanntesten und meistzitierten Wissenschaftler in der internationalen Wasserforschung. Durch den mit 100 000 Euro dotierten Preis wurde Allan für seine innovativen und provokanten Lösungs-

Das Konzept des virtuellen Wassers zum Anfassen: Für die Erzeugung von einer Flasche Bier werden rund 100 Liter Wasser benötigt – hauptsächlich zur Produktion der Gerste.

ansätze zur globalen Wasserkrise ausgezeichnet. Das Konzept steht beispielhaft für neue Wege einer integrierten, transdisziplinären Wasserforschung, wie sie auch Wissenschaftler verschiedener Disziplinen der Goethe-Universität und des Instituts für sozial-ökologische Forschung (ISOE) gemeinsam beschreiben.

Die Zahlen werden zu gegebenen Anlässen immer wieder in den Medien zitiert: Obwohl die Erdoberfläche zu etwa zwei Dritteln aus Wasser besteht, haben rund 1,5 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und müssen 2,5 Milliarden ohne eine hygienische Abwasserentsorgung auskommen. Täglich sterben weltweit 5000 Kinder aufgrund mangelnder Hygiene und fehlender Sanitäranlagen. Nach Schätzungen der Vereinten Nationen wird sich diese dramatische Situation bis zum Jahr 2050 noch verschärfen. Bereits heute sind vor allem die ärmsten Gebiete der Erde vom Wassermangel betroffen. Zur ungleichmäßigen Verteilung der weltweiten Wasserressourcen kommt verschärfend der Klimawandel hinzu, dessen Auswirkungen regional äußerst unterschiedlich ausfallen.

Zugleich wird die Weltbevölkerung nach den aktuellen Prognosen von derzeit 6,7 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2050 um zwei Milliarden Menschen anwachsen. Heute konzentriert sich das Bevölkerungswachstum nahezu ausschließlich auf die Entwicklungsländer und dort insbesondere auf die Städte. Nach Einschätzung der Welternährungsorganisation FAO kann die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung nur gesichert werden, wenn die landwirtschaftlichen Erträge steigen, die Bewässerungslandwirtschaft ausgebaut und das Wassermanagement verbessert werden. Denn mit wachsendem Lebensstandard steigt der Wasserbedarf erheblich.

Unstrittig unter den Experten, die auf der diesjährigen Stockholmer Konferenz diskutierten, ist, dass eine effizientere Nutzung aller Wasserressourcen angesichts der globalen Veränderungen vordringlich ist. Ein wichtiger Schlüssel für den Umgang mit der Wasserknappheit und der wachsenden Degeneration der Wasserressourcen ist die Steigerung der Wasserproduktivität: Es muss gelingen, Wasser so einzusetzen, dass der erwirtschaftete Ertrag im Verhältnis zur Wasserentnahme deutlich zunimmt.

Bei jeder Handelsaktion geht es auch um Wasserressourcen

Virtuelles Wasser ist heute nicht nur in der internationalen Wasserforschung, sondern auch in der Umweltökonomie und der Nachhaltigkeitsforschung ein gän-

giger Begriff. Zunächst einmal wirkt er jedoch schwer zugänglich: Wasser ist doch nicht virtuell, sondern ganz materiell. Aber »virtuell« ist nicht gleichbedeutend mit »nicht wirklich vorhanden«. Die dem Konzept zugrunde liegende Idee beruht vielmehr auf einem ganz realen Vorgang: Jedes Produkt und jede Dienstleistung benötigt bei der Herstellung je nach Standort, klimatischen Verhältnissen und Produktionsbedingungen eine bestimmte Menge Wasser – zum Beispiel Bewässerungs- und Regenwasser bei der Produktion von Nahrungsmitteln, Wasser als Kühl- und Verdünnungsmittel bei der Herstellung von Industriegütern oder einfach das Wasser, das für die Versorgung der Menschen in einem Bürogebäude benötigt wird. Physisch ist nun aber das für seine Erzeugung eingesetzte Wasser im Endprodukt nicht mehr oder allenfalls nur noch zu geringen Anteilen enthalten – daher die Bezeichnung »virtuell«.

Der durchschnittliche virtuelle Wassergehalt ist von Produkt zu Produkt sehr unterschiedlich: Um eine Tasse Kaffee auf dem Frühstückstisch zu haben, müssen etwa 140 Liter Wasser eingesetzt werden, für die Erzeugung von einem Kilogramm Weizen sind es im Schnitt schon 1000 Liter, während es ein Kilogramm Käse auf rund 5000 und ein Kilogramm Rindfleisch gar auf 15000 Liter Wasser bringen. Zum Vergleich: Bei der Herstellung eines Baumwollhemds werden durchschnittlich 2700, bei einem Paar Schuhe 8400 und bei einem Mittelklasse-Auto 400000 Liter Wasser verbraucht (Hoekstra/Chapagain 2008).

In jeder Handelsaktion findet somit auch ein indirekter Handel mit den im Produktions- oder Dienstleistungsprozess genutzten Wasserressourcen statt. Es wird daher auch vom »virtual water trade«, vom »virtuellen Wasserhandel« gesprochen. Daraus – und dies war der neue Ansatz Allans und seiner Kollegen – erwächst die Möglichkeit eines gezielten Ausgleichs unterschiedlicher lokaler, regionaler und nationaler



Almería – Südspanien: Auf einer Fläche so groß wie Frankfurt am Main werden in Treibhäusern zehn Prozent des deutschen Obst- und Gemüseimports produziert. Das dafür erforderliche Wasser wird in dem regenarmen Gebiet aus tiefen Grundwasserleitern gefördert. Übernutzung und Versalzung durch nachströmendes Meerwasser sind die Folgen.

Wasserverfügbarkeiten. Strategisch eingesetzt, kann der virtuelle Wasserhandel – unter bestimmten ökologischen, ökonomischen, politisch-institutionellen und soziokulturellen Bedingungen – zu einem Ausgleich des Wasserdefizits in regenarmen Ländern beitragen. Die Grundidee ist, dort die Volkswirtschaft sektoral so umzustellen, dass vornehmlich wassergünstige Güter produziert und solche, deren Herstellung wasserintensiv ist, vermehrt aus wasserreichen Regionen importiert werden. Eine derartige Steuerung der virtuellen Wasserströme kann nicht nur Süßwasserressourcen für die direkte Nutzung durch die Bevölkerung freisetzen. Indem so die Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Produktion von klimatisch bedingten Schwankungen in der lokalen Wasserverfügbarkeit sinkt, kann gleichzeitig die Nahrungsmittelversorgung sicherer gemacht werden.

Der virtuelle Wasserhandel und die Verschiebung der Machtstrukturen

In der Praxis stößt eine solche Strategie jedoch auf Hindernisse. So erfordert der Import von Waren, die bisher selbst produziert wurden, Kapital, das gerade armen, bisher von landwirtschaftlicher Produktion abhängigen Volkswirtschaften zumeist fehlt. Eine Erhöhung der Kapitalkraft durch Umstellung auf Sektoren mit einer höheren Wertschöpfung wie Industrie oder Dienstleistungen ist jedoch in erheblichem Maße abhängig vom Bildungsgrad der Bevölkerung. Anpassungsdruck wegen immer knapper werdender Wasserressourcen und gesellschaftliche Anpassungsfähigkeit können daher auf stark unterschiedlichen Zeitskalen liegen. Gleichzeitig kann virtueller Wasserhandel in-



Ehrung für den Erfinder des virtuellen Wassers: Im August dieses Jahres erhielt John A. Allan, Professor am King's College London, aus der Hand der schwedischen Kronprinzessin Victoria den »Stockholm Water Prize«.



Autos verbrauchen Wasser: Bei der Herstellung eines Mittelklassewagens, wie hier in Tschechien, werden im Schnitt 400 000 Liter Wasser verbraucht. Der weltweite industrielle Wasserverbrauch entspricht jedoch nur 10 Prozent des globalen Wasserverbrauchs für die Getreideproduktion.

nerhalb einer Gesellschaft zu einer erheblichen Verschiebung der Machtstrukturen führen. In einem Land, das in der Grundversorgung auf Nahrungsmittelautarkie verzichtet und seine Bevölkerung durch importierte Lebensmittel versorgt, kann ein staatliches Monopol über die Nahrungsmittelversorgung entstehen. Besonders in Ländern, in denen eine unsichere Ernährungssituation mit Korruption, Missmanagement, schwachen Institutionen und unzureichender Infrastruktur verknüpft ist, kann virtueller Wasserhandel daher mit hohen Risiken verbunden sein.

Die Beispiele machen deutlich, dass in einer konkreten Problemsituation eine Vielzahl von Aspekten zu berücksichtigen ist, bevor virtuelles Wasser als politisches und ökonomisches Instrument für ein nachhaltigeres Wasserressourcen-Management genutzt werden kann. Für die Forschung bedeutet das vor allem, Chancen und Risiken regionalisiert im Hinblick auf die Adaptionsfähigkeit und Entwicklungspotenziale der jeweiligen Gesellschaften und Volkswirtschaften zu betrachten. So können bei zu treffenden Entscheidungen für bestimmte sektorale Politiken und Formen des Ressourcenmanagements Differenzierungen hinsichtlich geeigneter Regionen oder Länder sowie Varianten des Konzepts und seiner Umsetzungsbedingungen vorgenommen werden. In einigen Ländern wie etwa in Jordanien und Ägypten wird dies teilweise bereits praktiziert.

Integriertes Wasserressourcen-Management: Im Norden von Namibia arbeiten Wissenschaftler und Bevölkerung zusammen

Nachhaltige Wirkungen können solche Strategien aber nur entfalten, wenn sie die Prinzipien eines Integrierten Wasserressourcen-Managements (IWRM) berücksichtigen. Diese Prinzipien sind im Zusammenhang mit der »Rio-Konferenz« (UN-Konferenz zu Umwelt und Entwicklung, 1992) entwickelt worden und besagen im Kern, dass die Erschließung und das Management von Wasser, Land und anderen Ressourcen enger verzahnt werden müssen. IWRM soll vor allem eine Erhöhung der sozialen und ökonomischen Wohlfahrt gewährleisten, ohne die betroffenen Ökosysteme in ihrer Reproduktionsfähigkeit zu gefährden. In der Umsetzung von IWRM werden zum Beispiel übergreifende

Wasserbewirtschaftungspläne auf unterschiedlichen administrativen Ebenen entwickelt – von kommunal über regional oder gesamtstaatlich bis hin zu transnational. Solche Pläne können virtuellen Wassertransfer als ein Element neben anderen technischen und ökonomischen Maßnahmen (wie Entsalzungsanlagen, Regenwasserzisternen, Tröpfchenbewässerung, Landnutzungsänderungen und Wasserpreise) integrieren. Um diesen Managementansatz für eine Region auszuarbeiten, müssen Experten aus naturwissenschaftlich-technischen und sozialwissenschaftlichen Disziplinen intensiv zusammenarbeiten. Eine Umsetzung des Konzepts vor Ort ist aber nur möglich, wenn Bevölkerung und lokale Entscheidungsträger schon bei seiner Ausarbeitung einbezogen werden – eine Forderung, die in den IWRM-Prinzipien ausdrücklich festgeschrieben ist.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt »CuveWaters«, das vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) koordiniert wird, steht beispielhaft für diesen neuen integrierten, transdisziplinären Ansatz in der Wasserforschung. Im zentralen Norden Namibias liegt das Cuvelai-Etosha-Basin, ein Gebiet rund sechsmal so groß wie Hessen, in dem mit etwa 800 000 Menschen fast die Hälfte der gesamten Bevölkerung Namibias lebt. Das Wasserdargebot schwankt im Cuvelai-Etosha-Basin erheblich: Ausgeprägte Dürren oder Trockenperioden (Mai bis Oktober) wechseln mit teilweise starken Überflutungen während der zweiten Hälfte der Regenzeit (Januar bis April). Häufig sind bisher erschlossene Grundwasservorkommen zu salzhaltig für die Trinkwassernutzung. Trinkwasser wird daher im Wesentlichen über ein Fernleitungssystem bereitgestellt, das aus dem namibisch-angolanischen Grenzfluss Kunene



Die Arbeit im Projekt CuveWaters: Workshop mit Bewohnern zur Gestaltung eines Sanitärzentrums für ein formal nicht genehmigtes Siedlungsgebiet im Norden Namibias.

entnommenes Wasser in die Region transportiert. Die lokale Bevölkerung ist dadurch stark abhängig von Angola und seiner politischen und wirtschaftlichen Entwicklung. Hohes Bevölkerungswachstum, extreme Siedlungsdichte und anhaltende Urbanisierung erschweren darüber hinaus vielfach die nachhaltige Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser und sanitären Einrichtungen.

Um die Lebensbedingungen der Menschen im Cuvelai-Etosha-Basin zu verbessern, entwickelt das Projektteam aus insgesamt über 20 namibischen und deutschen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen ein den örtlichen Verhältnissen angepasstes IWRM-Konzept. Kernziel ist es, die Nutzung von Wasser zu optimieren und gleichzeitig Impulse für die Armutsreduktion und Regionalentwicklung zu setzen. Im Fokus stehen dabei die verstärkte Nutzung lokaler Wasserressourcen und die Erhöhung der Wasserproduktivität (Wasserwiederverwendung und Abwasserrecycling zur Gewinnung von Energie, Nährstoffen und keimfreiem Bewässerungswasser). Mithilfe eines »Multi-Ressourcen-Mix« soll Wasser von unterschiedlicher Qualität und Herkunft für verschiedene Zwecke verwendet werden. Auf diese Weise lassen sich lokale Wasservorkommen besser nutzen. Dies trägt dazu bei, die Konkurrenz um das Kunene-Wasser zu entschärfen und die Verteilung des Wassers zu optimieren.

Für den ländlichen Siedlungsbereich Epyeshona wurde beispielsweise eine Lösung erarbeitet, mit der Regenwasser auf Dächern gesammelt werden kann. Andere ländliche Regionen, die nicht an die Fernwasserleitung angeschlossen sind, sollen dezentral über Grundwasser versorgt werden, das mithilfe von solarbetriebenen Anlagen entsalzt wird. Im städtischen Raum wurde für ein formal nicht genehmigtes Siedlungsgebiet, in dem bisher kaum Sanitäranlagen bestehen, ein Konzept für ein modernes Sanitärzentrum entwickelt. Hier wird Abwasser als Ressource genutzt, indem in einem anaeroben Reinigungssystem Biogas produziert und das verbleibende, gereinigte Abwasser gleichzeitig als Bewässerungswasser und als Bodennährstofflieferant genutzt wird. Bei der Auswahl von Standorten und der Gestaltung dieser Techniken werden nicht nur naturwissenschaftlich-technische Expertise und sozial-empirische Forschung vernetzt. Durch Workshops vor Ort werden zudem auch alle relevan-



Fernwasserversorgung in Namibia: Zwei Mitarbeiter der städtischen Trinkwasserwerke von Oshakati begutachten eine Leitung, die Wasser aus dem Kunene, dem entlegenen Grenzfluss zu Angola, in die wasserarme Region transportiert.

ten Akteure wie Bauern und Dorfbewohner sowie die lokale Administration und traditionelle Autoritäten von Anfang an einbezogen. Die Umsetzung der Maßnahmen soll in einer für 2009 anstehenden zweiten Projektphase erfolgen.

Herausforderung integrierte Wasserforschung: Das Zusammenwirken sozialer und ökologischer Dynamiken

»In einer Welt, in der die Sektoren Natur, Technik und Gesellschaft immer stärker miteinander zusammen- und voneinander abhängen, wird eine integrierende Betrachtung auch und gerade in der Wasserforschung unabdingbar«, so betont die Deutsche Forschungsgemeinschaft in ihrer wegweisenden, bereits vor fünf Jahren veröffentlichten Denkschrift zum Thema Wasserforschung. Doch was sind die wesentlichen Merkmale einer integrierten Wasserforschung, und wo liegen ihre besonderen Herausforderungen? Entscheidend ist die zunächst einfach scheinende Feststellung, dass Wasserprobleme – und dies gilt auch für vergleichbare Probleme im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung – immer auch gesellschaftliche Probleme

Die Autoren

Dr. Diana Hummel, 45, ist seit 2002 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) mit den Forschungsschwerpunkten Demografie und Versorgung, Nachhaltigkeit und internationale Entwicklungen sowie »Gender & Environment«. Sie ist Lehrbeauftragte am Fachbereich Gesellschaftswissenschaften der Goethe-Universität, Schwerpunkt Vergleichende Politikwissenschaft und Internationale Beziehungen. Sie studierte Erziehungswissenschaften, Psychologie und Gesellschaftswissenschaften an der Universität Frankfurt und promovierte 1999 am Fachbereich Gesellschaftswissenschaften. Am ISOE ist sie verantwortlich für den Forschungsschwerpunkt Bevölkerungsentwicklung und Versorgung. Im Rahmen von empirischen und theoretischen

Arbeiten forscht sie seit mehreren Jahren zum Thema virtueller Wasserhandel.

Dr. Florian Keil, 39, ist seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISOE mit den Forschungsschwerpunkten Wasserforschung und Modellierung sozial-ökologischer Systeme. Er studierte Physik, Mathematik und Philosophie an der Universität Hamburg; 2001 promovierte er in Experimentalphysik an der Universität Heidelberg. Seine Forschungsschwerpunkte sind Wasserforschung, Modellierung und Simulation sowie Methoden transdisziplinärer Forschung. Er koordinierte die Verbundprojekte INTAFERE (www.intafere.de) und start (www.start-project.de), in denen die Goethe-Universität und das ISOE aktuelle Fragen zum Thema Wasserqualität bearbeitet haben.

Dr. Alexandra Lux, 33, arbeitet seit 2000 am ISOE. In ihrer Forschungsarbeit verbindet sie ökonomische Fragestellungen mit Aspekten des Wasserressourcen-Managements, Infrastrukturentwicklung und Versorgungssystemen. Nach ihrem Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg promovierte sie dort 2008 zum Thema »Öffentliche Wasserversorgung und demographische Schrumpfungsprozesse«. Derzeit arbeitet sie am ISOE in unterschiedlichen Projekten wie beispielsweise »CuveWaters – Integriertes Wasserressourcen-Management im nördlichen Namibia« und »netWorks – Sozial-ökologische Transformation netzgebundener Infrastrukturen«.

hummel@isoe.de, www.isoe.de

keil@isoe.de, www.isoe.de

lux@isoe.de, www.isoe.de

sind. Das heißt: Sie können in der Regel nicht allein mit technischen Maßnahmen gelöst werden. Neben den ökologischen Prozessen ist zu berücksichtigen, welche gesellschaftlichen Antriebskräfte das betrachtete Problem verschärfen oder abschwächen. Dadurch rücken entscheidende Fragen nach der Rolle von etablierten Produktions- und Gebrauchsmustern, aber auch nach der Bedeutung von unterschiedlichen Problem- und Risikowahrnehmungen in den Blick.

Die Herausforderung liegt also in der Realisierung eines umfassenderen Problemzugangs, der auf das Zusammenwirken sozialer und ökologischer Dynamiken fokussiert. Wissen und Methoden aus den beiden großen Wissenschaftskulturen zu integrieren, erweist sich dabei als ein schwieriges Unterfangen. So müssen zum Beispiel Wege gefunden werden, die zumeist quantitativen Modelle und Konzepte der Natur- und Ingenieurwissenschaften mit den oft qualitativen Zugängen der Sozialwissenschaften zu verknüpfen. Von besonderer Bedeutung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung. In Frankfurt hat sich diese Kooperation durch die Vernetzung mehrerer Fachbereiche der Goethe-Universität

mit dem ISOE [siehe Forschung Frankfurt 2/2004] in den vergangenen Jahren erfolgreich etabliert. ♦

Weiterführende Links:

www.cuvewaters.net, www.intafere.de, www.start-project.de, www.iso.e.de

Literatur

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2003) *Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung* Denkschrift. Bonn.

Hoekstra, Arjen & Ashok K. Chapagain (2008) *Globalization of Water. Sharing the*

Planet's Freshwater Resources Oxford u. a.: Blackwell.

Horlemann, Lena & Susanne Neubert (2006) *Virtueller Wasserhandel – Ein realistisches Konzept zur Lösung der Wasserkrise?* Bonn: DIE.

Hummel, Diana et al. (2006) *Virtual Water Trade:*

Documentation of an International Expert Workshop ISOE-Materialien Soziale Ökologie 24. Frankfurt am Main: ISOE.

Keil, Florian et al. (2007) *Integrierte Perspektiven in der Wasserforschung* ISOE-Diskussionspapiere 25. Frankfurt am Main: ISOE.

Ein einzigartiges weltweites Experiment: Der Handel mit Emissionszertifikaten

Klimawandel als Auslöser – Über die Chancen und Risiken eines neuen dynamischen Marktes

von Rainer Durth

Das der Klimawandel von Menschen verursacht wird und auch von Menschen wieder gestoppt werden kann, diese Erkenntnis hat sich 2007 mehr und mehr durchgesetzt. Die magische Schwelle, bis zu der eine Erwärmung der weltweiten Durchschnittstempe-

ratur noch als erträglich gilt, liegt bei zwei bis drei Grad Celsius. Wird sie überschritten, sind die Folgen erheblich und kaum mehr kontrollierbar. Um das zu vermeiden, muss jedoch der Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten 40 Jahren weltweit im Vergleich zu den Wer-

Regenerative Energien in Schwellenländern – eine Windanlage im Nordwesten Chinas. Neue Anlagen, die kein klimaschädigendes Abgas produzieren, können durch den Verkauf der Zertifikate an europäische Kohlekraftwerksunternehmen profitieren und ihre umweltfreundlichen Anlagen so kostengünstiger erstellen. Damit wird es für diese aufstrebenden Länder attraktiv, den wachsenden Energiebedarf vermehrt durch schadstoffarme Energiegewinnung zu decken.



ten von 1990 halbiert werden. Hierfür hat sich die Europäische Union Anfang 2007 ehrgeizige Ziele gesetzt.

Sie hat beschlossen,

- ihre Kohlendioxid-Emissionen um 20 Prozent gegenüber 1990 zu verringern. Falls es zu einem Nachfolgeabkommen für den Kyoto-Vertrag kommt, strebt sie sogar eine Reduzierung um 30 Prozent an.
- die Energieeffizienz in Europa bis 2020 um 20 Prozent zu steigern.
- bis 2020 20 Prozent des Endenergieverbrauchs in der EU durch erneuerbare Energien zu decken.

Kyoto und die Folgen für die Kohlendioxid-Emissionen

Welche Anstrengungen notwendig sind, um dies zu erreichen, wird deutlich, wenn man sich den Kyoto-Vertrag von 1997 anschaut, der erstmals eine Begrenzung beziehungsweise Verringerung der Treibhausgase vorsieht und erst 2005 in Kraft trat. Dort hatte sich die Europäische Union eine Reduktion um 8 Prozent in 15 Jahren vorgenommen und dieses Ziel vor allem deswegen erreicht, weil der Kohlendioxid-Ausstoß in vielen Beitrittsländern in Osteuropa nach dem Zusammenbruch des Sozialismus ohnehin zurückging. Nun sollen – allerdings ohne diesen »Zufallsgewinn« – weitere 12 Prozent und – wenn es zu einem Kyoto-Folgeabkommen kommt – sogar 22 Prozent der Kohlendioxid-Emissionen von 1990 in nur acht Jahren eingespart werden. Und auch danach muss es bis 2050 zu weiteren, ähnlichen Reduktionen kommen. Umgesetzt werden sollen diese Ziele – jeweils etwa zur Hälfte – über zwei Wege: über staatliche Förderprogramme und eine konsequent auf Kohlendioxid-Reduktion ausgerichtete Gesetzgebung (festgelegt in den Meseberger Beschlüssen der Bundesregierung) einerseits sowie über die Überarbeitung und Ausdehnung des Europäischen Handelssystems für Kohlendioxid-Emissionen (ETS) andererseits.

Kohlekraftwerke, wie dieses RWE-Kraftwerk in Niederaußem bei Köln, sind mitverantwortlich für den zu hohen Kohlendioxid-Ausstoß, der die Erwärmung des Weltklimas beschleunigt. Im Zuge des Emissionshandels können nun europäische Unternehmen auf dem internationalen Markt Zertifikate kaufen, die es ihnen erlauben, mehr Kohlendioxid zu emittieren; dieses muss dann an anderer Stelle – beispielsweise in einem Schwellenland – eingespart werden.

Wie schaut dieses Handelssystem mit Kohlendioxid-Emissionen aus? Die Grundidee eines Zertifikatemarktes ist relativ einfach: Für den Klimawandel wird der Ausstoß von bestimmten Gasen verantwortlich gemacht. Das bekannteste ist Kohlendioxid (CO₂), es entsteht zum Beispiel bei allen Verbrennungsprozessen. Die Auswirkungen von Kohlendioxid auf das Klima sind vollkommen unabhängig davon, wer das CO₂ emittiert und wo es ausgestoßen wird. Um den Klimawandel zu begrenzen, soll der Ausstoß dieser Gase verringert werden, so sieht es der Kyoto-Vertrag zunächst allerdings nur für die Industrieländer vor.

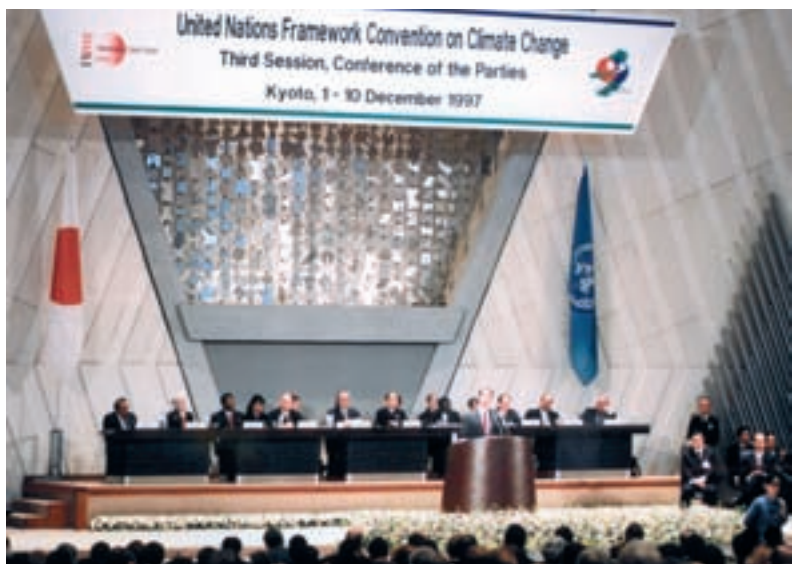
Zertifikate-Handel bringt Vorteile für Schwellenländer

Um die Kosten für eine Senkung der CO₂-Emissionen möglichst niedrig zu halten, erlaubt der Kyoto-Vertrag daher, dass sich ein Land Verringerungen des Kohlendioxid-Ausstoßes in einem anderen Land einkauft. Damit dieser Tausch funktioniert, wurde 1997 ein Eigentumstitel an erlaubtem CO₂-Ausstoß geschaffen. Wer ein entsprechendes Zertifikat kauft, darf eine Tonne Kohlendioxid mehr emittieren, wer es verkauft, muss eine Tonne weniger in die Atmosphäre freisetzen. Die Eigentumsrechte können gehandelt werden, so dass die Einsparung von CO₂-Emissionen dort erfolgt, wo es für alle am billigsten ist. Viele Staaten brechen die Begrenzungen herunter auf ihre Unternehmen. In Europa geschieht dies für rund die Hälfte der europäischen Unternehmen im Rahmen des Emissionshandelssystems.

Die Einsparung von CO₂-Emissionen ist meist dort besonders günstig, wo die entsprechenden Anlagen nicht nur umgebaut, sondern überhaupt erst errichtet werden müssen. Das sind in der Regel Entwicklungs- und Schwellenländer, für die es momentan keine Deckelung der CO₂-Emissionen gibt. Doch die Teilnahme dieser Länder am internationalen Zertifikatemarkt ist aus zwei Gründen besonders wünschenswert: Sie können besonders billig Kohlendioxid einsparen; und sie profitieren bei ihrer Entwicklung von den durchaus bedeutsamen internationalen Kapitalzuflüssen. Deswegen wurde der sogenannte »Clean Development Mechanism« (CDM) entwickelt. Einzelne Projekte oder Programme, die die industrielle und ökologische Entwicklung eines Landes voranbringen, werden daraufhin ge-



Protest gegen den Bau des neuen Kohlekraftwerks Lubmin in der Nähe von Greifswald. Greenpeace-Aktivist*innen türmten im Oktober 2007 120 schwarze Müllsäcke auf. Der Berg sollte die Menge an Kohlendioxid symbolisieren, die in einer Zehntelsekunde aus dem Kraftwerk ausgestoßen wird.



Klimagipfel 1997 in Kyoto. Bei dieser internationalen Konferenz wurde erstmals die Verringerung der Treibhausgase beschlossen. Die Umsetzung der Vereinbarungen gestaltete sich allerdings äußerst langwierig und schwierig – nicht zuletzt wegen der starren Haltung der USA.

prüft, welche CO₂-Einsparungen sie mit sich bringen. Für diese Einsparungen werden Zertifikate ausgestellt, die der Projekteigner dann verkaufen kann.

Ein typisches Projekt ist ein Windpark in Indien, der mit regenerativer Energie – also ohne Emissionen – dringend benötigten Strom erzeugt. Der Projekteigner kann die Zertifikate an einen deutschen Energieversorger verkaufen und die Erlöse in den nächsten – vielleicht bereits mit neuerer Technologie betriebenen – Windpark investieren. So können sich Klimaschutz und Entwicklung gegenseitig unterstützen.

Wie werden Eigentumsrechte vergeben?

Eigentumsrechte beschreiben die Möglichkeiten, über knappe Ressourcen zu verfügen. Die Eigentumsrechte, die Gegenstand des Zertifikate-Marktes sind, sind Verschmutzungsrechte. Sie erlauben es, Kohlendioxid in die Atmosphäre auszustoßen und wurden erst 1997 mit dem Kyoto-Vertrag geschaffen. Initiator waren damals die USA, die seit den 1980er Jahren mit ähnlichen umweltpolitischen Konzepten arbeiten, um mit möglichst niedrigen Kosten Schwefeldioxid-Emissionen zu reduzieren. Der Kyoto-Vertrag ist 2005 in Kraft getreten. Für europäische Unternehmen wurde er mit der Einführung des Emissionshandelssystems wirksam, das ebenfalls 2005 seine Arbeit aufnahm.

Aus ökonomischer Sicht findet hier ein einzigartiges Experiment statt: Vor etwa zehn Jahren wurde in internationalen Verhandlungen ein eher abstraktes Eigentumsrecht völlig neu geschaffen, das nun auf einem weltweiten, neuen Markt gehandelt wird.

Der neue Eigentumstitel wirft viele spannende Fragen auf. Wie erfolgt die Deckelung in den Industrieländern? Nach welchen Regeln werden die Eigentumsrechte eigentlich an die Projekteigentümer in Entwicklungsländern vergeben? Und fördert das tatsächlich die Entwicklung dieser Länder? Zum anderen ist aber auch der Markt, der hier gerade entsteht, hochinteressant. Wie kommt es zu einem Preis für Kohlendioxid? In welchen Teilen funktioniert der Markt von alleine und wo nicht? Die internationalen Finanzmärkte sind heute sehr ausdifferenziert. Wie funktioniert die Risikoteilung auf dem noch jungen Zertifikate-Markt? Welche der sonst gebräuchlichen Finanzderivate sind verwendbar? Und welche Parallelen zu den Rohstoffmärkten sowie ihren Instrumenten gibt es?

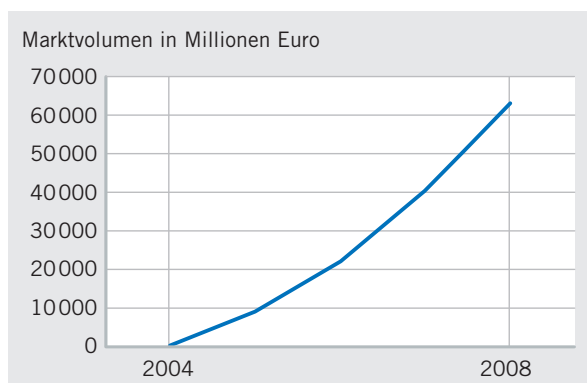
Rasante Entwicklung: Jährliche Wachstumsraten von durchschnittlich 90 Prozent seit 2005

Der neue Markt für CO₂-Zertifikate ist sehr dynamisch: Seit Einführung des Europäischen Emissionshandelssystems 2005 ist er jährlich um circa 90 Prozent gewachsen. 2007 hatte er weltweit ein Volumen von 40 Milliarden Euro und hat sich damit im Vergleich zum Vorjahr verdoppelt; für 2008 rechnen Experten mit einer Wachstumsrate von noch einmal mehr als 50 Prozent. ■ Spätestens im nächsten Jahr wird das Volumen dieses neuen Marktes die Ausgaben für die weltweite Entwicklungshilfe (ODA) übertreffen.

Derzeit entfällt etwa ein Fünftel des neuen Marktes auf Projekte in den Schwellen- und Entwicklungsländern. Mit den Erlösen aus den Zertifikaten werden Projekte (teilweise) finanziert, deren gesamtes Investitionsvolumen bereits heute etwa der weltweiten Entwicklungshilfe entspricht. Bis 2020 wird sich der Markt für Projekte in Entwicklungsländern nach Expertenmeinung noch einmal verzehnfachen. Aus ökonomischer Sicht besonders charmant ist, dass hier der Markt als Allokationsmechanismus, also als Mechanismus für die Zuführung von finanziellen Mitteln, Produktivkräften und Materialien, in großem Maßstab genutzt werden kann, um Entwicklungsprozesse in Gang zu setzen. Je besser das gelingt, umso schneller wächst der Zertifikate-Markt und umso größer werden die zusätzlichen Ressourcen für Entwicklung. »Development« und »Finance« wachsen hier zusammen.


Der Klimawandel ist eine der großen Herausforderungen der Gegenwart [siehe auch Beiträge auf Seite 86 und 105]. Mit dem internationalen Zertifikate-Handel haben wir vor etwas mehr als zehn Jahren ein weltweites wirtschaftspolitisches Experiment mit einer beeindruckenden Erfolgsgeschichte gestartet. Aber es gibt auch Einschränkungen: Der entstehende Markt ist noch kein idealer Wettbewerbsmarkt, das heißt, dass er effizienter gestaltet und Klimapolitik damit billiger werden kann. Insbesondere auf der Käuferseite gibt es überwiegend wenige große Nachfrager wie Staaten und Energieversorgungsunternehmen; Informationen über den Markt sind unvollständig, unsicher und meist ungleich auf die einzelnen Marktteilnehmer verteilt; Anpassungen erfolgen nur mit Verzögerung. Zudem

■ Rasanter Anstieg des Volumens: Von 2004 bis 2008 hat sich der globale Markt für Kohlendioxid-Zertifikate schwunghaft entwickelt.



ist die Zukunft der gehandelten Eigentumsrechte nach 2012 derzeit offen, das macht den Abschluss eines sogenannten »Post-Kyoto-Abkommens« so wichtig.

Klimaschutzfonds: Zugang auch für kleine und mittelgroße europäische Unternehmen

Investitionen zur CO₂-Einsparung müssen aber heute erfolgen. Der Zertifikate-Markt kann sein Potenzial nur dann voll entfalten, wenn die heute existierenden Marktunvollkommenheiten gezielt angegangen werden. Darum bemüht sich beispielsweise der Klimaschutzfonds der KfW Bankengruppe. Das Prinzip des KfW-Klimaschutzfonds ist einfach: Um vor allem kleinen und mittelgroßen europäischen Unternehmen den Zugang zum Zertifikate-Markt zu erleichtern, tritt die KfW international mit der gebündelten Nachfrage auf. Sie erwirbt am Markt Zertifikate aus besonders umweltfreundlichen Projekten in Entwicklungsländern und unterstützt so deren Realisierung. 

Zu Beginn kümmerte sich der KfW-Klimaschutzfonds ab 2004 darum, den Markt für Emissionsrechte überhaupt zu entwickeln. Inzwischen hat sich dieser Markt zwar sehr dynamisch entwickelt, in Teilen funktioniert er allerdings – wie bereits beschrieben – noch nicht. Momentan geht es daher darum, einzelne, aber wichtige Marktsegmente, bei denen Marktmechanismen versagen, gezielt zu entwickeln, beispielsweise durch den Einsatz von innovativen Finanzprodukten oder der Erzeugung von Nachfrage für die »Post-Kyoto-Zertifikate«, die erst nach 2012 generiert werden und für die es heute noch keine rechtlich verbindlichen Regeln gibt. Als Förderbank übernimmt die KfW eine Pionierrolle, möglichst gemeinsam mit anderen europäischen Förderbanken.

