

Forschung

an der Universität Bielefeld



Forschung im Dienst der Umwelt

- Wie entstehen Schadstoffe bei der Verbrennung?
- Wüstenökologie – Wissen gegen die Desertifikation
- Hochspannungsfreileitungen in der Landschaft – für Vögel mehr als ein ästhetisches Problem
- Umwelttechnologien – kurz und bündig
- Chemie in der Landwirtschaft
- Ist das Umweltrecht zu technikorientiert?
- Abschätzung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen mit Hilfe ökonometrischer Modelle
- Erfahrungen und Grübeleien beim Schreiben an einer Welt-Umweltgeschichte
- Landschaft und Ganzheit – Autonomie und Bindung im deutschen Landschaftsdenken
- Designing Nature – Die experimentelle Praxis der ‚Ecological Restoration‘
- Globalisierung der Umweltpolitik – Klimaschutz in Afrika
- Alle reden vom Klima – Wissenschaft, Politik und Massenmedien
- Umweltmanagement an der Universität Bielefeld

Universität Bielefeld

22/2000



Wolfgang Krohn

„Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?“ Zu diesem Thema hielt der Bielefelder Soziologe Niklas Luhmann 1985 einen Vortrag vor der Rheinisch-Westfälischen Akademie der Wissenschaften. Seine Antwort, nachzulesen in dem Buch „Ökologische Kommunikation“ (1986), war abwägend skeptisch. Wenn Umwelt diejenige Realität ist, in der eine Gesellschaft sich einrichtet, wie kann sie diese dann gleichsam „von außen“ betrachten? Geht es ihr anders als irgend einer anderen Gattung des Tierreichs, die – in der klassischen Ausdrucksweise Jakob von Uexkülls – zwar ihre „Wirk- und Merkwelt“ erfassen kann, aber – um sich selbst in dieser zu erkennen – nicht noch einmal einen weiteren Beobachtungsstandpunkt gewinnen kann? So löst sich in der modernen Gesellschaft nach Luhmann die Beobachtung der Umwelt auf in die Kosten-Nutzen-Kalküle der Wirtschaft, das Potenzial an Wählerstimmen in der Politik und die Zurechnung

■ Erwartungen an die Wissenschaft

von Schäden im Recht.

In der modernen Gesellschaft wird, wenn überhaupt, von der Wissenschaft erwartet, Umweltgefährdungen entlastet von Interessen zu beobachten. Sie kann Daten erheben, Modelle und Szenarien möglicher Entwicklungen simulieren, kann Grenz- und Schwellenwerte formulieren und Instrumentarien der Regulierung entwerfen. Sie kann über die Medien Warnungen verbreiten und über die Lehre Wissen vermitteln. Das Leistungsvermögen der Naturwissenschaften ist insbesondere gefragt, wenn es um zunächst nicht sichtbare Langzeitschäden geht, um komplexe Verkettungen von Wirkungszusammenhängen oder um nur statistisch erfassbare Schadensgrößen im Gesundheitsbereich. Ohne die Warnungen aus der Wissenschaft wären beispielsweise die Probleme des Ozonlochs und Klimawandels oder die potenziellen Gefahren der Gentechnologie nicht so rechtzeitig sichtbar geworden, dass Zeit zum Handeln bleibt. Freilich wären die Probleme ohne die modernen wissenschaftsbasierten Industrien auch nicht entstanden. Der Verlass darauf jedoch, dass die Naturwissenschaften rechtzeitig warnen und verläss-

liches Wissen bereitstellen, hat auch seine problematische Seite. Zur Forschung gehören Kontroversen über die Verlässlichkeit von Daten, über die Berechtigung von Interpretationen und die Reichweite von Theorien. Die Erwartungen aus der Gesellschaft, insbesondere aus der Politik, dass Wissenschaft mit absolut verlässlichen und daher konsensfähigen Aussagen die Diagnose der Umweltprobleme leisten oder gar verlässliche Lösungen vorschlagen können, müssen enttäuscht werden. Bei den gegenwärtigen Diskussionen über den anthropogenen Klimawandel sind wir Zeitzeugen dafür, wie langwierig und widersprüchlich die Arbeit der Wissenschaft sein kann. Der enorme Anstoß, den die Klimaforschung weltweit und auch in Deutschland finanziell und institutionell erfahren hat, hat zu umfangreichen Datenerhebungen, unterschiedlichen Modellen und Theorien geführt, nicht aber zu Erkenntnissen, die in der Vielfalt wirtschaftlicher und politischer Interessen Entscheidungsgewissheit und Handlungssicherheit gewährleisten.

Wissenschaft steigert unser Wissen, aber auch immer unser Nichtwissen. Sie macht Dinge fraglich, eröffnet Kontroversen, zieht Erkenntnisse in Zweifel, die schon gültig waren. Die Umweltwissenschaften sind hier keine Ausnahme. Sich auf ökologische Gefährdungen einzustellen, kann also nicht bedeuten, auf Forschungsergebnisse zu warten – man wird zu lange warten. Im Sinne der Fragestellung von Luhmann wird es auch darauf ankommen, Einstellungen angesichts von Unsicherheiten und Ungewissheiten zu ändern. Hier nun erschließt sich das Feld der sozialwissenschaftlichen Umweltwissenschaften. In ihnen geht es nicht um ökologische Gefährdungen, sondern um den Wandel der Wahrnehmungen, Beschreibungsformen, Lebensstile, Wertemuster, der Regeln und Kontrollen. Die Analyse dieses Wandels erstreckt sich von den großen internationalen Regulierungsregimen der so genannten Weltumweltpolitik, an der auch viele Nichtregierungsorganisationen beteiligt sind, über Umweltgesetzgebung der Nationen und über lokale Projekte der Umweltgestaltung etwa in der Energieversorgung oder der Entsorgung von Müll und Abfall, über Verpflichtungserklärungen von Firmen zu ökologisch vertretbaren Importen bis hin zu den Präferenzstrukturen der Individuen im alltäglichen Konsum von

■ Forschung und praktisches Engagement

Gütern und Nutzen von Dienstleistungen. Wir haben mit diesem Heft versucht, dieser Bandbreite der Themen Rechnung zu tragen. Dieses For-

schungsmagazin bietet dennoch nur einen Ausschnitt dessen, was heute an der Universität Bielefeld an Forschungsprojekten und Ausbildungsangeboten vorhanden ist, und ist keine komplette Dokumentation über das Leistungsspektrum der Universität in Sachen Umweltforschung. Eine solche Dokumentation wird aber in Zukunft zugänglich sein. Alle Leser, die weitere Informationen über Forschungsprojekte, Dissertationen, Veröffentlichungen, Lehrangebote und die jeweils beteiligten Personen haben möchten, seien auf die Internetseiten des „Umweltforums“ der Universität Bielefeld verwiesen, die über die Homepage der Universität zu erreichen sind. Dieses Forum, gegründet 1999 mit dankenswerter Unterstützung des nordrhein-westfälischen Ministeriums für Schule, Wissenschaft und Forschung, nimmt verschiedene Aufgaben zur Bündelung der Umweltaktivitäten an der Universität wahr. Es informiert die Öffentlichkeit, politische Institutionen und Firmen über Forschungsergebnisse und Ausbildungsangebote, es stellt universitätsintern ein Kommunikationsforum bereit und dient der Vernetzung der Arbeit an verschiedenen Universitäten der Region.

Diese Ausgabe dokumentiert ein interdisziplinäres Profilelement der Universität Bielefeld, zu dem Biologen, Chemiker, Historiker, Literaturwissenschaftler, Rechtswissenschaftler, Soziologen und Wirtschaftswissenschaftler beigetragen haben. Nicht unerwähnt soll bleiben, dass die Universität sich auch der Aufgabe verpflichtet fühlt, Umweltprobleme der Region aufzugreifen und mit Forschung zu deren Lösung beizutragen. So arbeitet die Universität im Rahmen der Initiative „Bielefeld 2000plus“, die gemeinsam von der Stadt und dem Verein „Pro Bielefeld“ getragen wird, an dem Projekt einer „kommunalen Haushaltswirtschaft“, beteiligt sich an der Erstellung einer neuen Gesundheitsberichterstattung, in die Umweltgesichtspunkte Eingang finden, und engagiert sich in Vorhaben zur nachhaltigen Stadtentwicklung. Auch hier hält das Internet weitere Informationen bereit (www.wiwi.uni-bielefeld.de/~Bi21).

Der letzte Artikel dieses Heftes ist kein Forschungsbeitrag, sondern berichtet über die Umweltzertifizierung der Universität Bielefeld nach den Normen der Europäischen Gemeinschaft und des internationalen ISO-Standards. Die Universität Bielefeld ist ein Betrieb, der über 20.000 Personen umfasst. Da kann es nicht genügen, aus wissenschaftlicher Distanz Probleme zu analysieren, man muss auch der Verpflichtung nachkommen, im eigenen Rahmen Verbesserungen anzustreben. Aus diesem Grund hat die Universität ein Umweltmanagementsystem aufgebaut, das der Erfassung von betrieblichen Umweltbelastungen dient. Die Universität möchte sich nicht nur im Bereich der For-

■ Umweltforschung ist „normal“ geworden

schung und Lehre an ihren Leistungen messen lassen. „Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?“ Dieses Heft dokumentiert, dass „Umwelt“ schon lange nicht mehr ein randständiges Spezialthema der Forschung ist; es ist in vielen Disziplinen gut verankert und lädt zu vielfältigen Formen der interdisziplinären Zusammenarbeit ein. In vielen Projekten sind die praktisch nutzbaren Anteile der Forschung von Bedeutung. In letzter Zeit wird darüber berichtet, dass besonders in der jungen Generation das Interesse am Thema zusammenbricht. So bedauerlich dies sein mag, so ist es vielleicht auch eine Folge der „Normalität“, die die Sorge um die Umwelt in Wissenschaft und Politik gewonnen hat. Von der Lösung der Umweltprobleme sind wir immer noch weit entfernt, und möglicherweise entfernen wir uns im weltweiten Maßstab in vielen Bereichen stärker von ökologisch vertretbaren Grundsätzen als dass wir uns ihnen nähern. Vermutlich wird man auch in Zukunft sich nicht darauf verlassen können, dass die Wissenschaft dauerhaft verlässliches Wissen und die Technik unproblematische Verfahren bereitstellen. Einstellung auf ökologische Gefährdungen kann nur bedeuten, frühzeitig die Probleme wahrzunehmen, bereit sein, auch im Stadium der Unsicherheit Lösungen auszuprobieren, und daraus wiederum zu lernen. Die Universität Bielefeld wird auch in Zukunft daran mitwirken.

Prof. Dr. Wolfgang Krohn, Prorektor für Struktur, Planung und Bauangelegenheiten der Universität Bielefeld, studierte Philosophie und Sozialwissenschaften in Hamburg, Göttingen und Marburg. Von 1971 bis 1980 arbeitete



er am Max-Planck-Institut in Starnberg, seit 1983 am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld. Seit 1992 ist er Professor für Wissenschafts- und Technikforschung an der Bielefelder Fakultät für Soziologie. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Entstehung neuzeitlicher Wissenschaft, Theorien der Selbstorganisation, Innovationsnetzwerke.



S. 1

Umweltforschung an der Universität Bielefeld

Wolfgang Krohn



S. 7

Wie entstehen Schadstoffe bei der Verbrennung?

Konzepte zur Schadstoffminderung
benötigen chemisches Detailwissen

Burak Atakan

Heidi Böhm

Katharina Kohse-Höinghaus



S. 12

Wüstenökologie – Wissen gegen die Desertifikation

Siegmar-Walter Breckle

Maik Veste

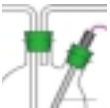
Walter Wucherer



S. 19

Hochspannungsfreileitungen in der Landschaft – für Vögel mehr als ein ästhetisches Problem

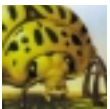
Roland Sossinka



S. 23

Umwelttechnologien – kurz und bündig

Rüdiger Blume



S. 27

Chemie in der Landwirtschaft

Zur Umweltgeschichte der Pestizidanwendung in Deutschland
seit 1945

Jürgen Büschenfeld



S. 31

Ist das Umweltrecht zu technikorientiert?

Eine immanente Effizienzfrage des Umweltordnungsrechts

Gertrude Lübke-Wolff



S. 38

Abschätzung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen mit Hilfe ökonometrischer Modelle

Joachim Frohn



S. 42

Erfahrungen und Grübeleien beim Schreiben an einer Welt-Umweltgeschichte

Joachim Radkau



S. 50

Landschaft und Ganzheit

Autonomie und Bindung im deutschen Landschaftsdenken

Friedmar Apel



S. 54

Designing Nature

Die experimentelle Praxis der ‚Ecological Restoration‘

Matthias Groß



S. 58

Globalisierung der Umweltpolitik – Klimaschutz in Afrika

Soziologische Forschung zum gesellschaftlichen Umgang mit globalem Klimawechsel im westafrikanischen Senegal

Anita Engels



S. 62

Alle reden vom Klima

Kommunikationen zum Klimawechsel zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien

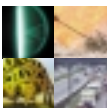
Petra Pansegrau
Anita Engels
Peter Weingart



S. 67

Umweltmanagement an der Universität Bielefeld

Manfred Lissel
Katharina Drechsler

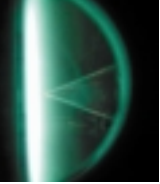


S. 70

Abstracts of the Articles in this Issue Abbildungsverzeichnis Impressum

S. 74

Stellenmarkt



Wie entstehen Schadstoffe bei der Verbrennung?

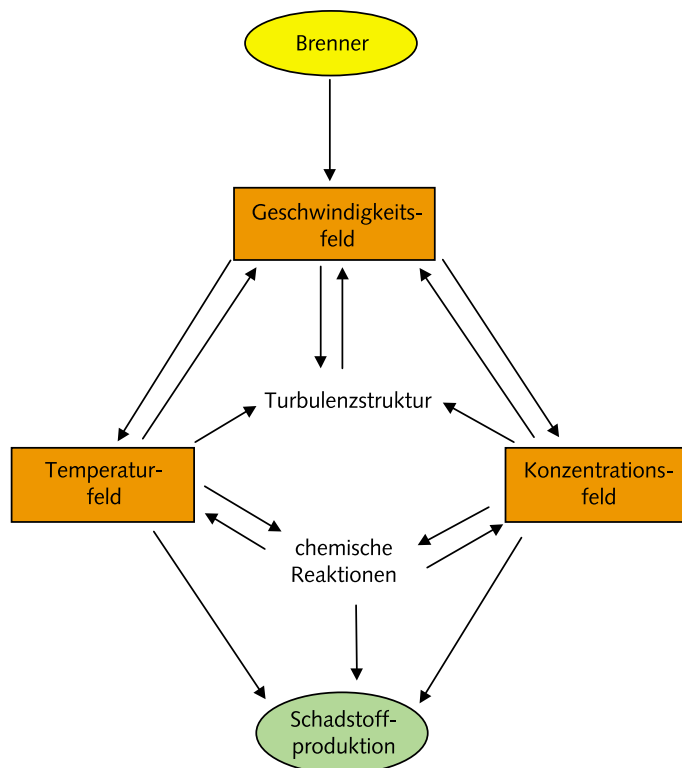
Konzepte zur Schadstoffminderung benötigen chemisches Detailwissen

Burak Atakan, Heidi Böhm und
Katharina Kohse-Höinghaus

Fakultät für Chemie

Verbrennung bleibt auf absehbare Zeit die wichtigste Methode der Energieumwandlung, sei es in Kraftwerken, Autos – oder auch beim Grillen. Wer Lagerfeuer oder Dieselmotoren kennt, weiß um die Nachteile – Verbrennungsabgase stinken, röten die Augen und bewirken Hustenreiz. Schuld sind unter anderem Rußpartikel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Kohlenmonoxid oder Stickoxide. In technischen Anwendungen müssen gesetzliche Auflagen eingehalten und Umwelt- und Gesundheitsgefahren infolge der Freisetzung solcher Schadstoffe vermieden werden. Sie können nach der Verbrennung abgeschieden werden, etwa durch Katalysatoren oder Filter. Eleganter ist es, sie bereits während der Verbrennung zu vermeiden oder zu mindern. Dies setzt ein Verständnis des Verbrennungsprozesses im Detail voraus, das durch geschickte Kombination von Experiment und Computersimulation vertieft werden kann.

Bild 1: Das Zusammenwirken von chemischen Reaktionen und turbulenter Strömung beeinflusst wesentlich die Schadstoffproduktion in technischen Verbrennungsprozessen – diese komplexen Zusammenhänge gilt es experimentell zu untersuchen und in Verbrennungsmodellen zutreffend zu beschreiben.



■ Verbrennung - ein kompliziertes chemisches Reaktionsgeflecht

Die auf den ersten Blick simple Umsetzung eines Brennstoffes mit Luft zu Wasser und Kohlendioxid lässt sich nicht durch eine einzige chemische Reaktionsgleichung darstellen. Schon die Knallgasreaktion, bei der Wasserstoff (H_2) explosiv mit Sauerstoff (O_2) zu Wasser (H_2O) verbrennt, gemäß der Formel $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$, entpuppt sich als komplexe Kettenreaktion, an der über 30 Reaktionen beteiligt sind. Noch unübersichtlicher ist die Verbrennung höherer Kohlenwasserstoffe, wie sie in Dieselmotoren oder Benzin enthalten sind. Hierbei zerlegen sich die Reaktanten nicht nur zu kleineren Produkten wie Wasser und Kohlendioxid, sondern fügen sich auch zu komplexeren Kohlenwasserstoffen und großen Kohlenstoffstrukturen wie Rußpartikeln zusammen, die sich nicht mehr als Moleküle beschreiben lassen. Für die Hunderte oder gar Tausende einzelner Reaktionsschritte beim Aufbau solcher Strukturen genügt eine einzige Umsatzgleichung erst recht nicht mehr.

Nicht nur die chemische Komplexität, sondern auch die oft turbulente Strömung spielt eine wichtige Rolle bei Verbrennungsablauf und Schadstoffentste-

hung. Deswegen arbeiten Physiker, Maschinenbauingenieure und Chemiker in der Verbrennungsforschung zusammen. Im letzten Jahrzehnt haben große Fortschritte in Messtechnik und Informationsverarbeitung ein viel grundlegenderes Verständnis der Verbrennung ermöglicht. Mit Lasern lassen sich viele kritische Größen in Flammen störungsfrei messen. Leistungsfähige Computer können Verbrennungsprozesse simulieren und tragen damit erheblich zum Verständnis der chemischen Stoffflüsse bei. Die Optimierung von Turbinen oder Motoren am Computer ist damit keine Zukunftsvision mehr, sondern für einzelne Aspekte des Verbrennungsablaufes bereits Realität.

■ Wie Ruß aus kleinen Molekülbausteinen entsteht

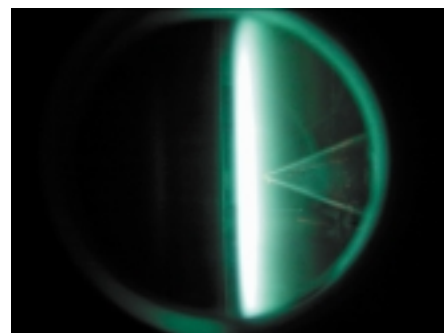
Ruß und seine Vorläufermoleküle, darunter potenziell Krebs verursachende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, bedingen eines der dringendsten Schadstoffprobleme. Verblüffend ist die kurze Reaktionszeit von wenigen Tausendstel Sekunden, mit der Ruß bei der Verbrennung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches entsteht. Wie das im einzelnen vor sich geht, bereitet Chemikern schon deshalb Kopfzerbrechen, weil die typische Masse eines Rußpartikels um Größenordnungen höher ist als die des Brennstoffmoleküls. Es müssen also in kürzester Zeit sehr viele Teilchen außerordentlich effizient miteinander reagieren, damit Ruß entstehen kann. Entscheidend ist schon die Bildung der ersten ringförmigen Kohlenwasserstoffmoleküle, der Aromaten, eine Art Engpass für den ganzen Prozess. Seit Jahren wird debattiert, welche chemischen Reaktionen in Flammen für die Entstehung der kleinsten Aromaten wie Benzol (C_6H_6) und Naphthalin ($C_{10}H_8$) verantwortlich sind. Theoretische Untersuchungen und Experimente zur Verbrennung einfacher Kohlenwasserstoffe (vor allem CH_4 , C_2H_2 und C_2H_4) waren zwar in der Literatur beschrieben, aber es fehlten systematische Analysen der Aromatenbildung in Abhängigkeit von der Struktur des Brennstoffes. Solche systematischen Studien mit Experimenten und Simulationen laufen seit etwa drei Jahren, unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und das Land Nordrhein-Westfalen, als Forschungsprojekte unserer Arbeitsgruppe an der Universität Bielefeld.

■ Chemische Flammenanalyse mit Laser und Massenspektrometer

Zur Untersuchung der chemischen Reaktionsabläufe wurden Flammen mit sehr einfacher Strömungs-

geometrie ausgewählt. Brennstoff und Sauerstoff werden dabei vor der Verbrennung gemischt, anders als bei einer Kerzenflamme, bei der sie erst durch Diffusion zueinander finden. Die Reaktionspartner werden durch eine Sinterplatte aus Bronzekügelchen geleitet, um eine sehr ruhige Strömung zu gewährleisten. Hinter dieser Platte findet die Verbrennung statt, in diesem Modellsystem sogar bei reduziertem Druck. Dadurch wird die leuchtende Reaktionszone auf mehrere Millimeter gestreckt und experimentell gut zugänglich. In diesen Flammen messen wir Molekülkonzentrationen und Temperaturen in Abhängigkeit vom Abstand zur Brennerplatte mit einer Kombination von Lasermethoden und Massenspektrometrie.

Bild 2: Untersuchung der Flammenchemie mit der Massenspektrometrie. Das Bild zeigt weiß die leuchtende Reaktionszone der Flamme in gleichmäßigem Abstand (einige mm) von der Brenneroberfläche (als scharfe Begrenzung des schwarz erscheinenden Brenners links neben der leuchtenden Zone zu erkennen). Rechts sieht man die Düse des Massenspektrometers. Der kreisrunde Ausschnitt entspricht einem optischen Fenster des Brennergehäuses, das den Zugang für die Lasermethoden gewährleistet.



Mit Lasermethoden, insbesondere Absorptions- und Fluoreszenzspektroskopie, lassen sich die Konzentrationen etlicher kleiner Moleküle gut bestimmen. Jedes Molekül kann nämlich Licht geeigneter Wellenlängen absorbieren, und das entsprechende Absorptionsspektrum dient wie ein Fingerabdruck zur Erkennung des Moleküls. Empfindlichkeit und Ortsauflösung können noch gesteigert werden, wenn statt der Absorption die nachfolgende Fluoreszenzstrahlung nachgewiesen wird. Aus Absorptionsspektren können auch Temperaturen bestimmt werden. Solche spektroskopischen Verfahren sind bei Flammentemperaturen bis zu $3000^\circ C$ oft die einzige Möglichkeit zur Temperaturmessung.

Für den Nachweis größerer Moleküle eignet sich die Massenspektrometrie. Hierzu wird ein kleiner Teil der Flammengase durch eine Quarzdüse abgesaugt und die Reaktion durch den sehr niedrigen Druck hinter dieser Düse praktisch abgestoppt. Mit Elektroden oder Laserlicht werden die Moleküle dann mög-

lichst schonend ionisiert und in einem elektrischen Feld beschleunigt. Aus der Flugzeit der Ionen lässt sich auf die Masse schließen – schwere Moleküle brauchen länger als leichte – und aus der Anzahl der nachgewiesenen Ionen auf ihre Konzentration. Diese Methode benutzen wir zum Nachweis der Aromaten wie Benzol und Naphthalin und ihrer Vorläufermoleküle.

■ Rußvorläufer: wie Benzol entsteht

Für einen erstmaligen systematischen Vergleich ihrer Rußvorläuferchemie wurden unter sonst gleichen Bedingungen Flammen verschiedener Brennstoffe (s. Bild 3) mit dieser Methodenkombination untersucht. Ausgewählt wurden die Brennstoffe nach ihrer Molekülgröße (Anzahl der C-Atome) und ihrer chemischen Struktur. So wurde nach dem bereits früher untersuchten Ethin (C_2H_2) als Brennstoff mit drei C-Atomen Propen (C_3H_6) ausgewählt, über dessen detaillierte Verbrennungschemie bisher keine Studie vorlag. Alkene wie Propen sind wichtige Bestandteile technischer Kraftstoffe. Flüssigbrennstoffe enthalten jedoch viele Verbindungen mit höherer Anzahl an C-Atomen. Deshalb haben wir erstmals auch die Verbrennungschemie einer Reihe von C5-Brennstoffen mit unterschiedlicher Struktur (s. Bild 3) untersucht.