Lernen von Finanz- und Rohstoffmärkten

Die Marktmechanismen müssen noch stärker für eine ökonomisch effiziente Klimapolitik nutzbar gemacht werden, dabei kann der junge Zertifikate-Markt viel von den internationalen Finanz- und Rohstoffmärkten lernen. Es wird auf dem Zertifikate-Markt immer mehr neue Produkte geben, die mit jeweils eigenen Risiken verbunden sind und neue Absicherungsmechanismen – beispielsweise gegen Preis- oder Wetterrisiken – nötig machen.

Eine besondere Aufgabe der Entwicklungsökonomie wird es in Zukunft sein, die Märkte und Verfügungsrechte so auszugestalten, dass sie den besonderen Erfordernissen der oft kleinen und armen Entwicklungsländer noch besser gerecht werden als heute. Kurzfristig wird dabei im Vordergrund stehen, wie sich die Entwicklungsländer vor den Folgen des Klimawandels schützen können (»Anpassung«). Langfristig geht es darum, wie sie ihr wirtschaftliches Potenzial einbringen und gleichzeitig die internationale Klimaschutzpolitik und ihre eigenen Entwicklungsziele unterstützen können (»Vermeidung«). Vor größeren Veränderungen steht damit auch die Projektfinanzierung, schließlich erfordern Anpassung und Vermeidung in den nächsten beiden Jahrzehnten zusätzliche Investitionen in Höhe von weltweit mehreren 100 Milliarden Euro.

Nachfrage nach Fachleuten wächst


Rund um den Zertifikate-Markt wird es zahlreiche Dienstleistungen geben, angefangen von spezialisier-

Klimaschutz durch CO₂-Emissionsminderung

So funktioniert der KfW-Klimaschutzfonds




ten Zertifikate-Maklern über Consulting-Leistungen, beispielsweise für Monitoring und Reporting der vermiedenen CO₂-Emissionen, bis hin zu Rechtsanwaltskanzleien, die die besonderen, meist auf angelsächsischem Recht basierenden vertraglichen Beziehungen beim Zertifikate-Kauf regeln. Auch das Risikomanagement eines Zertifikate-Fonds steht vor neuen Fragen. Wie kann es beispielsweise schätzen, dass ein bestimmtes Projekt in drei Jahren 100 000 Zertifikate liefern wird? Wie wahrscheinlich ist es, dass diese Schätzung eintritt? Und wie verhalten sich die Lieferwahrscheinlichkeiten verschiedener Projekte zueinander? Wie sieht ein »optimales Portfolio« an Klimaschutzprojekten für Fonds aus? Schon bald wird der Zertifikate-Markt seinen exotischen Charakter abgelegt haben und mehr und mehr

 So funktioniert der Klimaschutzfonds der KfW Bankengruppe.



Mülldeponie in São João, Brasilien: Bei der Vergärung des Mülls entsteht Methan gas, das zum Schutz der Atmosphäre eingefangen wird. Diese Anlage wurde teilweise über Emissionszertifikate finanziert.

auch die Banken erreichen. Dementsprechend wächst die Nachfrage nach Fachleuten. Die Goethe-Universität ist in diesen Bereichen gut aufgestellt. Sie sollte ihren Standortvorteil in Frankfurt nutzen und die Thematik der internationalen Klimapolitik zeitnah und konsequent in ihren Lehrplänen berücksichtigen. 

Der Autor

Prof. Dr. Rainer Durth, 42, ist Honorarprofessor der Goethe-Universität in den Gebieten Bankbetriebslehre und Internationale Wirtschaftspolitik. Nach dem Studium zum Wirtschaftsingenieur an der Technischen Universität Darmstadt promovierte er über grenzüberschreitende Umweltprobleme und habilitierte sich mit einem Thema zur internationalen Verbreitung von neuem Wissen unter den Bedingungen der Globalisierung. Er ist Abteilungsdirektor im Klimaschutzfonds der KfW Bankengruppe. Vorher war er in der KfW jeweils sechs Jahre in den Bereichen Entwicklungszusammenarbeit und Risikomanagement tätig.

rainer.durth@kfw.de

Tourist im Einbaum: Deutschland ist mit 75,6 Millionen Auslandsreisen die weltweit reise-freudigste Nation. Doch wer Reiseziele wie das Okavangodelta in Mokoro, Botswana, auswählt, sollte sich gegen Malaria schützen; durch Moskitonetze und Duftstoffe, die Mücken vertreiben. Das feuchtwarme Klima bietet den Mückenlarven, die diese häufige Tropenkrankheit verbreiten, hervorragende Brutplätze.



Infektionskrankheiten als Mitbringsel

Reiselust fördert die Verbreitung von Erregern

In den letzten Jahrzehnten sind zahlreiche Infektionserreger neu entdeckt worden, und altbekannte Krankheitserreger haben ihr Verbreitungsgebiet ausgeweitet. Durch klimatische Veränderungen können die Lebensbedingungen von Erregern und ihren Vektoren beeinflusst werden.

Die Angelsachsen bezeichnen die Zunahme der Infektionskrankheiten durch die Verbreitung »alter« Erreger oder durch »neue« Infektionserreger als »emerging epidemics«. Dabei begünstigt die zunehmende Mobilität der Menschen die Eroberung neuer Lebensräume.¹¹ Das Beispiel von »SARS« zeigte eindrücklich, wie Erreger an einem Tag den halben Erdball umrunden können.

Durch die Rodung der Tropenwälder, Massentierhaltung und die Intensivierung der Tierzucht bieten sich den Krankheitserregern vielfältige Verbreitungsmöglichkeiten. Gerade die Parallelhaltung von verschiedenen Arten in der Tierzucht oder das enge Zusammenleben von Mensch und Tier können den Übergang des Erregers von einer Art auf eine andere ermöglichen. So gelang es auch dem Erreger der Vogelgrippe (aviäre Influenza), den Menschen zu infizieren.

Dass insbesondere Fernreisen Infektionsgefahren bergen, wird gern verdrängt. Eine Untersuchung der Deutschen Zentrale für Tourismus belegt, dass die

Deutschen mit 75,6 Millionen Auslandsreisen und Ausgaben von 57,1 Milliarden Euro weiterhin »Reiseweltmeister« sind.

Gefahr durch rohe Lebensmittel

Bei Tropenreisenden stehen Durchfallerkrankungen (»travelers disease«) an erster Stelle: Jeder dritte Reisende ist davon betroffen. Übertragen werden die Erreger durch den Verzehr roher Lebensmittel oder Getränke (Eiswürfel). Um dem vorzubeugen, stehen allgemeine Hygienemaßnahmen an erster Stelle – am bekanntesten ist der Slogan »cook it, boil it, peel it or forget it«. Das individuelle Erkrankungsrisiko ist ab-

Übertragungswege von Infektionserregern:

1. rohe Lebensmittel (fäkal-oral)
2. Insekten (Stich)
3. Tierkontakte (Biss)
4. Injektionen/Transfusionen (Nadel)
5. Besuche in Höhlen (Fledermäuse)
6. große Menschenansammlungen (Tröpfcheninfektion)

hängig vom eigenen Gesundheitszustand, dem persönlichen Reisestil (Rucksackreisen oder Fünf-Sterne-Hotel), dem Reiseland und der Aufenthaltsdauer.

Weitere Infektionserreger, die zum Beispiel über Speiseeis und unzureichend gekochte Speisen (Fischgerichte, Muscheln) übertragen werden, sind Hepatitis A-Viren. In heißen Ländern ist die Infektionsgefahr – begünstigt durch das tropische Klima und hygienische Mängel – größer. Seit Entwicklung der aktiven Impfstoffe gegen Hepatitis A Anfang der 1990er Jahre ist ein Rückgang des klassischen Reisemitbringsels zu verzeichnen. Auch Typhussalmonellen, Choleraerregern und das Poliomyelitisvirus (Kinderlähmung) werden fäkal-oral übertragen. Allerdings sind Choleraerregern zumindest bei Reisenden sehr selten, ebenso die Poliomyelitis, die sich allerdings trotz des Programms der WHO zur weltweiten Auslöschung der Krankheit (Eradikationsprogramm) erneut in Teilen Afrikas und Asiens ausgebreitet hat. Eine Impfung gegen Typhus empfiehlt sich für Risikoreisende mit einem längeren Aufenthalt in Asien (Indien), den Andenländern oder Nordafrika.

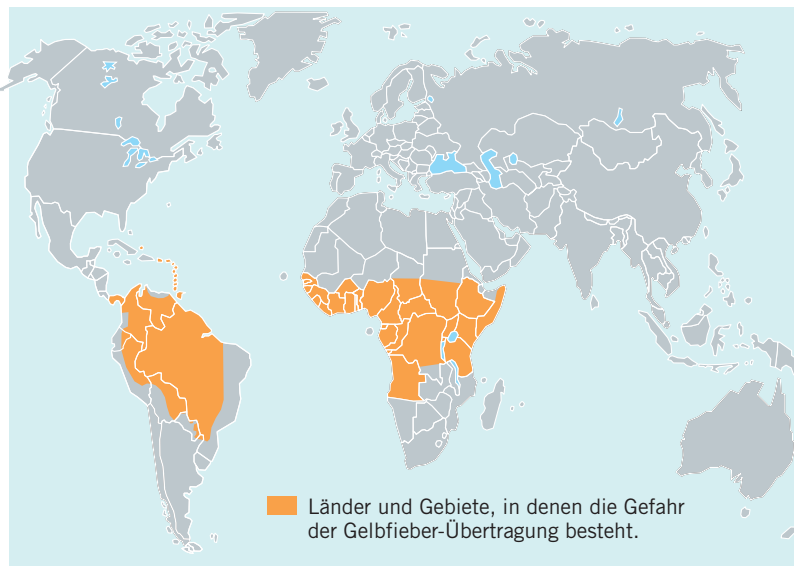


Insektenschutz gehört zu den wichtigsten Maßnahmen zum Schutz vor Infektionskrankheiten wie Gelbfieber, Malaria oder Dengue-Fieber, die durch Mückenstiche übertragen werden. Hier nebelt ein Mitarbeiter einer koreanischen Hilfsorganisation mit einer tragbaren Nebelmaschine ein Flüchtlingslager bei Banda Aceh, Sumatra, ein, um die Seuchengefahr nach der Flutkatastrophe von 2005 einzudämmen. Eine Kindergruppe läuft dem Geschehen hinterher.

Tiere als Überträger

Die Ausrottung von Erregern, die vom Tier auf den Menschen übertragen werden, ist deshalb erschwert, weil das Vorhandensein eines tierischen Reservoirs den Erregern einen Selektionsvorteil bietet. Beispiele sind Affen als Virusträger des Dschungelgelbfiebers oder die Kleinsäuger des Waldes in unseren Breiten als Überträger für die Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME). Aus demselben Grund sind Krankheitserreger, die an einen Vektor (zum Beispiel Mücken, Zecken oder Mäuse) gebunden sind, wie Gelbfieber oder Malaria, schwierig zu bekämpfen.

Das Gelbfieber gelangte mit Sklavenschiffen im 18. Jahrhundert in die »Neue Welt« (Vektorübertragung) und verhinderte fast den Bau des Panamakanals. Gelbfieber war bis zum 20. Jahrhundert eine der gefährlichsten Seuchen. Auch heute erfordert der Verdachtsfall eine Isolierung des Kranken, die bis zur Quarantäne reichen kann. Die Sterblichkeitsrate liegt bei



Wer in eines der orange markierten Gebiete reist, sollte sich vorsorglich gegen Gelbfieber impfen lassen, denn dort ist das Risiko einer Ansteckung besonders groß.

hämorrhagischem Verlauf, wenn Fieber in Verbindung mit Blutungen der inneren Organe auftritt, bei 20 bis 50 Prozent. Eine drastische Zunahme belegen die aktuellen Epidemien in Südamerika im Frühjahr und Sommer 2008. Neben Brasilien waren auch Länder betroffen, die jahrelang von der Infektionskrankheit verschont geblieben waren, wie zum Beispiel Paraguay. Konsequente und rasch umgesetzte Impfkampagnen (inklusive Impfpflicht bei der Einreise) ermöglichten es, die Weiterverbreitung der Krankheit einzudämmen.

Das Pendant zu Gelbfieber ist die Japan B-Enzephalitis in Südostasien. Der Krankheitserreger gehört, ebenso wie der Erreger des Gelbfiebers, zu den Flaviviren und wird durch Mücken übertragen. Seine Verbreitung ist auf ländliche Regionen (Reisfelder, Schweinezucht) in Asien begrenzt. Es existieren Impfstoffe, die allerdings in Deutschland (noch) nicht zugelassen sind. Die Impfung ist für Risikogruppen indiziert, die sich längere Zeit in den Endemiegebieten aufhalten.

Herausforderung Malaria

Die Malaria, die Tropenkrankheit schlechthin, weist ein statistisches Infektionsrisiko bei Tropenreisenden von 1 : 50 auf.¹²⁾ Die weltweite Verbreitung der Anophelesmücke als Überträger der Plasmodien (Malariaerregern) und die optimalen Lebensbedingungen in tropisch-feuchten Ländern begünstigen die Malaria in den Tropen. Dort ist sie die Todesursache Nummer eins bei Kindern unter fünf Jahren.

Durch den Bau von Fernstraßen wie die Transamazonica in Brasilien breitete sich die Malaria auch im Amazonasbecken aus. Staudämme und Bewässerungsprojekte haben großen Einfluss auf die Umwelt und ermöglichen indirekt eine Erregerverbreitung, weil die neuen Wasserstellen hervorragende Brutplätze für Mückenlarven bieten. Da es keinen Anti-Malaria-Impfstoff gibt, die Therapie teuer ist, und schlechte soziale und hygienische Bedingungen die Erreger-Ausbreitung fördern, müssen Maßnahmen zur Eindämmung der Malaria an verschiedenen Stellen ansetzen: Es werden



In den Tropen ist die Malaria die Haupttodesursache bei Kindern unter fünf Jahren. Vor allem in den ärmsten Ländern sterben Infizierte, weil es keine ausreichende medizinische Versorgung gibt. Mit Moskitonetzen, wie hier im westafrikanischen Niger, kann man sich wirkungsvoll gegen die Anophelesmücke schützen, die den Erreger überträgt.

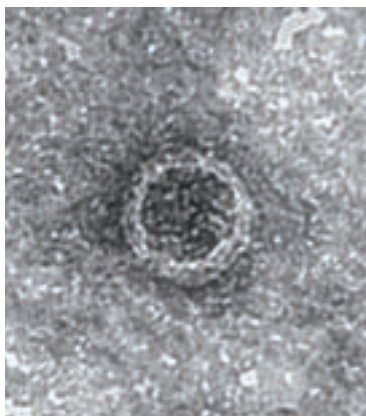
Moskitonetze an die Bevölkerung verteilt, Innenräume mit Insektenschutzmitteln besprüht und Mückenlarven beseitigt.

Die erfolgreiche Ausrottung der Malaria in Deutschland lässt sich aufgrund der klimatischen Bedingungen nicht auf das tropische Afrika übertragen. Reisende sollten sich der Gefahr bewusst sein und primär Mückenstiche verhindern – durch Moskitonetze, helle, langärmelige Kleidung in den Abendstunden und Duftstoffe, die Insekten abstoßen (Repellentien). Für Hochrisikogebiete empfehlen sich zusätzlich eine medikamentöse Malariaprophylaxe und/oder die Mitnahme eines Notfallmedikaments.

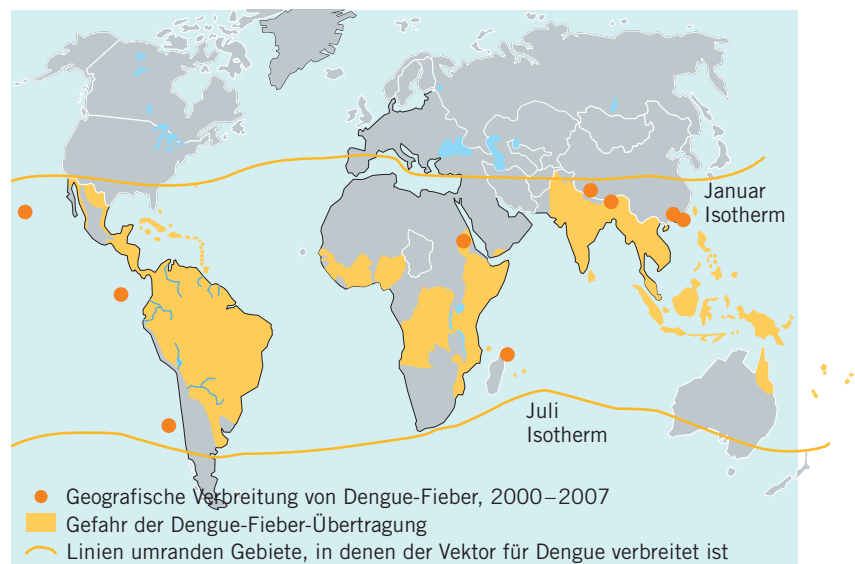
Dengue-Fieber auf dem Vormarsch

Das Dengue-Fieber ist eine durch Insekten übertragene Viruserkrankung (Arbovirose), die zunehmend an Bedeutung gewinnt. Es hat der Malaria in vielen Regionen Afrikas und Zentralamerikas den Rang als häufigste schwerwiegende Tropenkrankheit abgelau-

Viren können aufgrund ihrer geringen Größe (etwa 20 bis 200 Millionstel Millimeter) nur unter dem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht werden. Dieses Flavivirus wurde am Institut für Medizinische Virologie bei einer Patientin mit akuter Dengue-Virusinfektion (nach einem Jamaikaaufenthalt) isoliert.^{13/}



Diese von der Weltgesundheitsorganisation WHO herausgegebene Karte zeigt die Ausbreitung des Dengue-Fiebers (orange Punkte) und die Risiko-Gebiete (gelbe Flächen).



fen. Auch in Südasien ist die Virusinfektion endemisch, das heißt, sie tritt dort andauernd auf. Die Erkrankung wird jedoch häufig übersehen, was nicht verwundert, denn nach einer Studie von Wichmann und Mitarbeitern^{14/} erfüllten weniger als ein Prozent der nach Europa eingeschleppten Erkrankungen alle diagnostischen Kriterien der Weltgesundheitsorganisation (WHO).

Anders ausgedrückt: Nicht jeder Tourist, der an Dengue erkrankt, zeigt eine typische Symptomatik. Häufiger werden neben Fieber eher unspezifische Muskel-Knochenschmerzen und Kopfschmerzen beschrieben. Da noch kein Impfstoff zur Verfügung steht, kann als einzige präventive Maßnahme der Mückenschutz gelten. Dies sollte jedem Reisenden bei Aufenthalt in Endemiegebieten bewusst sein.

Die Tigermücke *Aedes aegypti* ist die Hauptüberträgerin des Gelbfieber- und des Dengue-Virus. Sie lebt in tropischen und subtropischen Regionen.



Eine dem Dengue-Fieber klinisch ähnliche Erkrankung ist das Chikungunya-virus Erreger zu den Alphaviren 2005 erkrankten auf Inseln des Indischen Ozeans (Reunion, Madagaskar, Mauritius) sowie Indien neben den Einheimischen auch viele Touristen an einer neuen Virusvariante.^{15/}

ähnliche Fieber, des- gehört. Seit Indischen Ozeans (Reunion, Madagaskar, Mauritius) sowie Indien neben den Einheimischen auch viele Touristen an einer neuen Virusvariante.^{15/}

Tierkontakte

Bissverletzungen bergen neben der Infektionsgefahr durch zum Teil schwer behandelbare Keime aus der Mundhöhle des Tieres auch zumindest in Endemiegebieten das Risiko einer Tollwutinfektion. Bei akutem Verdacht muss bei Nicht-Geimpften sofort eine Postexpositionsprophylaxe mit Immunglobulin und aktiven Impfungen durchgeführt werden, denn ein Ausbruch der Tollwuterkrankung ist tödlich. Nicht zu vergessen ist der Tetanusschutz im Verletzungsfall. Neben einer generellen Vorsicht vor streunenden Hunden, Affen oder Fledermäusen wird für Länder mit hohem Infek-

tionsrisiko wie Indien, Südostasien, aber auch Nordafrika und Südamerika eine vorbeugende Impfung empfohlen. Der gut verträgliche (Tot-)Impfstoff sollte spätestens drei Wochen vor Abreise dreimalig geimpft werden und ist insbesondere für »Rucksacktouristen«, »low budget«-Abenteurer, Langzeitreisende oder Mitarbeiter im Entwicklungsdienst zu empfehlen.

Blutprodukte und infizierte Nadeln

Eine Erregerübertragung durch Blutprodukte oder infizierte Nadeln ist in Drittweltländern durchaus als häufiges Risiko anzusehen. Die Hepatitisviren B und C werden über Blutprodukte, Intimkontakte, operative Eingriffe (infiziertes Besteck, Spritzen) übertragen. In vielen Ländern mit niedrigem Hygienestandard treten Hepatitis und HIV (humanes Immundefizienz-Virus) viel häufiger auf als etwa in Europa, unter anderem aufgrund geringerer Sicherheitsbestimmungen (unzureichendes Screening der Blutprodukte) und Hygienemaßnahmen (Mehrfachgebrauch von Nadeln) in ärztlichen Einrichtungen.

Von (Zahn-)Arztbesuchen in Risikogebieten, geschweige denn Piercingstudios sollte dringend abgeraten werden. Für Hepatitis B steht seit 1986 ein gentechnisch hergestellter Impfstoff zur Verfügung, der auch in Deutschland zu den allgemeinen Impfpfehlungen für Kinder und Jugendliche, für ärztliches Personal sowie Patienten zählt (STIKO, Robert Koch-Institut, Berlin). Die Impfprophylaxe ist Risikoreisenden (Rucksacktouristen, Langzeitaufenthalte medizinischer Dienst) dringend empfohlen.

Impfung schützt vor Influenza

Im Zuge der Reisemedizin sei auch an die Infektionsgefahren durch Erreger erinnert, die über die Tröpfcheninfektion (Aerosole) übertragen werden. Eine Impfung gegen Meningokokken, die beim Menschen verschiedene Krankheiten auslösen, ist insbesondere für das tropische Afrika in der Trockenzeit für Risikoreisende zu empfehlen. Bevorzugt einzusetzen ist der Impfstoff, der gegen vier Serotypen (A, C, W und Y) wirksam ist. Eine Impfpflicht besteht für die Pilgerreisen nach Mekka (Hadj). Die »echte Grippe« (Influenza) lässt sich ebenfalls durch eine Impfung vermeiden. Weitere wichtige vorbeugende Maßnahmen sind das häufige Händewaschen und die Vermeidung zu naher »face to face«-Kontakte. Gerade Südostasienreisende sollten daran denken.

Die Autorin

Dr. Regina Allwinn, 47, ist Oberärztin am Institut für Medizinische Virologie und der Reisemedizinischen Impfbambulanz/Gelbfieberstelle. Sie studierte Biologie in Gießen und Frankfurt/Main mit Schwerpunkt Anthropologie/Humangenetik. Ihr Interesse an der Infektionsbiologie und Reisemedizin vertiefte sie durch ein Studium der Humanmedizin, Diplom-Tropenmedizin (Bernhard-Nocht-Institut, Hamburg) und der Facharztausbildung für Mikrobiologie und Infektionsepidemiologie. Sie ist seit 1995 in der Reisemedizinischen Impfbambulanz tätig und leitet die Infektionsserologie. Neben der Routinediagnostik in der Virologie sind ihre Arbeitsschwerpunkte impfpräventable und importierte Virusinfektionen.

allwinn@em.uni-frankfurt.de

<http://www.kgu.de/zhvg/virologie/impfamb.html>

Leitsätze zur Vermeidung von Reiseinfektionen

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Reisediarrhoe – cook it, peel it, boil it or forget it! 2. Durch Tröpfcheninfektion übertragbare Erreger (respiratorische Krankheiten wie Influenza) – große Menschenansammlungen vermeiden 3. Durch Vektoren übertragene Erkrankungen (Malaria, Dengue, Gelbfieber, Japan-B-Enzephalitis) – Haut schützen, langärmelige Kleidung, Insek- | <ol style="list-style-type: none"> ten abweisende Duftstoffe, Moskitonetze 4. Sexuell übertragene Erkrankungen (HIV) – Safer Sex 5. Durch Blut übertragene Infektionen (Hepatitis B und C, HIV), Piercing, Akupunktur, Blutentnahmen, Operationen und zahnärztliche Eingriffe vermeiden 5. Tierkontakte (Hundebisse): Tiere nicht füttern und direkten Kontakt vermeiden |
|--|--|

Auch das Beispiel »Hühnergrippe« gehört in die Kategorie der Krankheiten, die man durch diese vorbeugenden Maßnahmen vermeiden kann. Die aviäre Influenza (H5N1) wird hauptsächlich durch enge Kontakte vom Tier (Geflügel) auf den Menschen übertragen. Allerdings gibt es dagegen noch keinen Impfstoff.

Im Zuge der Globalisierung und des zunehmenden Flugverkehrs verbreiten sich Infektionserreger schneller und weiträumiger als zu früheren Zeiten – sei es über die Mitreise bei Menschen (SARS-Patient), Tieren (grüne Meerkatzen mit Marburgvirus infiziert) oder Mücken (Flughafenmalaria, Dengue-Fieber). Wenn man bedenkt, dass Infektionskrankheiten in tropischen Ländern bis zu 40 Prozent aller Krankheiten ausmachen, ist durchaus mit einer höheren Infektionsgefahr durch Reisen zu rechnen.¹¹ Hier können eine entsprechende Information über das Reiseziel und Vorsorge vor einer Ansteckung und Verbreitung schützen. Die Beachtung allgemeiner Hygieneregeln, Mückenabwehr, eine Malaria prophylaxe und Impfungen können einen Großteil der Infektionen vermeiden helfen. ◆

Literatur

¹¹ R. Kurth *Das Auftreten alter und neuer Seuchen als Konsequenz menschlichen Handelns* Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz. 2004;47:611–621. Robert Koch-Institut, Berlin.

¹² L. Amsler und R. Steffen *Gesundheitsrisiken bei Fernreisen* in: Tropenmedizin in Klinik und Praxis (Hrsg. W. Lang, T. Löschner), Gerog Thieme Verlag Stuttgart, 2000.

¹³ Allwinn R, Schieferstein C, Klauke S, Doerr HW *Rapid Diagnosis of Primary Dengue Fever by the Immunochromatographic Test and by Electron Microscopy – a Case Report Infection*: 27/6:365–367,1999.

¹⁴ Wichmann O, Gascon J, Schunk M, Puente S, Sikkamaki H, Gjørup I, Lopez-Velez R, Clerinx J, Peyerl-Hoffmann G, Sundøy A, Genton B, Kern P, Calleri G, de Górgolas M, Mühlberger N, Jelinek T; European Network on Surveillance of Imported Infectious Diseases. *Severe dengue virus infection in travelers: risk factors and laboratory indicators*. J of Infectious Diseases 2007; 195: 1089–1096.

¹⁵ Borgherini G, Poubeau P, Jossaume A, Gouix A, Cotte L, Michault A, Arvin-Berod C, Paganin F. *Persistent arthralgia associated with chikungunya virus: a study of 88 adult patients on reunion island* Clin Infect Dis. 2008, 5;47:469–75.

Eine Erde voller Arten

Darwins Vermächtnis in der heutigen Evolutionsbiologie

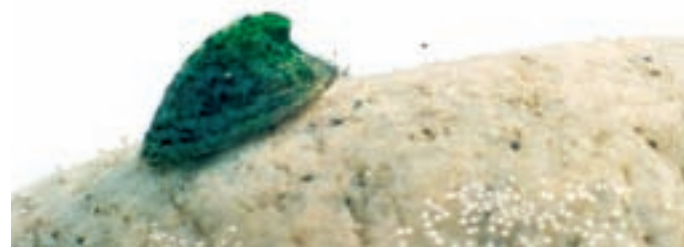
von **Bruno Streit,**
Markus Pfenninger
und **Klaus Schwenk**

Das Besondere am Planeten Erde sind seine Belebtheit und sein großer Artenreichtum. Viele Phänomene, die Charles Darwin bereits vor 150 Jahren beschäftigten, geben auch heutigen Evolutionsforschern noch Rätsel auf. Hier bringt die Anwendung molekulargenetischer Techniken zunehmend Licht in das Dunkel.

Die zur Zeit Darwins beherrschende Frage war, ob biologische Arten – also die Kategorien, in die wir Menschen unsere belebte Umwelt intuitiv einteilen – veränderlich sind, oder ob sie unverändert so fortbestehen, wie sie von einem Schöpfer geschaffen wurden. Die Naturforscher jener Zeit waren sich bereits weitgehend darin einig, dass Arten sich verändern; lediglich über den Mechanismus, der diesen Prozess antreibt, war man sich nicht im Klaren.

Es ist das große Verdienst Darwins, im Prinzip der natürlichen Selektion den grundlegenden Evolutionsmechanismus erkannt zu haben, der seither in un-

Bei der in Europa verbreiteten und schon Darwin bekannten Flussmützenschnecke herrschte immer wieder Uneinigkeit über die Einteilung der Art. Zeitweise wurde sie als eine einzige, sehr formenreiche Sammelart *Ancylus fluviatilis* betrachtet, zeitweise aber auch als eine große Zahl unterschiedlicher Arten. Unsere molekulargenetischen Analysen zeigten, dass wir mindestens vier sehr distinkte Arten innerhalb Europas unterscheiden können, die seit Langem verwandtschaftlich getrennt sind (Pfenninger et al. 2003). Die mützenförmige Schalenform ist in der Evolution verschiedener Schnecken-gruppen im Übrigen unabhängig mehrfach entstanden (Albrecht et al. 2004).



zähligen Beobachtungen und Experimenten bestätigt wurde. Die Evolutionstheorie erklärt aber nicht nur die Artenvielfalt, sondern sie ist für die gesamte Biologie von grundlegender Bedeutung. In fast allen biologischen Disziplinen – zum Beispiel der Ökologie, Ethologie und Biodiversitätsforschung – stehen Arten im Mittelpunkt der Betrachtung (Streit & Städler 1997). Dies ist Grund genug, sich näher mit dem Begriff der Art zu befassen.

Streit um die Definition der Art

Im Gegensatz zu höheren systematischen Kategorien wie Gattung, Familie oder Ordnung, die eher das menschliche Bedürfnis nach übersichtlichen Kategorien widerspiegeln, stellt die Art nach überwiegender Meinung eine fundamentale biologische Kategorie dar. Man sollte also meinen, dass unter Biologen Einigkeit darüber herrscht, was unter einer Art zu verstehen ist und wie man sie von anderen Arten abgrenzt. Kurioserweise gibt es aber kaum einen Streit in der Geschichte der Biologie, der so lange und heftig tobt wie der um das »richtige« Artkonzept. Selbst Darwin war sich offenbar der Schwierigkeiten eines universellen Artbegriffs bewusst, denn er drückte sich sogar in seinem Hauptwerk »Von der Entstehung der Arten« um die Definition seines zentralen Untersuchungsgegenstandes.

Wie kommt es zu solchen Schwierigkeiten bei der Artabgrenzung? Ein Grund dafür ist, dass Arten – im Gegensatz zu übersichtlichen fundamentalen Einheiten wie Genen, Zellen oder Individuen – von einem menschlichen Beobachter praktisch nie als Ganzes zu erfassen sind. Denn eine Art besteht aus meist sehr vielen Individuen, die oft über große geografische Gebiete verteilt vorkommen und deren verbindende Eigenschaft nicht offensichtlich ist. Außerdem gehört zur Abgrenzung der Arten auch die zeitliche Dimension: Durch ökologische und evolutionäre Prozesse entstehen Arten, verändern sich und sterben aus. Und das in Zeiträumen, die normalerweise die Lebensspanne der

Charles Darwin und die Evolutionstheorie

Charles Robert Darwin (1809–1882) gilt zusammen mit Alfred Russel Wallace (1823–1913) als Begründer der modernen Evolutionstheorie und ist damit einer derjenigen Wissenschaftler, die Naturwissenschaft und Gesellschaft nachhaltig beeinflussten.

Seine Hypothesen bilden die Grundlage der Theorie, die Wallace später als Darwinismus bezeichnete. Sie fußen auf der Erkenntnis, dass die Veränderungen der organismischen Welt im Laufe der Erdgeschichte allmählich vor sich gegangen sind und dass wir die Prozesse der Veränderung auch heute noch erkennen können. Er war vom Prinzip des Aktualismus überzeugt, das seit dem Erscheinen des modernen Geologie-Lehrbuchs von Charles Lyell (1830/33) auch in den Erdwissenschaften Einzug gehalten hatte.

Darwin beobachtete, dass bei allen Arten grundsätzlich mehr Nachkommen produziert wurden, als später zur Fortpflanzung gelangten, und dass eine erhebliche biologische Variation in den Nachkommen auftreten konnte. Er folgerte, dass ein Ausleseprozess (eine Selektion) in der Weise wirkte, dass die jeweils erfolg-

reichsten Individuen (diejenigen mit der größten biologischen Fitness) die größte Wahrscheinlichkeit haben, ihre Erbinformation an die Folgegeneration weiterzugeben. Heutige biologische Arten waren demzufolge auch alle Abkömmlinge früherer Arten, was auch die Grundlage der Deszendenztheorie war.

Viele Fragen waren zur Zeit Darwins noch nicht zu beantworten. Die genetischen Experimente eines Gregor Mendel waren noch nicht gemacht worden, und die stoffliche Grundlage der Vererbung war erst recht unbekannt. Dennoch konnte Darwin aufgrund seiner konsequenten Beobachtung und seiner Schlussfolgerungen die prinzipiell richtigen Schlüsse ziehen. Sie bilden die Grundlage zu den heutigen spezifischen Fragestellungen und Forschungsthemen der Evolutionsbiologie.



menschlichen Beobachter um ein Vielfaches übersteigen. Es liegt demnach in der schon von Darwin erkannten Natur der Arten, dass sie keine unveränderlichen, jederzeit und überall klar erkennbaren kategorischen Einheiten sind, sondern räumlich und zeitlich variabel mit gegebenenfalls unscharfen Rändern.

Einen Evolutionsbiologen verwundert es also nicht, dass die Abgrenzung von Arten manchmal problematisch ist und nicht immer die klaren Antworten liefert, die von Ökologen, Taxonomen, Naturschützern und anderen gewünscht werden. Andererseits werfen oft genau diese umstrittenen Fälle ein Licht auf jene evolutionären Prozesse, welche für die beobachtete biologische Vielfalt verantwortlich sind. Daher sind sie für Evolutionsbiologen wichtige Forschungsobjekte.

Anders als im Bestimmungsbuch

Ein weiterer Grund, weshalb es schwierig ist, Arten voneinander zu unterscheiden, ist, dass wir dazu tendieren, optische Unterschiede (oder deren Fehlen) bei der Arteinteilung übermäßig stark zu bewerten. Das wird besonders bei den sogenannten »kryptischen Arten« deutlich, bei denen es sich um zwei oder mehr eigentlich gut voneinander abgegrenzte Arten handelt, die aber aufgrund ihres ähnlichen oder identischen Erscheinungsbildes als eine einzige Art klassifiziert worden sind. Auch Darwin beschäftigte sich in seinen Arbeiten über die Entenmuscheln (eine Gruppe der Krebstiere) mit diesem Phänomen. Wie wir kürzlich in einer Literaturstudie zeigen konnten, sind kryptische Arten entgegen aller Erwartungen in allen Tiergruppen und Lebensräumen etwa gleich häufig (Pfenninger & Schwenk 2007).

Wie können wir Arten und die Artbildung erforschen, obwohl es keine allgemein akzeptierte Definition dafür gibt? Da wir insbesondere am Verständnis der evolutionären und ökologischen Prozesse interessiert sind, die zur Entstehung und Verbreitung von Biodiversität führen, verfolgen wir einen integrierten, pragmatischen Ansatz. Dazu sammeln wir viele Individuen der fraglichen Art(en) über das gesamte Verbreitungsgebiet und charakterisieren sie genetisch, morphologisch und anatomisch. Je nach Fall erheben wir relevante ökologische, klimatische und/oder edaphische (den Boden betreffende) Informationen über die Fundorte und führen gegebenenfalls ökologische und Fortpflanzungsexperimente durch.

Nach einer komplexen statistischen und populationsgenetischen Auswertung der Daten werden für ge-

Crustaceenarten der Gattung *Daphnia* (Wasserfloh) hybridisieren häufig untereinander, und deren Nachkommen sind unter bestimmten Umweltbedingungen den Elternarten überlegen (höhere Überlebens- und Reproduktionsraten). Darüber hinaus sind die Hybriden fruchtbar, wodurch sich die Arten teilweise vermischen. Dieser Prozess kann zum Genfluss zwischen Arten führen (Introgression) und neue evolutionäre Linien hervorbringen (Schwenk et al. 2008).

wöhnlich die Grenzen zwischen den unabhängig voneinander evoluiierenden Arten deutlich. Zum Leidwesen der Taxonomen stimmen diese aber vielfach nicht mit den traditionellen Einteilungen überein, die auch in Bestimmungswerken zu finden sind. Dafür erlauben die umfassenden Untersuchungen aber unter Umständen, dass wir auf die evolutionären und ökologischen Prozesse schließen können, die zur Aufspaltung der Art geführt haben. Zusätzlich können wir abschätzen, wann und wo sich die Artbildung abgespielt hat. Auf diese Weise haben wir die Artgrenzen bei mehreren systematisch umstrittenen Gruppen von Land- und Süßwasserschnecken, Muscheln, Wasserflöhen, Zuckmücken und Süßwasserkrabben fundiert erfasst.

Schnelle Arterkennung

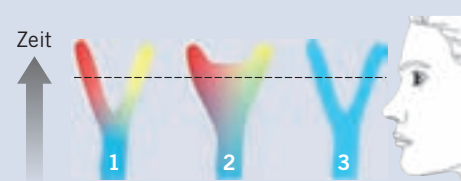
Doch nicht immer ist es möglich, derart aufwendige Untersuchungen durchzuführen. In vielen Bereichen wie der Ökologie, der Klimafolgenforschung oder im angewandten Bereich, beispielsweise beim Zoll, wo es um die schnelle Erkennung geschützter Arten geht, ist eine einfache und auch von Nicht-Spezialisten an-



Artenbildung

Schematische Darstellung verschiedener Artbildungen in Form stammesgeschichtlicher Bäume. Die Farben repräsentieren das Ausmaß der morphologischen Unterschiede. Die gestrichelte Linie deutet die Beobachtung der genetischen und morphologischen Unterschiede zu einem bestimmten Zeitpunkt an. Der erste Stammbaum zeigt die gleichzeitige Vergrößerung der genetischen und morphologischen Unterschiede. Im zweiten Stammbaum gibt es eine Hybrid-

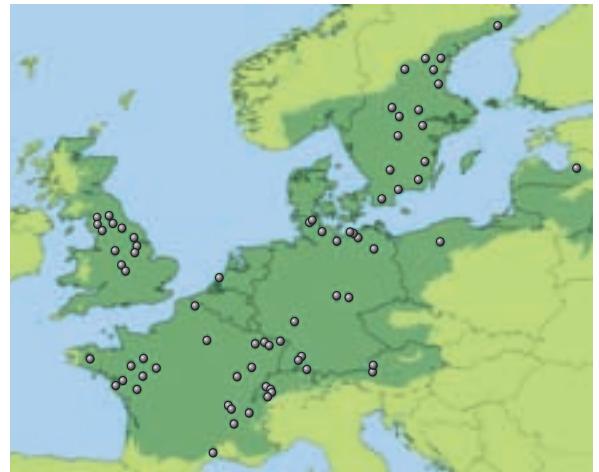
sierung zwischen den auseinanderdriftenden Arten, so dass sie genetisch nicht vollständig voneinander isoliert sind. Der dritte Stammbaum stellt kryptische Arten dar. Sie sind zwar genetisch verschieden, aber morphologisch gleich.



Ausgewählte Literatur

Albrecht, C., Wilke, T., Kuhn, K., Streit, B. (2004) <i>Convergent evolution of shell shape in freshwater limpets: the African genus Burnupia</i> Zoological Journal of the Linnean Society 140: 577–588.	driven range dynamics in the freshwater limpet <i>Ancylus fluviatilis</i> (<i>Pulmonata</i> , <i>Basommatophora</i>) Journal of Biogeography 35: 1580–1592.	taxonomy and barcoding for the inference of larval community structure in morphologically cryptic <i>Chironomus</i> (<i>Diptera</i>) species Molecular Ecology 16: 1957–1968.	homogeneously distributed among biogeographical regions BMC Evolutionary Biology 7: 121.	among cryptic evolutionary lineages in freshwater limpets of the nominal form-group <i>Ancylus fluviatilis</i> (<i>O. F. Müller</i> , 1774) Molecular Ecology 12: 2731–2745.	hybridization in <i>Daphnia</i> Hydrobiologia 442: 67–73.	ciety B. Vol. 363: 2805–2961.
Cordellier, M., Pfenninger, M. (2008) <i>Climate-</i>	Pfenninger, M., Nowak, C., Kley, C., Steinke, D., Streit, B. (2007) <i>Utility of DNA</i>	Pfenninger, M., Schwenk, K. (2007) <i>Cryptic animal species are</i>	Pfenninger, M., Staubach, S., Albrecht, C., Streit, B., Schwenk, K. (2003) <i>Ecological and morphological differentiation</i>	Schwenk, K., Bijl, M., Menken, S. B. J. (2001) <i>Experimental interspecific</i>	Schwenk, K., Brede, N., Streit, B. (2008, Guest Editors) <i>Hybridization in Animals – Extent, Processes and Evolutionary Impact</i> Philosophical Transactions of the Royal So-	Streit, B., Städler, T., Lively, C. M. (1997), Eds. <i>Evolutionary Ecology of Freshwater Animals. Concepts and Case Studies</i> Experientia Supplementum Vol. 82; Birkhäuser, Basel & Boston.

Die Süßwasserschnecke *Radix balthica* hat ihr Verbreitungsgebiet im Laufe der Erdgeschichte immer wieder den klimatischen Gegebenheiten, insbesondere den Eis- und Zwischeneiszeiten, angepasst. Orte, an denen die Art von uns durch DNA-Barcoding nachgewiesen wurde, sind auf der Karte durch schwarze Punkte markiert. Dar- aus wurde eine Abschätzung der heutigen Artverbreitung (dunkelgrün) durch Umwelt- nischenmodellierung erstellt. Momentan ist *Radix balthica* im Zuge des Klimawandels dabei, den Norden Skandinaviens zu erobern. Auf welche Weise dies geschieht, un- tersuchen wir im Rahmen des neu- en LOEWE-For- schungszentrums »Biodiversität und Klima«.



wendbare Methode gefragt. Deshalb beschäftigen wir uns auch mit der Entwicklung der automatischen molekularen Identifikation durch das »DNA-Barcoding«, das ähnlich den Strichcodes im Supermarkt eine »Art-Identifikation« erlaubt. Diese Methode ermöglicht es, ein Individuum aus einer biologischen Probe, zum Beispiel aus dem Schlamm eines Gewässers, aufgrund einer oder weniger kurzer Gen-Sequenzen (den »Barcodes«) zuverlässig und vom Beobachter unabhängig einer Art zuzuordnen (Pfenninger et al. 2007). Dieser Ansatz hat sich bewährt, denn die Zahl der Proben in der Biodiversitätsforschung nimmt ständig zu, während die Zahl taxonomisch geschulter Fachleute rückläufig ist. Auch kryptische Arten kann man so »enttarnen«.

Die natürliche Vermischung der Arten

Trotz der Verwendung von hochauflösenden molekulargenetischen Methoden finden sich immer wieder Pflanzen und Tiere, die sich nicht eindeutig einer Art zuordnen lassen. Dies resultiert aber nicht aus einer Unzulänglichkeit der Methode, sondern diese Organismen sind häufig das Ergebnis einer Verpaarung von verschiedenen Arten, sogenannte »zwischenartliche Hybride«. Beispiele hierfür hat schon Darwin ausführlich besprochen. Allerdings maß er diesem Phänomen keine große Bedeutung bei, da die meisten Wirbeltierhybride, etwa die Mehrzahl der Maultiere, steril sind. Unsere Literaturstudie über Veröffentlichungen

der letzten 25 Jahre zeigt jedoch, dass Hybriden, ähnlich den kryptischen Arten, häufiger vorkommen als vermutet und in allen Tiergruppen ungefähr gleich häufig auftreten. Darüber hinaus sind viele Hybride nicht oder nicht generell steril und können so zur Entstehung neuer evolutionärer Linien beitragen. Da dies in wenigen Generationen abläuft, können evolutionäre Prozesse, wie Selektion und Anpassung, experimentell besonders gut untersucht werden. Aus diesem Grund wurde die Erforschung natürlicher Hybride ein zentrales Arbeitsgebiet der Evolutionsbiologie (Schwenk et al. 2008). Wir sind insbesondere im Bereich der Wasserflöhe, aber auch der Muscheln und Schnecken tätig.

Evolutionäre Reise durch Zeit und Raum

Zu den entscheidenden Anstößen für Darwins Theorie gehörte die Beobachtung, dass Individuen einer Art in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsgebietes unterschiedlich sein können. Heute können wir aufgrund der geografischen Verteilung von genetischer Variabilität die Geschichte einer Art mit erstaunlicher Präzision rekonstruieren. Unsere Arbeitsgruppe ist führend, wenn es um das Problem geht, mit dieser Methode herauszufinden, wie Arten auf Klimaveränderungen reagieren. Auch die Vorhersage künftiger Entwicklungen ist möglich (Cordellier & Pfenninger 2008).

Arten sind aber nicht nur geografisch, sondern auch zeitlich veränderlich. So können manche im Süßwas-

Die Autoren

Prof. Dr. Bruno Streit, 60, ist seit 1985 an der Goethe-Universität und lehrt und forscht am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität. Schwerpunkte seiner Arbeiten sind Aspekte der Ökologie, insbesondere der Gewässerökologie und der Evolutionsökologie, eine Ausrichtung, die evolutionsbiologische Prinzipien zur Erklärung ökologischer Phänomene zu Hilfe nimmt. Früh entwickelte er mit seiner Gruppe das hierzu benötigte molekulargenetische Rüstzeug für Analysen an Tierpopulationen. Er arbeitete schon in den 1990er Jahren über die in Süßwassertieren verbreitete Hybridisierung zwischen Arten und deren mögliche Bedeutung für die Evolution von Wasserschnecken. Ebenfalls schon damals verwies er auf die grundlegende Bedeutung tierischer Invasoren in Mitteleuropa.

Beide Aspekte finden in der aktuellen Biodiversitätsdiskussionen breite Beachtung.

Privatdozent Dr. Klaus Schwenk, 45, ist Evolutionsbiologe am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität. Er entwickelt genetische Methoden zur Identifikation von kryptischen und hybridisierenden Tierarten. Zentrale Themen seiner Arbeiten sind zum einen die ökologische Genetik und zum anderen der Schutz der biologischen Vielfalt. Er beschäftigt sich hierbei mit den Auswirkungen anthropogen bedingter Umweltveränderungen auf lokale Populationen. Aktuelle Projekte – im Rahmen des neuen Forschungszentrums »Biodiversität und Klima« – zielen darauf, die Anpassung an die globale Erderwärmung zu rekonstruieren.

Privatdozent Dr. Markus Pfenninger, 41, ebenfalls am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, ist seit 1. August 2008 Leiter des molekular-ökologischen Labors am LOEWE-Forschungszentrum »Biodiversität und Klima«. Ihn interessieren Prozesse, die Biodiversität in Raum und Zeit strukturieren, wobei klimatische Veränderungen und deren Auswirkungen auf Arten und Gemeinschaften im Zentrum der Arbeit stehen. Zu diesem Zweck arbeitet er hauptsächlich auf den Gebieten der Abgrenzung und molekularen Identifikation von Arten sowie der statistischen Phylogeografie. Die Fragestellungen untersucht er an so diversen Taxa wie Land- und Süßwasserschnecken, Insekten und Krebsen.

streit@bio.uni-frankfurt.de
<http://www.bio.uni-frankfurt.de/ee>

k.schwenk@bio.uni-frankfurt.de
<http://user.uni-frankfurt.de/~kschwenk/>

pfenninger@bio.uni-frankfurt.de
<http://user.uni-frankfurt.de/~markusp/>

serplankton lebende Kleinkrebse Dauereier produzieren, die auf den Boden von Seen herabsinken, um ungünstige Zeiten zu überdauern. Wir nutzen diese biologischen Archive, indem wir Dauereier von Wasserflöhen aus verschiedenen Zeitpunkten des letzten Jahrhunderts »wiedererwecken« und sie mit deren heute vorkommenden Nachkommen genetisch und biologisch vergleichen. Durch solche Arbeiten haben wir dokumentiert, wie sich durch den Einfluss des Menschen – etwa durch Phasen der Überdüngung von Gewässern im 20. Jahrhundert – die Zusammensetzung der Arten verändert hat und wie sich die Genome der Organismen evoluiert haben (Schwenk et al. 2001). Laufende Projekte in Kooperation mit dem neu gegründeten Frankfurter Forschungszentrum »Biodiversity and Climate« werden sich natürliche und museale Archive zu nutzemachen, um die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Tier- und Pflanzenwelt zu erforschen.

Wo stehen wir heute?

Wie zu Zeiten von Charles Darwin steht auch für die heutige Evolutionsbiologie das Verständnis der evolutionären Veränderung von Arten im Zentrum des Interesses. Da sich unsere Umwelt durch die Invasion »fremder« Arten (Neobiota) und den globalen Klimawandel rapide verändert, sind Erkenntnisse über die Entstehung und Verbreitung von Biodiversität von akuter Bedeutung. Dabei sind kryptische Arten und Hybridarten, obwohl lange Zeit lediglich als »taxonomische Probleme« und Sonderfälle betrachtet, für die Forschung von besonderer Bedeutung, denn diese »Seiteneffekte« der Evolution ermöglichen es, den »Regelfall« zu verstehen. Diese »Problemfälle« sind somit weder das Ergebnis unserer unvollkommenen Wahrnehmung noch ein biologisches Randphänomen, sondern ein Beweis für die stetige evolutionäre Veränderung unserer Umwelt. ◆

Wo wächst die Palmyrapalme?

Mit Satellitendaten praxistaugliche Verbreitungskarten erstellen



Die äthiopische Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*) mit einer Wuchshöhe von bis zu 30 Metern gehört zu den größten afrikanischen Palmenarten. ■ Ihr Erhalt ist für die Menschen in Benin und Burkina Faso von großer Bedeutung, denn sie stellen aus den Blättern der Palme Matten, Körbe und Hüte her. Die melonengroßen, glänzend orangen Früchte sind essbar. ■ Inzwischen geht das Verbreitungsgebiet dieser wichtigen Nutzpflanze stark zurück. Ursache ist die Zerstörung flussbegleitender Galeriewälder, in denen die Palme heimisch ist. Die Palmyrapalme ist kein Einzelfall: Weltweit ist die Biodiversität inzwischen durch menschliche Eingriffe bedroht. Um besonders schützenswerte Gebie-

■ Abendstimmung am Rand eines westafrikanischen Feuchtwaldes. Im Gegenlicht die äthiopische Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*), deren Blätter zur Herstellung von Matten, Körben und Hüten dienen. Das Verbreitungsgebiet dieser wichtigen Nutzpflanze geht zurück. Hochauflösende Verbreitungsmodelle können dabei helfen, diese Art langfristig zu erhalten und nachhaltig zu nutzen.

te auffinden zu können, bedarf es zunächst einer detaillierten Erfassung der verschiedenen Tier- und Pflanzenarten und ihrer Lebensräume in Verbreitungskarten. Hier können Satellitendaten wertvolle Hilfe leisten.

Traditionell zeichnen Biodiversitätsforscher auf, wo sie eine Art finden und welche Bedingungen dort herr-



2 Essbare Früchte der äthiopischen Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*).

duktion von Nahrungsmitteln oder den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit beinhalten. Durch menschliche Eingriffe bedroht sind vor allem die Zentren der Biodiversität wie Korallenriffe, Regenwälder, Feuchtgebiete und tropische Grasländer. Sie werden fortschreitend zerstört und degradieren zu biologisch verarmten Lebensräumen. Mit dem Verlust von Arten riskieren wir einen Teil unserer Lebensqualität, setzen die Stabilität des Klimas aufs Spiel und verringern die Effizienz der ökologischen Dienstleistungen, welche durch die biologische Vielfalt aufrechterhalten werden.

Für den Verlust an Biodiversität gibt es viele Ursachen. Zu den wichtigsten Faktoren gehören die Umwandlung und Reduktion von Lebensraum, die direkte Nutzung der Biodiversität, die Einführung von nicht einheimischen, invasiven Arten und die Folgen des Klimawandels. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, verpflichteten sich die Vertragsstaaten der Biodiversitätskonvention von Rio (1993), die biologische Vielfalt auf nationaler und internationaler Ebene zu erfassen, ihren Schutz und ihre nachhaltige Nutzung zu gewährleisten und »bis 2010 eine wesentliche Reduktion der aktuellen Rate des Biodiversitätsverlusts zu erreichen« (UN 2002). Ein wichtiges Teilziel der Konvention ist dabei die Erfassung der Biodiversität respektive der Artenvielfalt – eine Aufgabe, die gerade in den ökonomisch armen, aber biologisch reichen Ländern Afrikas nicht aus eigener Kraft bewältigt werden kann.



3 Satellitenbild von Burkina Faso und Benin – Untersuchungsgebiete der Frankfurter Arbeitsgruppe in Westafrika.

schen. Heute kombinieren sie diese Informationen in Computermodellen mit Satellitendaten, die Aufschluss über die Landnutzung und andere Umweltvariablen in dem betreffenden Gebiet geben. Das Ergebnis sind Verbreitungskarten, die zeigen, wo geeignete Bedingungen für unterschiedliche Arten herrschen. Im westafrikanischen Land Burkina Faso haben Wissenschaftler der Universitäten und Forschungsinstitutionen in Frankfurt, Ouagadougou (Burkina Faso) und Cotonou (Benin) Verbreitungsgebiete von Arten mit bisher nicht erreichter Detailschärfe darstellen können (König et al. 2006). Sie erlauben es, Lebensräume für die Wiedersiedlung von Arten auszuwählen oder möglichem Artenschwund frühzeitig entgegenzuwirken.

Bedrohte Vielfalt

Die Biodiversität umfasst die Summe aller Organismen auf der Erde. Sie ist die Grundlage aller ökologischen Dienstleistungen, die so unterschiedliche Aufgaben wie die Aufbereitung von Wasser, die Pro-

Satellitendaten präzisieren Verbreitungskarten

Aus diesem Grund arbeiten Frankfurter Forscher mit europäischen und westafrikanischen Kollegen im Rahmen von zwei internationalen Forschungsverbänden, dem BIOTA- und dem SUN-Projekt, zusammen, um die wissenschaftlichen Grundlagen zu erarbeiten, die den Erhalt und die nachhaltige Nutzung der Biodiversität gewährleisten sollen. Der Fokus der Arbeiten liegt dabei auf der Erforschung der Pflanzenvielfalt in Burkina Faso, Benin und der Elfenbeinküste. 4 Eine enge Zusammenarbeit zwischen Mitgliedern verschiedener Institutionen und eine transdisziplinäre Arbeitsweise sind dabei unverzichtbar 4 (Wittig et al. 2007).

Dabei steht zunächst die Erfassung der Pflanzenvielfalt durch Sammelexkursionen und pflanzensoziologische Aufnahmen im Vordergrund. Ziel ist es, die Pflanzengesellschaften und die für sie charakteristischen Artenkombinationen zu beschreiben. Auf langjährigen Dauerbeobachtungsflächen werden ergänzend Daten zur zeitlichen Entwicklung der Arten erfasst. Anschließend werden die botanischen Datensätze in Datenbanken überführt und mit weiterführenden ökologischen Informationen verknüpft.

Botanische Daten zu erheben ist aufwendig, denn dabei müssen das Vorkommen und die Häufigkeit aller vorkommenden Pflanzenarten auf einem bestimmten Areal erfasst werden. Ist die Vegetation vielfältig, muss man diese Untersuchung auf Flächen bis zu 1000 Quadratmetern ausdehnen. Solche detaillierten Untersuchungen sind nur punktuell möglich und reichen häufig nicht aus, um ein vollständiges Bild der Muster



der Artenvielfalt zu erhalten. Aus diesem Grund werden heute die Verbreitungspunkte der Arten mit flächig vorliegenden Umweltvariablen – beispielsweise interpolierten Klimakarten – über räumliche Modellierungsansätze [siehe »Ökologische Nischenmodellierung«, Seite 78] kombiniert, um Muster der Artenvielfalt darstellen und analysieren zu können.

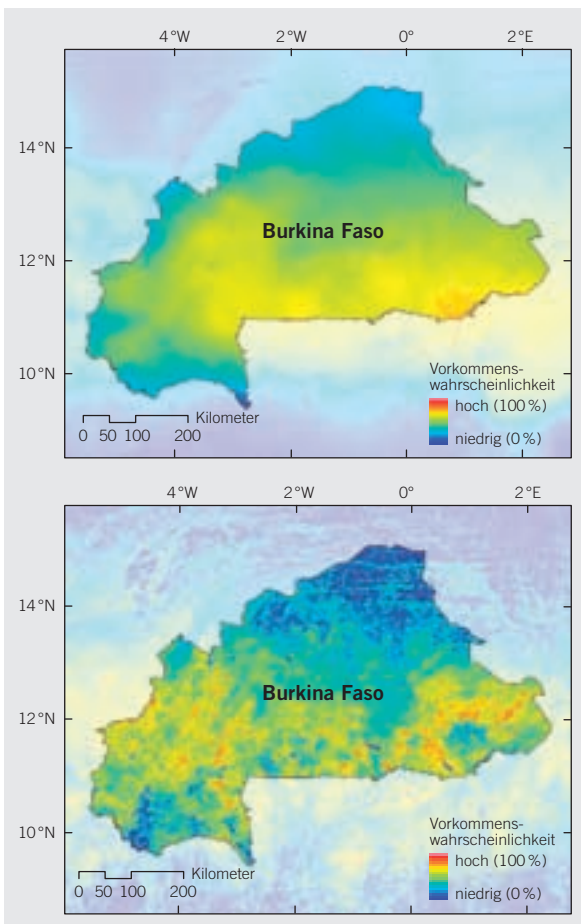
☒ Geländearbeit in der westafrikanischen Savanne Burkina Fasos. Zum Ende der Regenzeit erschwert bis zu drei Meter hohes Gras (*Andropogon gayanus*.) die Aufnahme von botanischen Daten.

In der geobotanischen Abteilung der Universität Frankfurt werden diese Modellierungsansätze aufgegriffen und erweitert, indem die Daten der botanischen Aufnahmen mit hochauflösenden Satellitendaten kombiniert werden (König et al. in press). Im Ergebnis erhält man Karten, welche die bisherigen klimabasierten Verbreitungskarten in ihrer Detailschärfe und Realitätsnähe weit übertreffen. ☒ Der Schlüssel liegt dabei in der Nutzung von Fernerkundungsdaten, die eine Fülle von biophysikalischen Variablen wie Bodenfeuchte, Biomasseverteilung und Landnutzungsfaktoren erfassen können. Trotz dieses großen Potenzials gibt es weltweit bisher kaum Studien, welche die Daten von Erdbeobachtungssatelliten dazu verwenden, die Verbreitungsmuster von Tier- und Pflanzenarten vorherzusagen.

Anwendungsorientierte Perspektiven

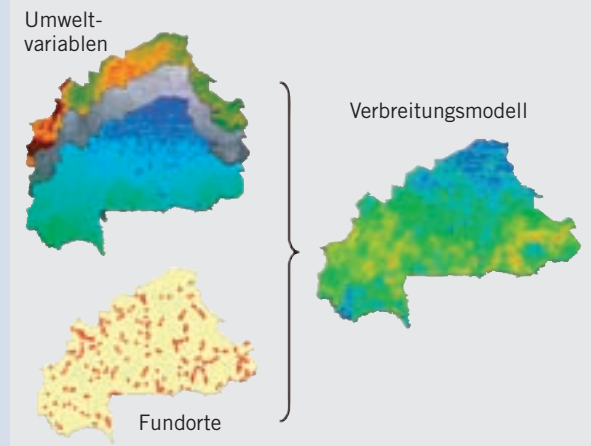
Die hohe Detailschärfe und Realitätsnähe machen diese neuartigen Verbreitungskarten nun erstmals für anwendungsorientierte Maßnahmen auf lokaler bis nationaler Skala interessant. So können die Ergebnisse beispielsweise eingesetzt werden, um Regenerationsmaßnahmen für übernutzte Böden zu unterstützen

☒ Karten der Vorkommenswahrscheinlichkeit der Baumart *Anogeissus leiocarpus* in Burkina Faso, Westafrika. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich gürtelförmig zwischen dem achten und vierzehnten Breitengrad. Rötliche Bereiche zeigen eine hohe Ähnlichkeit zur ökologischen Nische der Art, die anhand bekannter Fundorte modelliert wurde. An diesen Standorten kommt die Art potenziell eher vor als in den blauen Bereichen. Vergleicht man Verbreitungsmodelle, die auf Klimadaten basieren (oben) mit dem satellitenbildbasierten Verbreitungsmodell (unten), erscheint das untere Bild deutlich detailreicher.



Ökologische Nischenmodellierung.

Die Ökologische Nische beschreibt die Umweltfaktoren, die für das dauerhafte Überleben einer Art im Ökosystem von Bedeutung sind. Dazu gehören biotische Faktoren wie Fressfeinde oder Konkurrenten sowie abiotische Faktoren wie das Klima oder die Bodeneigenschaften. Dieses Konzept ist die Grundlage für die ökologische Nischen- oder auch Verbreitungsmodellierung. Dabei wird zunächst die ökologische Nische der jeweiligen Art definiert. Dies geschieht durch die Kombination von bekannten Fundorten mit örtlichen Umweltvariablen innerhalb eines statistischen Modells. Wurde eine Art in einer größeren Region (zum Beispiel Westafrika) beispielsweise an feuchten und schattigen Standorten gefunden, ist es wahrscheinlich, dass sie dort an Orten mit ähnlichen Bedingungen ebenfalls vorkommt, auch wenn dies zurzeit nicht durch Funde belegt werden kann (weil man noch nicht alle Orte aufgesucht hat und dies wohl auch niemals schaffen wird). Diese Information wird über mathematische Verfahren auf das gesamte Untersuchungsgebiet



übertragen. Dabei bekommen die Werte der Umweltvariablen je nach Ähnlichkeit zum ökologischen Nischenbereich eine niedrige beziehungsweise hohe Wahrscheinlichkeit des Artenvorkommens zugewiesen. Im Ergebnis erhält man ein Modell der Verbreitung (des Areals) einer Art.

und geeignete Habitate für die Wiederansiedlung von Arten auszuwählen, zum Beispiel von Gehölzarten, die in der traditionellen Medizin für die Behandlung von verschiedenen Krankheiten eingesetzt werden (König et al. in prep). Auf lokaler Ebene unterstützen die gewonnenen Karten schon jetzt das Management des Pendjari-Nationalparks in Benin bei der Umsetzung von

Maßnahmen zum Schutz von Elefanten. Im benachbarten Arli-Nationalpark in Burkina Faso sollen die Karten dazu eingesetzt werden, besonders lohnende Gebiete für die nachhaltige Nutzung von Medizinalpflanzen auszuweisen. Landesweite Verbreitungskarten werden zukünftig in Burkina Faso als Grundlage für die Erarbeitung eines nationalen Schutzkonzepts eingesetzt. ♦

Literatur

König, K., Schmidt, M. and Müller, J. (2006) *Delineating patterns of plant diversity in the Sahel zone of Burkina Faso: Modelling of environmental envelopes with high resolution remote sensing data* In Röder A. and Hill J. (Ed.) Proceedings of the first International Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification (RGLDD-05) Trier, Germany: 317–323.

König, K., Runge, J., Schmidt, M., Hahn-Hadjali, K., Agonyissa, D., Agbani, P. and Wieckhorst, A. (2008) *The impact of land use on species distribution changes in North Benin* In: Runge, J.: *Dynamics of forest ecosystems in Central Africa during the Holocene. Past – Present – Future* Palaeoecology of Africa, 28: 199–206.

König, K., Schmidt, M. and Müller, J. (in press) *Modelling species distributions with high resolution remote sensing data to delineate patterns of plant diversity in the Sahel zone of Burkina Faso* ISPRS book series.

König K., Thiombiano A., Schmidt M. and Hahn-Hadjali K. (in prep) *Predicting the distribution of tree species with remote sensing data in West African savannas.*

United Nations (2002) Johannesburg Summit 2002. Verfügbar unter <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf> überprüft Oktober 2008.

Wittig, R., König, K., Schmidt, M. and Szarzynski, J. (2007) *A study of climate change and anthropogenic impacts in West Africa* Environmental Science and Pollution Research 14 (3): 182–189.

Die Autoren

Dr. Konstantin König, 36, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität und am Institut für Physische Geographie. Er ist Koordinator des Workpackage »Geografische Informationssysteme« innerhalb des Forschungsprojekts »SUN« der Europäischen Union (EU). Zurzeit ist er für die Erstellung eines Biodiversitätsatlas im Rahmen des BIOTA-West-Projektverbundes verantwortlich. Der Schwerpunkt seiner Forschungen liegt auf der Analyse von Biodiversitätsmustern mit Fernerkundungsdaten.

Dr. Karen Hahn-Hadjali, 46, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität an der Universität Frankfurt. Seit 2001 koordiniert und leitet sie Teilprojekte der Forschungsverbünde »BIOTA West« und des EU-Projekts »SUN«. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Geobotanik und Ökologie.

Prof. Dr. Rüdiger Wittig, 62, ist Leiter der Abteilung für Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität. Seine Forschungsschwerpunkte sind die anthropogenen Veränderungen von Vegetation und Biotopen, der Vegetation und Naturschutz im besiedelten Bereich und der Flora und Vegetation der westafrikanischen Savannen.

K.Koenig@em.uni-frankfurt.de
hahn-hadjali@bio.uni-frankfurt.de
r.wittig@bio.uni-frankfurt.de

Links:
www.biota-africa.de
www.sunproject.dk

Wenn es unter den Maaren brodelt

Das Eifelvulkanfeld ist noch lebendig

Die Vulkane der Eifel sind weltweit bekannt und für Geowissenschaftler von großer Bedeutung. Seit der Gründung des »Vulkaneifel European Geopark« sind die Vulkane nun auch zu einer Attraktion für Urlauber geworden. Besucher aus Deutschland, Belgien und den Niederlanden bewundern in zunehmender Zahl die geologischen Schätze, die lange Zeit nur von der Baustoffindustrie genutzt wurden. Die Geowissenschaften und die Faszination, die von der gewaltigen Kraft der Erde ausgeht, sind nun ein populäres Thema. Von den neuen Geo-Touristen als auch von den Anwohnern der Region kommen viele Fragen: Insbesondere wollen sie wissen, ob das Vulkanfeld ausgestorben ist oder sich nur in einer Ruhephase befindet. Und falls weitere Ausbrüche möglich wären, folgen eine ganze Reihe weiterer Fragen: Wo wird es losgehen? Wie wird eine Eruption aussehen? Wird sie groß oder klein sein? Ist das Katastrophen-Szenario in dem Buch »Die Flucht der Ameisen«^[1] realistisch?

Die Eifel lässt sich in zwei kleinere Gebiete aufteilen: die Ost-Eifel rund um den Laacher See und die West-Eifel, die sich von der belgischen Grenze circa 50 Kilometer bis fast ins Moselletal im Südosten ausstreckt. Geowissenschaftler haben etwa 100 vulkanische Zentren in der Ost-Eifel und 250 Zentren in der West-Eifel identifiziert.^[2] Die letzte vulkanische Aktivität in der Ost-Eifel war vor 12 900 Jahren. Damals gab es eine riesige Eruption, die den Laacher See gebildet hat. In der West-Eifel ist das Ulmener Maar, östlich von Gerolstein, mit zirka 11 000 Jahren sogar noch jünger. Diese rezente (aktive) Phase von Vulkanismus fing bereits vor etwa 700 000 Jahren an, und seitdem gab es ohne Zweifel mehrere Ruhephasen von Tausenden von Jahren.^[2] Aus geophysikalischen Untersuchungen wissen wir, dass die Temperatur in der Tiefe erhöht ist. Das könnte auch heute zu Magmabildung und weiterem Vulkanismus führen.^[3] Des Weiteren sprudeln aus der Tiefe des Laacher Sees Gase, deren isotopische Zusammensetzung ihren Ursprung aus dem Erdmantel belegt. Sie kommen also aus dem Quellgebiet für Magmen.^[4] Anhand dieser Beobachtungen ist zu vermuten, dass das Eifelvulkanfeld noch lebendig ist und sich heute nur in einer Ruhephase befindet. Wie lange die Ruhe noch herrscht, ist eine Frage, die niemand genau beantworten kann!

Besuch aus den Tiefen des Erdmantels

Wie und wann ein Vulkan letztendlich ausbricht, hängt von vielen Faktoren ab. Neben den physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Magmas spielen äußere Faktoren wie das Vorhandensein von Wasser oder die Nähe zur Erdoberfläche eine entscheidende Rolle. Es kann zum Beispiel ein Schlackenkegel oder ein Maar entstehen [siehe »Maare und Schlackenkegel«, Seite 81]. Das Liefersystem in der Tiefe ist ebenfalls von Bedeutung, weil es steuert, wie viel Magma nach oben befördert wird und wie schnell dieser Prozess abläuft. Aus der Eruptionsgeschichte von existierenden Vulkanen können wir viel über das wahrscheinliche Verhalten von zukünftigen Ausbrüchen lernen. Manche Vulkanzentren weisen nur eine einzelne kurzlebige Eruptionsphase auf. Andere haben mehrere Eruptionsphasen und ein längeres Leben gehabt und bilden sogenannte »Vulkankomplexe«. Ein Ziel unserer Forschung in der Eifel ist es, die zeitliche Entwicklung von Vulkankomplexen zu dokumentieren. Diese Untersuchungen liefern uns wichtige Informationen über die Dynamik des Magma-Liefersystems in der Tiefe. Der Rockeskyller Kopf, ein paar Kilometer nördlich von Gerolstein, ist einer der größten Vulkankomplexe in der West-Eifel und ist aufgrund der zahlreichen Steinbrüche für unsere Forschung gut geeignet.



Die Maare in der Vulkaneifel sehen an der Oberfläche ruhig aus. Hier die Dauner Maare: Gemündener Maar im Vordergrund, Weinfelder Maar und Schalkenmehrener Maar. In der Tiefe ist die Temperatur erhöht, was zu Magmabildung und weiterem Vulkanismus führen könnte. Geophysikalische Beobachtungen lassen vermuten, dass das Eifelvulkanfeld noch lebendig ist und sich gegenwärtig nur in einer Ruhephase befindet. Doch bis zum nächsten Ausbruch könnten noch einige Tausend Jahre ins Land gehen.

Der Vulkankomplex Rockeskyller Kopf hat sich über drei Ausbruchsphasen gebildet. Die ersten vulkanischen Ablagerungen sind Pyroklastika. Das sind Auswürfe des Vulkans bei einer explosiven Eruption. Sie sind reich an Nebengesteinsfragmenten unterschiedlicher Größe und weisen auf eine Serie von explosiven Eruptionen mit Maar-Charakter hin. In diesen Schichten findet man auch sogenannte »Olivinbomben«, die aus mehr als 30 Kilometern Tiefe aus

von Alan B. Woodland und Cliff S. J. Shaw



in einer Glimmerprobe. Größere Kristallfragmente der gleichen Mineralien treten auch in bestimmten Ablagerungsschichten auf. Bei einem ein Zentimeter großen Kristall dunklen Glimmers ergab sich ein Alter von circa 640 000 Jahren. Er ist damit deutlich älter als die feineren Glimmerkristalle aus der Lava. Offenbar gab es ein früheres Stadium von Magmabewegung unter dem Rockeskyller Kopf, das in der Tiefe durch Kristallisation stecken geblieben ist. Erst etwa 160 000 Jahre später kam es zum vulkanischen Ausbruch auf die Erdoberfläche.