Es wurden jeweils die Flammentemperatur und die Konzentrationen von etwa 30 chemischen Verbindungen bestimmt. Verändert wurden der Abstand von der Brenneroberfläche (vgl. Anordnung in Bild 2) und das Verhältnis von Kohlenstoff und Sauerstoff im Startgemisch. Aus diesen Ergebnissen, mit denen nun Flammenmodelle weiterentwickelt werden können, ergeben sich wichtige Anhaltspunkte für die Schadstoffbildung. Für uns nicht ganz unerwartet, aber zuvor nicht experimentell belegt, zeigte sich ein entscheidender Einfluss der Brennstoffstruktur auf

den Reaktionsweg zum Benzol. Jedes Brennstoffmolekül weist nämlich ein oder zwei Stellen mit vergleichsweise schwacher Bindung auf – die Sollbruchstellen bei hohen Temperaturen. Die entsprechenden Bruchstücke werden in hohen Konzentrationen gebildet und können so sehr effizient miteinander reagieren. Hieraus folgt als Hauptfrage für jeden Brennstoff, ob Reaktionsprodukte solcher Bruchstücke schnell zu Benzol (oder anderen Aromaten) führen oder eher zu Molekülen geringerer Stabilität, die sich leichter abbauen lassen.

Die unterschiedlichen Reaktionswege, über die seit Jahren debattiert wird, widersprechen einander also nicht, sondern stellen einander ergänzende Facetten des Reaktionsgeschehens dar. Ein bestimmter Reaktionspfad herrscht bei einer ganz spezifischen Verbrennungsbedingung vor, während ein anderer für einen anderen Brennstoff viel wichtiger sein kann. Für die Modellierung solcher Flammen bedeutet dies, dass nicht nur ein Pfad zur Aromatenbildung, sondern mehrere berücksichtigt werden müssen. In der Anwendung ist also die Auswahl von Brennstoffen oder Brennstoffgemischen für die Schadstoffminderung sehr bedeutsam.

■ Computersimulation von Verbrennungsprozessen

Simulationen erlauben oft einen gezielten, detaillierten Einblick in grundlegende physikalisch-chemische Aspekte des Verbrennungsprozesses, die sich im Experiment nicht isoliert studieren lassen. Das verbesserte Verständnis der Abläufe liefert erste Hinweise auf die Brauchbarkeit eines neuen Verbrennungsverfahrens und verringert den experimentellen Aufwand. So können Entwicklungskosten gesenkt werden.

Wie bereits in Bild 1 angedeutet, stehen bei der Verbrennung eine Vielzahl einzelner Prozesse miteinander in Wechselwirkung, und zwar vor allem chemische Reaktionen, Strömung und Transport von Stoffen, Wärme oder Strahlung, die sich abhängig von Ort und Zeit ändern. In einem Verbrennungsmotor wiederholen sich zum Beispiel bestimmte Zyklen zeitabhängig von der Zündung bis zum Ausstoß der Verbrennungsabgase, und es sind unterschiedliche Verbrennungszonen innerhalb der Brennraumgeometrie zu unterscheiden. Die Beschreibung dieser Zusammenhänge in einem Modell ist daher sehr komplex. Für ein spezifisches Verbrennungssystem werden Bilanzgleichungen über Energie, Impuls und Masse aufgestellt, die diese chemisch reagierende Strömung beschreiben. Diese berücksichtigen den entsprechenden chemischen Reaktions-

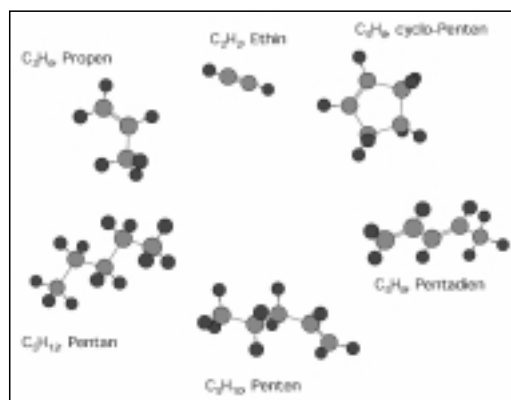


Bild 3: Chemische Struktur der in den Experimenten verwendeten Brennstoffe.

mechanismus, in den Hunderte chemischer Verbindungen und Tausende von Reaktionsgleichungen einfließen können. Zur Lösung dieser Gleichungen ist also ein hoher Rechenaufwand nötig, so dass trotz der Vorteile der Modellierung solche Simulationen zur Zeit noch auf vereinfachte Verbrennungssysteme beschränkt sind.

■ Rußbildung im Computer

Simulationen sehr komplizierter chemischer Reaktionsabläufe wie der Rußbildung werden deshalb sinnvollerweise unter vereinfachten Strömungsbedingungen durchgeführt, wie in den oben beschriebenen Experimenten: die vorgemischte, nur in einer Raumrichtung sich ändernde Flamme (in Bild 2 von der Brenneroberfläche gesehen nach rechts) verringert den Rechenaufwand. Die wichtigste Klasse chemischer Verbindungen, die unter brennstoffreichen Flammenbedingungen gebildet werden und als entscheidende Rußvorläufer gelten, sind die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Dies sind größere Ringstrukturen, die nicht nur aus einem aromatischen Ring (wie Benzol) oder aus zweien (wie Naphthalin) bestehen, sondern mehr oder weniger engmaschig aus Ringen aufgebaut sein können wie das Beispiel in Bild 4. Die Reaktionen, die zu solchen Verbindungen führen – die selbst wegen ihrer zum Teil kanzerogenen Wirkung als Schadstoffe gelten –, sind ebenso wenig im Detail verstanden wie ihre weiteren Reaktionen bis hin zu Rußteilchen.

Auch wenn diese Reaktionsketten noch nicht vollständig verstanden sind, gibt es für Teilaspekte

bereits sehr aussagekräftige Modelle, die auch in unserer Arbeitsgruppe weiterentwickelt und verfeinert werden. Ist nämlich aus Bruchstücken der eingesetzten Brennstoffe wie CH , CH_2 , C_2H_2 und C_3H_3 usw. erst einmal Benzol als erste Ringverbindung entstanden, so kann daran rasch mit diesen und weiteren kleinen Bruchstücken „angebaut“ werden. Entscheidend für die Anlagerung und Kombination kleinerer Aromaten zu größeren Ringverbindungen sind die so genannten Buchtstrukturen (s. Bild 4). Die Anzahl der C-Atome, die eine Bucht begrenzt, bestimmt nämlich auch ihre Entwicklungsmöglichkeiten bzw. ihre Reaktivität. Eine Ecke (0C-Bucht) reagiert daher anders als z.B. eine 5C-Bucht, die schon eine Vorform des nächsten Ringes darstellt. Insbesondere 4C-Buchten können besonders rasch neue Ringe bilden.

Das weitere Ringwachstum zu großen PAK erfolgt nach analogen Prinzipien. Ab einer gewissen Molekülgröße entstehen dann durch Zusammenlagerung mehrerer PAK die ersten Rußteilchen, die an ihrer Oberfläche durch Addition kleiner Kohlenwasserstoffe aus der Gasphase weiterwachsen können. Aus dieser Entstehungsgeschichte ist verständlich, dass dem Verständnis der Reaktionswege zu kleinen PAK eine entscheidende Bedeutung zukommt, denn hier wird der Grundstein für die Weiterentwicklung bis zum Ruß gelegt. Nicht zuletzt durch die Arbeiten unserer Gruppe sind hier in den letzten Jahren zusätzliche Reaktionsmöglichkeiten vorgeschlagen und im Vergleich von Experiment und Simulation getestet worden, die das extrem rasche Rußwachstum in Flammen erklären helfen.

Dass bei einem solchen Vergleich von der Simulation erwartet wird, zumindest den Verlauf der Benzolkonzentration in der Flamme in Abhängigkeit vom Brennerabstand richtig wiederzugeben (Bild 5),

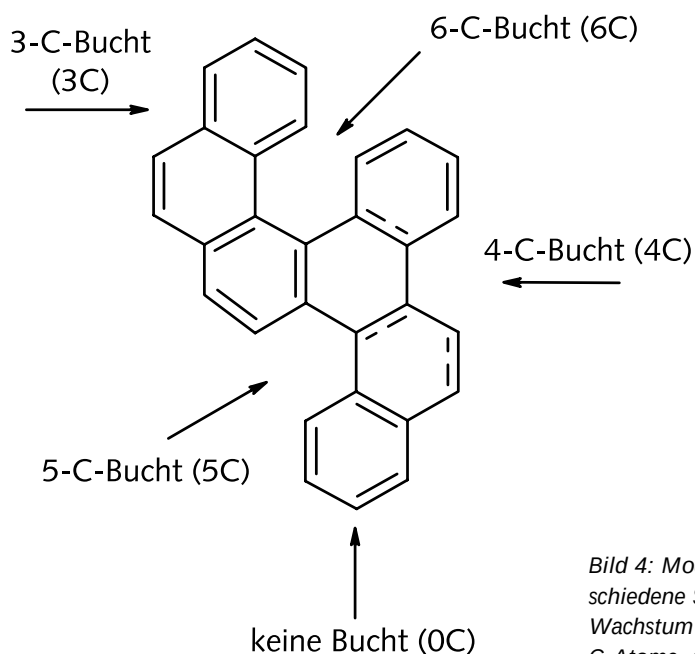


Bild 4: Modell eines Rußvorläufermoleküls, das verschiedene Strukturen, „Buchten“, für das weitere Wachstum aufweist. Diese sind nach der Anzahl der C-Atome, die sie begrenzen, klassifiziert.

erscheint selbstverständlich. Allerdings kann eine solch gute Übereinstimmung von Experiment und Modell, wie sie dort zu erkennen ist, erst seit kurzem erreicht werden – noch vor zwei Jahren wurde die gemessene Benzolkonzentration durch Modelle um einen Faktor drei oder mehr unterschätzt. Die gemeinsame Arbeit von Experimentatoren und Modellierern ist also außerordentlich wichtig für eine genaue Vorhersage von Schadstoffmengen aus einem Verbrennungsprozess. Die rasante Entwicklung von auf systematische Experimente gegründeten Modellen, von numerischen Verfahren und Rechnerleistungen lässt erwarten, dass in naher Zukunft Motoren oder Gasturbinen bereits vor einer Fertigung mit detailgetreuer Chemie am Computer auf ihren potenziellen Schadstoffausstoß untersucht werden können.

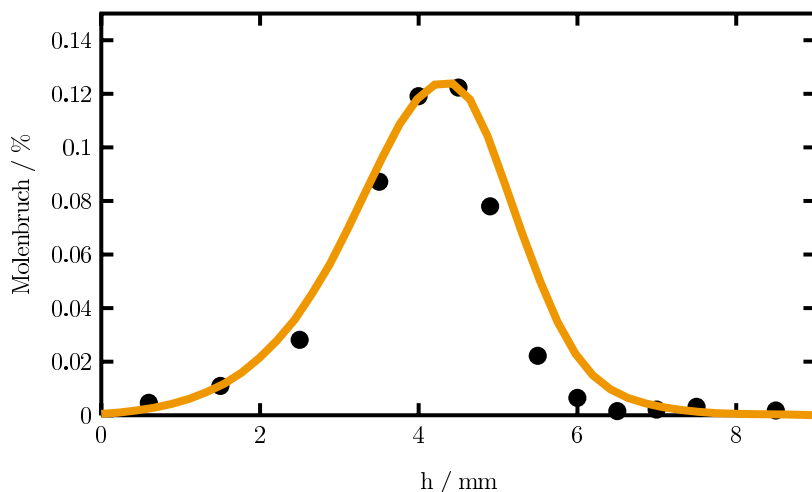


Bild 5: Vergleich der Benzolkonzentration in einer Propenflamme aus Experiment (Punkte) und Modellierung (rote Linie). Die Benzolkonzentration hat ihr Maximum im leuchtenden Bereich der Flamme (siehe Bild 2); gezeigt ist der Verlauf von der Brenneroberfläche ($h=0$) bis ins Abgas.

Privatdozent Dr. Burak Atakan (r.) studierte Chemie in Heidelberg (Diplom 1988, Promotion 1992) und wechselte 1995 nach einem zweijährigen Postdoc-Aufenthalt bei der DLR in Stuttgart an die Universität Bielefeld. Er habilitierte sich in diesem Jahr mit Arbeiten zur Untersuchung chemischer Reaktionsmechanismen bei hohen Temperaturen. Hierzu zählen zum Beispiel seine Arbeiten zur Gasphasenabscheidung von Halbleiternmaterialien – ein Gebiet, für das er 1997 den Bennis-Foerder-Preis erhielt. Ferner ist er international anerkannt für Untersuchungen an brennstoffreichen Flammen, von denen ein Ausschnitt in diesem Beitrag dargestellt ist.

Dr. Heidi Böhm (l.) studierte Chemie in Göttingen (Diplom 1988, Promotion 1992), wobei sie einen Teil ihrer Dissertation auch in Heidelberg und Stuttgart durchführte und dazu im Rahmen eines Graduiertenkollegs gefördert wurde. Nach Postdoc-Aufenthalt in Duisburg und Nancy, für die sie ein Industriestipendium erhielt, kam sie 1996 als Lise-Meitner-Stipendiatin nach Bielefeld; ein Habilitationsstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft und mehrere kürzere Forschungsaufenthalte in Paris schlossen sich an. Ihr Habilitationsverfahren wurde vor kurzem eröffnet. Ihre Spezialität ist die Entwicklung numerischer Verfahren für die Simulation von Verbrennungsprozessen.



Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus (Mitte) studierte Chemie in Bochum und war danach von 1979 bis 1987 bei der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) tätig. Nach Forschungsaufenthalten in Stanford und am SRI International, USA, (1987/88) kehrte sie als Gruppenleiterin zurück zur DLR und nahm Lehraufträge an der Universität Stuttgart wahr, wo sie sich im Bereich Energietechnik habilitierte. Während eines Heisenberg-Stipendiums (1993/94) erfolgten mehrere Forschungsaufenthalte u.a. in Paris. Seit 1994 ist sie Professorin für Physikalische Chemie an der Universität Bielefeld. Ihre Forschungsinteressen gelten der Entwicklung laserspektroskopischer Verfahren, u.a. für die Untersuchung biochemischer Prozesse, sowie der Chemie der Verbrennung und der Abscheidung neuartiger Materialien. Als Gründerin eines Chemielabors für Schüler (teutolab) bemüht sie sich ferner intensiv um den zukünftigen Chemikernachwuchs.



Wüstenökologie – Wissen gegen die Desertifikation

Siegmar-Walter Breckle, Maik Veste,
Walter Wucherer

Fakultät für Biologie – Abteilung Ökologie

Über 40 Prozent der Erdoberfläche sind von Trockengebieten bedeckt. Die Erforschung der ökologischen Prozesse in Ökosystemen der Wüste ist eine wichtige Grundlage für das Verständnis von und für Maßnahmen gegen die Desertifikation. Wie kommt es zur Desertifikation, zur Landverödung? Unsachgemäße Landnutzung, Überweidung und Rodungen, Übernutzung der Böden führen zur Erosion, zur Sanddünenbildung, zur Versalzung von Bewässerungsfeldern und damit zum Verlust der biologischen Produktionsgrundlage sowie zum Rückgang der Artenvielfalt. Die Folge sind gravierende sozio-ökonomische Krisen. Kommen Klimaschwankungen dazu, reagieren Ökosysteme der Trockengebiete besonders sensibel auf Eingriffe des Menschen. Am Beispiel „Aralseeboden“ einerseits und „Negev-Sandwüste“ andererseits werden internationale Forschungsunternehmungen zur Wüstenökologie vorgestellt.

■ Internationale Forschungskooperation

Welche Vorgänge verursachen die Desertifikation? Welches Ausmaß haben sie? Was kann dagegen unternommen werden?

Im Rahmen internationaler Forschungsprojekte, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert werden, untersucht die Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld Strukturen und Prozesse in den Wüsten Zentralasiens und des Nahen Ostens, um Grundlagen für eine natürliche Stabilisierung dieser fragilen Ökosysteme zu schaffen. Die komplexen Interaktionen zwischen Klima, Vegetation, Boden und Geomorphologie erfordern interdisziplinäre Forschungsteams. So sind im Forschungsprojekt „Negev-Wüste“¹ die ökophysiologischen und vegetationskundlichen Arbeiten der Abteilung Ökologie in eine Forschergruppe eingebunden, die sich aus Geomorphologen, Bodenkundlern, Mikroklimatologen, Geographen, Mikrobiologen und anderen Fachwissenschaftlern aus Israel und Deutschland zusammensetzt. Im Projekt „Aralkumwüste“² wird gemeinsam mit deutschen, kasachischen und israelischen Wissenschaftlern verschiedener Forschungsrichtungen die komplexe Vegetationsdynamik der durch Trockenfall des Aralsees entstandenen Wüste untersucht.



Abb. 1: Der gegenwärtige Zustand des „geteilten“ Aralsees: der Große Aralsee im Süden und der Kleine Aralsee im Norden. Zwischen beiden Seen ist ein Damm errichtet worden, der 1999 bei einer Sturmflut zerstört worden ist.

■ Die Austrocknung des Aralsees

Der Aralsee in Zentralasien war bis 1960 mit einer Fläche von 68.000 km² der viertgrößte See der Erde, der von den Flüssen Amudarja und Syrdarja gespeist wurde. Die großflächigen Bewässerungsmaßnahmen in Usbekistan und Kasachstan verursachten eine katastrophale Austrocknung des Aralsees, so dass 80 Prozent des Wasservolumens und 60 Prozent der Wasserfläche nicht mehr vorhanden sind (Abb. 1). Das scheinbar unbegrenzte Wasserreservoir des Aralsees führte zu unbedachter Wassernutzung durch eine extensive und verschwenderische Landwirtschaft und somit zu erheblichen Schädigungen der umliegenden Ökosysteme. Die trockengefallene Fläche beträgt mittlerweile 40.000 km², eine Fläche in der Größe der Niederlande. Allerdings verläuft die Dynamik der Austrocknung des Aralsees im nördlichen und südlichen Teil des Sees seit Ende der 80er Jahre unterschiedlich. Der Große Aralsee im Süden trocknet weiterhin aus, der Wasserspiegel sinkt ab, und die Seewasserfläche reduziert sich. Demgegenüber ist der Wasserspiegel des Kleinen Aralsees im Norden in den letzten Jahren gestiegen, und die Seewasserfläche nahm zu. Diese positive Entwicklung ist der Errichtung eines Dammes zwischen dem Großen und Kleinen Aralsee zuzuschreiben. Aufgrund des Dammes mündete bis 1999 der Syrdarja mit einem durchschnittlichen Zufluss von vier bis fünf Kubikkilometern im Jahr nur in den Kleinen Aralsee. So konnte die Wasserhöhe dort zeitweise stabilisiert werden. Im Frühjahr 1999 ist der Damm bei einer Sturmflut zerstört worden; die Folge war ein Absinken des Wasserspiegels um 2,5 Meter.

■ Die Aralkumwüste

Das Landschaftsbild des trockengefallenen Seebodens ist vielfältig und stellt eine komplizierte Mischung von Salzböden und Sandlandschaften dar. Diese neuen Ökosysteme werden aktiv von Pflanzen besiedelt. Hier kann derzeit die weltweit größte primäre Sukzession beobachtet werden. Die Grundlage der Pflanzenbesiedlung bilden hauptsächlich Flora und Samenbanken der Aralterrassen und teilweise des Festlandes rund um den Aralsee. Rund 270 Pflanzenarten konnten mittlerweile das neue Ökosystem besiedeln. Die Hälfte des trockengefallenen Seebodens sind versalzten Böden, die extreme Lebensräume für Pflanzen sind. Etwa 200 Arten können auf den Küstensolontschaks (feuchte Salzböden) und unterschiedlich versalzten Böden leben. Diese Salzpflanzen, die so genannten Halophyten, haben unterschiedliche Mechanismen und Strategien für die Regulation



Abb. 2: Salzstrauch-Bestand (*Kalidium caspicum* und *Halostachys caspica*) auf einer vor etwa 25 Jahren trockengefallenen Fläche an der Ostküste des Aralsees. Vor 40 Jahren betrug die Tiefe des Sees auf dieser Fläche etwa fünf Meter.

des Salzgehaltes in den Pflanzenorganen entwickelt und sind unterschiedlich tolerant gegenüber der Bodenversalzung. Trotz der fortschreitenden Besiedlung durch Pflanzen (Abb. 2) stellt der austrocknende Boden des Aralsees meist eine riesige offene Salzfläche dar. Sie ist zur Hauptquelle von Salzstaubdepositionen in der Region geworden. Über einen direkten Einfluss dieses Aerosols auf die Bodenverbrackung und Landwirtschaft, ebenso auf die natürlichen Eigenschaften der Ökosysteme und die Gesundheit der Bevölkerung gibt es keine sicheren Angaben über die Ursachen. Bei einer weiteren Austrocknung des zentralen Beckens des Aralsees in den nächsten sieben bis zehn Jahren wird es ohne Zweifel zur verstärkten Bildung von Salzstaubstürmen kommen. Die landwirtschaftlichen Flächen an den Süd- und Ostküsten werden dann noch mehr betroffen sein als bisher.



Abb. 3: Die für die Anpflanzung vorbereiteten Versuchsflächen mit der Verwendung des „Minicatchment“-Verfahrens an der Ostküste des Aralsees, mit staubiger Salzkruste an der Oberfläche.



Abb. 4: Bewachsene Sanddünen auf der israelischen Seite (links) und mobile Sanddünen auf der ägyptischen Seite (rechts).

Der Befestigung der Oberfläche des trockenengefallenen Seebodens gegen Winderosion und Salzstaubaustrag mit Hilfe einer schützenden Vegetationsdecke kommt insofern eine besonders wichtige Bedeutung zu. Die natürliche Entwicklung der Vegetation ist abhängig von den Bodenbedingungen, insbesondere von der Wasserversorgung und der Versalzung. Bodenverbessernde Maßnahmen können die natürliche Pflanzenbesiedlung beschleunigen. Anpflanzungsversuche sind auf ausgewählten Flächen im Randbereich gestartet worden, wobei sogenannte „Minicatchments“ angelegt wurden (Abb. 3). Dies sind künstliche Abflussflächen mit einem Neigungswinkel von 10 bis 15 Grad und einer Fläche von 4 bis 9 Quadratmetern, in denen sich das Regenwasser sammelt. In der Mitte dieser Abflussflächen befinden sich bis zu einem Meter tiefe und auf ein Drittel mit Sand ausgefüllte Gruben, in die die Pflanzen gesetzt werden.

Die Bewertung der laufenden Vorgänge und Erstellung von Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Ökosysteme sollen Aufschluss über die zukünftige Entwicklung des trockenengefallenen Seebodens und deren Nutzungsmöglichkeiten geben.

■ Mikroorganismen stabilisieren Sanddünen

Ein weiteres Hauptproblem der Desertifikation sind Sandverwehungen und Wanderdünen, die eine Gefahr für die Infrastruktur wie Siedlungen, Straßen, Eisenbahnlinien und Bewässerungsflächen darstellen. Der Einfluss der menschlichen Landnutzung auf Sanddünen lässt sich am Beispiel des Negev und Sinai demonstrieren. Das dortige Sandgebiet ist durch die Staatsgrenze zwischen Israel und Ägypten

getrennt und unterliegt einer unterschiedlich intensiven Beweidung, was sich in der unterschiedlichen Vegetationsdichte und der höheren Sandbewegung widerspiegelt (Abb. 4).

Neben der Vegetation spielen in diesem Fall Mikroorganismen eine besondere Rolle für die Stabilität des Ökosystems. Auf ungestörten Flächen hat sich eine nur 1 bis 7 Millimeter dicke Oberflächenkruste gebildet, die zunächst aus Cyanobakterien und Grünalgen und später auch aus Pilzen, Moosen und zum Teil aus Bodenflechten (Abb. 5) aufgebaut



Abb.5: Biologische Kruste mit Cyano-Flechten stabilisieren die Sandoberfläche.

wird. Die Oberflächenkruste wird als biologische Kruste oder Kryptogamen-Kruste bezeichnet. Die Mikroorganismen beeinflussen maßgeblich die ökologischen Prozesse und die mosaikhafte Verteilung der Vegetation.