Ausbrüche unterschiedlicher Stärke

Die Dauer dieser ersten Ausbruchsphase lässt sich nicht genau bestimmen. Jedoch lassen sich mehrere Zeiträume nachweisen, in denen die vulkanische Aktivität zur Ruhe kam. In dieser Zeit wurden die Ablagerungen teilweise abgetragen (erodiert). **1** Nach einer längeren Ruhephase entstand ein neues Ausbruchszentrum circa einen Kilometer südwestlich. Dies signalisiert den Beginn einer zweiten Eruptionsphase. Die Ablagerungen dieser Phase bestehen vor allem aus Schlacke, die viel weniger Nebengesteinsfragmente enthält, was für einen anderen Charakter des Ausbruchs spricht. Im Gelände finden sich Hinweise auf weniger explosive Spalterruptionen und kleinere Lavabrunnen. Nach dieser Phase kam eine längere Unterbrechung, während der auf den vulkanischen Ablagerungen ein Wald gewachsen ist. Die Nadelbäume in diesem Wald haben einen Durchmesser von 25 bis 30 Zentimetern erreicht. **2** Die dritte und letzte Ausbruchphase ereignete sich auf der Südseite des von Phase zwei entstandenen Vulkans und vernichtete den Wald in der unmittelbaren Nähe. Diese neue Eruption führte zur Bildung eines Schlackenkegels. **3** Diese Phase endete damit, dass der Krater sich mit Schlacke und einem Lavastrom füllte, der zuvor im Krater gestaut und auf eine Mächtigkeit von 15 Metern angewachsen war.

Obwohl keine »Olivinbomben« in den Ablagerungen der zweiten und dritten Ausbruchsphasen gefunden wurden, kann man anhand der chemischen Zusammensetzung der Laven schließen, dass diese Magmen auch aus dem Erdmantel stammen und mehr oder weniger schnell zur Oberfläche befördert wurden. Das Fehlen von Xenolithen ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Wände der Förderkanäle in der Tiefe bereits mit kristallisiertem Magma abgedeckt waren oder dass das Magma langsam genug aufstieg, um die Bruchstücke vollständig auflösen zu können.

1 Zeugen der ersten vulkanischen Aktivität im Vulkankomplex Rockeskyller Kopf sind diese Schichten von Pyroklastika oder Tephra, die vor etwa 480 000 Jahren aus dem Erdinneren an die Oberfläche geschleudert wurden.

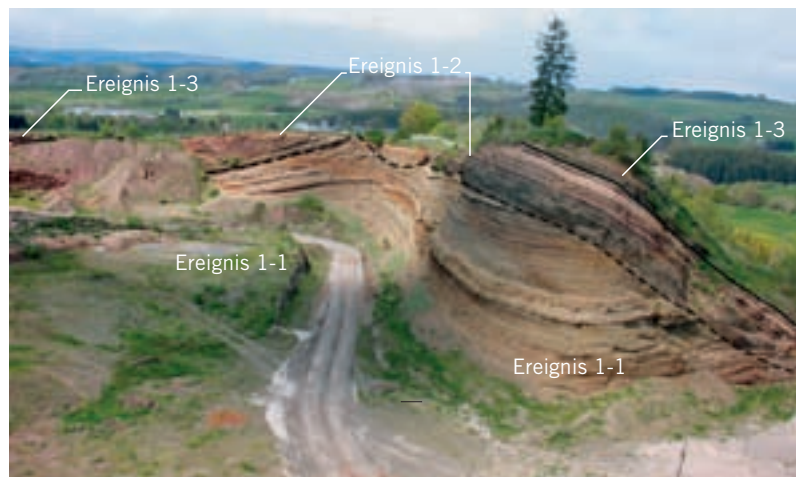
dem Erdmantel kommen **2**. Diese Fremdkörper oder Xenolithe hat das aufsteigende Magma von der Kanalwand abgerissen und bis zur Oberfläche mitgeschleppt. Solche Vorkommen sind ein Beweis dafür, dass das Magma auch vom Erdmantel stammt und durch partielles Aufschmelzen von Mantelgesteinen entstanden ist. Solche Funde sind auch ein Hinweis dafür, dass das Magma direkt aus dem Mantel gekommen sein muss und sich nicht lang in einer Kammer in der Erdkruste aufgehalten haben kann. Denn Xenolithe lösen sich in weniger als ein paar Tagen im umgebenden Magma auf, da zwischen beiden kein chemisches Gleichgewicht besteht. Diese chemische Wechselwirkung untersuchen wir im Millimetermaßstab im Labor, um die Kontaktzeit (und Abschätzung der Aufstiegsdauer des Magmas) eingrenzen zu können.

Auf dem Weg nach oben fängt das Magma zu kristallisieren an. In den Ablagerungen findet man Pyroxen-Kristalle (ein Kalzium-Eisen-Magnesium-Silikat) und dunklen Glimmer (Biotit). Prof. Jens Hopp, ein Kollege von der Universität Heidelberg, hat ein Kristallisationsalter von etwa 480 000 Jahren bestimmt. Zugrunde liegt die sorgfältige Analyse der Argon-Isotopenzusammensetzung



2 »Olivinbomben« sind Gesteine, die vom aufsteigenden Magma von der Kanalwand abgerissen und aus mehr als 30 Kilometern Tiefe mitgeschleppt werden. Sie sind häufig zu finden, wenn der Magmaström sich mit großer Geschwindigkeit nach oben bewegt. In langsamen Magmaströmen lösen sich Gesteine des Erdmantels auf.

3 Dort, wo früher Tuff und anders Baumaterial abgebaut wurden, erforschen Mineralogen jetzt die Entstehungsgeschichte der Vulkaneifel. Eingezeichnet sind die Orte, an denen nacheinander Vulkanausbrüche stattfanden.



Maare und Schlackenkegel

Die Wechselwirkung zwischen steigendem Magma und dem Grundwasser kann zu großen Dampfexplosionen führen. Dabei zersplittert das Nebengestein, und Brocken unterschiedlicher Größe werden in die Luft geschleudert. Es bildet sich ein Maar; eine trichterförmige Struktur mit einer umgebenden Wand aus Auswurfprodukten, die als Pyroklastika oder Tephra bezeichnet werden. Die Lavamenge in solchen Ablagerungen ist sehr variabel. Häufig entsteht ein runder See in der Mitte, der recht tief sein kann. ¹

Ein Schlackenkegel entsteht durch das Auswerfen von Magmafetzen, die in der Luft schnell abgekühlt werden. Die abgelagerten Lavapartikel unterschiedlicher Korngrößen bilden schichtweise eine kegelförmige Struktur. ² Im Vergleich zu einem Maar sind solche Ausbrüche weniger explosiv, und die daraus resultierenden Ablagerungen enthalten in der Regel nur geringe Mengen an Nebengesteinsfragmenten.



³ Schlackenkegel, wie hier am Rockeskyller Kopf, entstehen durch das wiederholte Auswerfen von Magmafetzen mit teilweise bizarren Formen, die sich schichtweise ablagernd und eine kegelförmige Struktur bilden. Im Vergleich zu einem Maar sind solche Ausbrüche weniger explosiv.

Die vulkanischen Ablagerungen vom Rockeskyller Kopf belegen eine lang währende Ausbruchgeschichte, die sich über mehrere Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende, hinzog. Die Anfangsphase war explosiv und meist zerstörerisch. Dies ist auf die Wechselwirkung mit dem Grundwasser in der Nähe der Erdoberfläche zurückzuführen. Die späteren Ausbruchsphasen waren im Allgemeinen ruhiger und wahrscheinlich nur von lokaler Bedeutung. Wenn die Aktivität in der Vulkaneifel weiter anhält, wird dies einen starken Einfluss auf die Region haben, auch auf den Geo-Tourismus! Berücksichtigt man die Altersverteilung der Vulkane, wird der nächste Ausbruch wahrscheinlich irgendwo in der Südost-Hälfte des Vulkanfelds stattfinden. Aber es kann noch mehrere Tausend Jahre dauern, bis wir so weit sind. ♦

⁴ Nach der zweiten Ausbruchphase kamen die Vulkane für längere Zeit zur Ruhe. Das lässt sich aus diesen Funden von Ashflowtuff mit Abdrücken von Baumästen schließen. Offenbar wuchs auf den vulkanischen Ablagerungen ein Nadelwald, dessen Stämme einen Durchmesser von 25 bis 30 Zentimetern erreichten.



Die Autoren

Prof. Dr. B. Alan Woodland, 49, studierte Geowissenschaften an der University of Illinois und der University of Oregon in den USA. 1989 promovierte er in den Geowissenschaften an der Northwestern University, Evanston, Illinois. Nach zwei kürzeren Forschungsaufenthalten in Clermont-Ferrand, Frankreich, kam er als Alexander-von-Humboldt-Stipendiat nach Deutschland an das Bayerische Geoinstitut in Bayreuth. Er war wissenschaftlicher Angestellter am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg, wo er sich 1997 habilitierte. Nach einem Jahr als Assistant Professor für Mineralogie an der University of Alberta, Kanada, erhielt er einen Ruf nach Frankfurt. Seit Herbst 2001 ist er Professor für physikalisch-chemische Mineralogie am Institut für Geowissenschaften.

Seine Forschungsschwerpunkte sind: kristallchemische Eigenschaften von eisenhaltigen Mineralien bei sehr hohen Drücken und Temperaturen, chemische und physikalische Vorgänge in der tiefen Erde und die Entstehung von Magmen, die Untersuchung magmatischer Systeme und Vulkanologie.

Prof. Dr. Cliff S. J. Shaw, 41, studierte Geowissenschaften an der University of London. Nach seiner Promotion in den Geowissenschaften an der University of Western Ontario, Kanada, 1994, war er fünf Jahre lang in Deutschland als Postdoktorand am Bayerischen Geoinstitut, Bayreuth, und an der Universität Göttingen. 2002 kehrte er zurück nach Kanada. Er folgte einem Ruf auf eine Professur für Petrologie am Department of Geology, University of New Brunswick. Zurzeit ist er DFG-Mercator-Gastprofessor am Institut für Geowissenschaften der Goethe-Universität. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Wechselwirkungen zwischen Mineralen und Magmen sowohl in der Natur als auch im Experiment, die Dynamik von magmatischen Systemen sowie die Petrologie des Erdmantels.

woodland@em.uni-frankfurt.de

<http://www.geopark-vulkaneifel.de/ngpve/index.php>

Literatur

^{1/1} Schreiber, U. C. (2006) *Die Flucht der Ameisen* Shayol, Berlin. Seite 360f.

^{2/2} Schmincke, H.-U. (2004) *Volcanism* Springer-Verlag, Heidelberg. Seite 324f.

^{3/3} Ritter, J. R. R. (2007) *The seismic signature of the Eifel plume* In: Ritter, J. R. R. und Christensen, U. R. (Eds.) *Mantle Plumes – A Multidisciplinary Approach* Springer-Verlag, Berlin, Seite 501f.

^{4/4} Aeschbach-Hertig, A., Kipfer, R., Hofer, M., Imboden, D. M., Wieler, R., Singer, P. (1996) *Quantification of gas fluxes from the sub-continental mantle: The example of Laacher See, a maar lake in Germany* Geochimica Cosmochimica Acta, 60, Seite 31–41.

Böden als Archive

Methoden aus der Bodenkunde bereichern die Archäologie



Das Wissen des Bodenkundlers ist auf archäologischen Grabungsstätten zunehmend gefragt. Hier hilft der Autor Archäologen dabei, die Funktionen unterschiedlicher Bereiche in der Siedlung »Tell Chuera« in Nordostsyrien aufgrund der Spuren zu ermitteln, die ihre damaligen Bewohner im Boden hinterließen.

und darin ablaufende Prozesse zu den archäologischen Befunden in Beziehung.

Als Archäopedologie (von Griechisch $\pi\acute{\epsilon}\delta\omicron\nu$: Boden) bezeichnet man, in Anlehnung an vergleichbare Teildisziplinen aus anderen Fachgebieten (zum Beispiel Archäozoologie, Archäobotanik), diejenige Teildisziplin, die sich speziellen bodenkundlichen Fragestellungen widmet. Gegenstand der Archäopedologie sind »alte Böden«. Das sind zum einen durch natürliche Prozesse gebildete Paläoböden und zum anderen Böden, die durch menschliche Aktivitäten entstanden sind oder verändert wurden. Für Archäologen und Bodenkundler ist es gleichermaßen interessant zu erfahren, wie Menschen vergangener Zeiten auf die Böden eingewirkt haben, ob dadurch neue Schichten entstanden sind und welche Bedingungen für die Bodenentwicklung darin herrschten. Nicht zuletzt ist die oftmals gute Datierbarkeit von Eingriffen und Prozessen sowohl im archäologischen als auch im geowissenschaftlichen Kontext interessant.

Was kann die Archäopedologie für die Archäologie leisten?

Über längere Zeiträume andauernde Verwitterung, vor allem unter dem Einfluss der vorherrschenden klimatischen Bedingungen, lassen Böden mit typischen Merkmalen (Bodenhorizonten) entstehen, und zwar in natürlichen wie auch in anthropogenen Substraten [siehe »Was der Boden über seine Geschichte verrät«, Seite 83]. Böden sind somit stets zustandebewahrende Teilbereiche im Ökosystem und durch vergleichsweise stabile Umweltverhältnisse geprägt. Auf der anderen Seite kann aus dem Fehlen von Böden auf Verhältnisse geschlossen werden, die entweder eine Bildung von Böden unmöglich machten, zum Beispiel ständige Verspülung oder Verwehung auf der alten Oberfläche, oder auf spätere Erosion. Anthropogene Eingriffe in natürliche Bodenprofile aus allen holozänen Kulturepochen der letzten 10 000 Jahre sind noch heute zu erkennen. Manchmal sind die menschlichen Spuren durch nachfolgende Prozesse der Bodenentstehung erneut mehr oder weniger verwischt worden. Aber auch in diesen Fällen lassen sich anhand der zeitlichen Abfolge und der Art und Intensität nachfolgender oder wieder einsetzender Bodenbildung wichtige Aussagen über menschliche Eingriffe und veränderte Rahmenbedingungen ableiten. Insbesondere die bodenbildenden Faktoren Klima und Zeit erlauben uns bei optimalen Konstellationen differenzierte Aussagen über den Verlauf der Bodenbildung.

Zu den ältesten bäuerlichen Kulturen der Jungsteinzeit, die den Übergang von Sammlern und Jägern zur

von Heinrich Thiemeyer

Wo der Laie nur Lehm und Gesteinsbrocken sieht, erkennt das geübte Auge des Bodenkundlers schnell unterschiedliche Phasen der Bodenbildung und deren äußere Umstände. An archäologischen Fundstätten ist dieses Wissen zunehmend gefragt – vor allem, wenn es darum geht, im Boden die Spuren menschlicher Aktivitäten aufzuspüren: Holzkohlepartikel verweisen auf Kochstellen oder Werkstätten, erhöhte Phosphat- und Nitratgehalte lassen auf einen Stall oder ein Abfalldepot schließen. Die Geoarchäologie bedient sich seit einigen Jahren einer Vielzahl naturwissenschaftlicher Methoden, vorwiegend aus den Geowissenschaften. Zumeist handelt es sich um geophysikalische, sedimentologische und geomorphologische Methoden. Sie setzen die natürliche Umwelt

bäuerlichen Lebensweise markieren, gehört die Bandkeramische Kultur – so benannt nach der charakteristischen Verzierung der keramischen Gefäße. Am Beispiel des Siedlungsplatzes Bruchenbrücken in der Wetterau konnten wir zeigen, dass die ersten Ackerbauern in Deutschland gezielt die besten Böden – Schwarzerden – aufsuchten und bewirtschafteten. Sowohl in Aufgrabungen als auch in Bodendünnschliffen [siehe »Böden unter dem Mikroskop«] war zu erkennen, dass der Wandel der Bodenlandschaft erst nach Verlassen der Siedlung vonstattenging und die Böden sich zu den heute verbreiteten Parabraunerden weiterentwickelten.

Bodenuntersuchungen können den Archäologen somit darüber Auskunft geben, unter welchen Bedingungen sich Böden bilden, welche Veränderungen es gab, und in vielen Fällen auch etwas über menschliche Aktivitäten und Eingriffe vermitteln. Böden auf archäologischen Fundorten enthalten oft Reste von kultivierten Pflanzen und Artefakte wie Tonscherben, Werkzeuge, Waffen oder Schmuck. Die Böden tragen die Spuren von Feuer und anderen menschlichen Aktivitäten des täglichen Lebens wie Kochen oder Abfallbeseitigung.

In der Archäopedologie werden Böden auf verschiedene Weise analysiert. Farb- und Texturunterschiede können makroskopisch beziehungsweise qualitativ im Feld bestimmt werden. Hier geht es hauptsächlich um die Einbettung des Fundortes in die umgebende Landschaft, die Abfolge der Gesteinsschichten und deren Beschaffenheit. Zur exakten Analyse bedarf es indessen der Laboruntersuchungen. Durch menschliche Aktivitäten kann sich die Bodenchemie verändern, etwa durch die Anreicherung von Nährstoffen. Dort, wo Menschen gekocht oder Tiere gehalten haben (Dung), findet man verstärkt Phosphor und Stickstoff im Boden. Durch geeignete Rasterbeprobung innerhalb und außerhalb der archäologischen Fundstätte können so räumliche Muster chemischer Konzentrationen aufgespürt werden, die anzeigen, wo die ehemaligen Bewohner ihren Abfall entsorgten, ob sie den Boden durch Dünger verbesserten und wo sie ihre Tiere hielten.

Böden unter dem Mikroskop

Eine weitere Dimension bei der Untersuchung von Böden erschließt sich, wenn man ein Lichtmikroskop zu Hilfe nimmt. Dazu müssen Bodenproben durchsichtig gemacht werden: Das fragile Bodenmaterial wird in Kunstharz gegossen und nach mehrwöchigem Aushärten zu einem 30 Mikrometer dünnen Präparat geschliffen. Jetzt kann das Licht Minerale und Strukturen der Bodenprobe durchdringen. In solchen sogenannten Bodendünnschliffen lassen sich Merkmale feststellen, die sich dem bloßen Auge im Gelände nicht zu erkennen geben: mikroskopisch kleine Partikel fremder Herkunft, Veränderungen der Bodenstruktur, zum Beispiel durch Begehen, oder Spuren vergangener Prozesse auf alten Geländeoberflächen.

Was der Boden über seine Geschichte verrät

Böden bestehen aus einem anorganischen Mix aus Gesteinspartikeln und Mineralen sowie organischem Material (Humus), das von zersetzten Pflanzen stammt. Sie enthalten auch Wasser und Luft, die für Verwitterung und Stoffumsätze notwendig sind. Unter dem »Humus« an der Erdoberfläche zeigen Böden unterschiedliche »Bodenhorizonte«. Der Bodenkundler kann daraus die Entstehungsbedingungen der verschiedenen Bodenprofile rekonstruieren. Ebenso wichtig ist die Kenntnis der Substrate (der »Ausgangsgesteine«), aus denen die Böden entstanden sind. Die benötigte Bildungszeit ist indessen sehr unterschiedlich. Sie kann in den Tropen Jahrtausenden betragen, umfasst in unseren Breiten dagegen nur die Nacheiszeit, etwa 12 000 Jahre. In jungholozänen Sedimenten, die in der jüngsten Epoche der Erdgeschichte entstanden, haben sich nur Initialstadien der Bodenbildung entwickelt. Gleiches gilt für junge Oberflächen (Aufschüttungen, Straßenböschungen) und künstliche Substrate (Bauschutt, Deponieablagerungen).

Auch die mikroskopische Dimension spielt in der Archäopedologie eine Rolle. Dazu müssen Bodendünnschliffe hergestellt werden. In diesen lassen sich Partikel erkennen, die etwas über die ursprüngliche Funktion archäologischer Strukturen und Hinterlassenschaften verraten. Beispielsweise deuten kleinste Holzkohlepartikel auf Feuer hin. Viele Pflanzen enthalten auch mikroskopisch kleine, feste Körner (Phytolithe oder Pflanzenopale), die für die jeweilige Pflanzensorte charakteristisch sind und über Jahrtausende im Boden erhalten bleiben. Entwickelt wurde die mikromorphologische Methodik ursprünglich von Walter Kubiěna in der Bodenkunde. Sie wird zunehmend auch in der Archäologie genutzt – wobei die Archäologen außerhalb Deutschlands uns hier voraus sind. Deshalb ist es wichtig, die mikromorphologische Analyse archäologischer Kulturschichten auch hierzulande im Methodenkanon archäologischer Analytik zu etablieren.

Was passierte in Grubenhäusern und auf Siedlungshügeln?

Aktuell geht die mikroskopische Dimension von archäologischen Befunden in zwei Dissertationen ein, die bodenbildenden Prozessen und Böden besondere Beachtung schenken. Schwerpunkt der Arbeit von Oliver Wegener sind Grubenhäuser aus verschiedenen Epochen. Als Grubenhäuser bezeichnen Archäologen Hausfunde aus der Bronzezeit bis zum Mittelalter, bei denen außer den Pfostenlöchern für die Giebelpfosten auch eine Ausschachtung des Innenraumes nachweisbar ist. Ob es sich dabei um ein einfaches Gebäude ohne Seitenwände, eine primitive Erdhütte oder ein unterkellertes Haus gehandelt hat, verraten oft erst mikromorphologische Funktionsbeschreibungen des Bodens. Bei Grubenhäusern sind die Voraussetzungen dafür besonders günstig, weil die alten Laufhorizonte, das heißt die in die Böden eingegrabenen Niveaus, auf



2 Der dunkle Laufhorizont an der Basis des Wandprofils von Befund 1365 wird nach Westen hin mächtiger.

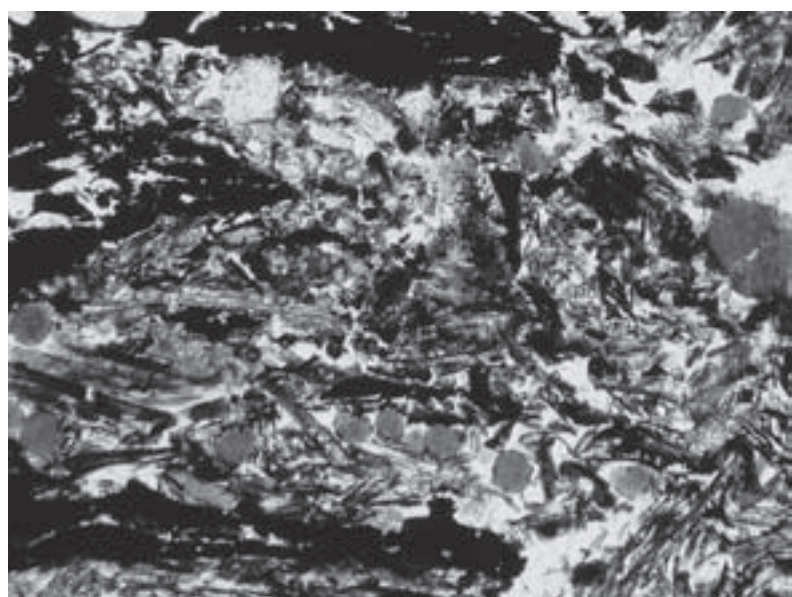
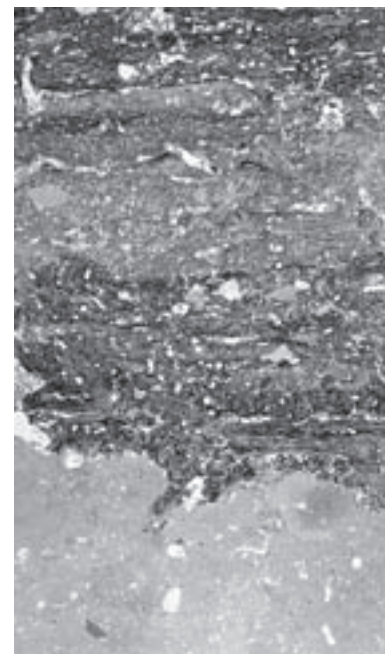
denen die damaligen Bewohner liefen, vorzugsweise mit Sedimenten überdeckt sind. Da sie auch in der Folgezeit (bis heute) nicht vom Pflug oder durch Erosion in Mitleidenschaft gezogen worden sind, haben sich die Spuren der ehemaligen Bewohner zum großen Teil erhalten – zumal die Häuser nicht unbedingt »besenrein« verlassen wurden.

In einem Haus, das im Zuge des Baus der B 6n bei Quedlinburg ausgegraben wurde 2, 3, könnte man zum Beispiel bei makroskopischer Betrachtung des Laufhorizontes vermuten, dass die dunkle Färbung dieser Schicht auf Holzkohlepartikel zurückzuführen ist. Das Gebäude hätte eventuell für handwerkliche Arbeiten genutzt worden und abgebrannt sein können. Tatsächlich zeigte sich aber bei der Untersuchung der Dünnschliffe, dass kaum Holzkohlen vorhanden sind, sondern dass Dung und Pflanzenreste im Laufhorizont dominieren. Außerdem ist im Zentrum des Grubenhauses vermutlich von außen eingetragenes Material eingemischt. Das geringe Porenvolumen des Lösses direkt unter dem Laufhorizont zeigt eine Verdichtung des Bodens durch Begehung an. Die Randbereiche des Grubenhauses sind dagegen nicht so stark verdichtet. Auch die oberen Schichten des Laufhorizontes sind dort lockerer gelagert als im Zentrum des Gebäudes. Zwischen den Dung- und Pflanzenrestlagen sind stellenweise Lehmartikel zu finden, die durch

Abrieb an den Wänden auf den Boden gekommen sein dürften. 4 Es darf daher angenommen werden, dass das Grubenhaus hauptsächlich als Stall für Rinder genutzt wurde.

In der zweiten Dissertation sollen mikromorphologische Untersuchungstechniken an Kulturschichten, Böden und Sedimenten in der Siedlung »Tell Chuera« (Nordostsyrien) erweiterte Einblicke in das Leben der damaligen Bewohner geben. Von Interesse sind insbesondere die unterschiedlichen Funktionen verschiedener Bereiche (offene Flächen, Räume, »Werkstätten«) innerhalb des Tells und seiner Umgebung. 5 Weiterhin sollen pedologisch-stratigrafische Befunde erarbeitet und zu den bereits vorhandenen naturräumlichen Kenntnissen in Beziehung gesetzt werden beziehungsweise diese ergänzen. Für die Bodenkunde bietet sich darüber hinaus die Gelegenheit, Prozesse der Bodenbildung wie die Stoffneubildung, Umwandlung und Verlagerung unter Berücksichtigung der wirksamen Pedofaktoren zu erfassen. Dabei ist der Zeitrahmen durch den archäologischen Kontext bestimmt. Auf dem Tell ent-

3 Dünnschliff des Laufhorizontes aus Befund 1365 (Probe vor der Westwand des Grubenhauses entnommen). Unten der durch Begehung verdichtete Löss. Darüber der dunkle, stratifizierte Laufhorizont.



wickelten sich nach Verlassen der Siedlung sogenannte Kastanozeme (graue Steppenböden), in denen sich Humus anreicherte. Dessen Einarbeitung erfolgt durch ein reges Bodenleben. Außerdem sind die Böden durch die Ausbildung einer Zone mit Karbonatkonkretionen gekennzeichnet. 6 Die inzwischen etwa 5000 Jahre alten Böden belegen, dass die Richtung der Bodenentwicklung sich im Vergleich zum Zeitraum vor der Entstehung des Tells nicht wesentlich geändert hat.

Die Beispiele zeigen, dass die mikromorphologische Methodik auch in der Archäologie, speziell zur Klärung sedimentologischer Fragen und zur Beurteilung vergangener Umweltbedingungen, gewinnbringend eingesetzt werden kann. Um die Goethe-Universität auf diesem Gebiet enger an die internationale Forscher-

4 Der Laufhorizont besteht zu einem großen Teil aus Rinderdung. Es sind unter anderem Pflanzenreste, Phytolithe und Spherulite (runde Objekte) zu erkennen (Aufnahme mit linear polarisiertem Licht (PPL); Bildbreite: 0,66 mm).



Schwemmsediment
Asche, Holzkohle
dichter Lehm mit Pseudomorphosen
Phytolithe, fäkale Sphärolithe

5 Tell Chuera, Syrien; Fußböden in einem Haus; Bodendünnschliff.



6 Bildung von Bodenhorizonten an der stabilen Oberfläche des Tells (gepunktet: ehemaliger Laufhorizont (Hofffläche) und Feuerstelle (Tannur); durchgezogene Linie: Untergrenze der Bodenbildung)

gemeinschaft zu binden, hat die Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde im April 2008 den »International Workshop on Archaeological Soil Micromorphology« ausgerichtet – die Schnittstelle für Archäologen und Geowissenschaftler auf dem Gebiet der Mikromorphologie. Besonders hervorzuheben sind die interdisziplinären

Diskussionen, die an den mitgebrachten Dünnschliffen unter den Mikroskopen vor Ort geführt werden. Die Präsentationen mit vielen Beispielen dieser weiterhin noch unbekannt, gleichwohl aufschlussreichen Mikrowelt werden demnächst in der Reihe der Frankfurter Geowissenschaftlichen Arbeiten erscheinen. ◆

Literatur



Goldberg, P., Macphail, R. (2006) <i>Practical and theoretical geoarchaeology</i> 454 S.; Oxford (Blackwell).	Frankfurt am Main Sammelband (Frankfurt am Main).	Sammelband (Frankfurt am Main).
Wegener, O. (im Druck) <i>Mikromorphologische Untersuchungen an Grubenhäusern in der Wüstung Marsleben</i> In: Meyer, J.-W. (Ed.) <i>Das Graduiertenkolleg Archäologische Analytik der DFG an der Johann Wolfgang Goethe-Universität</i>	Fritzsch, D., Thiemeyer, H. (im Druck) <i>Archäologische und mikromorphologische Untersuchungen in Tell Chuera, NO-Syrien</i> In: Meyer, J.-W. (Ed.) <i>Das Graduiertenkolleg Archäologische Analytik der DFG an der Johann Wolfgang Goethe-Universität</i>	Thiemeyer, H. (Hg.) (2008) <i>Archaeological Soil Micromorphology. Contributions to the Archaeological Soil Micromorphology Working Group Meeting 3rd to 5th April 2008.</i> - Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie D, Band 30: ca 170 S.;

Der Autor

Prof. Dr. Heinrich Thiemeyer, 53, studierte Geografie, Geologie und Bodenkunde an der Goethe-Universität Frankfurt und promovierte 1988 in Physischer Geographie. Er war wissenschaftlicher Angestellter und Laborleiter am Institut für Physische Geographie. Die Mitarbeit im Sonderforschungsbereich »Westafrikanische Savanne« führte ihn viele Male nach Nigeria. Daraus entstand eine Habilitationsarbeit, die er nach seinem Wechsel 1994 an die Friedrich-Schiller-Universität Jena 1996 abschloss. 1997 kehrte er als Professor für Bodenkunde an das Institut für Physische Geographie der Goethe-Universität zurück. Seine Arbeitsgebiete sind: Erforschung der Landschaftsgenese, insbesondere geomorphologische und bodenkundliche Grundlagen im archäologischen Kontext. Hierzu gibt es vielfältige Kontakte, unter anderem mit dem Deutschen Archäologischen Institut, der Römisch-Germanischen Kommission, dem Landesdenkmalamt Wiesbaden und den archäologischen Wissenschaften der Goethe-Universität. Daneben stehen bodengenetische Forschungsfragen im Vordergrund, in deren Rahmen ebenfalls mikromorphologische Methoden genutzt werden. Die Arbeit an interdisziplinären Fragen ist für ihn stets von besonderem Interesse.

Thiemeyer@em.uni-frankfurt.de

Anzeige

		<h1 style="margin: 0;">Wasser ist Leben</h1> <p style="margin: 0;">Gewässer weltweit sind bedroht durch ungehemmte Ausbeutung und Verschmutzung. Die Anrainer verlieren ihre Existenzgrundlage, Kinder ihre Lebensperspektiven. Um Armut zu verhindern, setzt sich terre des hommes für den Schutz der Umwelt ein. Helfen Sie uns dabei – mit Ihrer Spende!</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">www.tdh.de</p>
---	---	---

»Vielleicht muss der Leidensdruck noch steigen«

Die Prognosen von Klimamodellen sind unsicher, aber auch im günstigsten Fall ist es höchste Zeit zu handeln



Der Paläontologe und Senckenberg-Direktor Prof. Dr. Volker Mosbrugger und der Meteorologe Prof. Dr. Christian D. Schönwiese im Gespräch mit Dr. Anne Hardy

? Folgt man dem vierten Bericht des IPCC, des zwischenstaatlichen Klimabeirats der Vereinten Nationen, dann geht man seit 2007 mit einer 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit davon aus, dass der Mensch zur globalen Klimaerwärmung beigetragen hat. Wenn Sie auf Ihre wissenschaftliche Laufbahn zurückblicken, wann kam dieser Verdacht zum ersten Mal auf?

Schönwiese: Als ich 1968 in München meine Diplomprüfung in Meteorologie machte, war eines der Hauptthemen der Klimawandel. Mein damaliger Prüfer, Herr Prof. Fritz Möller, beschäftigte sich nämlich mit den dafür verantwortlichen Strahlungsvorgängen in der Atmosphäre. In der Wissenschaft ist das Thema somit schon lange präsent. Der schwedische Physikochemiker Svante Arrhenius hat bereits 1896 Berechnungen angestellt, was die Kohlenutzung und daher der Ausstoß von Kohlendioxid für das Klima bedeuteten. Im Laufe der Zeit hat sich die Aufmerksamkeit dann auf die Konkurrenz-

situation zwischen natürlichen und anthropogenen Faktoren verlagert. Das Problem ist, dabei die richtige Gewichtung zu finden.

? Herr Mosbrugger, Sie haben sich mehr mit den natürlichen Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte beschäftigt. Was war für Sie als Paläontologe der Auslöser?

»*Das die Pole vereist sind, ist eher eine Ausnahmesituation*«

Mosbrugger: Für mich war das Thema erst so richtig während meiner Assistenzzeit in Bonn präsent. Mitte der 80er Jahre hatten wir die Möglichkeit, in den Tagebau der Rheinbraun AG zu arbeiten. Das ist ein wunderbares Klimaarchiv, mit dem man die Klimageschichte der letzten 30 bis 40 Millionen Jahre rekonstruieren konnte. Für mich war das der Einstieg, Methoden zu entwickeln, wie man »fossiles Klima« bestimmen kann. Mich interessierten vor allem die früheren Treibhauszeiten mit hohen Kohlendioxid-Ge-

halten und weitgehend eisfreien Polen. Wenn man die Erdgeschichte anschaut, stellt man fest, dass derartige Treibhausphasen eher der Normalzustand sind. Dass, wie heute, beide Pole vereist sind, ist eher eine Ausnahmesituation in der Erdgeschichte. Gerade in der Niederrheinischen Bucht können wir sehr gut untersuchen, wie der Klimawandel von einer extremen Warmphase zu einer Phase mit vereisten Polen, wie wir sie heute haben, typischerweise vor sich geht.

? Welche Methoden gibt es, das Klima früherer Zeiten zu rekonstruieren?

Mosbrugger: Es gibt zwei große Gruppen von Methoden, die einen sind geochemisch orientiert. Dabei nutzen Sie chemische Prozesse, auch Isotopenfraktionierungen, um das Klima zu rekonstruieren; das andere Set von Methoden beruht auf Fossilien, also auf Organismen. Organismen sind sehr gute Klima-Indikatoren, weil sie immer bestimmte Anpassungen an die Klimasituation zeigen, in der sie evolutionär entstanden sind. Diese Anpassungen können Sie nutzen, um das damals herrschende Klima zu rekonstruieren.

? Herr Schönwiese, inwieweit greifen Sie auf vergangene Klimadaten zurück, um aktuelle Klimamodelle zu überprüfen?

Schönwiese: Das kommt auf die Klimaprozesse an, die wir modellieren. Es gibt Modelle, die das Kommen und Gehen der Eiszeiten simulieren, aber auch solche, die versuchen, die Schwankungen der letzten 100 Jahre nachzuvollziehen. Etwa seit 1850 haben wir direkte Messungen weltweit in relativ guter Qualität. Modelle, die Klimaschwankungen für die letzten 100

Jahre zu rekonstruieren versuchen, nutzen diese Beobachtungsdaten. Bei Modellrechnungen, die nur das gegenwärtige Klima wiedergeben, spricht man von einem Kontrollexperiment. Damit meinen wir die willkürlich festgesetzte Zeitspanne von 1961 bis 1990.