Cyanobakterien, die als Symbionten in den Bodenflechten oder freilebend in der Kruste vorkommen, fixieren den Luftstickstoff. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Stickstoffeintrag für die nährstoffarmen Wüstenböden. Außerdem werden Zuckerverbindungen von Bakterien ausgeschieden, die Sandkörner miteinander verkleben und die Sandoberfläche stabilisieren. Die Winderosion wird damit weiter vermindert. Bevor es allerdings zu biologischen Krusten kommen kann, muss die Windgeschwindigkeit verringert werden. Grundbedingung hierfür ist die Ausbildung einer Vegetationsdecke, die die Rauigkeit der Bodenoberfläche erhöht. Gemeinsam mit der Vegetation sind diese Mikroorganismen eine ideale natürliche Methode zur Oberflächenstabilisierung von gestörten Wüstenökosystemen.

■ Wasser in der Wüste

Für das Wachstum biologischer Krusten ist eine ausreichende Wasserversorgung notwendig. Da Regen nur an wenigen Tagen im Jahr fällt, ist Taufall eine wichtige Feuchtigkeitsquelle für die wechselfeuchten Mikroorganismen. Untersuchungen der mikroklimatischen Rahmenbedingungen in den Sanddünen haben gezeigt, dass sich innerhalb weniger Stunden nach Sonnenuntergang eine stabile Luftschichtung ausbildet und die Ausstrahlung zur Auskühlung und damit verbunden zu Taufall führt. Bereits 0,1 Millimeter Niederschlag in Form von Tau aktiviert die physiologischen Prozesse der Bodenflechten, wie Messungen der Chlorophyllfluoreszenz am Standort gezeigt haben (Abb. 6). Vor allem in Sommermonaten, die durch eine hohe thermische Ausstrahlung in wolkenlosen Nächten gekennzeichnet sind, kommt es regelmäßig zu Taufallbildung. Diese Feuchtigkeit ist für die Flechten ausreichend, um den Prozess der Photosynthese in den ersten Stunden nach Sonnenaufgang in Gang zu setzen, bevor sie wieder austrocknen. Die Verweildauer des Tauniederschlags ist auf den nordexponierten Hängen und in der Umgebung von Büschen aufgrund der längeren Beschattung deutlich höher. So haben sich vor allem an nordexponierten Hängen dickere Krusten gebildet.

Biologische Krusten beeinflussen auch die Verteilung des Wassers im Sand, der durch eine hohe Infiltrationsrate gekennzeichnet ist. Nach Regenfällen quellen die Bakterienhüllen auf und verstopfen einen Teil der Bodenporen. So kann an den Hängen der

Sanddünen mit biologischen Krusten nach intensiven Regenfällen sogar Oberflächenabfluss beobachtet werden, der sich in den Senken am Dünenfuß sammelt und eine zusätzliche Wasserversorgung für Pflanzen darstellt, mit der Folge, dass in diesen Senken die höchste Vegetationsdichte zu finden ist.

Die kleinräumigen Prozesse bedingen damit eine heterogene Vegetationsverteilung in den Wüstenökosystemen. Mehr noch, die komplexen Interaktionen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen stabilisieren das fragile Wüstenökosystem.

■ Aktivitäten in Bielefeld

Um den Informationsaustausch und die internationale Zusammenarbeit zwischen den Experten aus verschiedenen Regionen zu fördern, hat die Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Sekretariat der Vereinten Nationen für die Konvention zur Desertifikationsbekämpfung (UNCCD) in Bonn, der UNESCO in Paris und der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) verschiedene nationale und internationale



Abb. 6: Messung der Photosyntheseaktivität mit der Chlorophyllfluoreszenz-Technik nach nächtlichem Taufall.

Symposien³ organisiert. Im Januar 2000 haben sich zwanzig deutsche Forschungsinstitutionen zu einem Kompetenznetzwerk zur Desertifikationsbekämpfung zusammengeschlossen, das von der Bielefelder Abteilung Ökologie maßgeblich koordiniert wird. Dieser interdisziplinäre Verbund hat sich zum Ziel gesetzt, Informationen auszutauschen, Verbindungen zwischen wissenschaftlichen Institutionen und Behörden herzustellen, Desertifikationsprozesse zu erforschen und Konzepte zur Desertifikationskontrolle zu entwickeln.

■ Ausblick

Die internationalen, interdisziplinären Verbundprojekte „Aralsee“ und „Negev-Sandwüste“ und die gestarteten Pilotprojekte zeigen, dass die Erforschung der ökosystemaren Prozesse in den unterschiedlichen Trockengebieten eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung von nachhaltigen Konzepten zur Desertifikationsbekämpfung und Landnutzung ist. Nur eine intensive Zusammenarbeit der ökologischen Grundlagenforschung mit der angewandten Forschung sowie deren praktische Umsetzung durch die Institutionen der Entwicklungszusammenarbeit kann zum Technologietransfer und langfristig zu Erfolgen führen.

Internet: www.uni-bielefeld.de/biologie/Oekologie
www.uni-bielefeld.de/desertnet

Literatur

¹ Veste, M. & Breckle, S.-W., Negev – pflanzen-ökologische und ökosystemare Analysen, Geographische Rundschau Heft 9/2000, Westermann Verlag, Braunschweig.

² Breckle, S.-W. & Veste, M. (Hrsg.), Contribution from the International Workshop „Sustainable Land-Use in the Middle East“, Bielefelder Ökologische Beiträge 9/1995.

³ Breckle, S.-W., Veste, M. & Wucherer, W., Sustainable Land-Use in Deserts, Springer Verlag, Heidelberg 2000.



Prof. Dr. Siegmund-Walter Breckle (l.) promovierte an der Universität Stuttgart-Hohenheim über Korkeichenwälder Kataloniens und habilitierte sich an der Universität Bonn über die Ökologie und den Mineralstoffhaushalt von Xerohalophyten in Utah/USA. Seit 1980 ist er Leiter der Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld. Arbeitsschwerpunkte: Forschungen zur Ökologie der Halophyten, Mineralstoffe und Pflanzenernährung, Schwermetallwirkungen auf Pflanzen und Waldschadensforschung, Geobotanik und Globalökologie (Hochgebirge, Tropen und Wüsten), Sport und Umwelt.

Dipl.-Biol. Maik Veste (Mitte) studierte Biologie an der Universität Münster und promovierte über Wasserhaushalt und Photosynthese von Sanddünenpflanzen. Er arbeitet als wissenschaftlicher Angestellter in der Abteilung Ökologie der Bielefelder Fakultät für Biologie im Rahmen eines deutsch-israelischen Verbundprojektes zur Erforschung der Prozesse im Sanddünengebiet der Negev-Wüste (Nizzana-Projekt) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Arbeitsschwerpunkt ist die Ökophysiologie von Wüstenpflanzen insbesondere der Negev-Wüste und Südafrikas.

Dr. Walter Wucherer (r.) studierte Biologie an der Universität Almaty (Kasachstan) und promovierte 1986 an der Universität Tomsk (Rußland) über die Vegetationsdynamik der Küste des Aralsees. Als wissenschaftlicher Angestellter in der Abteilung Ökologie der Bielefelder Fakultät für Biologie ist er im Rahmen des Verbundprojektes „Aralsee“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit der Erforschung der Ökosystemdynamik des trockenengefallenen Aralseebodens beschäftigt. Forschungsschwerpunkte sind die Vegetationsdynamik und die Ökologie der zentralasiatischen Wüsten.

Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft

Verein der Freunde und Förderer e.V.

Werden Sie Mitglied!

Eine Universität braucht Freunde. Sie braucht Kontakt zur Öffentlichkeit. Sie braucht das Engagement aller Bürger und aller privaten oder öffentlichen Körperschaften und Firmen der Region. Sie braucht auch die Verbundenheit ihrer Studenten über die Studienzeit hinaus. Sie braucht die Unterstützung aller Kreise zur Erfüllung ihrer Aufgaben. Dies gilt erst recht für eine junge und expandierende Universität.

Wir laden zum Beitritt ein!

Was wir tun:

Förderung von Forschung und Lehre der Universität: Unterstützung von Fakultäten, Einrichtungen und Forschungsvorhaben.

Pflege der Beziehungen zwischen Universität und Bevölkerung: Durchführung und Unterstützung von Vorträgen, Konzerten, Kunstausstellungen, Sportveranstaltungen usw.

Hilfe bei Problemen der Studentenschaft: Förderung von Studentenwohnheimen, Vergabe von Auslandsstipendien, praxisorientierte Betreuung (Gesprächskreise, Firmenbesichtigungen) und andere Aktivitäten.

Förderung wissenschaftlicher Arbeiten: Jährliche Verleihung von Preisen für hervorragende Habilitations- und Dissertationsarbeiten. Unterstützung von förderungswürdigen wissenschaftlichen Arbeiten im Allgemeinen.

Vertiefung der Beziehungen zwischen Universitätsgesellschaft und Lehrkörper: Veranstaltungsreihe Fakultäten stellen sich vor.

Wir brauchen den gut ausgebildeten Nachwuchs. Deshalb tun wir

Die Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft Verein der Freunde und Förderer e.V. wurde 1966 durch Persönlichkeiten aus Politik, Kultur, Wirtschaft und Wissenschaft gegründet. Zu ihren Mitgliedern gehören heute Bürger aus allen Schichten der Bevölkerung, Personen aus Handel und Industrie sowie öffentliche Körperschaften und Firmen.

Vorsitzender des Kuratoriums: Margrit Harting-Kohlhase, Espelkamp, stellvertretender Vorsitzender: Prof. Dr. Gert Rickheit, Bielefeld, weitere Mitglieder: Dr. Dietmar Baumeister, Bielefeld, Peter Ebertz, Bielefeld, Dr. Werner Efinger, Bielefeld, Landrat Wilhelm Krümer, Minden, Wolfgang Kähler, Bielefeld, Helmut Kruse, Detmold, Karen Leffers, Werther-Isingdorf, Rudolf Miele, Gtersloh, Dr. Peter von Müller, Bielefeld, Günther Rammel, Bielefeld, Joachim Schultz-Tornau, Bielefeld, Herbert Sommer, Bielefeld, Reinhold Trinius, Porta Westfalica, Dr. Dr. Jürgen Weitkamp, Lübbecke. Vertreter der Universität Bielefeld: Dr. Barbara Moschner, Karl Hermann Huvendick, Prof. Dr. Peter Finke, Bastian Simon.

Vorsitzender des Vorstandes: Ortwin Goldbeck, Bielefeld, stellvertretender Vorsitzender: Oberbürgermeister Eberhard David, Bielefeld, Geschäftsführer und Schatzmeister: Prof. Helmut Steiner, Bielefeld, weitere Mitglieder: Bürgermeister Thomas Gabriel, Herford, Dr. Siegfried Luther, Gtersloh, Wolf-Dieter Meier Scheuven, Bielefeld, Walter Maa, Bielefeld, Dr. Uwe Schökel, Bonn, Dr. Rainer Wend, Bielefeld, Ehrenmitglieder: Rudolf August Oetker, Ernst Graumann, Prof. Dr. Karl Peter Grottemeyer, Dr. Kurt Schober, Gerd Seidensticker, Walter Stöck.

Die Mitglieder werden durch die Herausgabe von Mitteilungen und Mitgliederversammlungen auf dem Laufenden gehalten. Außerdem erhalten sie kostenlos die Bielefelder Universitätszeitung.

Alle Mitglieder der Universitätsgesellschaft erhalten auch das Forschungsmagazin der Universität Bielefeld kostenlos!

Die Universitätsgesellschaft ist steuerlich als gemeinnützige Institution anerkannt.

Mitgliedschaft

Wenn Sie Mitglied werden wollen, wenden Sie sich bitte an:

Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft
Prof. Helmut Steiner, Wilhelmstr. 3a, 33602 Bielefeld,
Tel. (05 21) 12 43 47, Fax. (05 21) 5 21 33 33
Email-Anschrift: HelmutSteiner@t-online.de

Ich/Wir wünsche(n)

☐ eine Firmenmitgliedschaft zu einem Jahresbeitrag von

DM ☐ 500, ☐ 800, ☐ 1000,- ☐ _____

(der Mindestbeitrag beträgt DM 500,-)

Die zuständige Kontaktperson in der Firma ist

☐ eine Einzelmitgliedschaft zu einem Jahresbeitrag von

DM ☐ 50, ☐ 100, ☐ 200, ☐ _____

(der Mindestbeitrag beträgt DM 50,-)

Die Benachrichtigung erfolgt auf das Konto-Nr. 0 669 499 (BLZ 480 700 20) der Deutschen Bank AG in Bielefeld.

Bitte senden Sie die Beitrittsbestätigung an:

Name

Firma

Straße

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift



Hochspannungsfreileitungen in der Landschaft – für Vögel mehr als ein ästhetisches Problem

Roland Sossinka

Fakultät für Biologie

Die starke Veränderung unserer Landschaft im letzten Jahrhundert – von einer kleinstrukturierten abwechslungsreichen Agrarlandschaft zum modernen Industriestandort – hat den Lebensraum für eine große Zahl von Tieren deutlich beeinflusst. Für manche Arten war dies günstig, für viele aber nachteilig, wie die immer länger werdenden „Roten Listen“ dokumentieren. Um weiterem Artenschwund zu begegnen, sollten zunächst die einzelnen bestandsbedrohenden Faktoren erkannt werden. Dazu müssen die Lebensgewohnheiten der entsprechenden Tierarten in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet, und aus Verhalten

und ökologischen Ansprüchen Konzepte zur Minderung der Gefährdung entwickelt werden. Dieses Gebiet der naturschutzorientierten Verhaltensökologie betreibt zum Teil Grundlagenforschung, zum Teil anwendungsbezogene Untersuchungen an den verschiedensten Tierarten. Ein konkreter Fall soll hier vorgestellt werden.



Ein Paar der seltenen Zwerggänse, die wie die sehr ähnlich aussehenden Blässgänse in den Tundren des hohen Nordens brüten und bei uns als Durchzügler oder Wintergäste vorkommen.

Gittermasten mit den weitgeschwungenen Leiterseilen für 110 oder mehr Kilovolt gehören in unserer Industrielandschaft zum gewohnten (wenn auch nicht immer geliebten) Bild. Für freilebende Vögel können sie mehr als nur ein ästhetisches Problem darstellen: nachteilige Effekte reichen von lebensbedrohlichen Unfällen bis zur möglichen Beeinträchtigung von Lebensräumen. Mit dieser Problematik beschäftigt sich an der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld eine Gruppe von Verhaltensökologen, außer dem Autor der Doktorand Hauke Ballasus und die Diplomandinnen Veronika Schulte und Sylva Vejskal; zum Teil gefördert durch RWE-Energie AG, Essen.



Weidende Gänse unter einer Hochspannungsfreileitung. Typisch die Ausdünnung des Schwarms unter den Leiterseilen, die andeutet, dass die Gänse die Leitung meiden.

■ Direkt erkennbare Schädigung

Gut belegt sind Verläufe von Unfällen durch zahlreiche Berichte und auch Videoaufzeichnungen. Dabei ist zwischen Stromschlag (Elektroktion) und Vogelschlag (Kollision mit den Seilen) zu unterscheiden. Ersteres geschieht nur bei sehr großen Vögeln beispielsweise bei Störchen und Adlern, deren Flügelspannweite den Raum zwischen zwei Leiterseilen oder – häufiger – zwischen Leiterseil und Mast überbrückt und so einen tödlichen Stromfluss durch das Tier herbeiführt. Diese eher an Mittelspannungsleitungen gegebene Gefahr ist in Mitteleuropa seitens der Energieversorgungsunternehmen, die so entstehende Kurzschlüsse auch lieber vermeiden wollen, durch geeignetere Masten- und Isolatorenkonstruktionen erheblich verringert worden. Vogelschlag dagegen betrifft viele verschiedene Arten, scheint aber zahlenmäßig stark zu variieren, wie Untersuchungen staatlicher Vogelschutzwarten aufgezeigt haben: Totfunde traten vermehrt vor Waldrändern und in Flugschneisen auf und waren bei Zugvögeln im Herbst und Winter häufiger als bei Standvögeln. Besonders an das oberste, über die Mastspitzen verlaufende Blitzschutzseil stoßen gelegentlich sowohl kleine als auch große Vogelarten. Aufgrund der hohen Eigengeschwindigkeit führt dies oft zu schweren Verletzungen und zum Tod. Aus Videoaufzeichnungen einer Gänsekette geht hervor, dass

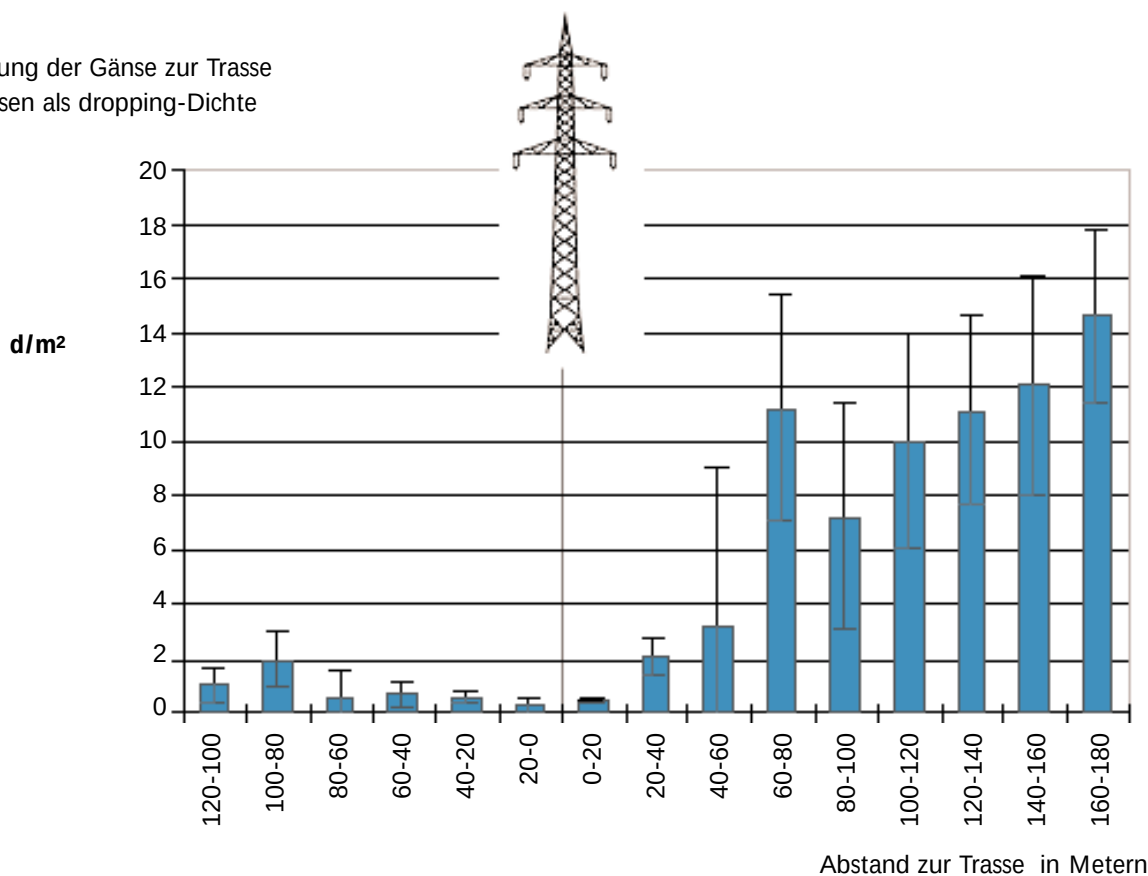
die führende Gans manchmal erst im letzten Moment die Seile wahrnimmt, dann stark ruderdend versucht, Höhe zu gewinnen, um das oben befindliche Erdseil zu überfliegen, es jedoch nicht schafft, die Kollision zu vermeiden. Auch einige der direkt nachfolgenden Gänse können noch kollidieren. Eindrucksvolle Stereo-Videoaufnahmen hierzu hat Diplom-Biologe Christian T. Haack auf einem Workshop zur „Störungsbiologie“ in Bielefeld vorgeführt.

Einige Energieversorgungsunternehmen haben aufgrund dieser Befunde zugesagt, bei der Planung des Verlaufs von neuen Leitungen an besonders betroffenen Orten – Taleinschnitten, Flussüberquerungen – soweit wie möglich Rücksicht zu nehmen und auch die Markierung von Erdseilen mit wirksamen optischen Strukturen (z.B. kontrastreichen Scheiben oder Kugeln, wie in Flugschneisen für Flugzeuge schon üblich) weiter voranzutreiben.

■ Indirekte Effekte: Wie nachweisen?

Außer diesen direkten Negativeffekten ist die Frage nach indirekten Wirkungen sehr viel schwerer zu beantworten. Fühlen sich zum Beispiel weidende Gänse in Leitungsnähe gestört? Mindestens in Naturschutzgebieten ist die Frage relevant, da der Gesetzgeber dort in der Regel eine Störung ausdrücklich untersagt. Wie lässt sich eine solche Frage überhaupt bearbeiten (da wohl kaum mit einer

Verteilung der Gänse zur Trasse
gemessen als dropping-Dichte



Die Gänseverweilzeiten ermittelt aus der Anzahl von "droppings" (Gänsekot-Würstchen) pro Quadratmeter in verschiedenen Abständen zur Hochspannungsfreileitung. Unter der Leitung wird ein etwa 100 Meter breiter Streifen kaum von Gänsen aufgesucht; kleine, durch die Leitung abgeschnittene Restflächen der Weide werden wenig genutzt (linker Abschnitt).

Kooperation der Vögel bei einer Fragebogen-Aktion zu rechnen ist)? Hier sind Verhaltensökologen gefordert, die durch umfangreiche Beobachtungsreihen eine Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Umweltbedingungen, Verhaltensrepertoire und Folgen für die untersuchte Tierart hinreichend wahrscheinlich machen können. Wildgänse wie z.B. die Blässgans kommen im Winterhalbjahr zu Hunderttausenden aus Nordeuropa und Sibirien in die Flussniederungen von Elbe, Weser und Rhein. Sie schlafen nachts auf größeren Still-Gewässern und suchen tagsüber Mähwiesen und Weiden auf, um zu äsen. Dabei sollten Menge und Qualität des Grases und die Entfernung vom Schlafplatz ausschlaggebend dafür sein, welche Gebiete besucht werden. Abweichungen von einer ökonomischen Flächennutzung könnten auf menschenverursachte Störungen hinweisen. Die wiederum können die Fitness der betroffenen Individuen negativ beeinflussen, d.h. Einzeltiere schwächen, damit deren Nachkommenzahl vermindern und auf längere Zeit einen Rückgang dieser Art (im Extremfall bis zum allmählichen Aussterben) verursachen.

Konkret hat die Bielefelder Forschergruppe durch tägliche Kontrolle der Flächen über mehrere Winter mit Aufzeichnungen, wie viele Gänse wo zu sehen sind, verschiedenste Verhaltensbeobachtungen und

Gras-Messungen, das großflächige Muster der Raumnutzung am Niederrhein in der Umgebung von Kleve erfasst. Dabei ergibt sich, dass große Gänse-schwärme zunächst flussnahe Weiden jeweils wenige Tage lang besuchen und abgrasen, dann in Nachbarflächen einfliegen, anschließend auch in etwas fernere Grünlandflächen. Nach drei bis vier Wochen kehren sie in die zuerst besuchten Weiden zurück, auf denen inzwischen junges nährstoffreiches Gras nachgewachsen ist, und beginnen einen neuen Beäusungszyklus.

■ Die Ergebnisse sprechen für sich

Bei kleinräumiger Analyse fallen verschiedene Unregelmäßigkeiten auf. So werden einige Weiden oder mindestens Teilgebiete von Weiden deutlich weniger von Gänsen aufgesucht. Dies ist einmal der Fall am Rande von Straßen oder stark frequentierten Fußwegen, ein andermal im Bereich von Hochspannungsfreileitungen. Drei Messmethoden sind angewandt worden, um einen möglichen Einfluss der Leitungen nachzuweisen. Zum einen wurde über viele Weiden ein Raster von 40 x 40 m großen Flächen gelegt und über den ganzen Winter summiert, wie viele Gänse je Teilfläche gezählt worden waren. Bei straßen- und wegfernen Flächen konnte eindeutig gezeigt werden,

dass Teilflächen nahe an und unter Hochspannungsfreileitungen seltener aufgesucht werden. Zum anderen wurde ein Maß verwandt, das keine ständige Beobachtung verlangt, sondern über die Zeit die Anwesenheit der Gänse integriert: die Menge an „droppings“ (Gänsekot-Würstchen). In Linien quer zu den Leitungen (Transekte) konnte so in definierten Abständen die Anzahl „droppings“ je Quadratmeter ausgezählt werden. Auch hier ergab sich ein deutlicher Leitungseffekt: im Durchschnitt waren im Nahbereich (40 bis 60 m Abstand) die Zahlen deutlich vermindert. Dazu ließ sich zeigen, dass kleine Weideflächen, die durch eine Hochspannungsfreileitung von einer größeren abgeschnitten waren, kaum noch genutzt wurden. Und schließlich konnte durch Verhaltensprotokolle belegt werden, dass die (wenigen) Gänse, die sich leitungsnaufhielten, weniger Ruheverhalten und mehr „Aufmerken“ (Umherschauen) zeigten, ein Anzeichen, dass die Tiere beunruhigt waren.