Wesentlich schwieriger ist der Blick in die Zukunft, denn einige Prozesse, wie den Vulkanismus, der einen beträchtlichen Einfluss auf das Klima hat, kann man nicht vorhersagen. Deshalb lässt man diese Prozesse weg und schaut sich vor allem den Klimafaktor Mensch an. Aber auch da wissen wir nicht, wie er sich künftig verhalten wird. Deshalb stellen wir sogenannte Szenarien auf. Deren Aussagen beruhen aber auf bestimmten Annahmen, etwa, dass der Mensch den CO₂-Ausstoß in einem bestimmten Maße erhöht. Anhand der Modellrechnungen sehen wir dann, wie das Klima vermutlich reagieren wird. Grob kann man sagen, dass die Erwärmung in den letzten 100 Jahren im globalen Mittel 0,7 Grad Celsius betrug. Und es wird aller Voraussicht nach verstärkt so weitergehen, wenn der Mensch sich ähnlich verhält wie bisher.



»Die jetzigen Klimamodelle können typische Treibhausphasen der Erdgeschichte nicht abbilden«

Mosbrugger: Interessanterweise kann an dieser Stelle gerade die erdgeschichtliche Vergangenheit helfen. Wir können Modelle, mit denen wir in die Zukunft schauen wollen, auch dazu nutzen, die Vergangenheit abzubilden. Wir nennen dies das Validieren der Modelle. Und dabei stellen wir zum Beispiel fest, dass die jetzigen Kli-

modelle mit typischen Treibhausphasen der Erdgeschichte überfordert sind. Vor 40 Millionen Jahren war das Eis auf der Erde weitgehend abgetaut, aber das kommt bei den Modellrechnungen nicht heraus. Das zeigt, dass heutige Klimamodelle zwar die Jetzsituation und auch deren Variationen gut abbilden, nicht aber Zustände, die völlig anders sind. Auch aus diesem Grunde sind Prognosen für die fernere Zukunft, also die Jahre 2200 oder 2300, sehr schwierig.

? Liegt es auch daran, dass die derzeitigen Klimamodelle vor allem die unbelebte Natur berücksichtigen? Wären die Aussagen zuverlässiger, wenn man auch das Zusammenspiel dieser Faktoren mit der Vegetation und der Tierwelt berücksichtigen würde?

Mosbrugger: Das ist ein wichtiger Punkt. Man hat in der Klimamodellierung damit angefangen, zunächst die Physik und die Chemie der Atmosphäre als Prozesse zu modellieren. Jetzt versucht man, das gesamte Prozessgefüge einschließlich der Ozeane, des Eises, des Bodens und der Biosphäre am schwierigsten abzubilden ist. Hier bemüht man sich insbesondere zu verstehen, welchen Einfluss die Vegetation, die Photosynthese der Pflanzen und der Wasserkreislauf auf das Klimageschehen haben.

Ganz wesentliche Schwächen haben die Modelle aber auch bei der Abbildung des Wasserkreislaufs, der Bodenprozesse und der Wolkenbildung. Wir wissen nicht zuverlässig, wie viel Wasser im Boden gespeichert wird oder wie viel Methan und CO₂ die Böden abgeben. Auch sind diese Faktoren untereinander gekoppelt: So wirken sich Änderungen der Vegetation sehr stark auf die Strahlungsbilanz und den Wasserhaushalt aus.

»Es ist ein Riesenaufwand, und trotzdem haben wir diese Schwachstellen«

Schönwiese: Dazu muss man sagen, dass das Klima eine hochkomplizierte zeitliche Struktur hat. Um diese nachzuvollziehen, muss man viel Aufwand betreiben. Die Klimatologen waren vor 10 bis 20

Jahren schon stolz darauf, außer der Atmosphäre auch deren Ankopplung an den Ozean modellieren zu können. Dann gelang es, die Effekte der Eisgebiete zu berücksichtigen, später auch der Bodenoberfläche. Das Schwierigste ist tatsächlich die Vegetation. Inzwischen versucht man, zunächst die



Klimaänderungen zu simulieren und dann mit einem separaten sogenannten Wirkungsmodell die Auswirkungen auf die Vegetation. Will man aber Rückkopplungen, die ja immer da sind, in das ganze Geschehen miteinbeziehen, muss man die derzeitigen Modelle drastisch vereinfachen.

Inwieweit man sich auf Details einlässt, ist auch eine Frage der Rechenzeit. Die derzeit aufwendigsten Modelle für die letzten 100 Jahre erfordern Rechenzeiten in der Größenordnung von einigen Monaten, und das bei erheblicher Vereinfachung des Einflusses der Wolken, des Erdbodens und der Eisbedeckung. Beim Meereis gibt es zum Beispiel offene Stellen, die man mit den Modellen ganz schlecht handhaben kann, die aber energetisch sehr wichtig sind. Es ist also ein Riesenaufwand, und trotzdem haben wir diese Schwachstellen.

»Ich fürchte, man wird die Vegetation in Klimamodellen nie gescheit berücksichtigen können«

Zu berücksichtigen ist auch die regionale Auflösung der globalen Modelle. Inzwischen rechnen wir mit Gittern, deren Maschen 100 Kilometer weit sind. Vor einigen Jahren waren es noch 200 bis 300 Kilometer. Dennoch: Eine Gewitterwolke hat eine viel geringere

Ausdehnung, deswegen müssen wir, wie der Fachmann sagt, parametrisieren. Man versucht also kleinräumige Prozesse durch großräumige Phänomene zu ersetzen und das funktioniert meist schlecht. Bei der Vegetation ist es das Gleiche, sie ist äußerst heterogen. Ich fürchte sogar, man wird das in den Modellen nie geseit berücksichtigen können. Es wird immer bei gewissen Näherungen bleiben. Deshalb spricht der Klimatologe auch nicht von einer Klimavorhersage, sondern von szenariengestützten bedingten Projektionen. Das heißt, wenn ich bestimmte Dinge weglassen und andere vereinfachen, zusätzlich noch einige Annahmen machen, dann erwarte ich im Modell eine bestimmte Entwicklung.

? Sogar wenn es uns ab sofort gelingen würde, die CO₂- und die Spurengasemissionen weltweit konstant zu halten, ließen sich bestimmte Folgen der bereits eingetretenen Erderwärmung nicht mehr verhindern. Womit müssen wir rechnen?

Schönwiese: Das Klimasystem besteht ja aus dem Zusammenwirken von Atmosphäre, Ozean, Eisgebieten, Vegetationen und Erdoberfläche. Auf Veränderungen reagiert es mit einer gewissen Trägheit. Im letzten IPCC-Bericht sind erstmalig auch Modellrechnungen enthalten, in denen man die völlig unrealistische Annahme zugrunde gelegt hat, dass die CO₂-Konzentration ab sofort konstant bleibt. Sie zeigen, dass selbst dann zur Erwärmung der letzten 100 Jahre, also 0,7 Grad Celsius im globalen Mittel,

mit einer gewissen Unschärfe in Zukunft noch einmal der gleiche Wert hinzukommt. Deswegen wird aktuell so viel von Anpassung gesprochen. Denn die Klimaentwicklung der nächsten Jahrzehnte ist schon angelegt und das, was wir heute tun, wird sich ebenfalls erst in einigen Jahrzehnten auswirken.

Viel wichtiger als die Temperatur sind in ihren Auswirkungen aber die Niederschlagsumverteilungen und Extremereignisse wie beispielsweise Stürme. Auch der Meeresspiegelanstieg gehört zu den Auswirkungen der Erderwärmung. Er ist in den letzten 100 Jahren um 17 Zentimeter im globalen Mittel angestiegen. Aber auch da haben wir regionale Unterschiede. Es gibt nämlich immer noch Landhebungs- und Landabsinkprozesse. Skandinavien war beispielsweise in der letzten Eiszeit, bis vor etwa 10 000 Jahren, mit Eis bedeckt, und die Entlastung von Eis führt dazu, dass die Landmasse sich hebt. Als Folge senkt sich der Meeresspiegel. Dieser Effekt ist dort sogar größer als der im globalen Mittel festgestellte Meeresspiegelanstieg. Andererseits ist beim Meeresspiegelanstieg die Trägheit der Reaktion vermutlich extrem. Es gibt Modellrechnungen, die zeigen, dass der Meeresspiegel noch Jahrhunderte als Folge der menschlichen Aktivitäten ansteigen könnte. Die Vorhersage aus dem letzten IPCC-Bericht liegt für die nächsten 100 Jahre bei rund 20 bis 60 Zentimetern.

Doch kaum war dieser Bericht erschienen, gab es schon neuere Veröffentlichungen, unter anderem des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung. Dort errechnete man einen Meeresspiegelanstieg in der Größenordnung bis zu 1,4 Metern innerhalb der nächsten 100 Jahre. Davon könnten die Existenz ganzer Inselstaaten und einige Flussdeltagebiete bedroht sein, wie zum Beispiel in Bangladesch. Nur reiche Länder wie die Niederlande oder Deutschland können sich durch Eindeichung wehren. Verschärft wird diese Gefahr durch Stürme und Sturmfluten.

? Herr Mosbrugger, wenn Sie die Warmzeiten im Verlauf der Erdgeschichte betrachten, wie können sich Organismen an Wärme anpassen?



»Studien zufolge können aufgrund des Klimawandels 20 bis 40 Prozent der Arten des Festlandes aussterben«

Mosbrugger: Die Anpassung von Organismen läuft auf unterschiedlichen Ebenen ab. In der Evolution sehen wir einerseits langfristige, über Jahrtausende und Jahrmillionen erfolgende Anpassungen. Dieser Prozess kommt aber hier nicht infrage, da wir die Zeit dafür gar nicht haben. Wir werden daher sehen, dass als Folge des Klimawandels viele Organismen aussterben werden. Das ist auch etwas, das wir aus der Erdgeschichte lernen: Umwelt- und Klimawandel sind immer auch mit Aussterben gekoppelt. Es gibt Prognosen, dass allein als Folge des anthropogenen Klimawandels etwa 20 bis 40 Prozent der Arten des Festlandes aussterben werden. Wir werden umgekehrt aber auch eine ganze Reihe von neuen Arten und Neueinwanderungen haben. Das beobachten wir bereits jetzt. Dabei wird es nicht einfach so sein, dass ganze Ökosysteme wie Buchen- oder Eichenwälder nach Norden wandern, vielmehr wandern die einzelnen Arten sehr unterschiedlich, und dadurch entstehen völlig neue Ökosysteme.

Wir müssen uns also mit der Frage auseinandersetzen, welche Ökosysteme wir in Zukunft haben werden und welche Konsequenzen sich daraus für uns ergeben. Denn wir entnehmen den Ökosystemen nicht nur Nahrungsmittel, Baumaterialien oder Wirkstoffe für Biopharmaka, sondern auch eine ganze Reihe von »Ökosystemdienstleistungen«, wie etwa Reinhaltung des Wassers und der Luft oder Schutz des Bodens vor Erosion. Das wird sich alles verändern. Letztlich muss das Konzept der An-



passung an Klimawandel darauf abzielen, dass wir antizipieren können, welche Ökosysteme wir im Laufe der nächsten 100, 200 Jahre vorfinden werden, und wir müssen unsere Nutzung von Ökosystemdienstleistungen darauf einstellen können. Da ist mit signifikanten Verschiebungen zu rechnen.

Die Anpassung an Klimawandel wird natürlich auch viele Technologien betreffen, unsere Heizungssysteme, Klimasysteme bis hin zu den Kläranlagen. Zahllose Prozesse hängen letztlich mit dem Klima zusammen: Temperatur, Niederschlag, Feuchtigkeit sind Parameter, die alle chemischen und biologischen Prozesse beeinflussen. Die Anpassung an Klimawandel wird also weitreichende Auswirkungen zeigen, von dem einfachen chemischen Prozess über die Wanderung von Organismen bis hin zu den Technologien.

? Herr Schönwiese, welche Szenarien gibt es denn für den Fall, dass wir so weitermachen wie bisher und mit einer steigenden Weltbevölkerung auch der Bedarf an Ressourcen und Energie weiter zunimmt? Können Sie ein Szenario für das Jahr 2100 im Rhein-Main-Gebiet entwerfen?

»Dürren und Überschwemmungen nehmen zu«

Schönwiese: Das IPCC geht auf der Grundlage von insgesamt 40 Szenarien von sechs Leitszenarien aus. Ich runde jetzt mal die Zahlen: Das schlimmste Szenario würde bedeuten, dass in den nächsten 100 Jahren die Weltmitteltemperatur um sechs Grad Celsius ansteigt. Es könnte aber auch, im günstigsten Fall, nur ein Grad Celsius sein. Das wissen wir einfach nicht, weil wir künftige Entwicklungen nur mit einer gewissen Unsicherheit berücksichtigen können. Dabei betone ich immer, dass die Temperaturänderungen möglicherweise gar nicht das Wichtigste sind, sondern die Niederschlagsumverteilungen und nicht zuletzt die Neigungen des Klimasystems zu einem extremeren Verhalten. Das ist unser spezielles Forschungsgebiet in den letzten zehn Jahren gewesen, allerdings hauptsächlich auf Europa und Deutschland bezogen. Wir se-

hen beispielsweise schon jetzt beim Niederschlag, insbesondere im Winter, dass die Häufigkeitsverteilungen breiter werden. Das heißt, auf Kosten mittlerer Gegebenheiten werden sowohl starke Niederschläge als auch Dürren häufiger, wenn auch regional sehr unterschiedlich. Bei der Temperatur nimmt dagegen recht systematisch die Häufigkeit von extremer Kälte ab und von extremer Hitze zu.

»Versicherer sind durch die steigenden volkswirtschaftlichen Kosten sehr beunruhigt«

Das hat Konsequenzen. Der Hitzesommer von 2003 in Europa hatte volkswirtschaftliche Schäden von 13 Milliarden US-Dollar zur Folge. In der gleichen Größenordnung lagen die Schäden durch die Elbe-Flut im Jahr 2002. Man schätzt, dass diese Hitzewelle im Jahr 2003 in Europa etwa 55 000 zusätzliche Todesfälle gefordert hat. Fragt man die Versicherer, dann äußern sie sich sehr beunruhigt. In seinem viel beachteten Report hat der Ökonom Nicholas Stern vorge-rechnet, was der Klimawandel uns kostet. Er kommt im schlimmsten Falls auf Größenordnungen des 20-Fachen des globalen Bruttoinlandsprodukts, wenn wir die Dinge so laufen lassen wie bisher. Wenn wir dagegen Klimaschutzmaßnahmen ergreifen, liegt der Aufwand dafür im günstigsten Fall bei nur etwa einem Prozent.



Wie sich der Klimawandel speziell im Rhein-Main-Gebiet entwickeln wird, ist schwer zu sagen. Ich würde eine Tendenz zu mildereren Wintern erwarten, mit weniger Schnee und mehr Starkniederschlägen in Form von Regen. Von Hochwasser wird Hessen allerdings weniger betroffen sein als die westlichen Bundesländer Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Nord-



rhein-Westfalen. Ganz Deutschland, damit auch Hessen, könnte aber häufigere und extremere Hitzesommer erleben. Es gibt eine Modellrechnung für die nächsten 100 Jahre, die sich regional auf die Schweiz bezieht, aber auch auf Deutschland übertragen werden kann. Demnach wird es immer wieder kühlere Sommer geben, aber die heißen, die in Europa typischerweise auch Trockensommer sind, werden immer häufiger und auch heißer. Darunter leiden nicht nur kreislaufvorgeschiedigte Menschen, die dann mit größerer Wahrscheinlichkeit sterben, sondern auch die Landwirtschaft und die Energieversorgung. Wenn nämlich in Hitze-/Dürresommern die Flusspegelstände niedrig sind, beeinträchtigt das nicht nur die Schifffahrt, sondern auch die Kühlwasserversorgung der Kraftwerke. So etwas kann sich in Zukunft häufen. Leider ist es so, dass sich der Mensch gegen Kälte besser schützen kann als gegen Hitze. Wir haben in Deutschland bisher einen Temperaturrekord von 40,2 °C. Ich erwarte, dass er in den nächsten Jahrzehnten übertroffen wird.

? Wie sieht es mit Gefahren durch die Verbreitung tropischer Krankheiten aus? Es wird berichtet, dass die Stechmücken, die Malaria übertragen, jetzt auch in unseren Breiten zu finden sind.

Mosbrugger: Wie die anderen Organismen verändern auch die Krankheitsvektoren mit dem Klimawandel ihr Verbreitungsgebiet. Insgesamt haben wir in mittleren Breiten durch unsere Lage noch einen gewissen Vorteil: Die hohen Breiten, also die Polarregionen, sind vom Klimawandel immer

stärker betroffen als die Tropen. Bei uns ist dennoch damit zu rechnen, dass eine ganze Reihe von neuen Krankheitsbildern auftreten wird. Malaria ist wahrscheinlich kein so großes Problem, da wir sie



auch medikamentös relativ gut im Griff haben, aber es taucht bereits jetzt schon eine ganze Reihe von neuen Krankheiten auf. Das Chikungunya-Virus wird durch die Asiatische Tigermücke übertragen, die 1990 zum ersten Mal in Italien aufgetaucht ist und jetzt 2007 auch im Oberrheingraben. Sie könnte im Laufe der nächsten Jahre auch bei uns in Hessen erscheinen. Diese und verwandte Fragen werden das Forschungsinstitut Senckenberg und die Goethe-Universität im Rahmen des neuen Forschungszentrums »Biodiversität und Klima« untersuchen, das seit Juli dieses Jahres von der LOEWE-Initiative des Landes Hessen gefördert wird. Daran sind auch organischemisch arbeitende Biologen beteiligt, die sofort erkennen, wann ein neuer Vektor hier ankommt.

? Seit der Rio-Konferenz von 1992 gibt es Bemühungen, die Erderwärmung durch menschliche Aktivitäten zu reduzieren. Erste konkrete Maßnahmen wurden 1997 im Kyoto-Protokoll festgelegt und seitdem auf Nachfolgekonzferenzen konkretisiert oder erweitert. Halten Sie diese Maßnahmen für ausreichend?

»Was das Kyoto-Protokoll anstrebt, ist eher symbolisch ... vielleicht muss der Leidensdruck noch steigen«

Schönwiese: Aus der Sicht vieler Klima-Experten ist das, was das Kyoto-Protokoll anstrebt, eher sym-

bolisch. Die Industrienationen sollen demnach ihren Ausstoß von CO₂ und einigen weiteren Treibhausgasen um 5,2 Prozent bis zur Zeitspanne von 2008 bis 2012 gegenüber 1990 reduzieren. Fachleute meinen, es müsste sehr viel mehr sein.

So empfiehlt der wissenschaftliche Beirat für globale Umweltveränderungen der Bundesregierung, bis 2020, wie auch in der EU diskutiert wird, eine 20- bis 30-prozentige Reduktion. In Deutschland werden 40 Prozent bis 2020 angestrebt, und spätestens bis 2050 sollten wir die Emissionen weltweit um mindesten 50 Prozent senken. Im IPCC werden dafür sogar Zahlen bis 85 Prozent genannt. Ich bin derzeit allerdings recht skeptisch, dass in den nächsten Jahren die Weichen in diese Richtung gestellt werden. Vielleicht muss der Leidensdruck noch steigen, etwa durch Extremereignisse und die zurzeit unterschätzte Bedrohung durch Krankheiten.

Mosbrugger: Ich würde noch einen Faktor dazunehmen. Aus meiner Perspektive, der des Paläontologen und Geowissenschaftlers, der immer das System Erde im Blick hat, wird das Klima zum großen Teil auch von der Landoberfläche



bestimmt. Die Landnutzungsänderung ist ein ganz wichtiger Klimafaktor, den man sowohl bei der Anpassung als auch bei Vermeidungsstrategien mehr in den Blick nehmen muss. Bisher ist das vernachlässigt worden. Mit dem Kyoto-Protokoll wird das teilweise berücksichtigt, weil Länder, die Wälder aufforsten, mehr CO₂ produzieren dürfen. Aber das Gesamtkonzept, die Landnutzung in den Klimawandel einzubauen, steht erst am Anfang.

? Sie halten beide viele Vorträge zum Thema Klimawandel. Wie re-

agieren ihre Zuhörer? Fragen die zum Beispiel nach, was sie selber ändern können?

»Deutschland allein wird dieses Problem nicht lösen«

Mosbrugger: Es ist ganz interessant zu sehen, dass es vor allem zwei Gruppen von Leuten gibt. Die einen sind die Fanatiker, die aus den Vorträgen immer schon das heraushören, was sie bereits wissen. Dabei sind sie entweder Gegner des Klimawandels und sagen, das ist alles nur aufgebauscht, oder aber sie sind der Meinung, der Mensch zerstöre in seiner Überheblichkeit die Erde und müsse daran gehindert werden. Dann gibt es die zweite Gruppe, die einfach nur nüchtern informiert werden möchte. Meine Erfahrung ist, dass diese zweite Gruppe in den letzten zehn Jahren gewachsen ist. Diese Menschen suchen wirklich nach Lösungsmöglichkeiten und fragen interessiert nach. Ehrlicherweise muss ich sagen, dass wir Wissenschaftler auch nicht immer die besten Antworten parat haben. Man kann die Leute zwar ermuntern, sich umweltbewusst zu verhalten, aber Deutschland allein wird dieses Problem nicht lösen.

Schönwiese: Diese nüchterne Gruppe ist auch mir die liebste. In letzter Zeit werde ich zunehmend in Schulen eingeladen. Gerade die jüngeren Leute gehören eher zu den Nüchternen, die älteren neigen dazu, Extrempositionen einzunehmen. Dagegen kämpfe ich seit langer Zeit an. In der Fachzeitschrift »Science« hat vor einigen Monaten Naomi Oreskes, eine US-Professorin für Wissenschaftsgeschichte, auf der einen Seite Fachartikel und auf der anderen Medienartikel zum Thema Klimawandel erfasst. Dann hat sie nachgefragt, wie viele von den Fachwissenschaftlern bezweifeln, dass es einen von Menschen gemachten Klimawandel gibt. Das Ergebnis war: keiner. Bei den Medienvertretern war es dagegen etwa die Hälfte. Das erklärt sicher auch die beiden Extrempositionen »Klimakatastrophe« und »Klimaschwindel«, die wir leider immer wieder registrieren. Aus meiner Sicht sollte man die Klima-Problematik möglichst sachlich angehen. ♦



»Smart borders«? Puente Juárez – Grenzübergang zwischen Ciudad Juárez, Chihuahua, und El Paso, Texas: Die Grenzkontrollen werden je nach Sicherheitslage und konjunktureller Situation verschärft oder gelockert. »Unerwünschte« Menschen und Waren werden mit großem technischen und personellen Aufwand am Grenzübertritt gehindert.

Warum die »Ver-Marktung« der Gesellschaft nie vollständig gelingen kann

Humangeografen nehmen mit ihrer Kritik am globalisierten Ökonomismus die Praxis heterogener Akteure in den Blick

Bis Tomaten aus Baja California im Supermarkt in Seattle angeboten werden, sind scheinbar eindeutige Grenzen zwischen Mexiko und den USA gleich mehrfach überschritten worden. Gesellschaften und ihre Ökonomien lassen sich nicht mehr territorial auf nationalstaatliche Grenzen reduzieren. Doch was tritt im globalen Zeitalter an ihre Stelle? Mit ökonomischer Internationalisierung und modellförmigen Märkten sind die neuen Realitäten nur unzureichend beschrieben. Es gilt die Vielfalt der unterschiedlichen Akteure in den Blick zu nehmen, die in den von Ökonomen geschaffenen und umgesetzten Modellen keine Beachtung finden; dies tun die Humangeografen mit ihrem neuen Ansatz der »kulturellen Geografien der Ökonomie«.

»Kulturelle Geografien« reduzieren das »globale Zeitalter« nicht auf eine deskriptive Kategorie ökonomischer Internationalisierung, sondern verstehen Globalisierung als Begriff, der die Sicht frei gibt auf die umfassende Neuaushandlung der räumlichen Bezüge sozialer Beziehungen – von der Ebene einzelner Subjekte bis zur Ebene globaler Politik. Somit erhält die Frage, ob es heute zum Nachtisch eine ökologisch zertifizierte Ananas aus Nordghana sein soll oder doch selbst gepflückte Erdbeeren von einem Bauern im hessischen Ried, den gleichen Stellenwert wie die weltpolitische Verhandlung der Kohlendioxid-Emissionsgrenzen. Als Reflexivitätsschub raubte die kulturtheoretische Wende, der »Cultural Turn«, der gegen eine kulturalisierte Weltsicht mit ihren

binären Anfangsunterscheidungen kämpfte und im Laufe der 1990er Jahre auch die Geografie erreichte, vermeintlichen Gewissheiten ihre Selbstverständlichkeit. Als Aufforderung zu konsequent relationalem Denken zwingt er endgültig dazu, kreativer über Raum und Ort nachzudenken und vielfältige Topologien zuzulassen.

Als »kulturell« werden diese Geografien bezeichnet, weil sie sich vor der verunsichernden Einsicht nicht mehr schützen können, dass die Wirklichkeit nicht unbeeinflusst »da draußen« auf die neutrale wissenschaftliche Beobachtung wartet, sondern grundlegend kulturell geschaffen, symbolisch vermittelt und daher auch veränderbar ist. Mit Blick auf die geografischen Hintergründe moderner Weltbilder ist dadurch insbe-

von Christian Berndt und Marc Boeckler



US-Grenzmauer zwischen San Diego und Tijuana: Abschottung gegen illegale Einwanderer. Trotz all dieser Maßnahmen gibt es jede Menge Löcher im Grenzsistem, das auch zum Nutzen der US-Wirtschaft unterlaufen wird.

»Border Foods« – Grenzgänger der besonderer Art. Das so transportierte Gemüse kann dank der Wächter transnationaler Marktordnungen die Grenze nach Texas überqueren, wenn Qualitätskriterien und Mengenbeschränkungen der US-Behörden erfüllt sind.

sondere die alte Vorstellung einer natürlichen Raum-Ordnung ins Wanken geraten, die nicht anders konnte oder wollte, als Gesellschaft territorial in nationalstaatlichen Grenzen zu denken. Wir wenden unsere Perspektive vor allem auf das Feld der Ökonomie an und hinterfragen die binäre Opposition von wissenschaftlicher Ökonomie und wirklicher Ökonomie. Unter dem Label »kulturelle Geografien der Ökonomie« zeigen wir, wie die Modelle orthodoxer Ökonomen entgegen ihres wissenschaftlichen Selbstverständnisses die Welt keineswegs beschreiben und erklären,



sondern ganz im Gegenteil die Wirklichkeit performativ modellförmig gestalten; performativ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich ökonomische Entitäten wie Märkte oder Unternehmen immer erst als praktische Aus- und Aufführung ökonomischer Modelle realisieren.

Was ökonomische »Modellarbeiter« ausblenden

Blickt man auf den globalen Süden, lässt sich in geografischer Feinarbeit rekonstruieren, wie akademische Ökonomen, Unternehmensberater, Weltbankangestellte, Entwicklungsexperten und andere »Modellarbeiter« in groß angelegten Entwicklungsprojekten durch die Einführung von Privateigentum, Rechtssystemen, statistischen Instrumenten zur Messung staatlichen Fortschritts, Mikrokreditprogrammen und zahlreichen anderen Apparaturen nicht nur nationale Ökonomien, sondern auch individualisierte und rational kalkulierende Akteure zu schaffen versuchen, die modellförmige Märkte rahmen und stabilisieren sollen. Weil aber eben jene »Vermarktung« der Gesellschaft nie vollständig gelingen kann, sondern als Ergebnis der Praxis einer Vielzahl heterogener Akteure letztlich immer prekär bleiben muss, machen wir uns genau jene Externalitäten zu Freunden, die von Modellarbeitern als Bedrohung empfunden werden.

Wenn beispielsweise die Einführung eines modernen Bodenrechts in Ägypten oder Mexiko entgegen den Modellversprechen zu einer raschen Kapitalkonzentration in den Händen weniger führt, dann lässt sich zeigen, dass es sich dabei keineswegs um die modellexternen Folgen moralischer Verfehlung alter Eliten handelt, sondern um einen integralen Bestandteil der Modellperformance selbst. »Kritik« funktioniert hier offensichtlich anders als bei herkömmlichen politisch-ökonomischen Ansätzen. Diese stellen den kapitalistischen Markt als einen zwar mächtigen, aber grundfalschen und das Bewusstsein vernebelnden Monolith dar, den sie mit ihrer fundamentalen Ablehnung paradoxerweise immer wieder neu bestätigen. Kulturelle Geografien der Ökonomie beginnen dagegen mit der empirischen Einsicht, dass allen Vorwür-

fen der Realitätsferne zum Trotz die Modelle der Ökonomie sehr wirkmächtig sind. Weil dies aber weniger die Abbild- als mehr die Gestaltungsfunktion von Wirklichkeit betrifft, ergibt sich in der globalen Zusammenschau ein buntes Bild vielfältiger Reaktionen, Proteste, opportunistischer Assoziationen wie auch gewaltförmiger Widerstände mit und gegen die performative Ökonomie. Kulturelle Geografien der Ökonomie wollen deshalb ausdrücklich den Möglichkeitsraum für alternative Marktformen wie auch Vermarktungs-Widerstände erweitern.

Die »intelligenten Grenzen« transnationaler Marktordnungen

In einem unserer aktuellen Forschungsprojekte wenden wir diese Gedanken auf jene ökonomisch relevanten Grenzziehungen an, deren heimliche Selbstverständlichkeit im Zeitalter globaler Vernetzung merkwürdig anmutet. Wir blicken auf globale Muster der Grenzproduktion am Beispiel der Südgrenzen Europas und der USA und wundern uns über die Gleichzeitigkeit von ungehindert mobilem Kapitalfluss und militarisierter Abwehrschlacht gegen mobile Arbeit. Es wird deutlich, wie aus nördlicher Perspektive die ambivalente Grenzproduktion samt ihren Verschleierungsstrategien notwendig wird, um globale Märkte und Handelssysteme je nach eigener Interessenlage einzuführen oder zu rechtfertigen. Dies führt zu einem Bild heterogener Geografien, die kaum mehr zweidimensional kartierbar sind. Denn Nord-Süd-Grenzen haben sich interessenabhängig selbst in Bewegung gesetzt: Sie verschieben sich weit in den Norden, wenn es um nichtdokumentierte Arbeitsmigrantinnen und -migranten geht, die auf den Feldern kalifornischer oder andalusischer Agrobetriebe arbeiten, und dehnen sich weit nach Süden aus, wenn man den Blick auf agrarwirtschaftliche Produktstandards richtet.

Besonders schön zeigen lässt sich dies beim grenzüberschreitenden Handel von Frischobst und Frischgemüse. Das gilt vor allem für hochwertige Produkte, die sowohl im Norden als auch im Süden produziert werden. Hier werden grenzüberschreitende Bewegungen südlicher Agrarprodukte mit einer



Chiliernte in Texas: Da die amerikanischen Konsumenten das ganze Jahr über Zugang zu frischem Gemüse verlangen, sind mexikanische Arbeitsmigranten je nach Saison sowohl in Mexiko als auch in den Vereinigten Staaten im Ernteeinsatz.

umfangreichen Palette von Regulierungen kontrolliert und kanalisiert. Gerade in asymmetrischen Integrationsprozessen werden solche Handelshemmnisse sehr flexibel eingesetzt. So unterliegen zum Beispiel die Bewegungen von Chilischoten oder Frischtomaten an der US-amerikanischen/mexikanischen Grenze einem ausgefeilten Regime aus Qualitäts- und Hygienestandards, Quotierungen und Mindestpreisregelungen. Da die US-Konsumenten aber einen ganzjährigen Zugang zu frischem Obst und Gemüse verlangen, werden die Bedingungen gleichzeitig in den regierungsamtlichen Marktordnungen immer wieder saisonal und regional gelockert.

Man kann diese Marktordnungen als Rahmungen lesen, die

scharfe Grenzen zwischen mexikanischen und US-amerikanischen Produkten einziehen. Erst mit der nationalen Kodierung der Agrarprodukte kann die unterschiedliche Behandlung durch die Wächter transnationaler Marktordnungen gerechtfertigt werden. Auf ihrem Weg aus den mexikanischen Anbauregionen in Baja California oder Sinaloa in die Supermärkte der großen US-Metropolen überqueren die Agrarprodukte mehrmals die Schwelle zwischen Süden und Norden. Die Nord-Süd-Grenze realisiert sich dabei immer erst in der Praxis der beteiligten Akteure, die wie Zollbeamte, Grenzschützer, Qualitätskontrolleure der US-amerikanischen »Food and Drug Administration« (FDA) oder Lkw-Fahrer die Grenze performativ in Szene setzen.

Studien zeigen, dass bei der Formierung dieses scheinbar »intelligenten« Grenzregimes neben staatlichen Akteuren große Einzelhandelskonzerne eine zentrale Rolle spielen. Im Verein mit den Konsumenten sorgen sie auf beiden Seiten der politischen Grenze dafür, dass nördliche Standards und Präferenzen bis an die südlichen Produktionsorte vordringen und bei jedem Produktionsschritt Rahmen vorgeben, die über (richtige) »nördliche« und (falsche) »südliche« Merkmale entscheiden. Alle Akteure in den Warenketten orientieren sich an diesen Standards, sie suchen Produkte bestimmter Größe, bestimmter Farbe oder bestimmter Form. Dadurch kommt es zu einer Homogenisierung der Produkte und letztlich zu einer Abnahme von Sortenvielfalt.

	Lkw		Pkw		Fußgänger	
	1995	2004	1995	2004	1995	2004
Texas	1 894 971	3 036 018	40 878 097	45 805 476	15 443 565	20 440 329
Kalifornien	666 866	1 110 758	12 224 347	34 553 627	9 662 965	18 197 094
Arizona	296 342	323 196	8 336 435	10 195 882	7 621 087	9 186 005
New Mexico	2 446	33 716	346 192	578 904	108 355	260 807

1 Grenzverkehr US Ports of Entry, 1995 und 2004. Seit dem Beginn des nordamerikanischen Freihandelsabkommens (NAFTA) registrieren die US-Grenzbehörden eine erhebliche Zunahme des Grenzverkehrs. Quelle: U.S. Bureau of Transportation Statistics in Border Counties Coalition 2006, S. 10-5.



Die widersprüchliche Durchlässigkeit »intelligenter Grenzen«

Dieses Grenzregime hat für alle Beteiligten einen so selbstverständlichen Charakter erhalten, dass die versteckten Widersprüche dieser Marktordnung selten thematisiert werden. Denn während scheinbar eindeutige Grenzen zwischen mexikanischen und US-amerikanischen Produkten gezogen werden, macht ein näherer Blick auf die Produktionsprozesse stutzig: Die

wichtigsten Inputfaktoren bei der Produktion von Frischobst und -gemüse sind auf beiden Seiten der politischen Grenze Arbeit und Kapital. Und in beiden Fällen werden nahezu identische Produktionsfaktoren eingesetzt. So sind die Produzenten in den USA ebenso auf die Mobilität »südlicher« Arbeit angewiesen wie ihre mexikanischen Pendanten. Moderne mexikanische Agrounternehmen produzieren im Norden des Landes deswegen zu



Auf ein baldiges Wiedersehen? US-Grenzpolizisten haben nahe El Paso in Texas »illegale« Grenzgänger aufgegriffen. Einer der Agenten der U.S. Border Patrol beschreibt im texanischen El Paso »intelligente Grenzpraxis«: »There are many ways to beat the game. If we do apprehend people we try to get as much information about them as possible (nationality, date of birth, place of birth) and put it into a database. And once we put that in, we identify them with a computerized ID with fingerprint and a photograph. Before, the guys could just give you a name, I mean any name. And unless you recognized him from the day before, no way to get him. But now we have a way to track these people and that's been all over the place for a while and it's working pretty well.«

US-Präsident George W. Bush spricht zu Mitarbeitern der US Border Patrol an der Grenze zu Mexiko – er will die Grenzen zugleich sichern und offen gestalten: »This week, I saw some of that technology at work on a visit to a border near El Paso, Texas. X-ray machines are being used to thoroughly screen cargo more efficiently than ever before. During my visit to Mexico, President Fox and I announced an agreement to move toward a »Smart border« between our countries. Through close cooperation and advanced technology, we'll make our shared border more open and more secure.«

wettbewerbsfähigen Preisen, weil sie Arbeitsmigranten aus dem Süden Mexikos einsetzen. Die Unternehmen auf der US-Seite erhöhen ihre Wettbewerbsfähigkeit dadurch, dass sie auf den Feldern und in den Gewächshäusern ihrerseits mexikanische Arbeitsmigranten beschäftigen und das zu einem großen Teil außerhalb der staatlichen Regulierungen, das heißt: »illegal«. Mit Blick auf die Kapitalseite gilt ein ähnlicher Zusammenhang in umgekehrter Richtung. Beide Seiten setzen auf Finanzkapital, Technologie und Know-how aus dem globalen Norden: Maschinen, Computer, Düngemittel und Saatgut kommen ebenso aus den USA oder aus Europa wie das Produktionswissen, etwa zu Tröpfchenbewässerung, Gewächshausanbau oder substratlosem hydroponischem Anbau.

Erfolg heißt im Kontext solcher Marktordnungen, dass sie allen Beteiligten (Konsumenten und Produzenten) selbstverständlich erscheinen und nicht hinterfragt werden. Asymmetrische territoriale Marktordnungen funktionieren deshalb nur so lange, wie es gelingt, die zur Produktion hochwertiger Güter notwendigen Paradoxien ökonomischer Integrationsprozesse zu kontrollieren und zu verbergen. Im Großen und Ganzen scheint dies zu funktionieren. Für weite Teile der US-Öffentlichkeit ist es ganz selbstverständlich und natürlich, Lebensstile zu leben, die globale Verbindungen mobilisieren und grenzüberschreitende Bewegungen voraussetzen. Eine unfreiwillige Koalition aus sesshaften Bürgern, Politikern, Unternehmern, Managern oder Gewerkschaftern sorgt dafür, dass alles nach Plan geht: Die Bewegungen von Gütern und Menschen werden gemanagt

und kontrolliert; es gibt Sicherheitskonferenzen, Kontingente, Ausführungsbestimmungen, Qualitätsstandards und Labels; Bewegungen werden statistisch festgehalten ¹¹, Migrationsrouten werden kartiert; einzelne Produktionsschritte werden isoliert, mit monetären Werten belegt und dann in linearen Wertschöpfungsketten verortet.

Dabei stellt insbesondere der »unerlaubte« Grenzübergang die Wächter transnationaler Marktordnungen vor Herausforderungen. »Illegale« fordern die Souveränität des Staates immer wieder heraus. Die Souveränität bleibt nur so lange weitgehend unangetastet, als eine ausgefeilte sozio-technische Infrastruktur die Lücken im System unter Kontrolle hält und statistisch so gut es geht fixiert. Das gilt für mobile Menschen und für mobile Güter. Die grenzüberschreitenden Bewegungen mexikanischer Arbeitsmigranten werden ebenso statistisch erfasst wie die mexikanischer Tomaten oder Chilis: Mexikanisches Gemüse und Obst ist verdächtig und gilt als potenzielle Quelle von Verschmutzung. In einer eigenartigen Analogie zur »illegalen« Migration von Menschen wird in den »import alerts« und »fruit reports« der US-amerikanischen »Food and Drug Administration« (FDA) auch im Zusammenhang mit Agrarprodukten von »detention« (Festnahme, Haft) und »deportation« (Abschiebung) gesprochen.

Unter dem Schleier der Normalität: Die Paradoxien des Marktregimes

Aber trotz all dieser Maßnahmen wird der Schleier der Normalität immer wieder abrupt zur Seite gezogen. In solchen Fällen kommen die versteckten Widersprüche im System offen zum Vorschein. So erregen im Norden einerseits immer wieder Produktionsverlagerungen Aufsehen, bei denen nördliche Unternehmen auf der Suche nach niedrigen Produktionskosten im Süden investieren. Andererseits spielen sich an der Südgrenze der USA immer wieder menschliche Tragödien ab, die medial vervielfältigt die nördlichen Haushalte erreichen. In solchen Fällen werden die Träume von einer territorialen Wohlstandsinsel in einem Meer globaler Unordnung erschüttert



Alltag in Ciudad Juárez: Viele Mexikaner aus dem Süden des Landes kommen in die Stadt am Rio Grande, um einen Weg über die Grenze in die USA zu finden. Sie arbeiten in Offshore-Produktionsbetrieben großer nördlicher Konzerne und leben in Marginalsiedlungen ohne Zugang zur städtischen Infrastruktur.

und emotionale Rufe nach Zuwanderungskontrolle provoziert. Nicht selten stecken dahinter die gleichen Akteure, die auch die Mobilität von Arbeitsplätzen in den Süden bekämpfen. Die Paradoxie liegt auf der Hand: Denn wie ein ehemaliger mexikanischer Präsident mit Blick auf den Tomaten-sektor treffend bemerkte, die USA haben die Wahl: Sie können entweder mexikanische Tomaten oder mexikanische Tomatenpflücker importieren.

In solchen Momenten wird deutlich, dass die Grenzregime transnationaler Märkte äußerst zerbrechlich und fragil sind. Das Beispiel zeigt, dass auch die Architekten und Wächter transnationaler Marktordnungen in einem Klima der Unsicherheit agieren. Sie müssen ständig nach Lösungen für Probleme suchen, die ihrerseits wiederum nichtintendierte Folgen nach sich ziehen. Auf diese Weise entstehen immer neue Verwicklungen, sobald man glaubt, ein Problem gelöst zu haben. Unerwünschte »andere« spielen beim Doppelspiel aus Grenzziehung und Grenzüberschreitung eine zwiespältige Rolle.

Auf der einen Seite ist eine vollständige Kontrolle unmöglich, denn Tag für Tag entlarven »Illegale« die Porosität ausgefeilter Grenzregime. Andererseits sind die Bewegungen »illegaler« Menschen und Dinge für die Legitimierung der Grenzsicherungsinfrastrukturen unverzichtbar. In beiden Fällen spielen unerwünschte Außenseiter deshalb eine aktive Rolle bei der Reproduktion von Marktordnungen. ◆

Die Autoren

Prof. Dr. Christian Berndt, 41, hat an der University of Cambridge (UK) promoviert und sich an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt habilitiert. Seit Oktober 2004 ist er Professor für Angewandte Wirtschaftsgeographie an der Universität Frankfurt. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen die heterodoxe Wirtschaftsgeografie, Geografien der Arbeit sowie Globalisierung und Nord-Süd-Beziehungen.

Dr. Marc Boeckler, 40, ist wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Kulturgeographie der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich einer kulturtheoretisch informierten Wirtschafts- und Sozialgeografie.

c.berndt@em.uni-frankfurt.de; www.humangeographie.de/berndt
marc.boeckler@ku-eichstaett.de;
[www.ku-eichstaett.de/Fakultaeten/MGF/Geographie/Kultur geographie/Mitarbeiter/%20boeckler](http://www.ku-eichstaett.de/Fakultaeten/MGF/Geographie/Kultur%20geographie/Mitarbeiter/%20boeckler) Wirtschafts- und Sozial geografie.

Lernen am frischen Fang: Für einen angehenden Meeresbiologen gehört die Unterweisung durch Prof. Michael Türkay an Bord des Forschungskutters Senckenberg in der Nordsee zur Ausbildung.



»Ich muss Schiffsplanken unter den Füßen spüren«

Was Forscher auf ihren Reisen zu Luft, Land und Wasser erleben

von **Marita Dannemann**

Wer unseren Planeten erforschen will, muss sich auf die Socken machen. Forschungsreisen gehören für fast alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in diesem Heft Ergebnisse ihrer Arbeit präsentieren, selbstverständlich zum Beruf. Dass sie dabei natürlich neben rein forschungsbezogenen auch ganz persönliche Erfahrungen machen, bereichert ihr Leben. Und sie haben wunderbare kleine Geschichten zu erzählen, die wir unseren Lesern nicht vorenthalten wollen ...

Westafrika: Von guten Geistern und wilden Tieren

Am Äquator kommt die Nacht im Nu. In der nur von Mond und Sternen gebrochenen Dunkelheit ändert sich die Wahrnehmung: Hören, Riechen und Tasten gewinnen gegenüber dem tagsüber dominierenden Sehsinn. Dr. Konstantin König und seine Kollegen der Expedition (Dr. Karen Hahn-Hadjali, Dr. Marco Schmidt und Dr. Jonas Müller) haben ihr Lager mit den Moskitodomes am Rand eines Dor-

fes im Norden von Burkina Faso aufgeschlagen. Auf dem Dorfplatz erzählen sich junge Mädchen in einem Reigen tanzend, singend und stampfend von den Ereignissen des Tages. König hat den stetig wiederkehrenden, leicht monotonen Chorgesang noch im Ohr und versucht ihn nachzuahmen: »Die jeweilige Erzählerin singt in höheren Tönen, immer untermalt von dem tieferen, begleitenden rhythmischen Singsang der anderen. Ab und zu löst sich ein Mädchen aus dem Kreis, um kurz solo zu tanzen, dann ist wieder eine andere dran.«

Dr. Julia Krohmer, die schon öfter in diesem Dorf war und die Sprache beherrscht, übersetzte: »Sie singen von ihren weißen Gästen, die heute angekommen sind – also von uns –, und anderen Erlebnissen des Tages.« Dieses spielerische Ritual des nomadischen Wandervolks der Fulbe, das dort seit Generationen ganz selbstverständlich zum Tagesablauf gehört, hat nicht nur König besonders fasziniert. Allen Mitgliedern der kleinen Frankfurter Expeditionsgruppe

erging es ähnlich: Sie waren sich bewusst, dass sie unmittelbar miterleben durften, welche immer noch geheimnisvolle Bedeutung Rhythmus, Gesang und Tanz für Kommunikation, ja, für das Leben überhaupt haben.

König gibt zu, dass er seit seinen vielen Aufenthalten in Westafrika auch empfänglicher geworden ist für animistische Phänomene, also für den Glauben an Naturgeister, die in afrikanischen Kulturen tief verwurzelt sind. »Mich hat das sogar ein bisschen angesteckt. Wenn ich zur Erkundung in den Busch gehe, bitte ich auch um Schutz und fühle mich dadurch irgendwie behütet und besser gewappnet vor den Gefahren, die da durchaus lauern.« Da er mit seinem GPS immer vorneweg als Lotse die Führung übernimmt – deshalb habe ich nach der Suchfunktion des Navigationsgerätes den Spitznamen »Go to« –, hat er besondere Verantwortung für die Begleiter. »Allein geht man nie auf Erkundung. Zumindest ein Ortskundiger ist immer dabei«, erläutert König.

Besonders gut erinnert er sich an die Begegnung mit einer ausgewachsenen Kobra, die sich plötzlich nur etwa einen Meter vor ihm in den Weg stellte: »Zischend machte sie klar, wer hier zu sagen hat. Da ist mir schon das Herz stehen geblieben«, gibt König zu, aber die Kobra zog sich einfach wieder zurück. Bei einer anderen Expedition, als er an der Elfenbeinküste zum Waschen in einen Fluss gewatet war, hätte er beinahe nähere Bekanntschaft mit einem Nilpferd gemacht, das plötzlich hinter ihm auftauchte. König: »So schnell war ich noch nie aus dem Wasser!« Lästig seien vor allem die kleineren Tiere – wie Tsetse-Fliegen und winzige stachellose Bienen, die gerne Körperflüssigkeiten aufsaugen und zum Beispiel auch in die Augwinkel und Ohren fliegen. »Das ist wirklich unangenehm«, meint er, »aber darauf muss man sich einstellen.«

Ohne solche Feldforschung vor Ort könnte er die Satellitenaufnahmen [siehe »Wo wächst die Palmyrapalme?«, Seite 75] nicht auswerten, um Landnutzungs- und Verbreitungskarten von Pflanzenarten zu erstellen. Wichtig sei auch der Kontakt zur Bevölkerung. »Man muss wissen, wie das Land sich entwickelt hat und die Landschaft verstehen, um sinnvolle Empfehlungen für Maßnahmen zur Renaturierung geben zu können«, erklärt er. Ein- bis zweimal pro Jahr reist er deshalb für mehrere Wochen nach Afrika.

Ouagadougou und Bandung: Zupacken oder bestimmen lassen

»Mitunter entscheidet der Zufall über Erfolg oder Misserfolg einer Feldforschungsarbeit in meinem Wissensgebiet. Denn meine Forschungsobjekte sind die Menschen«, erläutert Prof. Dr. Uta Ruppert, Dekanin des Fachbereichs Gesellschaftswissenschaften und Professorin für Politikwissenschaft und politische Soziologie mit dem Schwerpunkt Entwicklungsländer (unter besonderer Berücksichtigung der Geschlechterverhältnisse). Sie schmunzelt, wenn sie an ihr Schlüsselerlebnis in dieser Hinsicht zurückdenkt: Zu Beginn ihrer Laufbahn wollte sie für ihre Doktorarbeit vor Ort herausfinden, wie Frauen im politischen System von Burkina Faso Einfluss ausübten

und gewinnen konnten. Die Interviewpartnerinnen aus verschiedenen politischen und wirtschaftlichen Organisationen sahen in ihr wohl zunächst oft nur die Weiße, eine fremde Wissenschaftlerin, die sich ein Urteil anmaßt und letztlich zu den Mächtigen zählt. »Auch wenn man mir freundlich begegnete, kam ich mit meinen Fragen zunächst nicht recht weiter«, erinnert sie sich. Erst ein Ausflug mit Madeleine Pusy, der ersten weiblichen Abgeordneten im Parlament überhaupt und frauenpolitisch vielfältig engagierten Aktivistin, brachte die Wende. »Wir hatten das Brunnenprojekt eines Dorfes, einige Autostunden von Ouagadougou entfernt, besucht, das ich drei Jahre zuvor kritisch evaluiert hatte. Und darüber war sie als damals dafür Verantwortliche wohl verärgert gewesen. Auf dem Rückweg gab ihr klappriger Opel seinen Geist auf. Weit und breit war auf der sandigen Savannenstraße aber keine Hilfe zu erwarten. Mobiltelefone gab's noch nicht, aber die Autos waren leichter zu reparieren. Beherzt öffnete ich die Motorhaube und schaffte es schließlich mit Hilfe eines Strumpfes, den ich kurzerhand auszog, den gerissenen Keilriemen der Lichtmaschine zu ersetzen.« Von da an hatte sie endlich Madeleine Pusys Vertrauen – und deren unschätzbare Hilfe bei der Kontaktaufnahme mit vielen einflussreichen Persönlichkeiten, die nun auch frei heraus und ausführlich auf Fragen antworteten. – »Eigentlich war genau dieses Erlebnis der Schlüssel zum Erfolg meines Forschungsprojekts«, betont Ruppert.

Bei ihrer Zeit als Gastprofessorin im indonesischen Bandung 2002 stieß sie dagegen mit ihrer »afrikanisch-zupackenden« Art zunächst auf Unverständnis. Sich allein mitten in der Stadt eine Wohnung nehmen zu wollen, schickte sich genauso wenig, wie etwa einfach per Ojek – dem Moped-Taxi – durch die verstopften Straßen zu fahren. Ihre Gastgeber meinten wohl, als Professorin und respektable Frau sei sie am besten immer in Begleitung unterwegs – zum Beispiel mit einer deutschen Studentin, die neben ihr auf dem Campus wohnte (wo man sie entgegen ihres ausdrücklichen Wunsches einfach untergebracht hatte). Ruppert: »Das

wurde mir aber nicht offen gesagt, sondern indirekt bedeutet. Mit der Zeit übernahm die damalige Leiterin des Women's Study-Center sogar die Regie über meinen Kleiderschrank und bestimmte, welches Outfit für welche Gelegenheit am besten passen würde. Das war schon komisch...«

Was sie daraus gelernt hat und allen Studierenden rät, die vor Ort Feldforschung mit und über Menschen betreiben: »Sich vorher nicht nur wissenschaftlich über Geschichte, Politik, Wirtschaft und Kultur, sondern auch über das Alltagsleben informieren! Vielleicht Romane lesen oder Filme schauen. Denn ob man gute Ergebnisse erzielt, hängt in unserem Wissensgebiet nicht zuletzt davon ab, ob und wie die Kommunikation mit den Interviewpartnerinnen und -partnern funktioniert und inwieweit sie bereit sind, das Forschungsanliegen tatsächlich zu unterstützen.« Erfolg sei immer auch situationsabhängig. Und manchmal sei eben Zupacken angesagt, manchmal Zurückhaltung.

Hochsee: Wellen abreiten und Distanz halten

»Was mich immer wieder fasziniert bei all den Reisen, die ich nun schon auf verschiedenen Forschungsschiffen gemacht habe: die Sonnenuntergänge auf See«, gesteht Prof. Michael Türkay [siehe »Der lebende Ozean«, Seite 18]. Für den geborenen und überzeugten Frankfurter bedeutet »Frankfurt a. M.« eben auch »Frankfurt am Meer«. »Von hier aus bin ich schneller in den wichtigsten Häfen der Welt, als wenn ich in Wilhelmshaven leben würde, wo unser kleines Forschungsschiff, die »Senckenberg«, liegt«, erklärt der passionierte Meeresforscher. Mindestens einmal pro Jahr muss er für ein paar Wochen die Planken unter den Füßen spüren, sonst würde ihm etwas ganz Wesentliches in seinem Leben fehlen. Er unternimmt größere Forschungsreisen – vor allem in der Nordsee, auf dem Atlantik und Pazifik, im Roten Meer und dem Indischen Ozean, um »Benthos« – sprich, alle Arten von Bewohnern des Meeresgrunds – mit Netzen, Greifern oder Tauchrobotern einzusammeln. Als Wissenschaftler ist er dabei auf die Hilfe und Kenntnisse der Techniker

Die weite Rumpflächenslandschaft in der Sahelzone Burkina Fasos wird von markanten Inselbergen unterbrochen, die sich bis zu 200m über die Landschaft erheben. Nach dem schweißtreibenden Aufstieg bei mehr als 40°C werden Konstantin König und Amadou Gida Hamadou durch einen großartigen Panoramablick belohnt und bekommen zugleich einen hervorragenden Überblick über die Landschaftsstruktur.



und der Schiffsbesatzung angewiesen. Selbst getaucht ist er noch nicht, aber es wäre ein Traum von ihm, die Unterwasserwelt der Tiefsee einmal per Tauchboot persönlich in Augenschein zu nehmen.

Die eigentliche Forschungsarbeit erfolgt aber ohnehin nach dem Fang, der Sortierung und der Konservierung der Krebstiere (Crustaceen), die ihn besonders interessieren, im Labor des Forschungsinstitutes Senckenberg in Frankfurt. Trotzdem: Zum tieferen Verständnis der Bedeutung der Biodiversität der Meerestiere gehören nach Überzeugung von Turkey der unmittelbare Kontakt zum Meer und die vielen intensiven Erlebnisse, die mit den meisten Meeresforschungsreisen verbunden sind. »Es kann nicht schaden, wenn auch meine Studentinnen und Studenten bei solchen Reisen merken: Man kann nicht alles rational steuern. Manchmal ist man den Gewalten der Natur eben ausgeliefert – und kann vielleicht bei Sturm tagelang nicht arbeiten.« Das ist ihm bei einer Reise passiert, als er in der Nähe der Ekofisk-Ölfelder in der Nordsee gleich dreimal hintereinander vor dem Sturm kapitulieren musste. »Da kann man bloß noch die Wellen abreiten, wie das in der Seemannssprache heißt. Immer rauf und runter geht es dann – das ist für manche schwer, für andere gut zu ertragen. Aber wenn es 48 Stunden hinter-

einander so geht, dann wird's – ehrlich gesagt – auch langweilig.« Turkey ist selbst ein richtiger Seebär und kennt keine Seekrankheit. Auch Angst brauche man auf den Schiffen bei Sturm nicht zu haben, solange die Maschinen in Ordnung sind. Gefährlich werde es nur, wenn das Schiff nicht mehr richtig zu steuern wäre, aber das ist ihm noch nie passiert.

Eine längere Forschungsreise ist auch ein wichtiges soziales Erlebnis, bei dem sich alle Teilnehmer zwangsläufig sehr gut kennenlernen – besonders auf kleineren Schiffen, in denen es kaum einen Rückzugsraum gibt. Größere Schiffe sind aber im Grunde wie ein winziges Dorf, in dem man einander immer wieder begegnet. »Ich lege meinen Studenten dann immer ans Herz, zu den Besatzungsmitgliedern kein zu enges Verhältnis aufzubauen, weil das erfahrungsgemäß bei längeren Fahrten zu Konflikten führen kann. Manchmal ist es gerade auf engem Raum gut, eine gewisse Distanz zu wahren.« Bei Seereisen trenne sich aus seiner Sicht schnell die Spreu vom Weizen. Er spüre sofort, wer für diese Art von wissenschaftlicher Meeresforschung geeignet ist und wer vielleicht bei der Beschaffung seiner Forschungsobjekte lieber nicht so direkt auf See den Elementen ausgeliefert sein möchte. Der Traum von der Meeresforschung müsse sich un-

ter den realen Bedingungen erst bewähren.

Nicht nur in Brasilien oder Australien: Wasserdaten aus vielen Quellen fließen in integrative Gesamtmodelle

Eigentlich ist Feldforschung nicht ihr Ding – jedenfalls nicht das Erheben von Wasserverbrauchsdaten, Pegelständen oder Niederschlagsmengen. Petra Döll, Professorin am Institut für Physische Geographie [siehe »Wasser weltweit«, Seite 54], weist darauf hin, dass solche Daten fast überall – oft schon seit Jahrzehnten – systematisch gesammelt werden. »Meine wissenschaftliche Aufgabe sehe ich darin, diese Daten sinnvoll zusammenzufügen in komplexen Gesamtmodellen, mit denen ich für längere Zeiträume und große Gebiete gesellschaftlich relevante Aussagen über das Wassersystem treffen kann. So entstehen am Computer Expertensysteme, die zum besseren Verständnis der wasserwirtschaftlichen Zusammenhänge beitragen und als Grundlage für die Politikberatung dienen.«

Dass Forschungsreisen vor Ort wichtige Voraussetzungen sind, um den Wasserkreislauf in einem bestimmten Gebiet besser zu verstehen, weiß sie aber aus eigener Erfahrung. So waren die beiden 14-tägigen Rundreisen im Nordosten Brasiliens mit einer Doktorandin und einem US-amerikanischen

Forschungsreisen durch den Nordosten Brasiliens verhalfen Prof. Petra Döll zu einem grundlegenden Verständnis der dortigen Wassersituation. Wichtig war vor allem der Austausch mit ihren Begleitern, einem US-amerikanischen Wasserökonom, brasilianischen Wissenschaftlern und einer deutschen Doktorandin.

Wasserökonomien beziehungsweise einem brasilianischen Kollegen keineswegs überflüssig. Der erfahrene Wasserökonom half ihr, sich rasch den aktuellen Forschungsstand in der Wasserökonomie anzueignen und ihn auf die brasilianische Situation anzuwenden, während der brasilianische Hydrologe sie dabei unterstützte, Kontakte zu Behörden aufzubauen und die lokalen hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse zu verstehen. »Er hatte in Deutschland studiert und konnte sich insofern gut auf unsere von der deutschen Wissenschaftskultur geprägte Denkweise einstellen, was unsere Arbeit sehr erleichterte«, betont Döll. Sie waren aber ohnehin – auch sprachlich – gut vorbereitet: durch selbst an der Universität organisierte Kurse von Muttersprachlern – mit Schwerpunkten auf Fach- und Alltagssprache. Döll: »Das hat sich sehr bewährt. Sonst hätten wir nicht einfach in einem kleinen Ort eine Verkäuferin von Elektrogeräten fragen können, ob Kunden beim Kauf einer Waschmaschine auch etwas über den Wasserverbrauch wissen wollen. Wollten sie übrigens nicht...«

Überhaupt die Menschen: Es ärgert sie, dass die besten Datenerhebungen und die schönsten Modelle nichts bewirken, wenn die Menschen die aus Wissenschaftlersicht sinnvollen Handlungsstrategien nicht umsetzen – aus welchen Gründen auch immer. Das hat sie zu einem für sie neuen Forschungsgebiet geführt. Als »Modellierung sozialer Akteure« beschreibt sie es; in die lockere Alltagssprache übersetzt: Sie will wissen, wie die Menschen wasserwirtschaftlich ticken – und warum sie vernünftige Ratschläge nicht in die Tat umsetzen. Welche unterschiedlichen Problemsichten und Werte müssen bei der Modellkonstruktion mitberücksichtigt werden, damit praktikable Ergebnisse mit Realisierungschancen dabei herauskommen? Mithilfe einer von einem holländi-



schen Forscher entwickelten Software werden deshalb jetzt sogenannte Wahrnehmungsgraphen in die Modelle integriert, die zuvor durch Befragung von Experten oder Schlüsselpersonen eruiert werden. So erprobte sie während ihres Forschungssemesters in Südaustralien, wo Wassermanagement schon lange ein wichtiges Thema ist, eine für Naturwissenschaftler eher unübliche Form der Datengewinnung: Sie befragte einzelne Personen nach deren Einschätzungen in Bezug auf das Management natürlicher Ressourcen. Was ist für eine bestimmte Gruppe, einen bestimmten Landstrich oder eine bestimmte Wirtschaftsform typisch? So machte Petra Döll Bekanntschaft mit ehrenamtlichen Umweltschützern, zum Beispiel mit einem Schafzüchterehewegepaar und einer Öko-Milchbäuerin. All diese Begegnungen und Erfahrungen möchte sie nicht missen, aber sie ist sich nach wie vor sicher: »Modelle zu konstruieren, ist das größere Abenteuer.«

Über den Wolken und mittendrin

Anders als Reinhard Mey in seinem bekannten Song verbindet Prof. Joachim Curtius [siehe »Wie

in Wolken der Regen entsteht«, Seite 29] damit nicht unbedingt den Gedanken an Freiheit. Eher an spannende Momente bei der Verfolgung eines Jets mit dem Forschungsflugzeug »Falcon« zwecks



Dr. Stephan Mertes, ein Kollege vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung in Leipzig, im Forschungslabor auf dem Jungfrauoch – enger geht's nicht.

Spannung pur erleben Prof. Joachim Curtius und seine Mitarbeiter, wenn sie mit dem Forschungsflugzeug »Falcon« in nur 20 Metern Entfernung hinter einer Boeing herfliegen, um dessen Emissionen zu messen.



Emissionsmessung. Denn mit nur 20 Metern Entfernung einem Airbus zu folgen, erfordert vom Piloten hervorragendes Geschick und vom Operateur der Messinstrumente, dem Wissenschaftler, ruhiges Blut. Ansonsten kommt es vor allem darauf an, den vorher detailliert festgelegten Messplan einzuhalten, um den Tag mit den extra für diesen Zweck gebuchten Flugzeugen optimal zu nutzen. Da bleibt für Angst wohl keine Zeit. Dass Flüge mitten ins Gewitter deutlich mehr an die Nerven gehen, gibt er gerne zu. »So ein relativ kleines Forschungsflugzeug wird da schon mal plötzlich ohne Vorwarnung herumgewirbelt [...] Da wurde es mir sogar mal richtig schlecht.«

Solche Turbulenzen brauchte er auf der hochalpinen Forschungsstation des Jungfraujochs in den Schweizer Alpen nicht zu fürchten. Dort hat er im Februar/März 2006 eine Messkampagne geleitet, bei der Eispartikelchen in Wolken vermessen werden sollten. Nötig dazu – natürlich: schlechtes Wetter. Solche Kampagnen dauern deshalb meist etwa sechs Wochen. In der Station sind immer mehrere Wissenschaftler-Teams aus europäischen Ländern parallel eingebucht. Sie liegt 3500 m über dem Meeresspiegel und dient schon seit mehr als 100 Jahren der Forschung und der Wetterbeobachtung. Die eigent-

liche Forschungsstation – es gibt auch einen Bereich für Touristen, die mit der Zahnradbahn kommen, aber spätestens um 16 Uhr wieder abfahren – ist für 12, maximal 14 Bewohner ausgelegt.

Gerade zu Beginn solcher Forschungsreisen fällt die Anpassung schwer. Vor allem wegen der ungewohnten Höhe. Unter Kopfschmerzen und Unruhe leiden die meisten in den ersten beiden Tagen. »Auch dass man so eng beieinander lebt und arbeitet, ist man ja nicht gewöhnt«, erklärt Curtius. »Die Zimmerchen sind sechs bis sieben Quadratmeter groß, es gibt nur ein Gemeinschaftsbad, einen größeren Aufenthaltsraum und eine Bibliothek. Gekocht wird meist reihum und abends gemeinsam gegessen.« Man lebt auf sehr engem Raum zusammen und kann sich nicht spontan nach draußen begeben. Das wäre wegen der Gletscherspalten zu gefährlich. Möglich sind Jogging-Runden im Tunnelsystem, vorgebuchte Zeiten auf dem Trimm-Rad, Luftschnappen auf der Terrasse, aber viel mehr gibt es nicht. Curtius: »Das Labor mit den vielen Instrumenten ist zudem so eng und vollgepackt, dass man dort bei etwa 30 Grad nur im T-Shirt arbeitet, während man draußen vielleicht Temperaturen von –30 Grad misst.«

»Ich habe mich für das Forschungsgebiet Atmosphärische

Physik nicht zuletzt auch deshalb entschieden, weil es über die Grundlagenforschung hinaus viele praktisch anwendbare Ergebnisse erzielt und zur Lösung der drängenden Klima- und Umweltprobleme beitragen kann. Außerdem schätze ich die Lebenserfahrung durch Begegnungen mit interessanten Menschen aus aller Welt. Und man erlebt absolut Außergewöhnliches! Großunternehmen schicken ihre Führungskräfte auf teure Outdoor-Seminare und Überlebenscamps, um die Persönlichkeit zu schulen; wir bekommen das hier im Studium und Beruf einfach so nebenbei mit«, freut sich Curtius.

Also – ähnlich wie bei den anderen Expeditionen – scheint das Klischee vom einsamen, eigenbrötlerischen Naturforscher nicht (mehr) zu stimmen. »Man begegnet allen Arten von Menschen und muss mit ihnen auskommen. So lernt man sich selbst auch genau kennen«, meint Curtius, eine Bewertung, der wohl alle Interviewten zustimmen. ◆

Die Autorin

Marita Dannenmann, 55, arbeitet als freie Journalistin mit den Themenschwerpunkten demografischer Wandel, Bildung und Beruf. Die Diplom-Volkswirtin konzipiert, recherchiert und textet Ratgeber und Magazinbeiträge.

»... zu Erweiterung der Naturkenntniß unternommen ...«

Mit dem Aufklärer Georg Forster durch fremde Welten

»Dr. Johann Reinhold Forster's *Reise um die Welt*, auf Kosten der Grosbritannischen Regierung, zu Erweiterung der Naturkenntniß unternommen und während den Jahren 1772 bis 1775, in dem von Capitain J. Cook commandirten Schiffe *the Resolution*, ausgeführt. Beschrieben und herausgegeben von dessen Sohn und Reisegefährten George (!) Forster. Vom Verfasser selbst aus dem Englischen übersetzt.« So lautet das Titelblatt des 1784 bei Haude und Spener in Berlin erschienen Reiseberichts; die deutsche Erstausgabe dieses Erfolgsbuches datiert auf die Jahre 1778 und 1780.

In seiner Ausführlichkeit enthält das Titelblatt alle wichtigen Informationen, und mit der Lesung des Titelblatts beginnt auch das Hörbuch, eine dem Medienzeitalter angepasste Fassung dieser Reisebeschreibung, bestens geeignet für unterwegs. In fast acht Stunden liest Frank Arnold eine Version des Textes, die sehr geschickt gekürzt und durch Daten und Ortsangaben der Reiseroute strukturiert ist. In der Hörbuchfassung werden vor allem Ereignisse und Beobachtungen mitgeteilt, weiterführende Überlegungen und Reflexionen werden häufig gestrichen; lateinische Zitate entfallen. Bei der Fülle des Materials ist das kein Schaden, zumal die Stationen der Reise auch als einzelne Episoden gehört werden können. Die literarische Qualität Forsters kommt in der Lesung sehr gut zum Ausdruck, denn Frank Arnold ist ein Kenner des Reisewerkes. Eigenheiten des Forster'schen Stils liest er mit Überzeugungskraft, und wir hören den Bericht als spannende Nachrichten aus einer fernen Welt.

Die Hörbuchkassette ist schön aufgemacht, denn sie enthält Zeichnungen, die Georg Forster während der Reise angefertigt. Sie entstammen der ebenfalls 2007 im Eichborn Verlag erschienenen großformatigen Neuausgabe des Reiseberichts, in der die Zeichnungen von Tieren und Pflanzen erstmals zu sehen sind. Reinhold Forster hatte die Blätter des

Sohnes damals an den Naturforscher Sir Joseph Banks verkauft, um seine stets prekäre finanzielle Situation zu verbessern und den Reisebericht überhaupt drucken zu lassen. Später waren die Zeichnungen von Georg Forster dann im »Natural History Museum« in London aufbewahrt worden. Dass nun erstmals Text und Bild gemeinsam vorliegen, ist überaus bemerkenswert – eine weitere Großtat der Anderen Bibliothek.

Nur 290 Tage von insgesamt 1100 Reisetagen hatten die Naturforscher Zeit für ihre biologischen, geologischen und ethnologischen Studien. »Die Auswertung ihrer Forschungsergebnisse im wissenschaftlichen Diskurs hatten die Forsters durch Klassifizierung der Arten nach Linné'scher Vorschrift genau vorbereitet – jede neue Spezies wurde binär mit einem lateinischen Substantiv für die Gattung und einem lateinischen Adjektiv für die Art versehen.« So erläutert Frank Vorpahl im Nachwort. Als Bildunterschriften sind diese Klassifizierungen nun nachzulesen. Von den insgesamt 271 zoologischen und 301 botanischen Zeichnungen, die sich durch Detailgenauigkeit auszeichnen und neue Arten erstmals zeigen, wurde eine repräsentative Auswahl getroffen. Der Band enthält viele, auch ganzseitige farbige Abbildungen, die Forsters Zeichentalent beweisen und einen guten Eindruck von der Arbeit der Naturforscher vermitteln.

Dieser ausgesprochen schön gestaltete, illustrierte Reisebericht, der der verbesserten zweiten Auflage von 1784 folgt, ist über ein Register der Personen, Tier- und Pflanzennamen gut erschlossen. Ergänzt wird er durch ein einfühlsames biografisches Vorwort von Klaus Harpprecht, das auch zwei Illustrationen des englischen Landschaftsmalers William Hodges enthält und ein Nachwort von Frank Vorpahl, das unter anderem über die Auswahl der Zeichnungen informiert. So wurden etwa Zeichnungen vom Aussterben bedrohter Arten für die illustrierte Neuausgabe besonders berücksichtigt, »wie die Ulieta-Drossel auf Raiatea,

der neuseeländische Waldschlüpfer oder der Tahiti-Laufsittich«. Neben der chronologischen Übersicht der Reise hätte man sich noch einen Plan der Reiseroute gewünscht, so wird man allerdings ermuntert, selbst



Georg Forster

Reise um die Welt
Illustriert von eigener Hand (Sonderband der Anderen Bibliothek)
Verlag Eichborn, Frankfurt 2007
ISBN 978-3-8218-6203-3
648 Seiten,
99 Euro



Georg Forster

Reise um die Welt
Gelesen von Frank Arnold.
Produktion:
Eichborn Lido 2007,
ISBN 978-3-8218-5464-9
6 CDs, 473 Minuten,
26,95 Euro

einen Atlas zur Hand zu nehmen und auf Entdeckungsreise zu gehen. Als »armchair traveller« können wir den Weltreisenden begleiten, während wir auf den Bericht seiner Reisen hören.

Gerade in Zeiten der Globalisierung lohnt sich ein Studium des Spätaufklärers. Georg Forsters Wahrnehmung und Beschreibung fremder Welten formuliert nicht nur zivilisationskritische Standpunkte, sondern lässt auch vielversprechende Ansätze für einen Dialog der Kulturen erkennen. So haben die Forsters einerseits die pazifische Wissenschaft entschieden befördert und andererseits auch in Europa zur Herausbildung eines modernen erfahrungsgesättigten und reflexiven Welt- und Menschenbildes beigetragen. Als eine der neuen Leitlinien notierte bereits Friedrich Schlegel in seiner Charakteristik Georg Forsters: »Auch das Vorurteil sollte nicht mit Gewalt bekämpft werden.«

Die Rezensentin

Prof. Dr. Carola Hilmes ist Literaturwissenschaftlerin und hat den Beitrag »Aufbruchstimmung: Reisen in die nahe und die ferne Fremde« [siehe Seite 12] geschrieben.