■ Schlussfolgerungen

Hieraus schließen wir Wissenschaftler, dass bei den üblichen Hochspannungsfreileitungen eine Beeinträchtigung des Lebensraumes für Gänse vorliegt. Auch bei einigen anderen Vogelarten wie der Feldlerche hat man ein Meiden von Hochspannungsfreileitungen zeigen können, bei Kiebitzen dagegen bislang nicht.

Da durch Versiegelung und Intensivlandwirtschaft die Menge an Weideland ständig zurückgeht, müssten bei Genehmigungsverfahren für neue Hochspannungsfreileitungen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zugrunde gelegt werden, welche die nachgewiesene Beeinträchtigung kompensieren. Darüber hinaus sollten in relevanten Schutzgebieten nicht nur keine neuen Freileitungen mehr gebaut werden, sondern vorhandene unterirdisch verlegt werden.



Prof. Dr. Roland Sossinka (l.) – hier zusammen mit der Diplomandin Sylva Vejskal und dem Doktoranden Hauke Ballasus – studierte Biologie und Chemie und promovierte 1970 über ein Thema zur Haustierkunde. Als wissenschaftlicher Assistent an der Technischen Universität Braunschweig forschte er zur Klimaanpassung und Verhaltensphysiologie verschiedener Kleinvögel und wechselte nach Bielefeld. Er habilitierte sich 1977 und wurde 1982 zum Professor ernannt. Er arbeitet heute in Forschung und Lehre hauptsächlich im Gebiet der Verhaltensökologie. Hier laufen u.a. Drittmittelgeförderte Projekte zum Artenschutz. Er ist zudem in verschiedenen Arbeitskreisen, Beiräten und Ausschüssen im Bereich des Umwelt- und Naturschutzes aktiv.



Umwelttechnologien – kurz und bündig

Rüdiger Blume

Fakultät für Chemie

„Pädagogen und Politiker reden viel über Umweltprobleme. Doch im Schulalltag kommt dieses Thema kaum vor.“ Dieser durch Umfragen gestützte Befund hat seine Ursache vor allem darin, dass bislang kaum einfaches und zugleich umfassendes Lehrmaterial für den experimentell orientierten naturwissenschaftlichen Unterricht mit Bezügen zur Umwelterziehung gab. Hier sind die naturwissenschaftlichen Didaktiken gefragt. Die Arbeitsgruppe Chemie und Didaktik der Universität Bielefeld entwickelt deshalb für den gesamten experimentell zugänglichen Bereich der Umweltchemie ein Konzept mit vielen Modellexperimenten, das als Grundlage zur Gestaltung von Unterrichtseinheiten für Chemie und Biologie sowie zur Ausbildung in Umweltwissenschaften beiträgt.



Müllverbrennungsanlage Bielefeld-Heepen

■ Umweltchemie ist gar nicht so schwer

Die Umweltchemie gilt als schwer zu vermitteln. Denn ihre Fakten sind äußerst vielfältig, die oftmals fächerübergreifenden Zusammenhänge von hoher Komplexität. Anlagen zum Umweltschutz wie die zur Müllverbrennung muten riesig und unübersichtlich an. Bei genauem Hinsehen jedoch reduzieren sich die Hintergründe auf relativ einfache Reaktionen. Damit werden Entstehung, Eigenschaften und Wirkung von Schadstoffen sowie Verfahren zur Minderung von Emissionen anhand anschaulicher Experimente auch für Schüler demonstrierbar. Das ist vor allem auch für Studierende wichtig, die Chemie nur als Nebenfach wählen oder an Weiterbildungen teilnehmen.

■ Anschauliche Experimente sind unerlässlich

Da umwelttechnologische Verfahren in den Schul-labors nur in den wesentlichen Grundzügen nachvollziehbar sind, streben wir an, sie durch neu zu entwickelnde Versuchsvarianten zu ergänzen oder zu substituieren. Die Experimente müssen an die oftmals eingeschränkten Möglichkeiten der Schule angepasst werden und in kurzer Zeit möglichst aussagekräftige Ergebnisse liefern. Dazu arbeiten wir mit überhöhten Modellen, z. B. mit wesentlich höheren als den „natürlichen“ Konzentrationen von Schadstoffen. Mit präzisen Handlungsanweisungen tragen wir dem mangelnden Experimentiergeschick Rechnung und schließen Gefährdungen aus.

■ Das Beispiel Schadgase

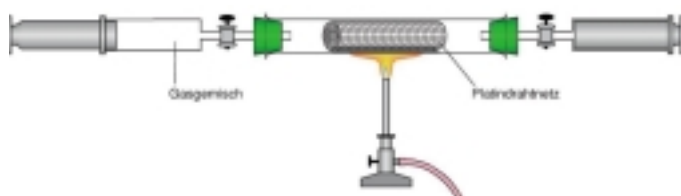
Zur Visualisierung von Verfahren der Umwelttechnologie ist besonders die Emissionsminderung von Schadgasen wie den Stickoxiden, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff oder Ozon geeignet.

1. Die Entstickungsverfahren: Stickoxide (NO_x) entstehen bei allen Verbrennungsprozessen – auch in der Kerzenflamme weisen wir sie nach. Die chlorartig riechenden, giftigen Gase wirken auch in Spuren katalytisch bei vielen unerwünschten Reaktionszyklen der Atmosphäre mit und müssen deshalb aus den Abgasen entfernt werden.

1.1. Wie ein Autoabgas-Katalysator arbeitet: Autoabgase werden mit Hilfe eines Katalysators wie Platin „nachverbrannt“. Die Reaktionsprodukte sind Stickstoff, Wasser und Kohlendioxid. Es reicht zur Demonstration aber nicht aus, einfach ein Stück eines Katalysatorblocks aus einem Auto zu nehmen.

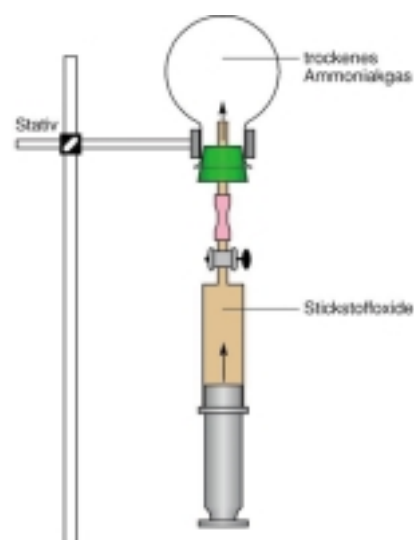
Denn dessen Keramik adsorbiert das NO_x nur und setzt es nicht um.

Wir dagegen stellen hochkonzentrierte Modellmischungen aus rotbraunen Stickoxiden, Sauerstoff und Methan bzw. Kohlenmonoxid her. Das Platin befindet sich auch nicht feinverteilt (also unsichtbar) auf einer Keramik, sondern liegt in reiner Form als Drahtnetz vor. Damit können wir zeigen, dass das Platin an der Umsetzung der Abgasmodellmischung beteiligt ist, denn der „arbeitende“ Katalysator glüht während der Reaktion hell auf. Das Modell macht außerdem deutlich, dass die Entstickung wie auch in der Technik nicht vollständig erfolgt. Hiermit werden die Grenzen der Möglichkeiten zur Emissionsminderung deutlich. Weiterhin demonstrieren wir auch die reversible Adsorption von NO_x an Keramik – allerdings in einem getrennten Versuch.



Modell eines Abgaskatalysators

1.2. Modellreaktion zur Rauchgasentstickung: In den riesigen „DENOX“-Systemen einer Müllverbrennungsanlage oder von Heizkraftwerken wird den Abgasen Ammoniak zugemischt, das unter Mitwirkung eines Katalysators mit NO_x zu Wasser und Stickstoff reagiert. Anders als beim technischen Verfahren ist bei unserem Modellexperiment kein besonderer Katalysator notwendig. Es reicht aus, die beiden hochkonzentrierten Gase in einem Glaskolben zu vermischen. Augenblicklich bilden sich weiße Nebel von Wasserdampf. Der Effekt wirkt geradezu alchimistisch.



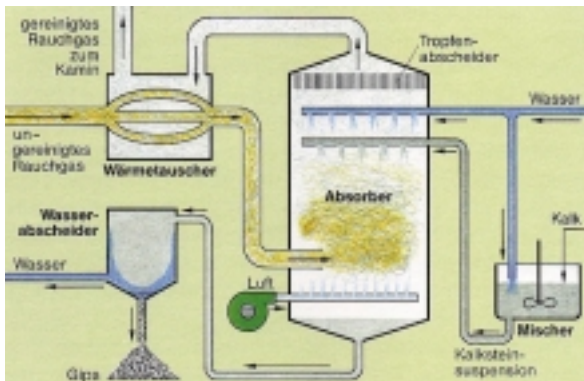
Modellversuch zum DENOX-Verfahren



Unsere Auszubildenden Jens Altvater und Eric Pieper mit dem Modellversuch zum DENOX-Verfahren.

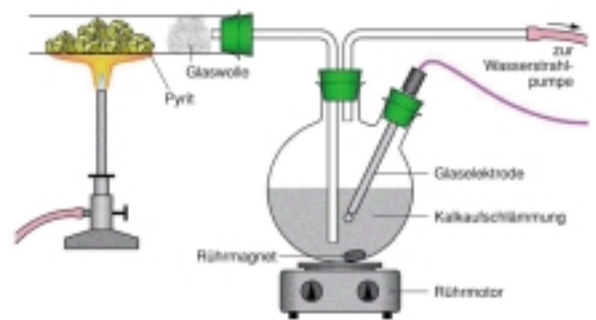
2. Verfahren zur Entschwefelung: Ökologisch bedenkliche Schwefelverbindungen, die in der Schule demonstriert werden können, sind vor allem Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff.

2.1. Kalksteinverfahren zur Rauchgasentschwefelung: Entschwefelungsanlagen sind mittlerweile bei allen Heizkraftwerken und MVA in einer Vielzahl von Varianten vorhanden. Bei dem uns interessierenden Verfahren wird Schwefeldioxid durch wässrig aufgeschlämmten Kalkstein gebunden. Die Mischung reagiert durch simultane Oxidation mit restlichem Luftsauerstoff zu Gips.



Schema zur industriellen Rauchgasentschwefelung nach dem Kalksteinverfahren.

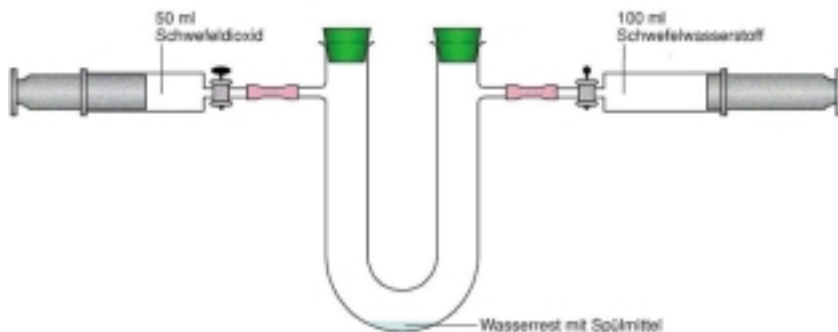
Im Modellversuch zerlegen wir die Reaktion in zwei Schritte, wodurch der Lerneffekt gesteigert wird. Zuerst lassen wir in destilliertem Wasser aufgeschlämmtes feines Kalkpulver mit Schwefeldioxid reagieren. Das Schwefeldioxid gewinnen wir durch Erhitzen von Pyrit, einem stark schwefelhaltigen Eisenerz, das auch in Kohle vorkommt. Nach einigen Minuten löst sich der Kalkstein auf, die Lösung wird klar. Nun wird zur Oxidation anstelle von Schwefeldioxid Luft durch die Mischung gezogen. Bald trübt sich die Lösung wieder aufgrund von nun gebildetem, schwerlöslichen Gips, erkenntlich an seinen feinen Kristallnadeln.



Modellversuche zum Kalksteinverfahren.



2.2. Vernichtung von Schwefelwasserstoff (Claus-prozess): Dieses nach faulen Eiern stinkende Gas, das aus Erdgas oder als Abfall aus der Erdöl verarbeitenden Industrie bei der präventiven Treibstoffentschwefelung stammt, wird mit Schwefeldioxid in Gegenwart eines Katalysators wie Wasser umgesetzt. Auch hier läuft ein verblüffend einfacher Redoxprozess ab: Die beiden Gase reagieren zu elementarem Schwefel und Wasser.



Modellversuch zum Clausprozess

3. Experimente mit Ozon: Die Bedeutung von Ozon („Oben zu wenig, unten zu viel“) muss auch im Unterricht thematisiert werden. Aber kaum eine Schule verfügt über die teuren Apparaturen zu dessen Herstellung. Was die meisten jedoch nicht wissen: Das Schadgas mit seinem „elektrischen Geruch“ entsteht als Nebenprodukt bei der Sauerstoffgewinnung durch Elektrolyse von Schwefelsäure. Seine Konzentration liegt bei 2 Promille, also dem 20.000fachen des atmosphärischen Warnwerts von 0,1 ppm.



Gummischlauch vor und nach Ozoneinwirkung

Damit können wir alle wichtigen Ozonversuche durchführen. Am beeindruckendsten für Schüler und Studierende ist die Wirkung auf gespanntes Gummi. Ein aufgeblasener Luftballon platzt augenblicklich beim Kontakt mit dieser Gasmischung. Ein frischer, ansonsten unzerreißbarer Gummischlauch zeigt bereits nach ein, zwei Minuten Ozoneinwirkung lange Risse. Mit dem Anodengas kann man sogar in 1-cm-Küvetten UV-Spektren des Ozons aufnehmen; die Extink-

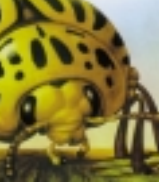
■ Umweltchemische Modell-Experimente in den Medien

tion beträgt etwa 0,5.

Die detaillierten Anleitungen zu den vorgestellten Experimenten sind (neben vielen anderen, wie zum Beispiel zu den nachwachsenden Rohstoffen) über Internet auf unserem Chemiebildungsserver <http://dc2.uni-bielefeld.de> abrufbar. Diese Webseiten werden nicht nur von Schulen und interessierten Bürgern frequentiert, sondern zudem in Praktika für Studiengänge zu den Umweltwissenschaften eingesetzt und sogar von Firmen und anderen Institutionen zur Fortbildung genutzt. Diese Modellversuche haben auch in modernen Schul- und Lehrbüchern



Prof. Dr. Rüdiger Blume, Jahrgang 1941, ist Professor für Chemie und Didaktik der Chemie. Er begann zunächst mit dem Studium der Chemie in Göttingen und wechselte dann zur Biochemie in Tübingen. Abschluss als Diplom-biochemiker, Promotion in Physikalischer Chemie. 1978 hat er sich für das Fach Chemie und Didaktik der Chemie habilitiert und wurde im selben Jahr zum Professor an der Pädagogischen Hochschule in Bielefeld berufen. Seit 1980 ist er Mitglied der Fakultät für Chemie an der Universität Bielefeld. Hauptarbeitsgebiete sind Methoden der experimentellen Umweltchemie, Entwicklung von Experimenten zu modernen Inhalten für den Chemieunterricht, Schulbucharbeit und moderne Medien.



Chemie in der Landwirtschaft

Zur Umweltgeschichte der Pestizidanwendung in Deutschland seit 1945

Jürgen Büschenfeld

Institut für Wissenschafts- und Technikforschung

Die Vielfalt der natur- und technik-, der geistes- und sozialwissenschaftlichen Anstöße und Ansätze zur Umweltforschung lässt sich auf den gemeinsamen Nenner eines ebenso einfachen wie klar umrissenen Zieles zurückführen: in der Zukunft komme es darauf an, so der Biologe Hubert Markl, die „Lebensfreundlichkeit“ und „Lebenstauglichkeit“ der Biosphäre aufrechtzuerhalten. Doch was können Historiker zur Lösung derartiger Zukunftsaufgaben beitragen? Sollte man sich angesichts der dringenden natur- und technikwissenschaftlichen Tagesfragen die Zeit für Rückblicke nicht besser sparen?

Derartige Überlegungen griffen zweifellos zu kurz, trägt doch die Umweltgeschichte – hier am Beispiel von Landwirtschaft und Pestizidanwendung – dazu bei, die Entstehungsprozesse aktueller Umweltrisiken offen zu legen, das Geflecht von gesellschaftlichen, sozialen und kulturellen Rahmenbedingungen zu durchleuchten und ihre Relevanz für politische Entscheidungen zu unterstreichen. Umwelt und aktuelle Umweltrisiken haben Geschichte; und diese Geschichte reicht weiter zurück, als es die Geburtsstunde der Umweltpolitik zu Anfang der 1970er Jahre anzudeuten vermag.



In der Werbung der 1950er Jahre geraten die Dimensionen der Pflanzenschutzproblematik aus den Fugen. Riesige Kartoffelkäfer und so genannte Unkräuter, die „über den Kopf“ wachsen, sollen die dringende Notwendigkeit des chemischen Pflanzenschutzes unterstreichen.

■ Agrargeschichte als Umweltgeschichte – Umweltgeschichte als Agrargeschichte

Erstaunlicherweise hat die neuere Agrargeschichtsforschung die Umweltproblematik bislang kaum aufgegriffen und die ökologische Komponente der Landbewirtschaftung allenfalls als Desiderat der Forschung angemahnt. Der überwiegende Teil der Arbeiten, der sich mit der Landwirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg auseinandersetzt, thematisiert den rasanten sozialökonomischen Wandel sowie die enormen Ertragszuwächse durch Landtechnik und Chemie. Oder aber es stehen die sozialen Verwerfungen im Vordergrund, die sich in Begriffen wie „Landflucht“ und „Wachsen oder Weichen“ spiegeln und die dazu geführt haben, dass sich die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe im früheren Bundesgebiet von zwei Millionen (1949) auf etwa 550 000 (1995) reduziert hat.



Nicht nur in der Landwirtschaft, auch im „kleinsten Garten“ kommen chemische Pflanzenschutzmittel zum Einsatz. Etwa 5 Prozent der jährlich in Deutschland ausgebrachten Wirkstoffmenge von 30.000 Tonnen entfallen auf Haus- und Kleingärten.

Auf der anderen Seite hat die noch junge Disziplin der Umweltgeschichte agrarökologische Themen der jüngeren Vergangenheit ebenfalls weitgehend ausgeklammert. Die Umweltgeschichte konzentrierte sich

im Gefolge der Umweltbewegung seit den 1970er Jahren zunächst vor allem auf das Umfeld der industriellen Luft- und Wasserverschmutzung und setzte den zeitlichen Schwerpunkt im 19. und frühen 20. Jahrhundert. Das von der Volkswagen-Stiftung in ihrem interdisziplinär ausgerichteten Forschungsschwerpunkt „Umwelt als knappes Gut – Steuerungsverfahren und Anreize zur Schadstoff- und Abfallverringerung“ geförderte Projekt möchte deshalb mit dem Fokus auf die umweltrelevanten Folgen des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln einen Beitrag dazu leisten, sowohl der Umwelt- als auch der Agrargeschichte neue Impulse zu geben.

■ Das aktuelle Problem

Der Bedeutungszuwachs von Pflanzenkrankheiten, Schadorganismen und Wildkräutern im Ackerbau hängt mit der massiven Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in den letzten 50 Jahren eng zusammen. Mit dem deutlichen Rückgang des Grünlandanteils konzentriert sich die Ackernutzung heute auf wenige Kulturen auf immer größeren und oft von ökologisch wertvollen Hecken und Feldgehölzen flurbereinigten Flächen. Mit der Konzentration auf wenige Kulturpflanzen können sich spezifische Schadorganismen massenhaft ausbreiten und auch die Dichte der an bestimmte Früchte besonders gut angepassten „Unkräuter“ nimmt zu. Zur Bekämpfung dieser unerwünschten Nebenfolgen der Intensivwirtschaft steht den Landwirten eine breite Palette chemischer Substanzen zur Verfügung (280 Wirkstoffe, 1000 Präparate), die nicht nur ökologisch schädlich, sondern auch ökonomisch hochgradig ineffizient ist. Oft werden nur 0,1 Prozent der Wirkstoffmengen benötigt, um Schädlinge abzutöten. Die restlichen 99,9 Prozent verteilen sich mit zum Teil hoher Persistenz im Ökosystem.

Will man die Frage beantworten, welche historischen Weichenstellungen und Entwicklungen für den aktuellen Befund verantwortlich sind, so wird man ein ganzes Bündel von Faktoren und Akteuren untersuchen müssen.

■ Das Pestizidproblem im Widerstreit organisierter Interessen

Die Agrarpolitiker der frühen Bundesrepublik hatten die Hunger- und Mangelerfahrung der unmittelbaren Nachkriegszeit tief verinnerlicht. Zwischen Politik und Agrarverbänden bestand Einigkeit, dass die Mechanismen der Marktwirtschaft für die Landwirtschaft zunächst nicht gelten sollten. Schon 1950/51 verabschiedete der Bundestag Marktordnungen für

Getreide, Zucker, Milch, Fleisch, Fett mit dem Ergebnis, dass an agrarprotektionistische Traditionen angeknüpft wurde. Versorgungssicherheit bei niedrigen Verbraucherpreisen lautete die Devise, selbst wenn dafür ein hoher Preis aus Steuermitteln zu zahlen war. Die Politik verpflichtete sich durch das Landwirtschaftsgesetz von 1955, die „naturbedingten Nachteile gegenüber anderen Wirtschaftszweigen“ auszugleichen. Ein breitangelegtes Subventionssystem bei gleichzeitigem Rationalisierungsdruck in der Landwirtschaft, hervorgerufen durch die „Landflucht“ der familienfremden Landarbeiter in die attraktivere Industrie, war die schnelle Folge. Unter dem politischen Druck des deutschen Bauernverbandes (DBV) sprudelten die staatlichen Finanzhilfen, u.a. auch für chemischen Dünger und Pflanzenschutzmittel. Dabei ließ der DBV ebenso wie die im „Industrieverband Agrar“ organisierten Produzenten von Pflanzenschutzmitteln eine besondere Sensibilität für die ökologischen Risiken des chemischen Pflanzenschutzes bis in die 1980er Jahre hinein nicht erkennen. Der Bauernverband fühlte sich über Jahrzehnte in erster Linie dem Leitmotiv einer nachholenden ökonomischen Entwicklung verpflichtet. Mit dieser Politik begab er sich jedoch in die paradoxe Position, verbal stets die Verteidigung der Strukturen des bäuerlichen Familienbetriebes zu propagieren, faktisch jedoch mit der dauerhaften Konzentration auf Rationalisierung bis heute zur Auflösung des traditionellen Leitbildes beizutragen.

Als Gegenpositionen werden vor allem die Interessen der Natur- und Umweltschutzverbände sowie der in der „Arbeitsgemeinschaft bäuerlicher Landwirtschaft“ (AbL) neu formierten Agraropposition untersucht. Welche Durchschlagskraft besaßen und besitzen diese insgesamt gesehen doch sehr heterogenen Interessen im Kontrast zum traditionell durchsetzungsstarken DBV?

In den letzten Jahren wurde eine Veränderung in der Verbandspolitik des DBV in die Richtung einer „Ökonomisierung der Ökologie“ erkennbar. Einkommensverluste, hervorgerufen durch eine umweltfreundlichere Wirtschaftsweise, sollen finanziell ausgeglichen werden. Damit wird inzwischen zugestanden, dass die landwirtschaftliche Produktion durchaus Umweltrisiken birgt, und ökologische Einsichten werden mit der Chance zur pragmatischen Nutzung neuer Subventionen eng verknüpft.

■ Die Rolle der Wissenschaft

Wie haben sich die für die Intensivwirtschaft handlungsleitenden wissenschaftlichen Normen herausgebildet? In welcher Weise wurden ältere Leitbilder



Auch der chemische Pflanzenschutz ist in den 1950er Jahren schnell der Rationalisierung unterworfen. Mit modernen Feldspritzen oder dem Einsatz von Helikoptern ersetzt der Faktor Kapital den Faktor Arbeit.

durch moderne Wissensbestände deformiert und schließlich aufgegeben? Der chemische Pflanzenschutz konnte in den 1950er Jahren auf Forschungen zurückgreifen, die während des Zweiten Weltkrieges in der Schweiz, in England, den USA und Deutschland durchgeführt worden waren. Zwischen der Schweiz und Deutschland gab es offenbar sogar während des Zweiten Weltkrieges eine rege Zusammenarbeit in der Pestizidforschung. Ältere Traditionen verweisen darüber hinaus auf die Anwendung von Kupfer-, Arsen- und Schwefelverbindungen schon im 19. Jahrhundert.

Parallel dazu genoss aber auch der biologische Pflanzenschutz einen hohen Stellenwert. Gewissermaßen im Vorgriff auf später erkannte agrarökologische Zusammenhänge mahnte die „Pflanzenhygiene“ zur Vorsicht im Umgang mit Agrarchemikalien. Für die angewandte Entomologie der 1950er Jahre gehörte es zu den Binsenweisheiten, dass der Pflanzenschutz natürliche Biozönosen „nicht aus dem Gleichgewicht bringen“ dürfe und dass Monokulturen die Massenvermehrung von Schädlingen enorm begünstigen.

Mit der Entdeckung der insektiziden Wirkung von DDT und der Entwicklung anderer chlorierter Kohlenwasserstoffe in der zweiten Hälfte der 1940er Jahre wurde der chemische Pflanzenschutz weltweit massiv zulasten biologischer Methoden ausgebaut. Während sich in Deutschland in den 1950er Jahren das chemische Paradigma zunächst offenbar nur

zögerlich durchzusetzen schien, erreichte die chemieorientierte Pflanzenschutzforschung in den 1970er Jahren ihren Höhepunkt. Seit den späten 1980er Jahren deutet sich - entlang der Belege zu negativen Folgewirkungen und hervorgerufen durch einen gesellschaftlichen Wertewandel – erneut ein Paradigmenwechsel an: der Einsatz von Chemikalien soll zugunsten des integrierten Pflanzenschutzes, biologischer und womöglich gentechnologischer Methoden stark eingeschränkt werden.

■ Agrar-, Umwelt- und Gesundheitspolitik

Über eine Vielfalt von Gesetzen, Verordnungen und administrativen Zuständigkeiten sind Staat und Bürokratie heute in die Problematik des chemischen Pflanzenschutzes involviert. Es hat sich nicht nur der originär agrarpolitische Raum enorm ausgeweitet, sondern die engen Bezüge zur Umwelt- und Gesundheitspolitik mit ganz eigenen Regularien sind offensichtlich. Insofern ist ein dichtes Geflecht kaum noch zu überschauender Zuständigkeiten entstanden. Auch ist es evident, dass die Frage der Chemisierung der Landwirtschaft vor dem Hintergrund der Europäisierung der Agrarpolitik mit der Einrichtung einer supranationalen Bürokratie einen enormen Komplexitätszuwachs erfahren hat. Der EWG-Vertrag von 1957 formulierte u.a. das Ziel, die Produktivität durch Förderung des technischen Fortschritts zu steigern und die landwirtschaftliche Erzeugung zu rationalisieren. Damit waren die Produktionssteigerungen vorgezeichnet, die über staatliche Abnahmegarantien schließlich zum Überschussproblem führten. Welche Handlungsspielräume wurden und werden den Nationalstaaten überhaupt zugestanden, und wie werden die Politikfelder Landwirtschaft, Umwelt und Gesundheit auf den verschiedenen Ebenen miteinander verzahnt?

Durch die öffentlich-rechtlich organisierten Landwirtschaftskammern übernimmt der Staat auch Beratungs- und Ausbildungsfunktionen. Eine Analyse der Leitbilder des vermittelten Wissens und des Wissenstransfers in die landwirtschaftliche Praxis soll Auskunft zu Akzeptanz und Widerständen gegenüber chemischen Pflanzenschutzmitteln geben.

■ Umweltgeschichte als Netzwerkanalyse – Kollektive Akteure im politischen Prozess

Das Thema „Pestizide“ bietet vor allem deshalb ein lohnendes umwelthistorisches Arbeitsfeld, weil mit ihm die bislang in der Umweltgeschichte dominierenden „medialen“ Orientierungen an Wasser, Luft oder Boden überwunden werden können. Mit den Folgewirkungen auf Wasser und Boden, auf die Artenvielfalt und auf die menschliche Gesundheit werden ganz unterschiedliche Belastungspfade beschrieben, die auf das ökologische Gesamtergebnis des Pestizideinsatzes zielen. Landwirtschaft, Umwelt- und Gesundheitsschutz formieren ein gemeinsames Problem- und Politikfeld.

In Anlehnung an Forschungsmethoden und Konzepte in der Soziologie und in den Politikwissenschaften, können die hier vorgestellten Akteure, Institutionen und institutionalisierten Beziehungen als ein agrarpolitisches Netzwerk beschrieben und interpretiert werden. Mit diesem Netzwerk formiert sich eine „Politikarena“, in der die ganz unterschiedlichen Problemwahrnehmungen, Problemdefinitionen, Konflikte und Aushandlungsprozesse schließlich in konkretes politisches Handeln einmünden. Entlang neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu Pestiziden, neuer kultureller und gesellschaftlicher Orientierungen wird politisches Handeln immer wieder zur Disposition gestellt und in jeweils veränderten Politikarenen neu definiert.

Dr. Jürgen Büschenfeld studierte Geschichte, Biologie und Soziologie an der Universität Bielefeld. Von 1991 bis 1994 arbeitete er an einem Forschungsprojekt zur Geschichte der Wasserhygiene im 19. und frühen 20. Jahrhundert, aus dem seine Dissertation „Flüsse und Kloaken. Umweltfragen im Zeitalter der Industrialisierung“ hervorging. Für diese Arbeit erhielt er 1995 die Dissertationspreise der Westfälisch-Lippischen Universitätsgesellschaft und der Stiftung der deutschen Städte, Gemeinden und Kreise zur Förderung der Kommunalwissenschaften. Im Anschluss an ein Forschungsprojekt zur Umwelt- und Stadtgeschichte am Beispiel der Stadt Bielefeld, das auf einer Kooperation der Fakultät für Geschichtswissenschaft und Philosophie und dem Bielefelder Stadtarchiv basierte, ist er seit dem Wintersemester 1997/98 am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld im hier vorgestellten Forschungsprojekt tätig. Zwischen den Projektphasen erarbeitete er als freier Mitarbeiter verschiedene Ausstellungskonzepte für das Historische Museum der Stadt Bielefeld in den Kontexten von Stadt-, Technik- und Umweltgeschichte.





Ist das Umweltrecht zu technikorientiert?

Eine immanente Effizienzfrage des Umweltordnungsrechts

Gertrude Lübke-Wolff

Fakultät für Rechtswissenschaft,
Zentrum für interdisziplinäre Forschung

Ein verbreitetes Vorurteil besagt: das deutsche Umweltrecht ist besonders technikorientiert und unter anderem aus diesem Grund auch besonders ineffizient. Mit Ineffizienz ist dabei nicht Unwirksamkeit, sondern ein ungünstiges Verhältnis von Kosten und Nutzen gemeint. Der Vorwurf lautet also, dass Umweltschutz in Deutschland auf unnötig teure Weise betrieben wird. Eine von der Volkswagen-Stiftung geförderte Untersuchung der Forschungsgruppe „Rationale Umweltpolitik – Rationales Umweltrecht“ ist diesem Vorwurf nachgegangen. Schwerpunktthema der Forschungsgruppe, die 1998/99 am Zentrum für interdisziplinäre Forschung der Universität Bielefeld gearbeitet hat, waren Effizienzfragen der Umweltpolitik und des Umweltrechts.

Abgasmessung an einem Industriekamin.



Unter Effizienzgesichtspunkten hat das geltende Umweltrecht bekanntlich schlechte Kritiken. Innerhalb der Wissenschaft erteilt vor allem die Umweltökonomie, teilweise aber auch die umweltbezogene Politikwissenschaft, ihm schlechte Noten. Reihenweise Fünfen und Sechsen fängt das Umweltordnungsrecht sich allein schon dafür ein, dass es überhaupt Ordnungsrecht ist. Empfohlen wird, statt dessen mit marktnäheren, „ökonomischen“ Instrumenten wie Abgaben und handelbaren Emissionsrechten (Zertifikaten) zu arbeiten. Allerdings ist anerkannt, dass es Bereiche gibt, in denen ordnungsrechtliche Lösungen nicht sinnvoll durch marktkonformere Instrumente ersetzbar sind. Die Einsatzbereiche der verschiedenen Instrumententypen werden dabei gern mit Hilfe des Begriffspaares „Gefahr“ und „Vorsorge“ voneinander abgegrenzt. Das Ordnungsrecht gilt als unersetzbar im Bereich der Gefahrenabwehr; im Vorsorgebereich sollen dagegen marktwirtschaftliche Instrumente an seine Stelle treten. Auch wenn man diesen Abgrenzungsversuch für untauglich hält: richtig ist jedenfalls, dass das Umweltordnungsrecht in weiten Teilen nicht sinnvoll durch marktwirtschaftliche Instrumente ersetzbar ist. Und selbst wenn es sich anders verhielte – es gibt bekanntlich keine

Garantie dafür, dass sinnvolle Empfehlungen der Wissenschaft auch politisch umgesetzt werden.

Für praktische Zwecke steht fest, dass es auf Dauer bei der Existenz (mindestens unter anderem) eines umfangreichen Korpus von Umweltordnungsrecht bleiben wird. Die Forschungsgruppe hat sich dementsprechend intensiv nicht nur mit grundsätzlichen instrumentellen Alternativen zum Ordnungsrecht, sondern auch mit immanenten Effizienzfragen des Ordnungsrechts, d.h. mit Effizienzfragen der Auswahl unter verschiedenen Regelungsalternativen innerhalb des Ordnungsrechts, befasst. Eine solche immanente Effizienzfrage des Ordnungsrechts ist die Frage, ob das geltende Umweltrecht zu technikorientiert ausgestaltet ist.

■ **Regulierungsansätze des Umweltordnungsrechts**

Was die ordnungsrechtliche Regulierung von Schadstoffemissionen aus ortsfesten Anlagen angeht, lassen sich für eine effizienzbezogene Analyse drei verschiedene ordnungsrechtliche Regulierungsansätze (und deren Kombinationen) unterscheiden. Auf der normativen Ebene können Schadstoffeinträge in die Umwelt reguliert werden durch:

1. Technikvorgaben, 2. Emissionsvorgaben und/oder
3. Immissionsvorgaben (Qualitätszielvorgaben).

Als Technikvorgaben werden hier normative Vorgaben bezeichnet, die unmittelbar den Einsatz ganz bestimmter Anlagen- oder Betriebstechniken vorschreiben, also beispielsweise die Reinigung bestimmter Abwasserströme über einen Koaleszenzfilter oder die Reinigung bestimmter Abluftströme über Aktivkohleabsorber. Emissionsvorgaben sind Vorgaben in Bezug auf die Schadstoffmengen, die aus der betreffenden Anlage an die Umwelt abgegeben werden dürfen. Sie werden üblicherweise als Konzentrationsgrenzwerte, als Grenzwerte für die Schadstofffracht je Zeiteinheit oder als Grenzwerte für die Schadstofffracht je Produktionseinheit festgelegt. Immissionsvorgaben (Qualitätszielvorgaben) schließlich stellen bestimmte Anforderungen an die Qualität des aufnehmenden Mediums, also der Luft, des Wassers oder des Bodens.

Die Reihe dieser drei Regulierungsansätze zeichnet sich, zumindest in der Theorie, durch zunehmende Zielorientierung in aufsteigender Richtung aus, während in absteigender Richtung der instrumentelle Charakter zunimmt. Technikvorgaben haben den ausgeprägtest instrumentellen Charakter, sie schreiben den Einsatz ganz bestimmter Mittel für das letztlich verfolgte Umweltschutzziel vor. Emissionsvorgaben haben schon etwas stärker ergebnisorientierten Charakter. Hier wird immerhin schon nicht mehr die

einzusetzende Technik, sondern nur noch das jeweilige Reinigungsleistungsziel definiert und verbindlich gemacht. Immissionsvorgaben schließlich weisen die ausgeprägteste Zielorientierung auf. Die Immissionsvorgabe als solche legt weder fest, mit welchen Reinigungs- oder Vermeidungstechniken gearbeitet werden muss, noch, welche Reinigungsleistungen im Abwasser- oder Abluftstrom zu erreichen sind, sondern beschränkt sich auf die Festlegung einer Umweltqualität, die am Ende nicht unterschritten werden darf.

■ **„Stand der Technik“ – der Verdacht zu starker Technikvorgaben im Umweltrecht**

In der Umweltökonomie werden im allgemeinen immissionsorientierte Regulierungsansätze für effizienter gehalten als emissionsorientierte und Emissionsvorgaben wiederum für effizienter als Technikvorgaben. Die Untersuchung, über die ich berichten möchte, betrifft nicht die Analyse und vergleichende Effizienzbewertung von Emissionsvorgaben und Immissionsvorgaben, sondern das Verhältnis von Technikvorgaben und Emissionsvorgaben, also die Stufen 1 und 2 aus dem obigen Dreierschema der nach Instrumentalität bzw. Ergebnisorientierung geordneten regulatorischen Alternativen.

UmweltökonomInnen weisen darauf hin, dass der Schadstoffausstoß von Anlagen, wenn überhaupt mit den Mitteln des Ordnungsrechts, dann nicht mit Vorschriften für die technische Ausrüstung und die Betriebstechnik der Anlagen („prozessbezogene Standards“ / „technology-based standards“), sondern mit Standards für die erwartete Reinigungsleistung der Anlage („performance standards“), d.h. mit Emissionsvorgaben, reguliert werden sollten. Allein auf das Emissionsminderungsziel, so die Argumentation, kommt es schließlich an; mit Vorgaben für die Anlagentechnik werden dagegen nur auf ineffiziente Weise Spielräume für dezentrale Entscheidungen über den effizientesten Einsatz von Mitteln zur Erreichung des Emissionsminderungsziels verkürzt und prozesstechnische Innovationen verhindert. Das deutsche Umweltrecht steht im Verdacht besonders hochgradiger Ineffizienz, weil es als besonders ausgeprägt technikorientiert gilt. Dies beruht auf der zentralen Rolle des Rechtsbegriffs „Stand der Technik“ und vergleichbarer technikbezogener Generalklauseln. In der Literatur wird häufig vorausgesetzt, dass es üblich sei, diese generalklauselartigen Technikstandards normativ durch die Vorgabe bestimmter Techniken der Emissionsminderung zu konkretisieren. Auf dieser Annahme beruht auch die verbreitete

Überzeugung, das Umweltordnungsrecht sei unter anderem deshalb ineffizient, weil es „end-of-the-pipe“-technologische Lösungen erzwingen oder begünstigen.

Trifft es nun tatsächlich zu, dass das deutsche Umweltrecht – oder die deutschen Behörden auf der Grundlage dieses Umweltrechts – den Betreibern schadstoffemittierender Anlagen nicht nur Emissionswerte vorschreiben, sondern auch die Techniken, mit denen diese Werte eingehalten werden sollen? Und sofern dies tatsächlich der Fall sein sollte: Gibt es für ein solches Vorgehen Gründe, die geeignet sind, den Vorwurf der Ineffizienz zu entkräften? Dies sind die Fragen, die das von der Volkswagen-Stiftung geförderte Forschungsprojekt „Ist das Umweltrecht zu technikorientiert?“ beantworten sollte. Die Untersuchung bezieht sich auf die beiden Teilgebiete des Umweltrechts, die als Referenzgebiete für die umweltrechtliche Regulierung von Schadstoffemissionen auch im Zentrum der umweltökonomischen Diskussion stehen: Das Immissionsschutz- und das Abwasserrecht. Im folgenden können nur stark verkürzt einige der Ergebnisse vorgestellt werden.

■ Vorgaben für die Emissionsminderungstechnik in Gesetzen und Ausführungsvorschriften

In einem ersten Untersuchungsschritt waren die geltenden Gesetzes- und Ausführungsvorschriften zu analysieren. Als Ergebnis dieser Analyse ist festzustellen, dass in den beiden für die Industrietätigkeit insgesamt wichtigsten Rechtsgebieten, die als Referenzbeispiele auch im Zentrum der umweltökonomischen Diskussion stehen, nämlich im Abwasser- und Immissionsschutzrecht, Technikvorgaben eine eher untergeordnete Rolle spielen. Insbesondere kommen sie nicht an Stellen vor, an denen sie im Prinzip gleichwertig durch Emissionsvorgaben ersetzt und insofern für überflüssig und ineffizient erklärt werden könnten. Das gegenteilige Vorurteil rührt daher, dass auf der Ebene der Gesetzgebung inhaltliche Anforderungen an emittierende oder potentiell emittierende Anlagen vorwiegend in Gestalt abstrakter so genannter Technikstandards (für die hier betrachteten Rechtsgebiete: „Stand der Technik“, s. §§ 5 I Nr. 2, 22 I Nr. 1 BImSchG, 7a I 1 WHG) formuliert worden sind. Die gesetzliche Anforderung, Emissionen nach Maßgabe des Standes der Technik zu vermeiden bzw. zu vermindern, ist im Prinzip einer Konkretisierung in Gestalt konkreter Technikvorgaben zugänglich. Sie können aber, was den Normalbetrieb angeht, auch anders, nämlich durch bloße Emissionsvorgaben konkretisiert werden, und tatsächlich ist dies das übliche Verfahren.

In den Ausführungsvorschriften zum Abwasserrecht (Abwasserverordnung und Abwasserverwaltungsvorschriften) und zum Immissionsschutzrecht (Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz und Technische Anleitung Luft) wird der „Stand der Technik“ primär durch Emissionsgrenzwerte konkretisiert. Die Festlegung dieser Grenzwerte erfolgt auf der Grundlage bestimmter Referenztechniken, die als zugleich anspruchsvoll und zumutbar angesehen werden. Diese Referenztechniken dienen aber nur als gedankliche Grundlage und tauchen nicht selbst in den Ausführungsvorschriften auf. Nirgends wird der Einsatz ganz bestimmter Reinigungstechnologien – z.B. Gewebefilter, Elektrofilter, Koaleszenzfilter, Aktivkohleabsorber o.ä. – gefordert. Die vorkommenden Technikvorgaben sind überwiegend verfahrenstechnischer, seltener anlagentechnischer Art, überwiegend sehr allgemein gehalten, häufig in dem sichtbaren Bemühen, keine sinnvolle Alternative auszuschließen, nur exemplarisch formuliert, und lassen sich sämtlich einer von drei Gruppen zuordnen:

Nicht-emissionsreduktive Technikvorgaben: Eine erste Gruppe bilden Vorschriften in Bezug auf den Einsatz von Techniken, die überhaupt *nicht der Reduzierung von Emissionen*, sondern anderen Zwecken dienen. Dies betrifft insbesondere die zahlreichen Vorschriften zur Messtechnik, aber auch Vorschriften über Schornsteinhöhen, Vorschriften zum sparsamen Wasserverbrauch u.ä. Eine Effizienzkritik, die gegen Technikvorgaben einwendet, man solle ergebnisorientierter vorgehen und mit der Regulierung gleich beim gewünschten Emissionsergebnis ansetzen, passt hier ersichtlich nicht, weil es um Emissionsergebnisse überhaupt nicht geht.

Sicherheitstechnische Vorgaben und Technikvorgaben zur Vermeidung und Verminderung diffuser Emissionen: Allgemein gehaltene sicherheitstechnische Vorgaben – so z.B. die Verpflichtung, die Anlage so auszulegen, dass sie auch den bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs zu erwartenden Beanspruchungen genügt, Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren zu treffen u.ä. – finden sich insbesondere in der Störfall-Verordnung (12. BImSchV), aber auch in einer Reihe anderer Regelwerke. In Sicherheitsfragen haben grundsätzliche Bedenken gegen die Effizienz technikbezogener Vorgaben wenig Plausibilität. Emissionsvorgaben sind hier, anders als bei gezielt abgeleiteten Emissionen aus Punktquellen, prinzipiell keine überzeugende Alternative, denn deren Einhaltung kann immer nur durch Feststellungen ex post kontrolliert werden, und hier geht es nicht um Kontrolle und evtl. Sanktionie-

rung ex post, sondern um möglichst sichere Prävention ex ante. Aus teilweise ähnlichen Gründen ist ein grundsätzlicher Ineffizienzverdacht auch bei Technikvorgaben, die auf die Vermeidung oder Verminderung diffuser Emissionen zielen, unangebracht. Sehr häufig geht es auch hier um einfache Vorkehrungen, mit denen verhindert werden kann und soll, dass bestimmte Emissionen überhaupt entstehen. Wenn beispielsweise die Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub (17. BImSchV) vorschreibt, dass an Bunkern und Silos für Holzstaub regelmäßig Füllstandskontrollen, gegebenenfalls mit Füllstandsmessgeräten und Überfüllsicherungen, durchzuführen sind, dann handelt es sich darum, dass ein bestimmter leicht möglicher, technisch aber auch leicht verhinderbarer Zustand, nämlich die Überfüllung von Behältnissen mit der Folge massiver Emissionen, in diesem Falle von potentiell krebserregendem Holzstaub, verlässlich verhindert wird. Es wäre lächerlich, dies statt über einer anlagentechnische Vorgabe (Überfüllsicherung) über eine emissionsbezogene Vorgabe, womöglich mit Verpflichtung zum Einbau eines kontinuierlichen Messgeräts, das in jedem eingetretenen Überfüllungsfall die entstandenen Emissionen verzeichnet, sicherstellen zu wollen. Zu den Technikvorgaben, die der Vermeidung diffuser Emissionen dienen, gehören auch z.B. verfahrenstechnische Vorschriften, die für den Umgang mit staubenden Gütern Kapselungen, Absaug- oder Entstaubungseinrichtungen vorsehen oder die sicherstellen sollen, dass schadstoffhaltige Gase dem zentralen Abgasstrom zugeführt werden und nicht schon vor der gezielten Ableitung durch Entnahmeöffnungen, undichte Leitungsverbindungen, Lecks usw. entweichen. Diffuse Emissionen können geradezu dadurch definiert werden, dass sie *nicht* sinnvoll über Emissionsgrenzwerte regulierbar sind. Typischerweise wären dazu schon die Kontrollkosten viel zu hoch. Man kann nicht alle Verbindungsstellen im Leitungssystem eines Chemiewerks mit Hilfe von Emissionsmessgeräten überwachen. Es können auch nicht alle Stellen, an denen in einem Betrieb, der mit staubenden Gütern umgeht, möglicherweise Staub anfällt, durch Emissionsmessungen überwacht werden. Deshalb werden geeignete Dichtungs-, Kapselungs- und/oder Windschutzmaßnahmen verlangt.