Volkszorn für die Kamera

Ilija Trojanows Reportagen werfen Schlaglichter auf Menschen, Länder, Gesellschaften

Fußball mag Völker verbinden, doch in Südafrika spielt die Apartheid mit. Immer noch. Im Township südlich von Kapstadt kicken hoffnungsvolle junge Männer auf Plätzen ohne Markierung, in Schuhen ohne Stollen. Fürs Auswärtsspiel qualifiziert ist, wer das Geld für die Bus-

Land, sondern eine Sprache – die deutsche Sprache. Er kann gut mit ihr umgehen, wechselt häufig den Erzählstil und hat eine Schwäche für ungewöhnliche Bilder. Trojanow zeigt seinen Lesern die Kellner in einem indischen Restaurant, die »fledermäusig an der Wand« kleben und den Niger, »so klein wie eine eingegrabene Steppenschlange«. Das liest sich farbig und lebendig.

len etwa die Ideale des Umweltschutzes auf die des Menschenschutzes, wenn Armensiedlungen geräumt und die Bewohner fünfzig Kilometer außerhalb einfach auf Brachland ausgesetzt werden, damit sich der Stadtwald erholen darf. Dass sie beim Abriss ihre wenigen Habseligkeiten verlieren, kümmert niemanden.



Ilija Trojanow

Der entfesselte Globus
Reportagen
Carl Hanser Verlag,
München 2008
ISBN 978-3-446-23030-9
195 Seiten
17, 90 Euro

fahrt zusammenkratzen kann. Das sind die »Schwarzen«. Bei den »Farbigen« – die alte Rassen-Terminologie scheint lebendig wie eh und je – stehen die Chancen für den Fußballnachwuchs etwas besser, wenn auch nicht rosig. Und die »Weißen«? Die spielen Rugby und verachten Fußball. Ob die WM 2010 das verändern wird?

Ilija Trojanow wirft in seinem Buch »Der entfesselte Globus« Schlaglichter auf Länder und Gesellschaften, auf den Alltag und den Wahnsinn des Alltags in aller Welt. Stets geht es dabei um Menschen und ihr miteinander angesichts oft widriger Umstände. Sortiert sind die »Reportagen«, so der Untertitel, nach Geografie von Afrika bis Europa, wobei Europa nur in Gestalt von Trojanows Geburtsland Bulgarien vorkommt. Die Geschichten aus dem ehemaligen Ostblockstaat sind aber die erschütterndsten von allen.

*Heimat ist für ihn kein Land,
sondern eine Sprache*

Der Autor ist ein Kosmopolit, ein Reisender, der nach Umwegen auch über Deutschland die Jugend in Afrika verbracht hat und heute in Wien lebt, mit zahlreichen Stationen dazwischen. Heimat ist für ihn kein

Ob Trojanows Geschichten Reportagen im klassischen Sinn sind, sei dahingestellt. Manche erscheinen eher als eine Aneinanderreihung von Eindrücken (»Savanne der Jugend«) oder als surreale Miniatur (»Oscar in Afrika«), mal sind es Buchbesprechungen, Leitartikel oder philosophische Betrachtungen. Die Zusammenstellung hat etwas Beliebiges. Aber unzweifelhaft weiß Ilija Trojanow, was er beschreibt und wovon er spricht, er ist dort gewesen, er hat mit den Menschen gesprochen, er bereichert die Sicht auf andere Länder um überraschende Facetten. So entpuppt sich etwa der wütende Protest junger Männer in Pakistan, die Bilder von Salman Rushdie laut schreiend verbrennen und darauf herumtrampeln, als inszenierte und bar bezahlte Wirklichkeit, exklusiv fürs Fernsehen. Sobald die Kameras aus sind, legt sich der Volkszorn schlagartig, und die Leute gehen einen Tee trinken. Wie oft sieht der Fernsehzuschauer solche Bilder? Darf er seinen Augen und seinen Urteilen trauen?

*Ist die eigene Sicht
beschränkter als gehofft?*

Beim Lesen drängt sich ohnedies der Verdacht auf, die eigene Sicht sei beschränkter als gehofft (wenn auch sicher nicht so beschränkt und dünnkelhaft wie die Sichtweise jener Kreuzfahrt-Passagiere, die Trojanow in einer der Geschichten gnadenlos vorführt). Dass die indische Stadt Bombay Slums und viele Probleme hat, weiß im Westen jeder. Aber wie vielschichtig und kompliziert sich das Mit- und Nebeneinander der Menschen gestaltet, das ist den meisten Lesern sicher neu. Da pral-

»Statt dessen wird die Wahrheit weiter begraben gehalten wie die Toten in den unmarkierten Gräbern...«

Bedrückend ist die Reise, auf die Trojanow seine Leser nach Bulgarien mitnimmt. In diesem Land, dem heutigen EU-Partner, ist das Unrecht der Vergangenheit – wie andernorts auch – nie aufgearbeitet worden. Der Autor lässt einen Mann namens Atanas Moskow zu Wort kommen, einen Sozialdemokraten, der im Gulag Unvorstellbares erlitten hat. Die Opfer des kommunistischen Regimes warten bis heute darauf, auch nur anerkannt zu werden. »Statt dessen«, so bilanziert Trojanow, »wird die Wahrheit weiterhin begraben gehalten, wie die Toten in den unmarkierten Gräbern auf der Insel Magaretza.«

Was könnte das Fazit dieses unkonventionellen Buches sein? Vielleicht das Lob des Respekts voreinander und der Vielfalt, denn – wie Ilija Trojanow schreibt – »Vielfalt war schon immer die große Stärke Europas«. Grenzen sollten als Zusammenflüsse begriffen werden, als »Spielweisen von Mischkulturen«. Wer sich innerhalb des Kontinents abschotten wolle und glaube, dass sein System das beste, dass seine Kultur vollendet und fertig sei – der glaube letztlich an das Ende der Geschichte. »Er ist somit dem Tod geweiht.«

Die Rezensentin

Ariane Stech, 48, ist freiberufliche Journalistin und arbeitet in der Nähe von Bonn. Als Kind hat sie bereits vielfältige Erfahrungen mit anderen Kulturen gesammelt – mit ihren Eltern hat sie lange in Namibia und England gelebt, heute gehört das facettenreiche Leben in Großbritannien zu ihren Spezialthemen.

Im Kanon der Geschichtswissenschaft angekommen

Eine souveräne Synthese der Umweltgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts

Mit der Aufnahme in die renommierte »Enzyklopädie deutscher Geschichte« scheint die Umweltgeschichte endgültig im Kanon der Geschichtswissenschaft angekommen zu sein. Uekötter belegt mit dieser Arbeit sowohl das große Spektrum als auch die enorme Dynamik umwelthistorischer Themen und Ansätze und bietet, innerhalb der vorgegebenen Struktur, die sich in einen »Enzyklopädischen Überblick«, einen Abschnitt »Grundprobleme und Tendenzen der Forschung« sowie einen thematisch geordneten Quellen- und Literaturteil gliedert, eine anregende Orientierung in das noch recht junge Forschungsfeld.

Unter Verweis auf aktuelle Problemlagen wie etwa globale Erwärmung, Atomkraft oder »Artensterben« liefert Uekötter eine souveräne Synthese der Umweltgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts. Das gilt insbesondere für den ersten Teil, den enzyklopädischen Überblick, der die Hauptwerke und Probleme der Forschung berücksichtigt. In dieser Beziehung kann hervorgehoben werden, dass der Autor auch den Erträgen der ausländischen Forschung die gebührende Aufmerksamkeit schenkt und dadurch gerade »Einsteigern« interessante Debatten der Umweltgeschichte eröffnet.

Der Forschungsüberblick ist chronologisch geordnet. Während das 19. Jahrhundert als eine Art umwelthistorisches »Ancien Regime« zur Industriemoderne charakterisiert wird, das vor allem den Übergang vom Zeitalter des Holzes zu fossilen Energieträgern markiere, deutet der Autor das Kaiserreich als eine umwelthistorische Sattelzeit. Sie ist geprägt durch das Spannungsverhältnis von anhaltenden ökologischen Krisensituationen im Zuge des Wandels vom Agrar- zum Industriestaat einerseits und mannigfaltigen Lösungsstrategien staatlicher sowie zivilgesellschaftlicher Akteure andererseits. Demgegenüber wird die gemeinsam behandelte Zeit der Weimarer Republik und des Nationalsozialismus als eine Periode relativer Ruhe bezeichnet, in der sich um-

weltpolitische Praktiken weitgehend auf bereits zuvor angelegten Pfaden bewegten. Ob allerdings der »Boom« der Naturschutzarbeit während des Nationalsozialismus – wie von Uekötter behauptet – weniger auf eine ideologische Affinität der entscheidenden Akteure zur Blut- und Boden-Ideologie, dafür aber umso mehr auf Hermann Görings private Initiativen und speziell seine Jagdleidenschaft zurückzuführen ist, bleibt – zumindest in dieser holzschnittartigen Skizze – zweifelhaft. Abschließend behandelt Uekötter die Nachkriegszeit, wobei die Umweltgeschichte der DDR deutlich weniger Raum einnimmt, was aber vor allem die in diesem Bereich bestehenden Desiderate der Forschung spiegelt. Insgesamt sei die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg eine umwelthistorische Wasserscheide, die insbesondere ab den 1970er Jahren durch den Aufstieg der Umweltbewegung und, auf der politischen Ebene, durch die Genscher'sche Umweltpolitik geprägt war.

Ein wichtiges und hilfreiches Buch, das den problemorientierten Einstieg in die Umweltgeschichte erleichtert

Im zweiten Teil, der den »Grundproblemen und Tendenzen der Forschung« gewidmet ist, präsentiert Uekötter zehn zentrale Felder der Umweltgeschichte. Beginnend mit einem Überblick zu der doch überschaubaren Anzahl von Fachzeitschriften, umwelthistorischen Buchreihen und Basisliteratur sowie einer Skizze der bescheidenen Ansätze einer Institutionalisierung in der universitären Landschaft, widmet er sich der Ideengeschichte der Umwelt und Natur. Daran anknüpfend behandelt der Autor die Wald- und Forstgeschichte, Ressourcenprobleme, Umweltverschmutzung und Stadthygiene sowie den Naturschutz und die Umweltbewegung nach 1945. Hinzu kommen umwelthistorische Aspekte der Landwirtschaft sowie das noch junge Themenfeld »Natur als Gefahr und Risiko«. Abschließend unterstreicht Uekötter die

markante methodische und thematische Vielfalt der Umweltgeschichte, ohne, wie lange Zeit üblich, verbissen nach einer verbindlichen, einheitlichen Klammer zu suchen. Dabei ist es erfreulich, dass den fruchtlosen vergangenen Debatten um eine bio- oder anthropozentrische Umweltgeschichte nur wenig Platz eingeräumt wird. Ohne die Eigenlogik der natürlichen Umwelt zu bestreiten, macht Uekötter noch einmal deutlich, dass die Fragestellungen der Umweltgeschichte unvermeidlich anthropozentrisch begründet sind.

Einen Band für die Reihe »Enzyklopädie deutscher Geschichte« zu verfassen, bedeutet vor allem, die Er-



Frank Uekötter

Umweltgeschichte im 19. und 20. Jahrhundert

(Enzyklopädie deutscher Geschichte 81)
Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München: 2007
ISBN 978-3-486-57631-3,
160 Seiten,
19,80 Euro

träge der Forschung auf knappem Raum sinnvoll zusammenzufassen, zuverlässig über den Forschungsstand inklusive seiner noch weißen Flecken zu informieren und auf die relevanten wissenschaftlichen Kontroversen hinzuweisen. Diese Aufgabe hat Uekötter gemeistert. Das Buch bietet gemäß seiner Konzeption einen generellen Überblick und einen systematisierenden Zugriff auf die Umweltgeschichte und ist eine wichtige und hilfreiche Arbeit, die vor allem den problemorientierten Einstieg in das Thema erleichtert. Das Werk kann sowohl »alten Hasen« als auch Einsteigern uneingeschränkt zur Lektüre empfohlen werden. ♦

Dr. Noyan Dinçkal, 39, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technikgeschichte an der Technischen Universität Darmstadt.

Politik von heute für die Welt von morgen

Wie ein Bewusstsein von Nachhaltigkeit auf der Ebene der Weltpolitik den Krieg vermeiden könnte

Wie müssten die Voraussetzungen für nachhaltiges Weltregieren aussehen? Dieser Frage geht Harald Müller, Leiter der Hessischen Stiftung für Friedens- und Konfliktforschung und Professor für Internationale Be-

ziehungen an der Goethe-Universität, in seinem im Fischer Verlag erschienenen Buch nach. Mit dem Begriff der Nachhaltigkeit verbindet man gewöhnlich einen verantwortungsvollen Umgang mit ökologischen und ökonomischen Ressourcen. Was bedeutet nun aber nachhaltiges Weltregieren? Offensichtlich ist, dass nicht nur einzelne Länder von Umweltkatastrophen oder der Finanzkrise betroffen sind, sondern alle. Um in der Zukunft umzusteuern und Risiken für Natur und Mensch zu vermeiden, bedarf es also einer gemeinsamen Lösungsstrategie. Diese kann nur gefunden werden, wenn sich alle betroffenen Parteien an einen Tisch setzen und bereit sind, miteinander zu verhandeln. Klingt einfach, ist es aber nicht.

Gleich zu Beginn erläutert Müller die vier Optionen des Weltregierens – das Imperium, den Friedensbund der Demokratien, die Weltrepublik und Global Governance –, um sie gleich darauf zu verwerfen. Das scheint auf den ersten Blick befremdlich: Entstände denn der Frieden auf der Welt nicht von selbst, wären alle Staaten erst einmal demokratisiert? Für unsere westlichen Ohren klingt

das zwar sehr plausibel. Doch Müller macht eindrucksvoll deutlich, dass gerade der westliche Herrschaftsanspruch eher Teil des Problems denn der Lösung ist. Eine wirklich nachhaltige Entwicklung kann nur dann stattfinden, wenn die westliche Welt es versteht, die nicht demokratischen Staaten als solche zu integrieren und nicht zu bevormunden. Müller, der schon 2001 mit »Das Zusammenleben der Kulturen« ein Gegenkonzept zu Huntingtons »Kampf der Kulturen« entwarf, weist darauf hin, dass gerade der Umgang mit Verschiedenheit einer der Schlüssel zu erfolgreichem nachhaltigem Weltregieren ist. Nur wenn Verschiedenheit akzeptiert wird, ist es möglich, Konflikte zu lösen, indem Entscheidungen getroffen werden, die für alle Streitparteien akzeptabel sind. Damit dieses Wirklichkeit werden kann, muss akzeptiert werden, dass auch Akteure, die Menschenrechtsverletzungen begehen oder gar Diktaturen, legitime Akteure sind. Eine durchaus provokante These, die den Leser im ersten Moment vielleicht irritiert, wenn nicht gar schockiert. Es passt nicht zu unseren säkularen und liberalen Vorstellungen, mit Diktaturen zu kooperieren und Unterdrückung hinzunehmen.

Krieg als Hauptfeind von nachhaltigem Regieren

Wenn aber Entscheidungen über die Köpfe dieser Akteure hinweg und nicht mit ihnen zusammen entwickelt werden, so sind sie mit großer Wahrscheinlichkeit nicht dauerhaft umsetzbar. Und sie lassen sich auch nicht durch Kriege aufzwingen. Harald Müller, Experte für Rüstungskontrolle und langjähriges Mitglied des Beratungsausschusses zu Abrüstungsfragen des Generalsekretärs der Vereinten Nationen, verweist darauf, dass die »Ordnungskriege« und die »humanitären Interventionen« der 1990er Jahre alle ernüchternde Bilanzen vorzuweisen haben. Und auch der Irakkrieg hat gezeigt, dass ein gewonnener Krieg noch lange nicht bedeutet, dass Sicherheit und Ordnung einziehen. Ganz im Gegenteil ist der Krieg der Hauptfeind von nachhalti-

gem Regieren. Er darf daher nicht Mittel zum Zweck sein. Müller geht sogar noch weiter und sagt, dass es möglich wäre, den Krieg als politisches Mittel abzuschaffen. Dies sei kein frommer Wunsch, sondern könne durchaus vernünftige Realpolitik sein. Seiner Meinung nach sind alle derzeitigen Konflikte lösbar. Wenn sie auch nicht sofort beizulegen sind, so können sie doch so lange eingedämmt werden, bis sich die streitenden Parteien kompromissbereit zeigen, weil sie des Kampfes müde sind. Die Kontrahenten brauchen einen Mediator, der sowohl mit freundlichem als auch mit unfreundlichem Druck auf sie einwirkt.

Um diese Welt ohne Krieg zu ermöglichen, sollte nach Ansicht des Politikwissenschaftlers und -beraters an der zentralen Rolle der Staaten festgehalten werden. Sie allein sind in der Position gegenüber den Menschen, die in ihrem Gebiet leben, Recht durchzusetzen. Des Weiteren führt er an, dass es nur dann möglich ist, die politische Autonomie der Völker zu schützen, wenn Regeln zwischen Staaten vereinbart werden. Allerdings stehen sie schon lange nicht mehr alleine da. Internationale Organisationen und Nichtregierungsorganisationen sowie Unternehmen haben längst einen festen Platz in der internationalen Gemeinschaft eingenommen und werden zu Recht in Fragen internationaler Politik angehört. Der Staat ist stark, bedarf zur Umsetzung nachhaltiger Politik aber der Zivilgesellschaft.

Müller bringt seine Thesen in allgemein verständlicher Sprache vor, so macht er seine wissenschaftlichen Überlegungen von hoher gesellschaftlicher Relevanz einem breiten Publikum zugänglich. Nachhaltige Veränderungen und vor allem Verbesserungen in der Gesellschaft können nur gelingen, wenn alle daran teilnehmen; und jeder Einzelne kann etwas tun. Harald Müller rät den Lesern, sich zu informieren, Zeitung zu lesen, in die Politik zu gehen, Leserbriefe zu schreiben. Meine Empfehlung lautet: Lesen Sie für den Anfang doch ein gutes Buch – dieses Buch zum Beispiel! ♦



Harald Müller

Wie kann eine neue Weltordnung aussehen?

Wege in eine nachhaltige Politik
Fischer Taschenbuch Verlag
Frankfurt am Main 2008
ISBN 978-3596176663
320 Seiten,
9,95 Euro

Die Rezensentin

Kerstin Eisbrenner hat Politikwissenschaften an der Goethe-Universität studiert und ist Projektmanagerin der Frankfurt Graduate School for the Humanities and Social Sciences an der Universität Frankfurt.

Die globale Zukunft der Gewalt

Führt der Klimawandel des 21. Jahrhunderts zu einer bisher unbekanntenen Eskalation der Gewalt?

Unter dem etwas irreführenden Titel »Klimakriege« beschreibt der Sozialpsychologe Harald Welzer, wie Ressourcenknappheit zu sozialen Katastrophen – Gewaltexzessen und Flüchtlingswellen – führen kann. Seine zentrale These ist, dass infolge des Klimawandels die privilegierten Weltregionen von riesigen Flüchtlingswellen erfasst werden, die gewalttätige Reaktionen hervorrufen. Als Beleg dient dem Autor der Krieg in Darfur, der seiner Einschätzung nach der erste »Klimakrieg« ist.

Den Klimawandel beschreibt Welzer anhand des vierten Sachstandsberichts des Weltklimarates IPCC des Jahres 2007, nach dem die Menschheit seit Mitte des 19. Jahrhunderts eine starke, größtenteils anthropogen verursachte Erderwärmung erlebt. Durch die Trägheit des Klimasystems wird diese noch einige Jahrzehnte anhalten – selbst wenn die optimistischsten Szenarien zur Einsparung von Treibhausgas eintreffen sollten. Der Klimawandel wird in vielen Weltregionen zu verschlechterten Lebensbedingungen führen und die Entwicklung von Konflikten beeinflussen.

Eine der Stärken des Buches liegt zweifellos darin, drastische Zukunftsszenarien zu entwerfen, die auf naturwissenschaftlichen, soziologischen und historischen Informationen beruhen. Die Notwendigkeit zum Handeln ist daraus eindeutig erkennbar. Besonders interessant wird es, wenn Welzer Verhaltensformen bei sich ändernden Lebensbedingungen sozialpsychologisch interpretiert; so reagieren Menschen auf Naturkatastrophen völlig unterschiedlich, und zwar abhängig davon, wie vorhersehbar das Ereignis für sie war. Die Menschen neigen im Falle angekündigter Naturkatastrophen weniger zur Schuldprojektion auf unschuldige Sündenböcke.

Welzer entwirft drastische Zukunftsszenarien, die zum Handeln auffordern

Welzer zeigt außerdem, wie wenig die Entwicklung von Gesellschaften logischen Theorien folgt und wie sehr im Gegensatz dazu »gefühlte Probleme« oder Bedrohungsszenarien

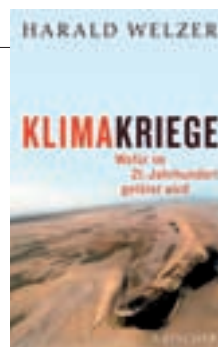
(etwa der US-Soldaten in Vietnam oder der Hutu in Ruanda 1994) extreme Gewalteskalationen auslösen können. Beispiele für unlogisches Verhalten findet der Autor auch im Größenwahn, der zur Natur- und Selbsterstörung eines Volkes führt (wie auf den Osterinseln) sowie in kriegerischen Auseinandersetzungen, die durch Habgier verlängert werden (wie in Afghanistan oder Darfur). Ebenso kritisiert er es als unmenschlich, wie Europa sich aus Angst vor »Überfremdung« absototet. Für alle diese alarmierenden Phänomene muss die globale Gesellschaft seiner Meinung nach Lösungen finden.

Zu kritisieren ist, dass Welzer kriegerische Auseinandersetzungen, die durch einen Klimawandel verursacht werden, als grundsätzlich neues Phänomen betrachtet. Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass auch in der Vergangenheit Klimaänderungen zu verschlechterten Lebensbedingungen und daraus resultierenden Konflikten führten. So brachte die Kleine Eiszeit, die bis ins 19. Jahrhundert andauerte, Nahrungsmangel, Seuchen und gewalttätige Unruhen mit sich: Dazu zählen der Dreißigjährige Krieg, der Sturz der Ming-Dynastie und die Französische Revolution. Insofern ist der Krieg in Darfur nicht der erste Klimakrieg.

Warmphasen wie das Optimum der Römerzeit (zirka 500 v. Chr. bis 400 n. Chr.) und die Hochmittelalterliche Warmzeit (zirka 1000 bis 1300 n. Chr.) brachten zwar günstigere Lebensbedingungen, führten aber gleichzeitig zur Expansion von Hochkulturen auf Kosten anderer Völker. So fielen in die erste Warmzeit die Blütezeiten der Han-Dynastie und des Imperium Romanum. Die zweite Warmzeit sah die Verbreitung der Wikinger bis Nordamerika und die Bildung des Heiligen Römischen Reiches. Durch die günstigen Lebensbedingungen kam es zu einem starken Bevölkerungswachstum. Gleichzeitig brachte die Hochmittelalterliche Blütezeit auch die Kreuzzüge. Aber gab es Klimakriege aufgrund günstiger Klimabedingungen?

*»Klimakriege«
gab es schon früher*

Fragwürdig ist weiterhin, ob der aktuelle Klimawandel die Hauptursache für den Krieg im Sudan ist. Zwar beschreibt Welzer eindrücklich, wie die Bevölkerungsgruppen entlang ethnischer Grenzen um die abnehmenden Ressourcen konkurrieren. Er zeigt jedoch gleichzeitig, wie die sudanesisische Regierung den Konflikt verschärfte, indem sie ihn ethnisierte und traditionelle Formen der Konfliktlösung unmöglich machte. Hier hat also offensichtlich das Staatssystem



Harald Welzer

Klimakriege.
Wofür im 21. Jahrhundert
getötet wird
S. Fischer Verlag,
Frankfurt am Main 2008
ISBN-10 3100894332
335 Seiten,
19,90 Euro.

tem versagt. Folgt man dem Historiker Wolfgang Behringer in seiner »Kulturgeschichte des Klimas«, so sah man bereits in der Kleinen Eiszeit, im Zeitalter der Aufklärung, Hungerkatastrophen als Versagen der staatlichen Institutionen an. Funktionierende Staatssysteme können sozialen Katastrophen vorbeugen. Ein weiterer von Welzer nicht ausreichend berücksichtigter Aspekt ist die Bevölkerungsexplosion: Die Bevölkerung hat sich im 20. Jahrhundert verfünffacht.

Welzer legt ein aufrüttelndes, informatives Buch vor, auch wenn er den Beweis schuldig bleibt, dass der Klimawandel erstmals die »Ursache Nr. 1« für kriegerische Konflikte sein soll. Er ist – wie bei früheren Katastrophen – eine wichtige Mitursache; und zusammen mit dem Raubbau an der Natur, der Bevölkerungsexplosion und dem Versagen der Institutionen könnte er die von Welzer prophezeiten gewaltigen sozialen Umwälzungen mit Dauerkriegen und Flüchtlingsmassen verursachen. ◆

Dr. Bodo Ahrens,
41, ist Professor
am Institut für
Atmosphäre und
Umwelt an der
Goethe-Universität
und leitet dort die
Arbeitsgruppe
»Mesoskalige
Meteorologie
und Klima«.

Gentechnik gegen Hunger?

Biochemiker Klaus Halbrock sucht Lösungen für Probleme der Welternährung

Immer wieder weist die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen FAO (Food and Agriculture Organization) darauf hin, dass mehr als 800 Millionen Menschen in der Welt unterernährt sind und das Ziel der Weltgemeinschaft, den Hunger bis 2015 zu halbieren, in fast unerreichbare Ferne rückt. Zwar ist seit 1960 der globale landwirtschaftliche Ertrag um rund zwei Prozent pro Jahr gestiegen und ermöglichte trotz Bevölkerungswachstums eine höhere Kalorienversorgung pro Kopf. Doch diese Zunahme hat vor allem in naturräumlich, technologisch und strukturell begünstigten Regionen stattgefunden, während Länder in Afrika südlich der Sahara und kleinbäuerliche Regionen in Lateinamerika und Teilen Asiens ihre Flächenproduktivität

Themen aus dem Bereich der nachhaltigen Entwicklung den Forschungsstand und mögliche Optionen allgemein verständlich darzustellen.

*Jeder zusätzliche Mensch ...
ein Nahrungskonkurrent*

In insgesamt neun Kapiteln widmet sich der Autor der Frage, wie die menschliche Ernährung trotz anhaltenden Bevölkerungswachstums und zunehmender Umweltdegradierung langfristig gesichert werden kann. Dabei wird gleich im Vorwort die »Grüne Gentechnik« als wichtiger Lösungsansatz favorisiert: Der wirtschaftliche Gewinn gentechnisch veränderter Agrarpflanzen komme vor allem Kleinbauern in Entwicklungsländern zugute, und durch verringerten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln profitiere die Umwelt erheblich. Beide Aussagen sind wissenschaftlich hochgradig umstritten.

Die ersten drei Kapitel des Buches befassen sich mit der Entwicklung der Weltbevölkerung und ihren ökologischen Folgen, der historischen Entwicklung von Naturverständnis, Landwirtschaft und urbaner Lebensweise sowie der Stellung des Menschen in seiner Umwelt. Wir erfahren von den Errungenschaften der Neolithischen Revolution, dem Leben früher Hochkulturen in der Bronzezeit, den Epidemien im Mittelalter und dem ambivalenten wissenschaftlich-technischen Fortschritt der Gegenwart. Das Bevölkerungswachstum in Entwicklungsländern hält der Autor für eine wesentliche Bedrohung der Existenz- und Ernährungssicherung: »Jeder zusätzliche Mensch ist nicht nur Nahrungskonkurrent, er trägt auch durch sein bloßes Dasein und seine Ansprüche an Lebensqualität unausweichlich zur weiteren Reduktion der Artenvielfalt und zu den vielen sonstigen Gefährdungen der Umwelt bei.«

*Ideologische Verfälschung ...
von Zielen der Gentechnik*

In den folgenden vier Kapiteln wird die Pflanzenzüchtung behandelt und hier insbesondere die Gentechnik in Forschung und Anwendung sowie

deren ethische Bewertung. Der Autor, Professor für Biochemie, sieht als entscheidendes Kriterium für die ethische Bewertung der Gentechnik in der Landwirtschaft die Gegenüberstellung eines verstärkten Eingriffs in die Evolution von Nahrungspflanzen und einer ökologischen Gefährdung durch Übernutzung der Biosphäre für die menschliche Ernährung. Doch habe die Gentechnik ihren Nutzen für die menschliche Gesundheit und Landwirtschaft bereits vielfach bewiesen. »Aufgrund bisheriger Erfahrung sind Schäden für Mensch und Umwelt bei richtiger Handhabung der Gentechnik nicht zu erwarten. Gegenteilige Befürchtungen ohne sachlich fundierte Begründung sind Ausdruck mangelnder globaler Verantwortung und Ergebnis einer sensationellen oder ideologischen Verfälschung von Inhalten und Zielen der Gentechnik.«

Im letzten Kapitel werden Schlussfolgerungen für die Praxis gezogen: Neben verbesserter chemischer, mechanischer und biologischer Verfahren der Pflanzenzüchtung, Düngung und des Pflanzenschutzes wird die Reduktion der Bevölkerungszahl als eine der dringlichsten Aufgaben betrachtet, um eine ausreichende menschliche Ernährung zu gewährleisten.

Zwar ist das Buch leicht lesbar und auch für wissenschaftliche Laien verständlich, doch die Darstellung des Forschungsstandes ist selektiv und unausgewogen. Eine differenzierte Auseinandersetzung mit der Bedeutung der Gentechnik in der Landwirtschaft suchen die Leserin und der Leser ebenso vergeblich wie mit den Ursachen und Folgen der globalen Bevölkerungsentwicklung. Soziale Aspekte wie etwa die Bedeutung von Geschlechterrollen in der Landwirtschaft finden keinerlei Beachtung.

Besonders auffällig ist die fehlende Auseinandersetzung mit den weltwirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen landwirtschaftlicher Produktion und Ernährungssicherung, zum Beispiel den Folgen der Globalisierung und der Liberalisierung der Agrarmärkte. ♦

Klaus Halbrock

Kann unsere Erde die Menschen noch ernähren?

Bevölkerungsexplosion – Umwelt – Gentechnik
Fischer Taschenbuch Verlag,
Frankfurt am Main 2007
ISBN 978-3-596-17272-6
318 Seiten,
9,95 Euro



kaum steigern konnten. Entsprechend hat zwar der Anteil der Hungernden und Unterernährten seit 1990 global abgenommen, doch in den Entwicklungsländern ist die Zahl der Unterernährten im Zeitraum 1995 bis 2003 wieder gestiegen. Die aktuelle Nahrungsmittelkrise hat diese Trends noch verschärft.

Die Ursachen von Hunger, Armut und Unterernährung sind komplex, und entsprechend lückenhaft ist das Wissen über die ökologischen, ökonomischen, sozialen und politischen Wirkungszusammenhänge und Lösungsansätze. Diese Leerstelle will die Publikation von Klaus Halbrock füllen und beginnt mit einer eindrücklichen Beschreibung des Problems. Das Buch wurde konzipiert im Rahmen der von Klaus Wiegand herausgegebenen Buchreihe »Forum für Verantwortung«, die darauf abzielt, zu insgesamt zwölf zentralen

Die Rezensentin

Dr. Diana Hummel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für sozial-ökologische Forschung (siehe auch Autoreninfo auf Seite 63)

Elendsviertel – die dunklen Seiten der explodierenden Megastädte

Amerikanischer Stadtforscher prognostiziert:
2030 leben zwei Milliarden Menschen in Slums

Mike Davis gilt als einer der kritischsten amerikanischen Stadtforscher und beschäftigt sich seit Jahren mit den dunklen Seiten der Stadtpolitik. Die Verdrängung und Kriminalisierung von marginalisierten Bevölkerungsgruppen in Los Angeles (*City of Quartz. Ausgrabungen der Zukunft in Los Angeles, 1994*) und die ökologischen Effekte der voranschreitenden Verstädterung (*Ökologie der Angst. Das Leben mit der Katastrophe, 1999*) gehören ebenso in sein Repertoire wie etwa die Ausbreitung der Vogelgrippe (*Vogelgrippe. Zur gesellschaftlichen Produktion von Epidemien, 2005*) und Hungerkatastrophen (*Die Geburt der Dritten Welt. Hungerkatastrophen und Massenvernichtung im imperialistischen Zeitalter, 2004*). In seinem aktuellen, nun auch in der deutschen Übersetzung vorliegenden Buch wendet er sich den Elendssiedlungen der weltweiten Megastädte zu.

»Slum« wird dabei zu einem Synonym und Sammelbegriff für meist informell errichtete Elendsviertel für die Ärmsten der Armen in den schnell wachsenden Städten des Südens. Zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit – so Davis – lebt der größte Anteil der Weltbevölkerung in Städten. Insbesondere die sogenannten Megastädte in Afrika, Asien und Lateinamerika wachsen in einem schreckenerregenden Tempo zu Metropolen mit über zehn Millionen Einwohnern. Davis spricht von »explodierenden Städten«. Ein großer Teil dieses rasanten Wachstums geht auf die stete Ausbreitung der überfüllten Armensiedlungen zurück, die keinen angemessenen Zugang zu Trinkwasser und sanitären Einrichtungen haben und deren rechtlicher Status ungesichert ist. Bis zum Jahr 2030 – so die Prognose von Davis – wird die globale Slumbevölkerung auf zwei Milliarden Menschen anwachsen. Im Gegensatz zu klassischen Verstädterungsprozessen bezeichnet Davis diese Entwicklung als »Überurbanisierung«, weil die städtische »Reproduktion von Armut und nicht durch

das Angebot von Arbeitsplätzen angetrieben« sei.

Staatliches Desinteresse an den Lebensverhältnissen der »Überflüssigen«

Mit Beispielen aus dutzenden Städten in den drei Kontinenten des Südens beschreibt Davis eindrucksvoll die katastrophalen Lebensverhältnisse in solchen Siedlungen. Armut und Hunger, Krankheiten und Seuchen bestimmen das düstere Bild der Slums. Doch Davis bleibt nicht bei einer Beschreibung und Typologie verschiedener Formen von Slums stehen, sondern begibt sich auf die Suche nach Ursachen: Die durch Industrialisierung und Strukturpassungsmaßnahmen zerstörten Existenzbedingungen der Landbevölkerung, ein unzureichender Wohnungsbau und das staatliche Desinteresse an den Lebensbedingungen der Armen und Überflüssigen werden von Mike Davis als »Verrat des Staates« beschrieben. Meist – so der Autor – greift der Staat erst ein, wenn die Slums zu unregierbaren und damit gefährlichen Siedlungen angewachsen sind. Kriminalisierung der Bewohner und Versuche, mit militärisch-polizeilichen Instrumenten die Slums zu beseitigen, seien eher ein Krieg gegen die Armen denn ein Kampf gegen die Armut. Selbst die wohlmeinenden Selbsthilfeprogramme von internationalen Institutionen würden letztlich die Armut weiter verschärfen, weil sie auf private Investitionen setzen und die Siedlungen in die Verwertungskreisläufe des Wohnungsmarktes zu integrieren versuchen. Diese Programme verbesserten zwar die Situation der räumlichen Strukturen, nützten aber denen wenig, die nicht genug haben, um dort weiterhin zu wohnen.

Das vorliegende Buch gibt einen guten und umfangreich recherchierten Überblick der aktuellen Stadtentwicklungsprozesse in den Städten des Südens. Die dichte Beschreibung basiert auf Beispielen aus aller Welt und zeigt überzeugend, dass wir uns

auf einen »Planet der Slums« zu bewegen. Doch der überwiegend deskriptive Zugang und eine Erzähltechnik der Montage lassen beim Lesen schnell den Überblick verlieren. Dort, wo Beobachtungen aus Manila, Lagos und Mumbai in kurzen Ab-



Mike Davis

Planet der Slums
Verlag Assoziation A,
Berlin/Hamburg 2007
ISBN 978-3-935936-56-9
248 Seiten,
20 Euro

schnitten ineinanderfließen, entstehen Bilder, die sich einer systematischen Analyse entziehen.