Minimierungsvorgaben: In der dritten Gruppe handelt es sich um Technikvorgaben, mit denen der Schadstoffausstoß entweder in bezug auf grenzwertförmig nicht erfasste Schadstoffparameter oder über vorgesehene Emissionsgrenzwerte hinaus minimiert werden soll. Vorgaben dieser Art mag man befürworten oder nicht, jedenfalls kann man sie aber nicht

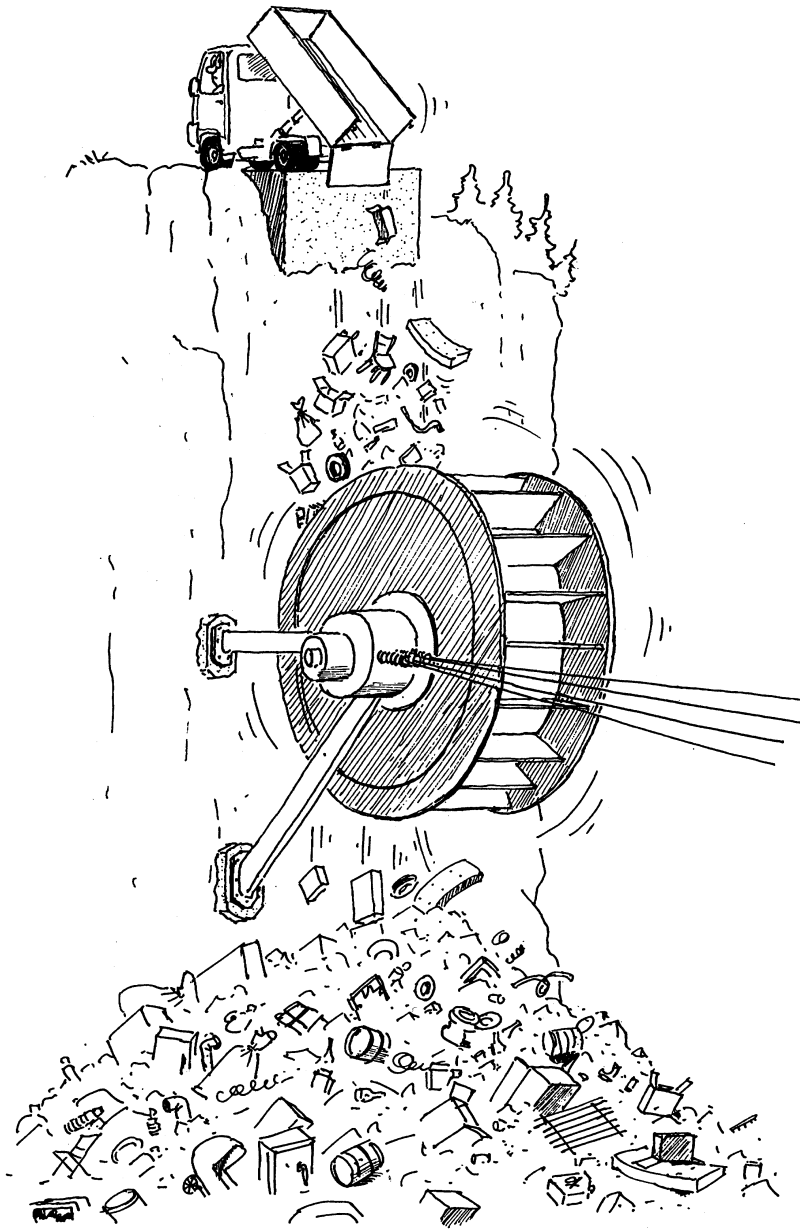
ohne weiteres für ineffizient erklären. Ohne weiteres als ineffizient kritisierbar sind Technikvorgaben, wenn es sich dabei um eine Einschränkung der Mittel handelt, die der Betreiber zur Erreichung eines *vorgegebenen Emissionsminderungsziels* einsetzen darf, denn in diesem Fall würde der Betreiber am Einsatz anderer, kostengünstigerer Mittel zur Erreichung desselben Ziels gehindert. Wenn es aber nicht um das Erreichen eines grenzwertförmig vorgegebenen Emissionsminderungsziels, sondern um die Minimierung von Emissionen unterhalb der Grenzwertschwelle geht, fehlt es an einer Zielvorgabe, mit Bezug auf die instrumentelle Festschreibungen als ineffizient charakterisiert werden könnten. Das bedeutet natürlich nicht, dass technikbezogene Vorgaben stets für effizient zu halten wären, wenn mit ihnen ein Minimierungsziel verfolgt wird. Es bedeutet aber, dass in diesem Fall Ineffizienzvorwürfe mit Kosten-Nutzen-Rechnungen substantiiert werden müssten und jedenfalls *nicht* damit begründet werden können, dass die technische Vorgabe wegen bloßer Instrumentalität überflüssig sei.

Festzuhalten ist, dass sich in den geltenden umweltrechtlichen Ausführungsvorschriften, die sich auf den Schadstoffausstoß aus ortsfesten Anlagen beziehen, kein einziges Beispiel für eine Technikvorgabe findet, die a limine unter das Verdikt der Ineffizienz gestellt werden könnte, weil sie für bestimmte Emissionsergebnisse, die erzielt werden sollen, überflüssigerweise auch noch die technischen Mittel fixierte.

■ Technikvorgaben in behördlichen Einzelfallentscheidungen – Die Praxis der Immissionschutzbehörden und ihre Rechtfertigung

Die Analyse des Normmaterials allein gibt noch keinen definitiven Aufschluss darüber, in welchem Umfang Anlagenbetreiber in der Praxis behördlicherseits mit Anforderungen in Bezug auf die Installation bestimmter technischer Lösungen konfrontiert werden. Zwar wird man davon ausgehen können, dass Technikvorgaben, soweit sie in staatlichen Ausführungsvorschriften enthalten sind, in der Regel auch auf die Ebene der einzelnen Behördenentscheidung transportiert werden, sich also als konkrete technikbezogene Vorgaben auch in den jeweiligen Genehmigungsbescheiden bzw., wenn zu ihrer Durchsetzung nachträgliche Anordnungen oder Ordnungsverfügungen erlassen werden, in diesen wiederfinden. Soweit das einschlägige Normmaterial keine Technikvorgaben aufweist, kann aber umgekehrt nicht ohne weiteres damit gerechnet werden, dass solche Vorgaben auch auf der Ebene der

„Müllkraftwerk“.
Karikatur von
Erik Liebermann



behördlichen Einzelfallentscheidung nicht stattfinden. Der gesetzlich vorgegebene „Stand der Technik“ kann ja im Prinzip nicht nur durch Ausführungsvorschriften und darauf gestützte behördliche Entscheidungen konkretisiert werden, sondern auch unmittelbar durch behördliche Einzelfallentscheidungen, die insoweit nicht durch Ausführungsvorschriften angeleitet sind.

Spielen Technikvorgaben zur Emissionsminderung bei Punktquellen, die von den Behörden aus der Verpflichtung zur Emissionsminderung nach dem Stand der Technik abgeleitet und fallweise neben oder anstelle von Emissionsgrenzwerten für die betreffende Quelle bescheidförmig festgesetzt werden, in der Praxis eine wesentliche oder allenfalls eine marginale Rolle? Handelt es sich bei dem vom Bundesverwaltungsgericht entschiedenen Fall um eine typische behördliche Festsetzung oder um einen sel-

tenen Ausnahmefall? Wenn die These, das deutsche System der Regulierung von Schadstoffemissionen sei durch eine ausgeprägte Technikorientierung (anstelle einer unter Effizienzgesichtspunkten für vorzugsweise gehaltenen Orientierung am Emissionsergebnis) gekennzeichnet, sich kaum an den geltenden Ausführungsvorschriften festmachen lässt – ist sie wenigstens in Bezug auf die behördliche Verwaltungspraxis gerechtfertigt?

Eine Analyse der Behördenpraxis am Beispiel von Immissionsschutzbehörden in Nordrhein-Westfalen und Mecklenburg-Vorpommern zeigt, dass auch die Behörden in ihrer Genehmigungs- und Anordnungspraxis durchweg keine unnötigen technischen Festlegungen treffen. Die Freiheit der Anlagenbetreiber, die Technik, mit der die rechtlich erforderliche Emissionsminderung erreicht wird, selbst auszusuchen und in diesem Rahmen die für sie wirtschaftlich

günstigste Lösung zu wählen, wird von den Behörden in aller Regel respektiert. In den wenigen Fällen, in denen die Behörden ausnahmsweise die Technikauswahl eines Anlagenbetreibers nicht akzeptieren, haben sie dafür durchweg gute, gerade auch unter Effizienzgesichtspunkten einleuchtende Gründe. Die Behörden arbeiten auf hohem Kompetenzniveau. Pauschale Ineffizienzvorfälle sind unangebracht;

der Standort Deutschland wird hier unberechtigt schlechtgeredet.

Der vollständige Text der 116 Seiten langen Untersuchung ist im Internet zugänglich: Gertrude Lübbecke-Wolff: Ist das Umweltrecht zu technikorientiert? <http://www.jura.uni-bielefeld.de/luebbe-wolffweb/technik.htm>



Prof. Dr. Gertrude Lübbecke-Wolff studierte Jura an den Universitäten Bielefeld und Freiburg und an der Harvard Law School. Es folgten 1980 die Promotion in Freiburg, Tätigkeiten als Hochschulassistentin in Bielefeld sowie Lehrstuhlvertreterin in Hannover und 1987 die Habilitation an der Universität Bielefeld. Von 1988 bis 1992 leitete sie das Umweltamt der Stadt Bielefeld, bevor sie als Professorin für Öffentliches Recht an die Fakultät für Rechtswissenschaft der Universität Bielefeld zurückkehrte. Ihre Tätigkeitsgebiete sind Verfassungsrecht, Verwaltungsrecht mit dem Schwerpunkt Umweltrecht, Verfassungsgeschichte und Rechtsphilosophie. Gertrude Lübbecke-Wolff ist geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Instituts für Umweltrecht, Vorsitzende des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Mitglied des Vorstandes der Gesellschaft für Umweltrecht, des Vorstandes der Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen sowie Geschäftsführende Direktorin des Zentrums für interdisziplinäre Forschung der Universität Bielefeld. Dort leitete die diesjährige Leibniz-Preisträgerin unter anderem 1998/99 die Forschungsgruppe „Rationale Umweltpolitik –



Abschätzung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen mit Hilfe ökonometrischer Modelle

Joachim Frohn

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Zur Beurteilung der Effizienz von umweltpolitischen Maßnahmen sind der Zielerreichungsgrad und die mit dem Einsatz der Maßnahmen verbundenen ‚Kosten‘ entscheidend. Gelingt es, für das umweltpolitische Ziel geeignete Indikatoren festzulegen, so bereitet die Feststellung, inwieweit die gesteckten Ziele erreicht sind, keine Schwierigkeiten. Ganz anders sieht es dagegen mit der Erfassung der Kosten einer umweltpolitischen Maßnahme aus: Hier dürfen selbstverständlich nicht nur die durch die Ergreifung der Maßnahme bewirkten Finanzmittel berücksichtigt werden, sondern es geht um die Erfassung aller durch die Maßnahme veranlassten Effekte im gesamtgesellschaftlichen System Ökonomie/Umwelt/Technik. Hier haben sich strukturelle, den Umwelt- und Technikbereich einschließende makroökonometrische Modelle als Analyseinstrument besonders bewährt: Mit solchen Modellen können in Simulationsexperimenten Abschätzungen von durch konkrete umweltpolitische Maßnahmen bedingten Wirkungen ermittelt werden.

Ein Forschungsprojekt an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Bielefeld hat sich zum Ziel gesetzt, den Einsatz solcher Modelle für die Politikberatung im Umweltbereich vorzubereiten.

■ Makroökonometrische Modelle für die Bundesrepublik

Im Forschungsbereich Statistik und Ökonometrie der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät liegen seit mehr als zehn Jahren umfangreiche Erfahrungen mit solchen Modellen vor.¹

Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen ist der Forschungsbereich Statistik und Ökonometrie vom Wissenschaftlichen Beirat zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung am Bundesministerium für Umwelt gebeten worden, fünf umfängliche makroökonometrische Modelle für die Bundesrepublik Deutschland auf ihre Eignung bezüglich der oben genannten

Fragestellung zu untersuchen.² Wir haben ein „Idealmodell“ spezifiziert, das als Maßstab für die spezifische Ausgestaltung in den zu betrachtenden Modellen genutzt werden konnte. Dieses Idealmodell enthält folgende Modellteile:

- » ein Produktionsmodell, in dem neben der eigentlichen Produktion auch die Erzeugung von Schadstoffemissionen erfasst wird,
- » ein so genanntes Endnachfrage-Modell, das die Erklärungsansätze für Konsum- und Investitionsnachfrage enthält,
- » ein Teilmodell, das alle ökonomischen Zielvariablen aufnimmt (die auch mit Variablen aus den ersten Modellteilen übereinstimmen können),

- ein Umweltmodell, in dem als Output die Werte der zu spezifizierenden Umwelt-Ziel-Variablen enthalten sind,
- ein Teilmodell zur Erfassung der technologischen Entwicklung,
- eine Zielfunktion, die als abhängige Variablen die ökonomischen und Umweltziele enthält und die unter der Nebenbedingung der übrigen Modellbestandteile zu maximieren ist.

Beim Vergleich der fünf in die Analyse einbezogenen Modelle zeigt sich, dass sich viele dieser Modelle zwar durch eine sehr detaillierte Modellierung im ökonomischen Teil auszeichnen, dass vor allem aber noch Mängel bei der Erfassung der Umweltsituation festzustellen sind. Insbesondere ist fast durchgängig die Verschränkung der Modellteile Ökonomie, Umwelt und Technik (einschließlich potenzieller, noch nicht genutzter Techniken!) nur im Ansatz gelungen.

■ Umweltbarometer

Danach sind wir vom Umweltbundesamt mit der Untersuchung beauftragt worden, inwieweit ausgewählte ökonometrische Modelle so angepasst werden könnten, dass sie im Planungsprozess des Bundesministeriums für Umwelt zur Einschätzung der Wirkungen angedachter umweltpolitischer Maßnahmen einsetzbar wären. Berücksichtigung fand unsere zuvor ausgesprochene Empfehlung, nicht ein einzelnes Modell auszuwählen, sondern zwei „im Wettbewerb“ stehende, auf unterschiedlichen Spezifikationen beruhende Modelle in die Analyse einzubeziehen: Der Einsatz eines solchen „Modellpools“ kann offensichtlich die Wirkungsanalyse umweltpolitischer Maßnahmen auf eine breitere Informationsbasis stellen, Ergebnis-Vergleiche ermöglichen und über den kontinuierlichen Dialog zwischen den „Modell-Konstrukteuren“ zu Modellverbesserungen führen.

Die Vorstudien kommen zu dem Ergebnis, das von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (Universität Osnabrück) erarbeitete Modell Panta Rhei und den Modellverbund des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) in dieser Analyse zu berücksichtigen.

Das auf zwei Jahre angelegte Projekt sieht vor, die konkreten umweltpolitischen Zielsetzungen des „Umweltbarometers Deutschland“ des Bundesminis-



Je mehr Verkehrsfläche – umso mehr Stau?

teriums für Umwelt bezüglich der Umweltmedien Klima, Luft, Ressourcen, Boden und Wasser in beide Modelle einzubeziehen. Zunächst sind die besonders schwierig zu modellierenden Bereiche Boden und Wasser ausgewählt worden.

■ Modellierung für den Bereich Boden und Wasser

Die im Umweltbarometer enthaltenen Zielvorgaben für Boden und Wasser hat das Bundesministerium folgendermaßen festgelegt: Im Bereich Boden soll bis zum Jahr 2020 die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche auf maximal 30 Hektar pro Tag reduziert werden (gegenwärtig beträgt die Zunahme 120 Hektar pro Tag!). Im Bereich Wasser soll die chemische Güteklasse II bei allen Fließgewässern bis zum Jahr 2010 erreicht werden, das heißt, es muss ein Wert von unter 20 mg pro Liter für AOX-Schadstoffe (adsorbierbare organische Halogenverbindungen) und 3 mg pro Liter für Gesamtstickstoff in allen Gewässern sichergestellt werden.

Bisher sind die Modellierungen für den Bereich Boden weitgehend abgeschlossen. Bei beiden Modellen wird zwischen Flächenverbrauch durch Wohnungsbau und Flächenverbrauch durch gewerbliches Bauen unterschieden. Außerdem wird die Veränderung der Verkehrsfläche erfasst. Die Wirkungszusammenhänge in diesen Modellbereichen verlaufen etwa wie folgt:

Modellierung des Flächenverbrauchs durch Wohnungsbau: Zuwachs an Wohnungen % Zuwachs an Wohnfläche % Zuwachs an Grundstücksfläche, wobei zwischen Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern unterschieden wird. Als wichtigste erklärende Variablen treten auf: der Kaufwert für baureifes Land, die Preisentwicklung im Bauhauptgewerbe und ein exogen vorgegebener „Urbanisierungsgrad“ (Anteil an Wohnungszugängen auf dem Lande an allen Wohnungszugängen).

Modellierung des Flächenverbrauchs für gewerbliches Bauen: Bauinvestitionen % Baufertigstellungen % Veränderung der Gebäudefläche, wobei hier neben den einschlägigen Preisgrößen außerdem Kenngrößen für die Entwicklung der Produktion als erklärende Variablen berücksichtigt werden.

Modellierung der Zunahme an Verkehrsfläche: Einflussfaktoren sind hier der Zuwachs an Wohnfläche, wobei jeder Wohntyp einen spezifischen Verkehrsflächenzuwachs erfordert; außerdem wird eine Veränderung bei der Verkehrsfläche durch das unter

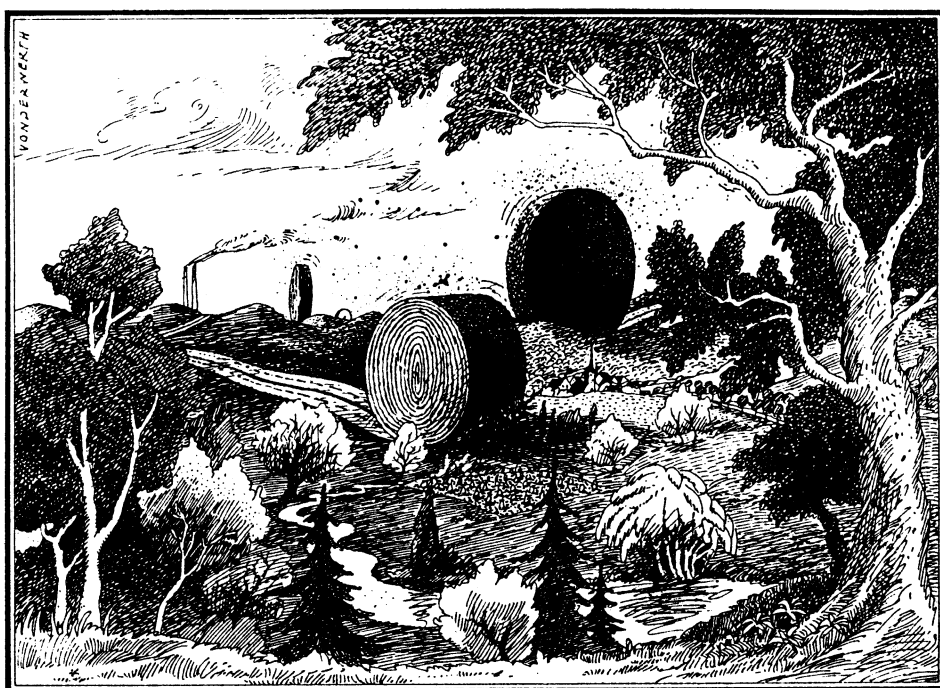
anderem von der Produktion und der Verkehrsdichte abhängige Verkehrsaufkommen im Güter- und Personenverkehr induziert.

Da beide Modelle auf disaggregierter Grundlage im Unternehmensbereich ansetzen (58 Sektoren), handelt es sich um sehr umfangreiche Modelle mit mehreren tausend Gleichungen. Diese Systeme sind trotzdem sehr übersichtlich, weil viele Spezifikationen mit nur geringfügigen Änderungen mehrfach auftreten.

Die Anpassungsqualität der Modelle ist ausführlich durch so genannte historische Simulationen im Schätzzeitraum geprüft worden. Dabei erwiesen sich beide Modelle als sehr gut in der Lage, die beobachtete Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten zehn Jahren abzubilden.

■ Reduktion der Zunahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche

Gegenwärtig werden die ersten Simulationsexperimente durchgeführt. Dabei zeigt sich zum Beispiel, dass das Umweltziel „Reduktion der Zunahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche auf 30 Hektar pro Tag“ marktgesteuert, das heißt allein aufgrund von Preiserhöhungen (beispielsweise über Steuern), wohl nicht erreicht werden kann: Der Preis für Bauland müsste im Jahr 2020 – verglichen mit der Preishöhe im Jahr 2000 – auf ein Mehrfaches steigen. Hier sind



„Autogerechte“ Landschaftsgestaltung.
Karikatur von Klaus Vonderwerth

also ganz offensichtlich regulierende Eingriffe des Staates erforderlich, um diese Zielsetzung zu realisieren. Dies legen im übrigen auch die Ergebnisse für die wichtigsten makroökonomischen Variablen nahe: Eine solche Preissteigerung für Kaufwerte für Bauland würde zu einer spürbaren Reduktion des Bruttoinlandsproduktes, einer Erhöhung der Inflationsrate sowie der Arbeitslosenquote führen.

Ein weiteres interessantes Ergebnis ist, dass eine deutliche Erhöhung der Mineralölsteuer wahrscheinlich nur zu einer relativ geringfügigen Abnahme der Verkehrsfläche führen würde, so dass auch hier zum Erreichen des Umweltziels direkte staatliche Eingriffe notwendig erscheinen.

Bei der Wertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass Prognosefehler (bedingt durch die Modellspezifikation und unter anderem durch die notwendige Vorhersage exogener Variablen) auftreten können, deren Größe über Prognoseintervalle abzuschätzen ist.

Im nächsten Projektschritt sollen die bisher noch unberücksichtigten Umweltbereiche – Klima, Luft, Ressourcen – modellmäßig erfasst und die Beziehungen zwischen diesen Umweltmedien abgebildet werden.

Dem Bundesministerium für Umwelt sollen schließlich zwei Modelle zur Verfügung gestellt werden, die sich für die Analyse der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen eignen. Dadurch, dass sie zumindest in Teilbereichen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen werden, können sie einen wichtigen Beitrag zu einer eher rational geplanten Wirtschaftspolitik leisten.

¹ Ende der achtziger Jahre wurde ein eigenes disaggregiertes ökonometrisches Modell (das „Bielefelder Modell“) für solche Fragestellungen spezifiziert und geschätzt (J. Frohn, R. Friedmann, M. Laker: „Ein disaggregiertes ökonometrisches Modell für die Bundesrepublik Deutschland zur Erfassung ökonomischer Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen“, Texte des Umweltbundesamtes, 1988).

² J. Frohn, U. Leuchtmann, R. Kräussl: „Fünf makroökonomische Modelle zur Erfassung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen - eine vergleichende Betrachtung“, Band 7 der Schriftenreihe, „Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 1998.



Prof. Dr. Joachim Frohn studierte Volkswirtschaftslehre an der Freien Universität Berlin und am Hamilton College in Clinton, USA. Nach dem Diplom 1966 war er wissenschaftlicher Assistent am Institut für Statistik und Versicherungsmathematik an der Freien Universität Berlin. Nach der

Promotion 1969 erwarb er 1972 an der Freien Universität Berlin die Venia legendi für Ökonometrie und Statistik. Seit 1974 ist er Professor für Statistik und Ökonometrie an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Bielefeld. Rufe an die Universität des Saarlandes, an die Freie Universität Berlin und an die Universität Tübingen lehnte er ab. Von 1992 bis 1996 war er Vorsitzender der Deutschen Statistischen Gesellschaft, von 1988 bis 1996 Fachgutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Statistik und Ökonometrie. Er ist Mitglied des Internationalen Statistischen Instituts und der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste. Von 1991 bis 1995 war er Prorektor für Finanz- und Personalangelegenheiten der Universität Bielefeld, von 1995 bis 1997 Gründungspräsident der China-Europe-International-Business-School in Shanghai. Er ist Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung am Bundesministerium für Umwelt. Seine Hauptarbeitsgebiete sind angewandte und theoretische Ökonometrie und empirische Wirtschaftsforschung.



Erfahrungen und Grübeleien beim Schreiben an einer Welt-Umweltgeschichte

Joachim Radkau

Fakultät für Geschichtswissenschaft und Philosophie

Wer heutzutage als einzelner eine Weltgeschichte schreibt und sich dazu noch in ein wissenschaftliches Neuland wie die Umweltgeschichte wagt, läuft Gefahr, in den Verdacht des Größenwahns zu geraten. Ein derartiges Unterfangen kann sich nur dadurch rechtfertigen, dass es dazu beiträgt, der Feldforschung, die direkt aus den Quellen schöpft, neue Impulse zu geben. Das war in der Tat ein Hauptziel meiner „Weltgeschichte der Umwelt“. Es scheint, dass die Spezialforschung in der Umweltgeschichte neue und weitere Horizonte braucht, damit ihre Ergebnisse Bedeutung gewinnen und zu Bestandteilen größerer historischer Prozesse werden. Was in der historischen Umweltforschung gegenwärtig am meisten fehlt, ist der Zusammenhang, der größere Kontext. Weltweit und fächerübergreifend gesehen, gibt

es heute eine geradezu überwältigende Fülle umwelthistorischer Forschungsansätze; aber sie sind auf verschiedene Disziplinen und Unterdisziplinen, Länder und Regionen verstreut und wissen größtenteils nichts voneinander. Historische Umweltforschung findet man innerhalb der Technik-, der Agrar- und der Stadtgeschichte, der Ethnologie, Geographie, Bodenarchäologie, Epidemiologie, Forstwissenschaft, Hydraulik und noch an weiteren Stellen; aber bei alledem fehlt es in erstaunlichem Maße an Wechselbeziehungen. Die bisherige Art des Spezialistentums ist dazu offenbar nicht fähig. Aber es gibt Grund zu der Erwartung, dass eine Implosion, die diese Vielfalt von Forschungsansätzen zusammenbringt, einiges an Kettenreaktion auszulösen vermag.