Eine eindruckliche Spurensuche

Das Buch liest sich als bedrückende Spurensuche des städtischen Elends der Gegenwart, und statt der erhofften Auswege skizziert Davis zum Ausklang seiner Studie ein Szenario des Krieges. So zitiert er strategische Überlegungen aus dem Umfeld der US-Army, die die »failed cities« der Dritten Welt – und vor allem ihre äußeren Slumbezirke – zu »Schlachtfeldern des 21. Jahrhunderts« erklären. Trotz oder gerade wegen dieser Hoffnungslosigkeit ist das Buch ein Muss für alle, die sich den globalen städtischen Herausforderungen stellen wollen. ◆

Der Rezensent

Dr. Andrej Holm ist Soziologe und koordiniert am Institut für Humangeographie ein Forschungsprojekt zu den »Neuordnungen des Städtischen im neoliberalen Zeitalter«. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Stadtentwicklungsprozesse und Wohnungspolitik im internationalen Vergleich.

Weltraum zwischen den Zeilen

Niels Werbers Beitrag zur »reflexiven Globalisierung«

Der Mensch war schon immer ein globales Wesen – nur lange Zeit wusste er dies nicht. Den Prozess, bei dem die Mitglieder moderner Gesellschaften dieses neu gewonnene Wissen um ihre globale raumzeitliche Verbundenheit in ökonomische und kulturelle Chancen verwandeln, könnte man reflexive Globalisierung nennen; Werbers Buch beleuchtet diesen Prozess aus literatur- und kulturwissenschaftlicher Perspektive. Hegel hätte gesagt, der Mensch sei an sich schon immer globalisiert gewesen, nur für sich noch nicht. Mit Werbers Essay im Hinterkopf können wir nun sehen, dass auch die Weltliteratur des 19. und 20. Jahrhunderts von Kleist über Melville und Tolkien bis zu George Lucas schon immer geopolitische Utopien ausgemalt hat,

Medien und Politik ihre theoretischen Grundorientierungen von den geopolitischen Fantasien geborgt hat, die schon vor 200 Jahren verbreitet waren.

Die aktuellen Einschätzungen darüber, welche Bedeutung der Raum für die Verteilung von Macht und politischer Handlungsfähigkeit hat, könnten nicht unterschiedlicher sein. Was haben die medialen Revolutionen des vergangenen Jahrhunderts – von Telefon und Radio bis zu Fernsehen und Internet – global bewirkt? Während die einen à la Fukuyama mit der sozioökonomischen Alternativlosigkeit von Wirtschaftsliberalismus und Demokratie nach dem Zerfall des Ostblocks das Ende der Geschichte antizipieren, sehen die anderen einen »clash of civilizations«

auch, dass uns die mediale Weltordnung – noch, möchten viele vielleicht hinzufügen – nicht zu einer friedlichen »global community« zusammenschweißen konnte, sondern dass der Raum seine globale politische Bedeutung offenbar nicht ganz eingebüßt hat.

Was hat nun die Literatur dazu zu sagen? Anders als man vielleicht meinen könnte, sind literarische Werke – genauso wenig wie die Gesinnung ihrer Urheber – geopolitisch unschuldig. So kann man anhand eines Zeitungsartikels von Kleist aus dem Jahr 1810, der dessen »Entwurf einer Bombenpost« enthält, nachvollziehen, dass der Traum von rapider medialer Verbundenheit nicht erst seit einigen Jahrzehnten geträumt wird und überdies militärischer Natur ist.

In Hegels »Philosophie der Geschichte« kann man nachlesen, wie sich der europäische Intellektuelle seit der Mitte des 19. Jahrhunderts Amerika vorstellt. Die herkömmlichen Stereotypen von geistlosem Pragmatismus und kapitalistischem Yankeetum des amerikanischen Bürgers werden bei Hegel, der ja eigentlich als der Philosoph bekannt ist, der die Rolle der Zeit für die Weltgeschichte betont hat, geografisch begründet: flaches Land, flache Gedanken und so viel Platz, dass sich keine »Kultur« bilden kann, nur »Zivilisation«.

All das ist freilich keine Eigentümlichkeit der Romantik und ihrer Erben, denn auch in der modernen Populärkultur und den Epen, die sie hervorgebracht hat, lassen sich geopolitische Ordnungsentwürfe wiederfinden. In Tolkiens »Herr der Ringe« wird der Charakter einer Rasse, seien es Orks, Hobbits oder Elben, durchweg mit deren geografischer Verwurzelung in Verbindung gebracht, und auch der »Krieg der Sterne« stellt ein Beispiel dafür dar, wie die populären Erzählungen der Moderne ein »geopolitisch Unbewusstes« enthalten, das von den politischen Theorien der Gegenwart nur zu gern übernommen wird. Werbers Fazit lautet denn auch, dass die These von der fortschreitenden medialen Bagatellisierung des Raums voreilig ist: »Der Raum macht einen Unterschied«.



Niels Werber

Die Geopolitik der Literatur.

Vermessungen einer medialen Weltraumordnung
Hanser Verlag, München
2007 ISBN
978-3-446-20947-3
334 Seiten,
24,90 Euro

wenn auch vielleicht nicht immer absichtlich und schon gar nicht politisch unverdächtig.

Der Untertitel von Werbers Buch kündigt eine »Vermessung der medialen Weltraumordnung« an. Das klingt fremd und vertraut zugleich, jedenfalls aber ambitioniert und ist eigentlich gar nicht das, was Werber vorhat: Ihm geht es vielmehr darum zu beschreiben, wie die Literatur die globale Ordnung von Räumen und Lagen thematisiert, reflektiert und auf die politische Tagesordnung setzt. Seine Hauptthese ist denn auch, dass die gegenwärtige philosophische und soziologische Auseinandersetzung mit dem Zusammenhang von Raum und Macht,

à la Huntington heraufziehen; man weiß nicht so recht, welche Vision man erschreckender finden soll.

*Und doch scheint es
nicht gleichgültig, wo
etwas stattfindet ...*

Einer einflussreichen These zufolge hat uns insbesondere das Internet eine Welt ohne Raum beschert. Im Fahrwasser von Luhmanns Begriff der »Weltgesellschaft« behaupten die Vertreter dieser Theorie, mit den raumzeitlich völlig eingeschränkten Kommunikationsströmen des »world wide web«, die unkontrollierbar sind und ohne hierarchische Organisation auskommen, befänden wir uns in einem Prozess der Deterritorialisierung, der geradewegs nach »Atopia« führe: Wo etwas stattfindet, ist fortan gleichgültig.

Andererseits lehrt uns das welt-historische Faktum des Terrorismus

Der Rezensent

Hanno Sauer studiert Philosophie und Germanistik an der Universität Frankfurt und hat soeben seine Magister-Arbeit über die Rolle des Begriffs instrumenteller Vernunft in der Sozialphilosophie abgeschlossen.

Von Frühlingsrollen in der Diaspora und dem etwas anderen Restaurant als »transnationalem Kontaktraum«

Über das Essen als Nahrungsmittel und kulturelle Praxis

»Fast Food. Slow Food« ist eine bunte Mischung »Ethnographischer Studien zum Verhältnis von Globalisierung und Regionalisierung in der Ernährung«, herausgegeben von Regina Römhild und anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie der Universität Frankfurt. Das Besondere an diesem Band ist wohl der ethnografisch-kosmopolitische Blick auf Essen als Nahrungsmittel und kulturelle Praxis. Kosmopolitisch ist die forschungsleitende These dahin gehend zu verstehen, »dass sich Globalisierung und (...) Regionalisierung nicht gegenseitig ausschließen, sondern sich aufeinander beziehen, sich in enger Wechselwirkung (...) gegenseitig hervorbringen«. Es sind gerade das Verhältnis lokaler/globaler Prozesse und die daraus hervorgehenden gesellschaftswirksamen Praxen des Essens und der Ernährung, die die thematische Klammer des vorliegenden kulturanthropologischen Bandes bilden.

In acht ethnographischen Skizzen der »Kulturanthropologie Notizen« werden soziokulturelle Topografien der kulturellen Praxis von Essen und Ernährung vorgestellt, die den Verstrickungen von Globalisierung und Lokalisierung ihre vielstimmige Realität geben. Wie dies die Region Mittelrhein »zwischen Massentourismus und Weltkulturerbe« in all ihrer Ambivalenz–zwischen »kreativer Tradionalisierung« und Krisenmanagement–tangiert, zeigen Aline Krämer und Michaela Nietert sehr deutlich.

So kann ein Nahrungsmittel wie Suppe »im Spannungsfeld von Einwanderungsstadt und Global City« auf unterschiedlichste soziale (Macht-) Praxen verweisen, wie Katharin Schwab am Vergleich karitativer Suppenküche und trendiger Suppenbar skizziert. Darüber hinaus zeigen Regina Römhild in ihrer Einleitung und Catharina Kern in ihrem Beitrag zu »Perspektiven auf Globalisierung und Regionalisierung im Frankfurter Convivium« sehr anschaulich, dass die

Slow-Food-Bewegung, die das »Recht auf Genuss« einfordert, damit auch ein kosmopolitisches Manifest aufstellt, das sich gegen den zunehmenden Globalisierungsdruck des Fast Food wendet und stattdessen »die regionale Vielfalt der Rohstoffe und der Zubereitungen, die Lust am langsamen Genießen des Essens, die Mahlzeit als kommunikatives, gemeinschaftliches Alltagsereignis« zelebriert.

Biodynamisch: Der Umgang mit einer globalisierten Welt auf dem Dottenfeldhof

Mit dem Beitrag »Rodelika und ihre Schwestern. Gemüsezüchtung und der Umgang mit einer globalisierten Welt auf dem Dottenfeldhof« zeigt Gunvor Schmidt am Beispiel eines »biologisch-dynamisch« geführten und anthroposophisch orientierten Bauernhofs, wie sich die »globale Regionalisierung« auf die Produktion und Vermarktung von Bio-Saatgut und Bio-Gemüsesorten auswirkt. Dabei zeichnet Schmidt einen vielschichtigen alltagsweltlichen Prozess nach, der einerseits der ideellen und materiellen Emanzipation regionaler Praxis von globalökonomischen Strukturen und Abhängigkeiten gilt und andererseits die produktive Einbettung in globale Vernetzungsstrukturen verändernd zu nutzen sucht.

Ist die Forderung nach »Bio für alle« ein Trend, der gerade nicht zur regionalen Diversität, sondern zur Vereinheitlichung der Produktion und Vermarktung von Bio-Produkten führt? Wie wirkt sich dies auf so unterschiedliche Konzepte und Angebote wie Bio-Läden, Bio-Supermärkte und Reformhäuser aus? Um diese Fragen zu beantworten, spürt Christian Abresch »Neue Entwicklungen zwischen Öko-Nische und Supermarkt« auf. Und dabei stellt sie fest, dass es sowohl zu Annäherungen als auch zu Distinktionsgewinnen zwischen den unterschiedlichen Anbietern von Bio-Produktion kommt.



Produzenten und Konsumenten als Akteure bei McDonald's

Wer kennt ihn nicht, den Slogan »Ich liebe es!«? Genau, es handelt sich um die globale Werbestrategie der Fast-Food-Kette McDonald's. Was steckt aber hinter den klug ausgetüftelten Werbekulissen? Georgette Carbonilla, Nadine Demtrio, Benjamin Wösten und Daniel Zipf beantworten diese Frage, indem sie die »Produzenten und Konsumenten als Akteure bei McDonald's« in den Blick nehmen: McDonald's funktioniert als Unternehmen nach dem Baukastenprinzip, das mit regionalen Akteuren das globale Image McDonald's in ein regionales Erscheinungsbild transformiert. Ali, Özgür und Nasan sind – mit ihrem Migranten-Hintergrund – beispielsweise typische transnationale McJobler und auch McDonald's-Stammgäste. Sie nutzen McDonald's weniger als kulinarische Anlaufstelle, für sie ist »das etwas andere Restaurant« vielmehr ein zentraler Ort ihrer Freizeitgestaltung und der Inszenierung multi-ethnischer Lebenswelten. Wie Christian Ritter in seinem schönen Beitrag »Frühlingsrollen in der Diaspora. Asiatische Lebensmittel jenseits der Enklavenökonomie« zeigt, können Asia-Läden ebenso wie McDonald's als »transnationale Kontakträume« interpretiert werden, in denen so etwas wie kosmopolitische Kompetenzen im Umgang mit unterschiedlichen sozialen und kulturellen Milieus ein- und ausgeübt werden können.

Regina Römhild et. al. (Hrsg.)

Fast Food. Slow Food.

Ethnographische Studien zum Verhältnis von Globalisierung und Regionalisierung in der Ernährung
Kulturanthropologie Notizen
Schriftenreihe des Instituts für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie der Universität Frankfurt am Main
Band 76, Frankfurt 2008
ISBN 978-3-923992-78-2
226 Seiten, 19 Euro

Der Rezensent

Michael Schillmeier, PhD, lehrt Soziologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seine Schwerpunkte in der Lehre und Forschung sind unter anderem Soziologie der Körper und Sinne, »Science, Technology & Society« sowie Soziologie der Behinderung.

Die globalisierte Familie

Trotz räumlicher Trennung bleibt die enge Verbundenheit erhalten

Globalisierung—dieser Begriff ist uns mittlerweile schon so geläufig wie die Phänomene, die wir mit ihm verbinden: Auflösung der Nationalstaaten, weltweite Märkte, massenmediale Informationsbeschaffung. Doch neben diesen Veränderungen auf einer Makroebene geht Globalisierung weiter—sie betrifft unsere alltagsweltliche Lebenspraxis und hält Einzug in die individuelle Lebenspla-

men die Kontaktfrequenz und -intensität mit modernen Kommunikationsmitteln zwar mit der Dauer des Auslandsaufenthalts ab, jedoch bricht der Kontakt nicht ab. Je länger der Aufenthalt, desto intensiver und relevanter werden die neuen Wahlbindungen. Fragt man aber die Betroffenen nach ihrer Definition von Heimat, wird diese dort lokalisiert, wo ein großer Teil der familiären Bezugspersonen lebt, wo sich also das soziale Umfeld befindet, in das sie hineingewachsen sind; nicht das, in dem sie jetzt leben.

Die familiäre Einheit wird auch über Nationalstaatsgrenzen aufrechterhalten und behält ihre zentrale Bedeutung: Die Familie ist trotz Distanz und geringerer Kontaktintensität die Gemeinschaft, die Stabilität und Kontinuität bietet, insbesondere in Konfliktsituationen, wie bei Geldnöten oder Problemen in der Partnerschaft. Die Familie internalisiert ihre Transnationalität, indem sie unterschiedliche Lebensphilosophien und Identitätsprojekte akzeptiert und damit flexibel auf Veränderungen

*Familie auch in der
Weltgesellschaft kein
Auslaufmodell*

reagiert, ohne an Wichtigkeit einzubüßen. Es zeichnet sich ein spannender Prozess ab: Je mehr sich der Nationalstaat aus der Regulierung der sozialen Lebenswelten der Individuen zurückzieht und ihnen damit Flexibilität und Eigenverantwortung abfordert, desto gewichtiger wird die stabilisierende Funktion der Familie als Solidargemeinschaft. Die Autorin bestätigt mit ihrer Studie die These des verstorbenen Frankfurter Soziologen Karl Otto Hondrich, der sich gegen die Annahme wandte, der Familie käme eine schwindende Bedeutung zu.

Zoll zeigt in ihren empirischen Fallbeispielen, die sie auf nur fünf eingrenzt und die leider unterschiedliche Operationalisierungen aufweisen, wie sich die transnationale Familie neue Interaktionsmuster aneignet. Weltgesellschaft impliziert für das Individuum, das sich in dieser globalisierten Welt bewegt, Entgrenzung

und Emanzipation kultureller Identitäten. Während Familien, die an einem Wohnort in einem Nationalstaat zusammenleben, weiterhin ihre Wertvorstellungen teilen können und gesellschaftlichen Bezüge miteinander erleben, ist die transnationale Familie damit konfrontiert, dass die

*Weggezogene sorgen für
neue kulturelle Einflüsse
und Rollenverteilungen*

weggezogenen Familienmitglieder neue kulturelle Repräsentationssysteme mit in die Familie bringen und neue Rollenverteilungen entstehen. Diese beiden kulturellen Bedeutungssysteme beeinflussen sich dann in der Familie gegenseitig, und die Mitglieder erleben die kollektive und individuelle Identitätsbildung als dynamischen, immer fortlaufenden Prozess, in dem alte Herkunftsbindungen auf neue Wahlbindungen treffen.

Am Beispiel der transnationalen Familien macht die Autorin deutlich, dass die Weltgesellschaft nicht das Ergebnis eines politischen oder gar kulturellen Zusammenschlusses ist, sondern das Resultat einer Transnationalisierung von unten, entstanden aus der Möglichkeit oder dem Zwang der Individuen zu migrieren, um beispielsweise in einem anderen Land zu arbeiten. Diese Familien sind sowohl Symptom als auch zugleich Agenten von kultureller Globalisierung und damit von der Weltgesellschaft—sie erweitern bisherige, lokale Familienstrukturen um einen globalen Typus.

Was lässt sich als Fazit ziehen, wenn es um die Stabilität der Familien in einer sich weiterentwickelnden Weltgesellschaft geht? Familie bleibt auch bei Transnationalität eindeutiger Bezugspunkt der Individuen. Familie ist damit kein Auslaufmodell, sondern sie nimmt nur eine andere Gestalt an. Die familiäre Gemeinschaft passt sich an äußere gesellschaftliche Rahmenbedingungen an und agiert flexibel im Kontext der Globalisierung, gleichzeitig hält sie dabei ihre ungebrochene Relevanz als wichtigstes Bezugssystem der Individuen aufrecht. ◆



Katharina Zoll

Stabile Gemeinschaften.

Transnationale Familien
in der Weltgesellschaft
transcript Verlag,
Bielefeld 2007
ISBN 978-3-89942-670-0
244 Seiten,
25,80 Euro

Die Frankfurter Soziologin Katharina Zoll widmet sich in ihrer Studie genau dieser Thematik und untersucht transnationale Familien in einer sich entwickelnden Weltgesellschaft: Soziale Beziehungen beschränken sich nicht mehr auf einen Wohnort. Flexibilität und Mobilität—insbesondere auf dem Arbeitsmarkt—zwingen dazu, Grenzen zu überschreiten, sie ermöglichen Individuen, in ein anderes Land zu migrieren. So tragen Menschen unterschiedlicher Herkunft in einem Land zu kulturellen Transformationsprozessen bei. Familien werden zu transnationalen Gemeinschaften und müssen neue Strategien finden, um ihre Zusammengehörigkeit aufrechtzuerhalten.

Das scheint den transnationalen Familien zu gelingen, wie Zoll in ihrer Untersuchung an ausgewählten Beispielen zeigt: Lebt ein Familienmitglied in einem anderen Land, neh-

Die Rezensentin

Rabea Krätschmer-Hahn arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Gesellschafts- und Politikanalyse mit dem Schwerpunkt »kultureller und sozialstruktureller Wandel«. In ihrer Dissertation beschäftigt sie sich mit dem Einfluss von Lebensstilen auf das Fertilitätsverhalten von Paaren.

Die Welt in wahren Maßstäben

Eine neue Perspektive auf globale Zusammenhänge

Globale Ungleichgewichte sind Themen in aktuellen Debatten der Politik, der Ökonomie und der Wissenschaften. Engagierte Gruppierung versuchen Verteilungen von Kapital und Ressourcenzugang gerechter zu gestalten und die sozialen Veränderungen wie Zugang zu Bildung und Geschlechtergleichheit weltweit anzustoßen. Statistiken in Form von Zahlenreihen, Tabellen, Säulen und Kuchendiagrammen dokumentieren diese realen Schief lagen und Missstände; Daten im globalen Maßstab lassen sich im Internet inzwischen bestens recherchieren, aber sie bleiben häufig schwer interpretierbar. Die Welt einmal anders sehen, globale Zusammenhänge in Form von Kartografien zu betrachten und dabei eine neue Perspektive auf die bekannte Weltkarte zu werfen, dies erlaubt *Der schlaue Planet*, soeben von Daniel Dorling, Mark Newman und Anna Barford herausgegeben und bei in der Edition der Süddeutschen Zeitung erschienen.

Die Autoren haben statistische Ergebnisse aus verschiedensten Bereichen zusammengetragen, insbesondere aus Studien der Vereinten Nationen und internationaler Organisationen – beispielsweise von der geschlechterspezifischen Analphabetenquote bis zur Wiederverwertungsrate von Müll oder der Anzahl ausgerotteter Tierarten. Aus umfangreichem Datenmaterial sind auf Basis von Erkenntnissen der theoretischen Physik 366 thematische Weltkarten entstanden. Die Autorengruppe hat dabei mit der Methode der Physiker Michael Gastner und Mark Newman gearbeitet, die von einer Strömungsdynamik ausgehen und Aspekte wie eine Diffusionsflüssigkeit mit abfallender Dichte behandeln. Mit Differenzialgleichungen lassen sich diese Aspekte mathematisch nachbilden und in Kartografien übertragen. Bildlich könnte man sich vorstellen, dass eine Flasche Tinte in ein Schwimmbecken geleert wird. Zu Beginn ist die Tinte dort am dichtesten, wo sie in das Wasser gekippt wurde, aber im Laufe der Zeit verbreitet sie sich gleichmäßig über das gesamte Wasser. Bei der kartografischen Berech-

nung mithilfe von Differenzialgleichungen verhalten sich die Umrisse der Karte bis zu ihrer endgültigen Form entsprechend der sich verteilenden Tinte. Die Karten verdeutlichen den Lesern, welche verschwindend geringe oder übermäßig große Rolle ein Land in globalen Zusammenhängen einnimmt. Es entstehen für das an die Weltkarte gewöhnte Auge kartografische Verzerrungen,

Daniel Dörling,
Mark Newman,
Anna Barford

Der schlaue Planet.
So haben sie die Welt noch nie gesehen.
Süddeutsche Zeitung Edition 2008 (Lizenz- ausgabe), München 2008 ISBN 978-3-86615-656-2, 400 Seiten, 49,90 Euro



Ein Beispiel für die 366 Karten, die Entwicklungen auf unserem Planeten zeigen, wie sie wirklich sind.

die zunächst eher erstaunen und dann ernüchternd zur Feststellung führen, dass die bekannten statistischen Zahlen in der Visualisierung eine schockierende Realität widerspiegeln können.

Das Inhaltsverzeichnis gliedert die Karten in die verschiedenen Themenbereiche, wie beispielsweise »Die Welt des Handels« oder »Die soziale Welt«. So sind für jeden Interessenhorizont die entsprechenden Karten zu finden. Mag den Mediziner interessieren, wo am meisten Hebammen und Krankenschwestern arbeiten, in welchen Ländern der Zugang zur medizinische Grundversorgung für die Mehrheit der Bevölkerung gewährleistet wird und in welchen Regionen viele Ärzte praktizieren, kann der Tourismusspezialist im Kapitel »Reise und Verkehr« Kartografien zu den Fakten der Zielländer, der Fluggastzahlen und den Herkunftsländern der Touristen finden. Der Sozialwissenschaftler erhält Visualisierungen von quantitativen Messungen und kann »sehen« wie sich Veränderungsprozesse im Zuge der Globalisierung vollziehen. So wird im Kapitel »Flächen und Bevölkerung« dargestellt, wie der Verlauf der

globalen Migrations- und Flüchtlingsströme ist.

Erschreckend zeigt das Kapitel über die Ressourcen, wo diese zu finden sind und wo sie schließlich verbraucht werden: Wo ist beispielsweise der Wasserverbrauch hoch, wo verschwindend gering und wo wird Wasser zur Mangelressource. Themen, die unmittelbar zusammenhängen, sind auf Doppelseiten dargestellt, aber auch beim Vor- und Zurückblättern finden die Leser Informationen, die im Kontext von Interesse sind. So wird beispielsweise offengelegt, in welchen Ländern die Einnahmen aus Erdölexporten besonders hoch sind und trotzdem die dort lebenden Menschen durchschnittlich weniger als zwei US-Dollar täglich pro Kopf zur Verfügung haben. Beim Durchblättern formt sich ein Gesamtbild des heutigen Weltzustandes. Die Leser, die alle 366 Karten studieren, gewinnen ein breites Wissen, das zum Nachdenken, Diskutieren und Vertiefen anregt. Das Buch ist eine empfehlenswerte Investition als anschauliches Nachschlagewerk für die Hausbibliothek, aber auch für die Verwendung in der Lehre und im Unterricht. ◆

Die Rezensentin

Sarah A. Lippke ist Studentin am Institut für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie der Goethe-Universität und studentische Hilfskraft in der Abteilung Marketing und Kommunikation.

Die nächste Ausgabe von »Forschung Frankfurt« erscheint Anfang April 2009

»An den Händen beiden, ließ er sich nicht schneiden...«

Der Struwwelpeter-Schöpfer Heinrich Hoffmann und die weltweite Wirkung seines berühmten Bilderbuchs



Frankfurt feiert im Sommer 2009 seinen berühmten Sohn Heinrich Hoffmann. Aus Anlass seines 200. Geburtstags nehmen Wissenschaftler der Goethe-Universität und des Sigmund-Freud-Instituts den »Struwwelpeter«, den der Arzt und Psychiater als Weihnachtsgeschenk für seinen dreijährigen Sohn gemalt und geschrieben hat, kritisch unter die Lupe. Unter psychoanalytischer, pädagogischer und literarischer Perspektive beschäftigen sie sich mit den Spätfolgen des Hoffmann'schen Werks. So beeinflussen die widerborstigen Kinderfiguren beispielsweise die politische Karikatur der 1848er-Zeit und dienten als Vorlage zur Darstellung von Revolutzern. Der »Struwwelpeter« hat bis heute Autoren und Illustratoren angeregt: Keckheit, Aufmüpfigkeit, Stärke und Mut haben die Helden aktueller Bücher mit ihren Hoffmann'schen Vorfahren gemeinsam. Einige dieser Bilderbücher, so wird der Literaturwissenschaftler Prof. Hans-Heino Ewers erläutern, lassen sich als verdeckte Antworten auf den Struwwelpeter lesen – allerdings ergeht es den kindlichen Nachfahren der Struwwelpeter-Figuren heute merklich besser: Sie müssen nicht mit dem Daumen oder gar dem Leben bezahlen. Die Psychoanalytikerin Prof. Marianne Leuzinger-Bohleber wird den »Struwwelpeter« als eine Fundgrube unbewusster Wünsche und Ängste herausstellen.

Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität

Impressum

Herausgeber: Der Präsident der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Redaktion: Ulrike Jaspers, Diplom-Journalistin, Referentin für Wissenschaftskommunikation (Geistes- und Sozialwissenschaften), Senckenberganlage 31, Raum 1053, 60054 Frankfurt am Main, Telefon (069) 798-23266, Telefax (069) 798-28530
E-Mail: jaspers@ltg.uni-frankfurt.de

Dr. phil. Anne Hardy, Diplom-Physikerin, Referentin für Wissenschaftskommunikation (Naturwissenschaften und Medizin), Senckenberganlage 31, Raum 1059, 60054 Frankfurt am Main, Telefon (069) 798-28626, Telefax (069) 798-28530
E-Mail: hardy@pww.uni-frankfurt.de

Vertrieb: Ingrid Steier, Senckenberganlage 31, 60054 Frankfurt am Main, Raum 1052, Telefon (069) 798-22472, E-Mail: I.Steier@vdv.uni-frankfurt.de

Forschung Frankfurt im Internet

www.muk.uni-frankfurt.de/Publikationen/FFM/index.html

Anzeigen und Verlag: Universität Frankfurt, CAMPUSERVICE GmbH, Rossertstraße 2, 60323 Frankfurt, Birgit Wollenweber, Telefon (069) 71 58 57-15, Telefax (069) 71 58 57-10, E-Mail: bw@uni-frankfurt.campuservice.de

Druck: Frotscher Druck GmbH, Riedstraße 8, 64295 Darmstadt, Telefon (06151) 3906-0, Internet: www.frotscher-druck.de

Illustrationen, Layout und Herstellung: schreiberVIS, Joachim Schreiber, Villastraße 9A, 64342 Seeheim, Tel. (06257) 962131, Fax (06257) 962132, E-Mail: joachim@schreibervis.de, Internet: www.schreibervis.de

Grafisches Konzept: Elmar Lixenfeld, Büro für Redaktion und Gestaltung, Werrastraße 2, 60486 Frankfurt am Main, Telefon (069) 7075828
E-Mail: e.lixenfeld@t-online.de

Bezugsbedingungen: »Forschung Frankfurt« kann gegen eine jährliche Gebühr von 15 Euro abonniert werden. Das Einzelheft kostet 5 Euro. Einzelverkauf u.a. im Buch- und Zeitschriftenhandel in Uni-Nähe und beim Vertrieb.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für »Forschung Frankfurt« im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Hinweis für Bezieher von »Forschung Frankfurt« (gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und Abonnementverwaltung von »Forschung Frankfurt« werden die erforderlichen Daten der Bezieher in einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift, Bezugszeitraum und –bei Teilnahme am Abbuchungsverfahren– die Bankverbindung. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Absprache möglich.

Bildnachweis

Titelbild: Foto NASA.

Editorial: Foto Jérôme Müller-Dupage, Frankfurt.

Inhalt: Hinweise bei den jeweiligen Beiträgen.

Nachrichten: Seite 4: Foto Jürgen Lecher, Frankfurt; Seite 5, 6: Fotos Dr. Julia Krohmer, Seite 7: Grafik Dr. Jasper Kirkby, CERN; Seite 8 Mitte: Foto Uwe Dettmar, Frankfurt; Seite 8 unten: Foto »kunstverein familie montez«; Seite 9: Grafiken Prof. Lindner, Frankfurt; Foto Seite 10: Fotos Dettmar.

Forschung intensiv – Reiseliteratur: Seite 12: Vorlage für Collage nach Scherenschnitt Staatsbibliothek zu Berlin, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Abteilung historische Drucke (veröffentlicht in Georg Forster, Reise um die Welt, Illustriert von eigener Hand, Sonderband der Anderen Bibliothek, Verlag Eichborn, Frankfurt 2007); Seite 13 oben: Archiv Otto Krätz, Starnberg, (veröffentlicht in Otto Krätz, Alexander von Humboldt: Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär, 2. korr. Aufl., Verlag Callwey, München 2000); Seite 13: Bild Ibero-Amerikanisches Institut, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, bpk Berlin; Seite 13 rechts unten: Bild bpk/ Staatsbibliothek zu Berlin, Stiftung Preußischer Kulturbesitz; Seite 14 oben: Archiv für Kunst und Geschichte, akg-Image, Berlin (veröffentlicht in Georg Forster s.o.); Seite 14 unten: beide Bilder Verlag Eichborn (veröffentlicht in Georg Forster s.o.); Seite 15 oben: Bild Ida Pfeiffer in Annegret Pelz, Reisen durch die eigene Fremde. Reiseliteratur von Frauen als autogeographische Schriften, Verlag Böhlau, Köln 1993; Seite 15 unten: Bild: Bildarchiv Freies Deutsches Hochstift, Frankfurt; Seite 16 oben: Stiftung Preußischer Kulturbesitz, bpk Berlin; Seite 16 unten: Archiv Otto Krätz (s.o.); Seite 17 oben: Bild Stiftung Stadtmuseum Berlin, Reproduktion: Hans-Joachim Bartsch, Berlin; Seite 17 unten: in Otto Krätz, Alexander von Humboldt: Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär (s.o.); Seite 17: Autorenfoto: Dettmar.

Forschung intensiv – Meeresforschung: Seite 18 oben: Foto V. Diekamp, MARUM, Universität Bremen; Karte unten nach Marshall 1979; Seite 19 oben: Bildarchiv IKAN; Seite 19 unten: Prof. Michael Türkay; Seite 20 links: F. Krupp; Seite 20 rechts: T. Jellinek, Seite 21 oben und Mitte: M. Türkay; Seite 21 unten: P. Wintersteller; Seite 22 oben: M. Türkay; Seite 22 Mitte: ©MARUM, Forschungszentrum Ozeanänder, Universität Bremen; Seite 23: ©MARUM, Forschungszentrum Ozeanänder, Universität Bremen.

Forschung intensiv – Sonnensystem: Seite 24: Hubble Space Telescope; Seite 25 oben: Foto JPL/NASA; Seite 25 Mitte: Foto ESRF; Seite 25 unten: Prof. Frank Brenker; Seite 26 oben: JPL/NASA, Mitte: F. Brenker; Seite 27 Mitte: Foto ESRF/P. Ginter; Seite 27 unten: Foto F. Brenker; Seite 28 Foto oben: ©Observatoire de Haute Provence, France, Autorenfotos: Dettmar (außer Vollmer).

Forschung intensiv – Atmosphärenforschung: Seite 29: Foto Joachim Schreiber, Seeheim; Seite 30: Grafik Schreiber nach einer Vorlage der Autoren, Seite 31 und 32 oben: Holger Klein, Goethe-Universität, Seite 32 unten: Prof. Joachim Curtius; Seite 33 Grafik: Michael Kamphus et al. submitted to Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2008b; Seite 33: Autorenfoto Elke Födisch, Goethe-Universität.

Forschung intensiv – Megacities: Seite 34 bis 37 alle Fotos dpa Picture-Alliance, Frankfurt; Seite 38 und 39: Fotos Prof. Dr. Jürgen Obenbrügge, Institut für Geographie, Universität Hamburg; Seite 40: Autorenfoto Dettmar.

Forschung intensiv – Geschlechterforschung: Seite 41 bis 46: Fotos dpa Picture-Alliance, Frankfurt; alle Grafiken: Prof. Uta Ruppert, Frankfurt; Seite 42: ullstein bild, Berlin; Seite 47 Autorenfoto Dettmar.

Forschung intensiv – Globaler Agrarmarkt: Seite 48: Foto Stefan Ouma, Frankfurt; Seite 49: Kartografie Ö.Alpaslan, Entwurf Ouma; Seite 50: Firmen-Labels aus dem Internet; Seite 50 unten: Foto Marc Boeckler; Seite 51 unten: Foto: Prof. Peter Lindner, Frankfurt, Seite 52: Autorenfotos Dettmar.

Forschung intensiv – Wasserressourcen: Seite 54 bis 57 und Seite 59: Fotos und Karten Prof. Petra Döll, Seite 55 und 58: Grafiken Schreiber nach Angaben der Autorin.

Forschung aktuell: Seite 60: Foto Manna, Stockholm, Schweden; Seite 61 oben: Foto dpa Picture-Alliance; Seite 61 unten: Foto Stockholm International Water Institute, Schweden, Seite 62 oben: dpa Picture-Alliance; Seite 62 unten und Seite 63: Jutta Deffner, ISOE, Frankfurt. Seite 64, 65, 66: Fotos dpa Picture-Alliance; Seite 67: Foto und Grafik: KiW Bankengruppe, Frankfurt. Seite 68: dpa Picture-Alliance/ NHPA/photoshot, Seite 69: Foto von epd-bild / Stefan Trappe; Seite 69: Karte WHO; Seite 70 oben: Foto von dpa, Picture-Alliance/ ZB; Seite 70 Foto Mitte: James Gathany, Wikipedia Commons; Seite 70 unten: Institut für Medizinische Virologie, Goethe-Universität; Seite 70 unten: Karte WHO; Seite 72 oben: Prof. Bruno Streit; Seite 72 unten: Wikipedia Commons, Seite 73 oben: Klaus Schwenk; Seite 73 Mitte: Markus Pfenninger & Klaus Schwenk; Seite 74: Foto Moritz Salinger; Verbreitungskarte von Mathilde Cordellier, Seite 75 bis 78: alle Fotos und Karten von Konstantin König, Seite 79: Foto Martin Schildgen, Wikipedia Commons; Seite 80 und 81: alle Fotos von Cliff Shaw und Prof. Allan Woodland; Seite 82: Foto Prof. Heinrich Thiemeyer; Seite 84 oben: Foto Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt; Seite 84 Mitte und unten: O. Wegener; Seite 85 links: D. Fritzsche; Seite 85 rechts: Thiemeyer.

Perspektiven: Seite 86 bis 90: alle Fotos Dettmar; Seite 91: Foto Prof. Christian Berndt, Frankfurt; Seite 92 oben: Fotos dpa Picture-Alliance; Seite 92 unten und Seite 93: Fotos Berndt; Seite 94: Fotos dpa Picture-Alliance; Seite 95: Foto Berndt. Seite 96: Foto Kristin Pietratius; Seite 98: Foto von Konstantin König; Seite 99 Foto oben: Privatbesitz Petra Döll; Seite 99 Foto unten Seite 100: Privatbesitz Joachim Curtius

Vorschau: Struwwelpeter-Museum, Frankfurt.