Am Anfang der „Weltgeschichte der Umwelt“ stand die Lust an der hemmungslosen Grenzüberschreitung, stand aber auch ein wachsender Ärger darüber, dass eine derart verheißungsvolle neue Forschungsrichtung wie die Umweltgeschichte in Deutschland, ja in ganz Europa nicht recht vorankommt. Seit etwa zwanzig Jahren finden in der Bundesrepublik Tagungen über Umweltgeschichte statt, und die Literatur dazu hat ein ansehnliches Volumen erreicht; aber bis heute gibt es kaum eine einzige ausdrücklich der Umweltgeschichte gewidmete Hochschulstelle. Tagungen über „Environmental History“ in den USA sind jährlich stattfindende Massenveranstaltungen großen Stils in Nobelhotels; entsprechende Tagungen in Europa halten sich in aller Regel in einem sehr viel bescheideneren Rahmen, – und das, obwohl es für Umwelthistoriker in der Alten Welt unendlich viel mehr zu entdecken gäbe als in der Neuen und obwohl die deutsche Umweltbewegung eine internationale Spitzenstellung hat oder zumindest gehabt hat. Wie ist dieses Defizit zu erklären?

■ Umweltgeschichte ohne Lobby

Ein trivialer Grund besteht wohl darin: Die Umweltgeschichte hatte bislang keine politische Lobby. Das erkennt man besonders deutlich an dem Kontrast zur gleichzeitig aufkommenden Frauengeschichte, die sich weit erfolgreicher an den Hochschulen etablierte. Die Frauenbewegung hat eben ein ausgeprägtes Geschichtsbewusstsein, die Umweltbewegung nicht, – zumindest nicht in Deutschland. In den USA ist es anders: Da kultiviert die Öko-Bewegung die Erinnerung an eine ganze Galerie von Helden, – an Henry David Thoreau, John Muir, Aldo Leopold, und dann auf dem Gipfel die Heldin, Rachel Carson, die Verfasserin des „Silent Spring“ (1962). Auch die deutsche Öko-Szene hat eine bis weit ins 19. Jahrhundert zurückreichende Ahnenreihe, wie Wilhelm Heinrich Riehl, Ludwig Klages, Alwin Seifert oder Günther Schwab, den Gründervater des „Weltbundes zum Schutze des Lebens“: Das sind jedoch allesamt für das heutige grüne Milieu mehr oder weniger sus-



Abb. 1: Ist ein Erdbeben auf steilem Terrassengelände ein Umweltschaden, und ist er vom Menschen verschuldet? Auf beide Fragen gibt es keine pauschale Antwort, sondern man muss an Ort und Stelle genau hinsehen und außerdem die Entwicklung an diesem Punkt über einen längeren Zeitraum verfolgen. Dieser Erdbeben in Nepal wirkt in der Momentaufnahme unmittelbar danach wie ein zerstörerischer Vorgang; ein Jahrzehnt darauf ist er jedoch teilweise terrassiert und kultiviert. Erdbeben und Erosionsvorgänge sind im Hochgebirge bis zu einem gewissen Grade normale Prozesse, die sogar manchen Boden erst dem Ackerbau zugänglich machen. Ackerbauterrassen sind ein Mittel, die Erosion zu stoppen, allerdings nur dann, wenn sie ständig gut instandgehalten werden – andernfalls können sie die Erosion sogar verstärken, besonders in steilem Gelände. Nepal gilt vielfach als extremes Beispiel für eine durch Abholzung und Übernutzung hervorgerufene Bodenzerstörung. Aber längst nicht überall ist dieses ökologische Teufelskreis-Modell in Nepal in vollem Maße Realität. Optimistische Alternativmodelle besitzen dort jedoch in aller Regel einen noch geringeren Realitätsgehalt.



Abb. 2: Shennong, der „göttliche Landman“: Shennong, einer der mythischen Urkaiser Chinas, gilt als Begründer des Ackerbaus. Mit seinem Blättergewand verkörpert er eine harmonische Einheit von Mensch und Natur. Diese war jedoch auch in der chinesischen Geschichte oft nur ein schöner Traum.

pekte Leute, die vom Nationalsozialismus benutzt wurden oder ihm zeitweise nahe standen. Aber, mag dieses gebrochene Verhältnis zur Vergangenheit die politische Durchschlagskraft der Umweltgeschichte hemmen, so könnte es doch wissenschaftlich umso produktiver sein!

Offenbar wird die historische Umweltforschung jedoch auch durch Strukturen des Wissenschaftsbetriebs behindert. Umweltgeschichte erfordert Grenzüberschreitung, insbesondere Überschreitung der Grenzen zu den Naturwissenschaften. Damit liegt sie jedoch quer zu gegenwärtigen Trends. Im Zeichen des „linguistic turn“, der Diskursanalyse und des neuen Kulturalismus hat sich die alte Kluft zwischen Sozial- und Naturwissenschaften de facto eher erneuert und vertieft, auch wenn das nicht notwendig so sein müsste. Der Umwelthistoriker kann nicht umhin, an der Wirklichkeit der materiellen Welt festzuhalten. Er braucht sich dessen nicht zu schämen. David Blackbourn, einer der Matadoren des neuen Kulturalismus, nun jedoch in der Umweltgeschichte engagiert, meinte auf dem Internationalen Historikertag in Oslo im August 2000, die Zeit sei reif, dass „das historische Pendel wieder ein Stück zurück zum Materiellen schwingt: Nicht alle Orte sind ‚imaginiert‘“. Die Universität Bielefeld ist mit ihrer Tradition interdisziplinärer Forschung kein schlechter Ort für eine derartige Kurskorrektur: für eine Wiedergewin-

nung der Wirklichkeit und einen erneuten Brückenschlag zwischen Sozial- und Naturwissenschaften.

■ Natur ist mehr als ein menschliches Konstrukt

Aller Erfahrung nach ist das nicht ganz leicht. Hinzu kommt, dass die Umweltgeschichte – wie es scheint – nicht selten durch theoretische Konzepte blockiert war, die sich in keine Praxis der Forschung und Geschichtsdarstellung umsetzen ließen. So etwa das Leitbild einer „nichtanthropozentrischen“ Umweltgeschichte: Was soll da der Nachwuchshistoriker, der in begrenzter Zeit eine vorzeigbare Dissertation fertigen will, machen? Durch die schriftlichen Quellen sieht er sich stets auf eine menschliche Sichtweise zurückgeworfen; er müsste mogeln, wenn er dies verleugnen wollte. Wobei man allerdings – das verdient festgehalten zu werden – in der Umweltgeschichtsschreibung stets merken sollte, dass die Natur, mag sie der Mensch auch stets durch seine Brillen wahrnehmen, in Wirklichkeit doch mehr ist als ein menschliches Konstrukt. Deshalb wird auch der verschiedentlich unternommene Versuch, Umweltgeschichte von einer Geschichte der Naturideen her zu entwerfen, zwangsläufig zu einer Sackgasse der Forschung. Die reale Wechselbeziehung zwischen Mensch und Natur ist über weite Strecken nicht von den Naturideen der großen Geister zu deduzieren; Versuche dieser Art können geradezu in die Irre führen. Ein Musterbeispiel dafür bietet die chinesische Geschichte, wo manche Umweltaspekte besser als irgendwo anders über die Jahrtausende dokumentiert sind. (Abb. 2) Von literarisch-philosophischen Texten her hat man oft auf eine Grundharmonie zwischen Mensch und Natur im alten China geschlossen. Demgegenüber haben die um Realität bemühten Umwelthistoriker gezeigt, dass derartige Texte eher als Gegenreaktion auf einen in Wahrheit oftmals destruktiven Umgang mit der Umwelt zu deuten sind. Auch für die Gegenwart wäre es ein kapitaler Fehler, Öko-Diskurse mit materieller Realität zu verwechseln!

In der bundesdeutschen Umwelthistorie gab es eine Ära der anspruchsvollen Konzepte. Aber es ist eine Sache, Umweltgeschichte zu definieren, und eine andere, Umweltgeschichte zu schreiben. Die Geschichtsdarstellung ist am Ende stets die Probe aufs Exempel, was an den Konzepten dran ist. Nachdem ich selber zu dem Thema „Was ist Umweltgeschichte?“ eine ganze Reihe von Artikeln publiziert hatte, fühlte ich mich schließlich unter der Beweislast, zu demonstrieren, ob und wie sich mit diesem und jenem Gedankenansatz arbeiten lässt. Dazu fünf Punkte.

■ 1. An der Basis: Stoffkreisläufe statt Energiesysteme

Wie strukturiert man eine universale Umweltgeschichte? Aus grundsätzlichen Überlegungen heraus wurde wiederholt eine energetische Periodisierung vorgeschlagen: zuerst die Ära des solaren, dann die des fossilen Energiesystems, mit dem Übergang vom Holz zur Kohle als der großen Wende. Aber mit einer so groben Periodisierung kann man nicht konkrete Geschichte schreiben. Im „solaren Energiesystem“ lebte der Neandertaler ebenso wie Goethe: was die Sinnlosigkeit solcher Systemkonstrukte beweist. Die Solarenergie als solche generiert eben nicht bestimmte Systeme. Sie kann auch nicht übernutzt werden: Daher enthält sie in sich kein labiles Element, das die Geschichte in Bewegung bringt. Und ist unsere heutige Zivilisation unlösbar mit den fossilen Energieträgern verbunden? Es ist nicht Sache der Umweltforscher, diese fatale Zwangsvorstellung zu bestärken. (Abb. 3)

Auf der Suche nach einem ökosystemaren Grundmodell sollte sich der Historiker besser an die Stoffströme – die Frage der geschlossenen und offenen Kreisläufe – als an die Energieflüsse halten: Da bekommt er eher Boden unter den Füßen. Wieweit die pflanzlichen Nährstoffe, der tierische Dünger und – last but not least – die menschlichen Exkremente auf dem Acker rezykliert wurden: Das war über die Jahrtausende die möglicherweise wichtigste Frage in der Beziehung zwischen Mensch und Umwelt.

Da gibt es zwischen verschiedenen Regionen und Kulturen markante Unterschiede. Wirklich perfekt geschlossen dürfte der Stoffkreislauf selten gewesen sein: Daher haben wir hier ein labiles Element der Umweltgeschichte, einen Ursprung ewiger Dynamik. Aber die Quellen darüber sind meist wortkarg. Wer es auf die eloquenten Diskurse abgesehen hat, dem entgehen diese elementaren Niederungen der Geschichte.

■ 2. Das Leitbild: nicht Wildnis, sondern Koevolution Mensch – Natur

Die US-amerikanische Umwelthistorie, die sich vor allem im Kontext der „New Western History“ und im Bannkreis der großen Nationalparks und ihrer Protagonisten entwickelte, hat sich oft – wenn auch nicht unangefochten – von der Idee der Wildnis faszinieren lassen; und mit den Nationalparks ist das Leitbild



Abb. 3: Hochöfen: Coalbrookdale by night, Ölgemälde von Philip James de Loutherbourg (1801): In Coalbrookdale wurde erstmals die Koksverhüttung in großem Stil betrieben. Technisch von der Holzkohleverhüttung noch kaum unterschieden, brachte sie jedoch den Energieumsatz zu neuen Dimensionen, die sich in dem gewaltigen nächtlichen Feuerschein spiegeln. Man spürt in dem Bild die Empfindung, am Beginn einer erregenden neuen Epoche zu stehen.

„Wildnis“ auch auf die Alte Welt übergesprungen. Für die historische Umweltforschung bedeutet es jedoch eine Sackgasse, und zwar in mehrfacher Hinsicht: Zum einen besteht eine umwelthistorische Elementareinsicht darin, dass die angeblichen „Urwälder“ alte Hudewälder und die vermeintlichen Wildnisse in aller Regel seit langem durch menschliche Einwirkungen geprägt sind; zum anderen taucht das Wildnis-Ideal die gesamte Menschengeschichte in ein Grau-in-Grau und macht aus ihr eine endlose Rutschbahn in den Abgrund der Naturzerstörung. (Abb. 4) Selbst im Lichte der modernen Ökologie



Abb. 4: Heidelandchaft: Reste einer alten Hutungslandschaft im mecklenburgischen Müritznationalpark. Die Wacholderbüsche konnten bis zu Baumhöhe wachsen, da sie wegen ihrer spitzen Nadeln vom Weidevieh nicht gefressen werden. Haben wir eine üppig wuchernde Wildnis oder eine von menschlicher Weidewirtschaft zerstörte Landschaft vor uns? Darüber streiten sich die Geister.



Abb. 5: Venedig: Das hydrographische System um die venezianische Lagune (1709): Man erkennt, wie Brenta und Piave um die venezianische Lagune herumgeleitet wurden, um einer Verschlammung der Lagune entgegenzuwirken und jene Umwelt, ohne die Venedig nicht Venedig wäre, zu erhalten.



ergibt das Leitbild der vom Menschen unberührten Wildnis wenig Sinn; denn auch ohne Menschen ist die Natur in stetem Wandel. Die anthropogene Naturveränderung bedeutet keine Zerstörung einer sich sonst ewig gleichen Natur. Vermutlich hat der Mensch bis zum 19. Jahrhundert den Artenreichtum vieler Regionen sogar erhöht. Die menschliche Geschichte ist nicht prinzipiell eine ökologisches Moritat.

Für eine Bewertung ist die Frage entscheidend, ob die vom Menschen bewirkte Naturveränderung so gemächlich vor sich ging, dass es möglich war, mit Langzeitfolgen Erfahrungen zu sammeln und die menschlichen Gewohnheiten und Institutionen entsprechend diesen Erfahrungen weiterzuentwickeln. Diese Koevolution von Mensch und Natur ist ein Konzept, mit dem sich Geschichte schreiben lässt. (Abb. 5a und 5b) So etwa bei der Analyse der Nutzung der Gemeingüter Wasser, Wald und Weide über die Jahrhunderte und Jahrtausende: ob da eine Übernutzung, eine „Tragödie der Allmende“ stattgefunden hat oder die Beteiligten zu einer Regulierung der Nutzung gelangten, die ein gewisses Maß an Nachhaltigkeit gewährleistete.

■ 3. Die Medien: Wald, Wasser ... oder vielmehr die Wald- und Wasser-Institutionen

Die moderne Umweltpolitik agiert in der Regel durch Subsysteme, die sich mit bestimmten Umweltmedien befassen: Luft, Wasser, Wald, dazu vielleicht Boden, Landschaft, Stadt. Eigentlich hat es „Umweltbewusstsein“ gerade auch auf die Wechselwirkungen zwischen diesen Medien abgesehen; aber die Politik kann nun einmal nicht alles zugleich machen. Die Aufteilung in Subsysteme hat praktische, aber auch institutionengeschichtliche Gründe: Das, was wir heute unter „Umweltpolitik“ verstehen, ist historisch aus Wasser- und Forstpolitik, Städtehygiene, Rauchbekämpfung und anderem mehr zusammengewachsen.

Es liegt zunächst nahe, auch in der Umweltgeschichte die Teilbereiche in ähnlicher Weise abzustecken. Nun hat es wenig Sinn, das Medium Luft nach rückwärts bis tief in die Vormoderne zu verlängern; denn: zwar haben Feuer schon immer

geraucht, aber das flächendeckende Ausmaß der Luftverschmutzung charakterisiert doch erst das Industriezeitalter. Wald und Wasser dagegen bieten sich schon eher als Arenen der Umweltgeschichte früherer Jahrhunderte an. Das hat nicht so sehr ökologische Gründe – denn unter ökologischem Aspekt hängen Wald- und Wasserzustände vielfach eng zusammen –, sondern Ursachen institutioneller Art: Für die Waldgeschichte haben wir zumindest in Mittel- und Westeuropa die Aktenmassen der Forstbehörden, und auch das Wasser war vielfach ein Rechts- und Regelungsbereich eigener Art, der frühzeitig schriftliche Quellen produzierte.

Der Weg zur Umweltgeschichte führt ganz wesentlich über die Institutionen, hier in einem weiten Sinne verstanden, der auch informelle Regelungstraditionen umfasst. Hier ergeben sich Verbindungen mit der institutionellen Richtung der modernen Ökonomie. Schon durch seine Quellen sieht sich der Historiker auf jene Instanzen rückverwiesen, die die Quellen produzierten und tradierten. Aber auch durch die Sache selbst; denn es sind nicht einzelne Ideen, sondern dauerhafte in Recht und Gesellschaft verankerte Verhaltensmuster, die die Beziehung zwischen Mensch und Umwelt flächendeckend bestimmen. Und mehr noch: Institutionen dienen nicht nur zur Lösung von Umweltproblemen, sondern lösen oft neuartige Probleme aus. Musterbeispiel ist etwa der amerikanische New Deal, der bereits mit einer gewaltigen Ressourcenschutz-Rhetorik verbunden war, aber eine weltweite Kettenreaktion großer Staudammprojekte anstieß, die vielfach üble Umweltfolgen nach sich zogen. Institutionen halten mit dieser ihrer Ambivalenz die Umweltgeschichte in Bewegung.

■ 4. Zur Methode: Idealtypen und dialektischer Dreischritt

Man mag sich noch so sehr abmühen, auf direktem Wege kommt man an weite Strecken der Umweltgeschichte nicht heran. Dazu ist die Quellenlage viel zu lückenhaft und sind die Quellen, die es gibt, zu sehr durch bestimmte Blickwinkel bestimmt. Man muss sich also Modelle ausdenken: Modelle über typische Entwicklungsdynamiken in der Beziehung zwischen Mensch und Umwelt. Wohl am meistgebrauchten ist das Modell „Population Pressure on Resources“ mit jenem Teufelskreis, bei dem Bevölkerungswachstum Entwaldung und Überweidung zur Folge hat, daraus Bodenerosion und Desertifikation folgt und am Ende noch schlimmerer Bevölkerungsdruck noch üblere Übernutzung bewirkt. Dabei darf man jedoch nicht vergessen, dass diese Modelle als

Idealtypen im Sinne Max Webers zu verstehen sind: in sich logische Konstrukte mit Realitätsgehalt, die aber in der Wirklichkeit nur partiell und nur als Tendenz vorkommen. Denn die Menschen sind nicht allesamt blind und auch keine Selbstmörder; sie sind durchaus in der Lage, Vorkehrungen zu treffen, zumal gegen altbekannte Umweltprobleme. Diese Vorkehrungen sind in aller Regel kulturabhängig, ob es sich um Geburtenregelung oder um Terrassierung von abschüssigem Gelände und Bewässerung handelt. Mögen die meisten Umweltprobleme auch weltweit eine analoge Struktur haben – soweit sie eben überhaupt im Modell zu fassen sind –, so ergibt sich daraus im Gegensatz zu einer heute verbreiteten Ansicht nicht unbedingt ein Argument für eine Globalisierung der Umweltpolitik; im Gegenteil: Eine globale Umweltgeschichte liefert eher manche Bedenken gegen die übliche Globalisierungsrhetorik und zeigt die Regionenspezifität vieler Problemlösungen.

Umweltprobleme enthalten, so wie sie in den Schriftquellen wahrgenommen werden, gegenüber der wirklichen Komplexität der Naturprozesse regelmäßig ein Element der Konstruktion. Aber gerade aus historischer Distanz erkennt man, dass die Problemkonstruktionen oft ihren Sinn haben und nicht beliebig sind. Ein Musterbeispiel aus älterer Zeit ist der Entwaldungs- und Holzverknappungsalarm, der im 18. Jahrhundert in weiten Teilen Europas ertönte. Spätere Forsthistoriker haben ihn meist für bare Münze genommen, zumal er die Forstreformen und die Vorherrschaft der Förster im Wald legitimierte. Genau besehen, sind dagegen viele Entwaldungsklagen mehr ein Spiegel von Interessen als von Waldzuständen. Was für viele Bauern ein wertvoller Wald war, war für moderne Förster ein jammervolles Gestrüpp. Und dennoch: Man sollte aus der Entwaldungsgefahr kein pures Phantom machen. Man lernt diese Klagen schätzen, wenn man sieht, wie in anderen Weltregionen, wo kaum Weherufe überliefert sind, weite Wälder sang- und klanglos verschwanden. Oder wie bis weit ins 20. Jahrhundert Klagen über eine Überfischung der Weltmeere nur ganz sporadisch ertönten, diese globale Allmende jedoch umso mehr in ernsthafte Gefahr geriet. Nicht nur der Öko-Pessimismus, sondern auch der Optimismus enthält ein Element der Konstruktion; das muss man erkennen und mit dem Realitätsgehalt des pessimistischen Idealtyps vergleichen. Der Optimismus der Liberalen um 1800, dass der Markt für die Erhaltung der nötigen Wälder sorgen werde, hat sich in vielen Fällen nicht bestätigt. Auch bei dem gegenwärtigen Öko-Revisionismus, der sich auf ein neues Vertrauen auf den globalisierten Markt gründet, ist

König Carl von Carlowitz
Königl. Poln. und Churf. Sächs. Kammer-Rath und Ober-Berg-Hauptmanns
SYLVICULTURA OECONOMICA,

oder
Hauswirthliche Nachricht und Naturmäßige
Anweisung

Zur
Walden Baum-Sucht

Nebst
Gründlicher Darstellung,

Wiezuförderst durch Göttliches Versehen dem allenthalben und insgemein einreißenden

Großen Holz-Mangel,

Bermitteltst Sa. Pflanz- und Verfestung vielerhand Bäume zu rathen, auch
also durch Anflug und Wiedewachs des so wohl guten und schlemmig anwachsend, als andern
gewöhnlich und nützlichen Holzes, gang die und abgeriebene Holz-Ländereyen, Pflüge und wiederum holzreich,
nützlich und brauchbar zu machen; Verwech von Baum-Bäumen und wie der wilde Baum-Saamen zu sammeln, der Grund und Boden
den zum Saamen zu pflanzen, solche Saat zu vertheilen, und der Düngung und Wiedewachs zu beschaffen. Daneben das sogenante
Leuch-Holz, oder Schlag-an-Die-und-Klatter-Holz aufzubringen und zu vernehmen, wie begehrt die Arten des Zengels und
Leuch-Holzes, theile deren Eigenschaften und was befestigtes Holz für Saamen trage, und wie man mit fremden Baum-Saamen
wachsen sich zu verhalten, ferner wie das Holz zu fällen, zu vertheilen, zu sichern und sonst zu nutzen.

Alles zu nothdürftiger Versorgung des Haus-Bau-Brau-Berg-und Schmelt-Wesens; und
wie eine immerwährende Holz-Lieferung, Land und Leuten, auch jedem Haus-Wirthe unschätzbare großen Aufrechten,
pfeilich und frolich zu erziehen und einzuführen.

Worben zugleich eine gründliche Nachricht von dem in Churf. Sächs. Landen

Gefundenen Turff

Deßen Natürliche Beschaffenheit, großen Nutzen, Gebrauch und nützlichen Vertheil

zweyte und mit einem Dritten Theil
von

Julio Bernhard von Rohr
vermehrte Auflage.



Leipzig,

Bei Johann Friedrich Brauns sel. Erben, 1732. A

Abb. 6: Titelblatt der „Sylvicultura oeconomica“ des sächsischen Oberberghauptmanns v. Carlowitz (1713). Es handelt sich um ein bahnbrechendes Werk der Forstwissenschaft, das erstmals den Begriff der Nachhaltigkeit einführt, der von der Umweltkonferenz von Rio (1992) zum Richtziel für die Weltwirtschaft erhoben wurde. Dieses Ziel rechtfertigte eine landesherrliche Direktion des Forstwesens und wurde, wie man sieht, mit dem „großen Holz-mangel“ begründet.

das Element der Imagination zu beachten. Am ehesten auf solche Art – über Idealtypen, die als solche bewusst sind, dialektisch vorausschreitend – dürfte man sich der unendlichen Komplexität der Mensch-Umwelt-Beziehung annähern.

■ 5. Auf der Suche nach verborgenen Stabilisatoren der Mensch-Umwelt-Beziehung

Die ökologischen Teufelskreise, die krisengeladenen Verlaufsmodelle sind in der ganzen Welt derart augenfällig, dass man allen Ernstes fragen muss, wieso die Menschheit bislang so viele Jahrtausende überlebt und nicht schon längst ökologischen Selbstmord begangen hat. Es muss in der Umweltgeschichte unauffällige Elemente inhärenter Stabilität geben: eine Art von Balance zwischen Mensch und Natur, die auch ohne planende Eingriffe höherer

Instanzen funktionierte. Auch danach sollte der Historiker in der Vergangenheit suchen, – nicht nur nach Krisen. Zu diesen unauffälligen Stabilisatoren gehörte gewiss die regionale Subsistenzwirtschaft, die in weiten Teilen der Welt bis in unsere Zeit reichte: all jene noch einigermaßen geschlossenen lokalen Stoffkreisläufe und sozialen Mikrokosmen, die die Nutzung ihrer Allmende schlecht und recht zu regeln verstanden. Ein Element inhärenter Sicherheit bestand in der Trägheit und Übersichtlichkeit der Verhältnisse, wo zwar durchaus Umweltsünden begangen wurden, der Verursacher jedoch die Folgen seines Tuns zu einem Gutteil selber zu spüren bekam. Das setzte eine überwiegende Sesshaftigkeit voraus, bei der man sich den Folgen des eigenen Handelns nur schwer durch Migration entziehen konnte. Wichtig waren in Anbetracht der Wechselfälle des Daseins stets auch ökologische Reserven: Wald- und Heidegebiete, aus denen man Dünger und Viehfutter bezog. Ökologische Reserven fungierten in Notzeiten als soziale Nischen.

Aus historischer Sicht kann man es beunruhigend finden, dass ein Großteil dieser unauffälligen Elemente ökologischer Stabilität vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts drastisch reduziert wurde. Das Trägheitsgesetz fördert heute eher die Umweltzerstörung; Verursacher und Betroffene fallen immer weiter auseinander. Die Stoffkreisläufe, die Umweltpolitiker heute im Großen zu organisieren versuchen, sind sehr aufwendig und oft von zweifelhaftem ökologischem Wert. Mag auch vieles von dem Öko-Pessimismus der 70er und 80er Jahre auf Klischees beruhen, so gibt es gerade aus historischer Langzeit-Perspektive zu einem frischfröhlichen Optimismus keinen Grund. Stattdessen gibt es einigen Anlass, davor zu warnen, „Entwicklung“ so, wie es bisher oft geschah, mit wachsender Mobilität, überregionaler Vernetzung und Aufbrechen der Mikrokosmen der Subsistenzwirtschaft gleichzusetzen. Kritische Umweltgeschichte bedeutet nicht zuletzt, die verborgene Geschichtsteleologie der Modernisierungs- und Globalisierungskonzepte in ihrer Fragwürdigkeit aufzudecken und daran zu erinnern, dass wir das Ziel der Geschichte nicht kennen.

■ Grünes Dilemma

Noch ein paar Bemerkungen zum Schluss. Wurde zu Anfang ein Mangel an Geschichtsbewusstsein bei der deutschen Umweltbewegung registriert, so lassen sich jetzt mit aller Vorsicht einige Hinweise auf den möglichen praktischen Nutzen eines solchen Geschichtsbewusstseins geben. Bislang gehört es zum Stil des programmatischen Öko-Schrifttums, zu

einseitig von einem kategorischen ökologischen Imperativ her zu argumentieren und zu wenig von den in den realen Prozessen enthaltenen Potenzialen an ökologischer Vernunft und ökologischer Aktion auszugehen. Da jedoch der Fundamentalismus nie zu realisieren ist, landen grüne Politiker, sobald sie an eine Schaltstelle gelangt sind, typischerweise bei einem platten Pragmatismus, der die jeweilige Gegenwart als gegeben hinnimmt und nicht als Moment eines mit diversen Handlungspotenzialen geladenen Prozesses begreift. Eben diese Verflüssigung der Gegenwart ist eine mögliche Leistung der Historie.

Ein anderes grünes Dilemma besteht seit geraumer Zeit darin, dass sich Umweltpolitik viel zu einseitig negativ definiert durch Verbote, Einschränkungen, Grenzwerte, Öko-Steuern und viel zu wenig durch positive Leitbilder, die sich libidinös besetzen lassen. (Abb. 7) Auf diese Weise ist bei dem Gros der jüngeren Generation die fixe Idee entstanden, „Öko“ sei das Gegenteil von Spaß, obwohl die historische Naturidee sehr viel mit Liebe und Wohlsein zu tun hatte. Die Lustlosigkeit ist der Preis jenes zeitlosen „globalen“ Denkens, das die vitalen historischen Wurzeln des Umwelt- und Naturbewusstseins verleugnet. Konkrete positive Leitbilder müssten an die Natur- und Heimatliebe anknüpfen; sie müssten ihren Ort und ihre Zeit haben, müssten regional und auf bestimmte Situationen bezogen sein. Bislang ist das Verhältnis bundesdeutscher Umweltschützer zu Natur- und Landschaftsschützern, von der Nähe besehen, oft überraschend spannungsvoll. Das erklärt sich in neuerer Zeit nicht zuletzt daraus, dass der Naturschutz im Zeichen der Wildnis jenen grünen Politikern, die auch Sozialpolitiker zu sein haben, kein Natur-Leitbild bietet, das diese brauchen können.

Dabei wissen wir längst, dass es die Wildnis in Deutschland eigentlich gar nicht gibt. Aber da geraten Naturschutz-Diskussionen seit bald einem halben Jahrhundert regelmäßig an einen toten Punkt. In der Praxis gebraucht wird ein historisches Natur-Leitbild, das die menschliche Kultur einbezieht; aber das gibt es erst im Ansatz. Dann könnte man mit gutem Gewissen alte Heide-, Hude- und Heckenlandschaften erhalten. Hier weiterzuforschen und weiterzudenken, dürfte sich lohnen; das ist einer der Punkte, wo Umweltgeschichte am Ende praktisch wird.



Abb. 7: Lucas Cranach der Ältere, *Das Goldene Zeitalter* (um 1530). Dieser gegen die Außenwelt durch eine hohe Mauer abgeschirmte Paradiesgarten führt vor Augen, wie intim das historische Naturideal mit dem Traum von freier Liebe und ewiger Jugend zusammenhängt.

Prof. Dr. Joachim Radkau, 1943 geboren, studierte von 1963 bis 1968 Geschichtswissenschaft in Münster, Berlin und Hamburg und promovierte 1970 bei dem Hamburger Historiker Fritz Fischer mit einer Arbeit über die deutsche USA-Emigration nach 1933. In der Folge arbeitete er zeitweise mit dem 1933 emigrierten Historiker George W. F. Hallgarten (Washington) zusammen (gemeinsames Buch: *Deutsche Industrie und Politik von Bismarck bis zur Gegenwart*, 1974). Seither bewegen sich seine Forschungen in einem Dreieck von Technik-, Medizin- und Umweltgeschichte: Geschichtssparten, die sich aus seiner Sicht wechselseitig inspirieren. Seit 1980 ist er Professor für Neuere Geschichte mit besonderer Berücksichtigung der Technikgeschichte an der Universität Bielefeld. Wichtigste Buchveröffentlichungen: *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft* (1983); *Holz – Ein Naturstoff in der Technikgeschichte* (1987, mit Ingrid Schäfer); *Technik in Deutschland vom 18. Jahrhundert bis in die Gegenwart* (1989); *Das Zeitalter der Nervosität* (1998); *Natur und Macht – eine Umweltgeschichte der Umwelt* (2000).



Autonomie und Bindung im deutschen Landschaftsdenken

Friedmar Apel

Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft

In der ökologischen Debatte spielen die Begriffe der Ganzheit und der Ganzheitlichkeit eine zentrale Rolle. Die Konnotationen dieser Begriffe reichen vom Aspekt der Heilung über eine neue Heiligung der Natur und der Erde bis zum Anspruch auf unentfremdetes, unzerstücktes Denken, damit auf höhere Wahrheit. Die Betrachtung der Geschichte der philosophischen und literarischen Landschaftsauffassung in Deutschland seit dem 18. Jahrhundert stellt solche Begrifflichkeit erkenntnis-kritisch wie auch politisch in Frage.

■ Landschaftsanschauung hat Autonomie zum Grunde

Das neuzeitliche Paradigma der Landschaftsauffassungen beginnt mit einer Kantischen Grunderkenntnis, die sich von vornherein eigentümlich mit dem Gedanken der menschlichen Autonomie verknüpft. Nach Kant kann die Erfahrung der Natur nicht empiristisch begründet werden, sondern hat ihre Wurzeln in der Organisation menschlicher Wahrnehmungsfähigkeit. In der „Kritik der Urteilskraft“ von 1790 hat Kant diese Einsicht zwingend begründet. Die Analyse beruht auf der Beobachtung einer weitgehenden Trennung von Freiheit und Funktion in der Herausbildung von natürlichen Formen, dem Vermögen der Natur, „durch Absetzung der zur Organisation erforderlichen Materie, auch ästhetisch zweckmäßig zu bilden“. Zwar haben Gestalt, Farbe und Konsistenz der Dinge der Natur Funktionen, die sich empirisch bestimmen lassen, eine spezifische Kausalität der Gestalt lässt sich aber nicht erweisen.



*Romantische Einsamkeit und tiefsinnige
Sehnsucht nach Gemeinschaft.
Caspar David Friedrich:
Der Chasseur im Walde, 1813/14.*

Daraus folgt aus der Sicht Kants, dass der Mensch als Bedingung der Möglichkeit seiner Erfahrung der Natur lediglich eine „Idealität der Zweckmäßigkeit im Schönen der Natur“ zugrunde legen kann, ein Realismus kommt als Erklärungsgrund dagegen nicht in Frage. Das Richtmaß der Beurteilung liegt also im Menschen selber. Der Mensch kann auch nicht von der Natur lernen, was er schön oder hässlich zu finden hat, sein Urteil ist selbst gesetzgebend. Entsprechend kommt es in der Landschaftserfahrung allein darauf an, wie der Mensch die Landschaft aufnimmt. Der Mensch steht zwar in Abhängigkeit von der Natur, in ihrer Anschauung aber ist er frei, sie hat nach Kant „Autonomie zum Grunde“.



*Ideallandschaft – menschlich und göttlich berührt.
Claude Lorrain: Der Abend, 1663.*

■ Natur lehrt keine sozialen Normen

So wird deutlich, dass die Analyse der notwendig ästhetischen Landschaftserfahrung den Kern des aufklärerischen Projekts berührt, das dem Menschen die Angst vor der Natur nehmen sollte, ihn aber gleichzeitig zur Naturbeherrschung aufforderte. Die Degradierung der Natur zum bloßen Material menschlicher Herrschaft folgt daraus nicht mit Notwendigkeit, sie muss vielmehr der vorkantischen Instrumentalisierung der Natur in der zwischen Descartes und La Mettrie entstandenen Vorstellung von der Welt als Maschine und der Newtonschen Mathesis zugerechnet werden. Vielmehr käme im handelnden Verhältnis des Menschen zur Natur eine sinngemäße Anwendung des kategorischen Imperativs zum Tragen: Tue der Natur nicht an, was dir nicht angetan werden sollte. So wird die Art und Weise, in der der Mensch die Natur aufnimmt, immer etwas darüber aussagen, wie er sie zu behandeln gedenkt.

Eine Natur, die als freie Verwirklichung begriffen wird, kann nicht zur Beglaubigung normativer sozialer Anforderungen in Anspruch genommen werden. Eben das aber geschah Kants Analyse zum Trotz immer wieder. Bereits bei den Romantikern prägt sich die Landschaftsanschauung in einer eigentümlichen Ambivalenz, in Bildern poetischer Autonomie aus, die aber von vornherein mit Melancholie und Einsamkeitsgefühlen durchtränkt waren und im Gegenbild einen Bindungswillen dokumentieren, der die Ganzheit in einer Symbolik der Gemeinschaft sucht. Bei Clemens Brentano z.B. erscheint der Wechsel zwischen überhöhten Individualisierungsansprüchen, die sich in rauschhaften Naturbildern manifestieren, und solchem Bindungswillen am

intensivsten und mündet bereits tendenziell in totalitäre Ideologie.

■ Ganzheit als totalitäre Kategorie

Was an Josef Nadlers 1937 bis 1941 erschienener, für die nationalsozialistische Ideologie völlig neu zugestützter Auflage seiner „Literaturgeschichte der deutschen Stämme und Landschaften“ erschreckt, ist vor allem die Erkenntnis, wie wenig es brauchte, um tradierte und in der deutschen Mentalität tief verankerte Vorstellungen der Landschaftsbindung, die zugleich mit geistiger Beweglichkeit zusammengedacht worden waren, zum rassistischen Kampfmittel umzuformen. Der grundlegende Kunstgriff ist dabei die Verflechtung der Metaphorik des Blutes und des Stammes mit der der Landschaft, die in den Gedanken einer ganzheitlichen naturangepassten Erfahrung und Entwicklung eine deterministische Komponente einpflanzt. Das führt dann in der Betrachtung der Literatur zu einem Blickwechsel vom Individuellen zum Allgemeinen, der die Vorstellung einer geistigen Unabhängigkeit des Individuums, die im symbolischen Raum der Landschaft seit Goethe und den Romantiker so oft hatte entziffert werden können, tendenziell zum Verschwinden bringt.

Nadler beseitigt die romantische Ambivalenz, indem er zwei Grundtypen deutscher Landschaftserfahrung unterscheidet, die er den „beiden unterschiedlichen deutschen Denkformen“ des Klassischen und des Romantischen zuordnet. Die Landschaft der klassischen deutschen Denkform ist räumlich: „Denn sie gliederte sich allerorten zwischen Berge und Hügel ein. Und mochte sie auch in ihren Formen und Einheiten mit unerschöpflicher Fülle wechseln, überall

erschien sie als Ganzes und als gerundete Einheit. Das Blickfeld war überall geschlossen, und nirgends lief es in der Linie aus, die Himmel und Erde ins Unendliche trennt. Was hier Heimat hieß, war eng, aber ganz und fertig. Die schmiegte sich dem Menschen an, sammelte sich um ihn zu unentrinnbarer Vertrautheit und baute sich um jeden her mit durchsichtiger Klarheit auf.“ Der Autonomiegedanke ist hier bereits ausgemerzt, zuletzt soll alles Ganzheit und Geschlossenheit sein. Im Begriff der durchsichtigen Klarheit entfällt jenes Mehr an Bedeutung, dass das romantische Subjekt in der Landschaft erfahren wollte. Die Konstatierung „unentrinnbarer Vertrautheit“ klingt dann schon bedrohlich, das gedachte Subjekt wird einem Zwangszusammenhang ausgesetzt.



Hackerts klassische Ansichten waren den Romantikern zu oberflächlich.
Philipp Hackert: *Ideallandschaft*, 1794.

ständen Farbschichten auf, die ihnen nicht zukamen, lockten den Dingen Töne ab, die diese nie erzeugen konnten. Sie bauten sich künstliche Scheinbilder auf und nötigten diese Scheinbilder, einen Sinn auszusprechen, den sie selber den Dingen erst unterlegten.“ Mit sicherem Gespür erkennt Nadler in der romantischen Konzeption einer sprechenden Natur das unbefriedigte Sinnbegehren und den kritischen Impuls. Zu dessen Austreibung behauptet Nadler nun in Widerspruch zu seinen eigenen Bindungsthesen, dass die Unterschiede der romantischen und klassischen Entwicklung nicht „aus der Natur und aus dem Wesen“ resultieren, sondern aus der geschichtlichen Entwicklung. So gilt es, die Impulse der Romantik in die eine und gleiche „Natur der Deutschheit“ zu holen, wobei Nadler freilich der

Nationalismus und Antisemitismus der romantischen Dichter um die „Christlich-Deutsche Tischgesellschaft“ (Müller, Arnim, Brentano, Kleist u.a.) zustatten kommt.

So propagiert Nadler die Erziehung zum Ganzen, das „alle großen und rühmlichen Überlieferungen des deutschen Volkes“ integriert im „Urgund eines großen Gedankens: ein Volk, ein Reich, ein Führer“. Derart findet sich im vierten Band von Nadlers Literaturgeschichte die ultimative Pervertierung des Gedankens eines Ganzen der Erfahrbarkeit. Am Ende erscheint Hitlers Reich als Erfüllung jener Dialektik des Alten und Neuen, die sich in der Entzifferung der Landschaft als Sprache auftut:

*In dem Neuen glänzt
das alte Zeichen,
Was heraufsteigt,
war von Anfang da.*

Die in der Landschaft entzifferte

Vorstellung einer Welt, die man zu

haben können glaubte, hat sich in die Rechtfertigung eines Zwangssystems verkehrt.

■ Deutsche Landschaft und das Reich Hitlers

Nadlers Entwurf der romantischen Landschaft lässt seine Voreingenommenheit gegen Individualismus und Entgrenzung schon von vornherein erkennen. „Diese Landschaften flossen alle vom Menschen weg. Sie zogen auswärts und entführten ihn sich selber. Die romantischen Dichter empfingen nicht sich selber aus der Landschaft, sie trugen sich in sie hinein, sie zwangen sich ihr auf. Sie legten den Gegen-

■ Das Ganze ist das Unwahre

So wurde es nach dem Krieg zu einer Aufgabe der kritischen Theorie, dem Konformismus das Medium der Landschaftsbetrachtung wieder zu entwenden. Das erklärt die zentrale Bedeutung, die die Landschaftsbetrachtung im Werk Theodor W. Adornos hat, die unter der in den „Minima Moralia“ noch unter dem unmittelbaren Eindruck des Hitler-Regimes formulierten Maxime „Das Ganze ist da

Unwahrheit“ steht. Landschaft kann Adorno zufolge nur reflektorisches begriffen werden. Sie existiert zwar zweifellos, als erscheinende aber ist sie von vornherein Bild und daher nur der Deutung zugänglich, nicht der empiristischen Abbildung. Damit aber wird der Kommunikation von Mensch und Landschaft ein Widerspruch eingeschrieben: erscheinende Natur will schweigen, während es jenen, der ihrer Erfahrung fähig ist, zur Sprache drängt. „Ist die Sprache der Natur stumm, so trachtet Kunst, das Stumme zum Sprechen zu bringen, dem Misslingen exponiert durch den unaufhebbaren Widerspruch zwischen dieser Idee, die verzweifelte Anstrengung gebietet, und der, welcher die Anstrengung gilt, der eines schlechthin Unwillentlichen.“ Treu ist die Darstellung „der erscheinenden Natur einzig, wo sie Landschaft vergegenwärtigt im Ausdruck ihrer eigenen Negativität“. Landschaft kann ohnehin nur als Kulturlandschaft entziffert werden, jedoch unter dem katastrophischen Gesetz der Naturbeherrschung nicht mehr unschuldig. Gerade dieser Widerspruch aber verleiht der Landschaftsbetrachtung eine korrektive Evidenz. Im Glücksfall schlägt in der Deutung der Landschaft das Bild des Älteren um in das eines noch nicht Seienden, in das eines versöhnten Zustands. Solche Sehnsucht wirkt auch in der ökologischen Debatte, sie äußert sich als Sehnsucht nach Ganzheit und bedient sich dabei einer spätestens seit Adorno diskreditierten Begrifflichkeit.



Prof. Dr. Friedmar Apel studierte Germanistik, Allgemeine und Vergleichende Literaturwissenschaft, Philosophie und Anglistik an der Freien Universität Berlin und der Technischen Universität Berlin. 1977 wurde er an der TU Berlin bei Norbert Miller promoviert, bei dem er sich auch 1981 habilitierte. Seit dem 1. April 2000 lehrt er „Neuere deutsche Literatur im europäischen Kontext“ an der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft der Universität Bielefeld. Er hat zahlreiche Beiträge zur europäischen Literatur- und Kulturgeschichte vorgelegt, zuletzt „Deutscher Geist und deutsche Landschaft. Eine Topographie“, München, Knaus 1998, TB Siedler 2000.



Designing Nature

Die experimentelle Praxis der ‚Ecological Restoration‘

Matthias Groß

Institut für Wissenschafts- und
Technikforschung

Naturschutz bedeutet wörtlich genommen, Schutz der Natur vor menschlicher Gesellschaft. Dies hieß bisher, Zäune um Reservate und Schutzgebiete zu ziehen, da die hierin befindliche Fauna und Flora ohne menschliches Eingreifen am besten gedeihen könne. Nach mehr als drei Jahrzehnten Umweltbewegung zur Verminderung industrieller Verschmutzung und Zerstörung der natürlichen Umwelt sind viele Umweltaktivisten in den USA jedoch nicht mehr gewillt, Umweltschutz als einzige Lösung zu betrachten und den Menschen in erster Linie als Gegenpol und Störenfried der Natur zu denken.

■ Schutz und Design von Natur



Das Präriefeuer: Öffentliche Experimente, Tallgrasprärien im Mittleren Westen der Vereinigten Staaten von Amerika wieder herzustellen, führten zu wichtigen Einblicken in die Rolle des Feuers in der Prärieökologie. Heute stellen Präriefeuer, die normalerweise im Frühling stattfinden, einen Höhepunkt des Präriejahres dar, dramatisiert durch Restoration-Volksfeste, die die Schlüsselrolle des Menschen in diesen Ökosystemen seit Tausenden von Jahren unterstreichen.

Für eine neue Strömung, die in den USA unter den Bezeichnungen ‚Inventionist Ecology‘, ‚Synthetic Ecology‘ und meist ‚Restoration Ecology‘ in den letzten Jahren bekannt wurde, gilt die einseitige *Unterwerfung* – Macht Euch die Erde untertan – der Natur für rein menschliche Belange als genauso überholt wie die Ideologie des traditionellen *Schutzes* von Umwelt und Natur, die möglichst wenig – idealtypisch: gar keinen – menschlichen Eingriff in die Natur anstrebt. „Wir sind es leid“, so ein Aktivist, „immer gesagt zu bekommen, dass wir dieses und jenes schützen sollen oder gar dass Menschen ein Krebsgeschwür des Planeten seien“. Der neuen Richtung geht es darum, neue Naturen zu entwerfen und zu erbauen. Tierarten werden importiert, Prärien geschaffen und das Design ganzer Landschaften wird in Angriff genommen. ‚Ecological Restorationists‘ nehmen Natur selbst in die Hand. Denn, anders als die meisten Umweltbewegten des ausgehenden 20. Jahrhunderts, glauben ‚Restorationists‘ sie können die Natur *aktiv* verbessern. Diese Haltung wendet sich auch gegen die wissenschaftliche Ökologie, die sich bis vor wenigen Jahren zuerst auf eine deskriptive Herangehensweise konzentrierte, in der es um die Rekonstruktion komplexer Funktionszusammenhänge sowie die Erfassung von Tier- und Pflanzenbeständen geht. Ein (Wieder-)Zusammensetzen der einzelnen Komponenten zu einem (neuen) Ganzen war bis in die späten 1980er Jahre hinein weitgehend unbekannt.

■ Die Wiederentdeckung der Natur

Der Begriff der ‚Ecological Restoration‘ spielt in politischen und ökologischen Diskussionen der USA eine zunehmend größere Rolle. Dies zeigt ein Blick auf die in den letzten Jahren beträchtlich gewachsene Zahl von Monographien sowie die Zunahme der Artikel in Tageszeitungen und Magazinen. Es gibt eine Vielzahl von Strömungen innerhalb dieser Richtung. Der Kern ist die Gestaltung ganzer Ökosysteme. Die Varianten reichen dabei von einer Modellierung eines Systems mit historischen Daten, bis hin zu einer Neuschaffung von Natur, die sich nicht ausschließlich an historischen Zuständen orientiert und entsprechend den Begriff ‚Restoration‘ beinahe fehl am Platze erscheinen lässt. Auch die Vertreter der eher konservativen Seite sind sich darüber bewusst, dass die strenge ‚Restauration‘ zerstörter Ökosysteme streng genommen nicht möglich, aber auch nicht nötig ist. Die Entscheidung zwischen einer strikten *Restoration* eines historischen Systems und der *Instauration* von etwas gänzlich Neuem⁵⁸

hängt oft von der Brauchbarkeit der Daten der historischen Referenzpunkte ab.¹ In der Praxis geht

beides Hand in Hand, da jede Modellierung an bestehende Ökosysteme anschließen muss und für eine komplett erfundene künstliche Natur noch das Wissen fehlt. Dennoch geht es bei einem ‚Restoration‘-Projekt also *auch* darum, Erfahrungen zu sammeln, wie man in Zukunft u.U. auch ohne historische Vorbilder Natur ‚erfinden‘ kann. Beide Pole dieser ‚Schöpfung von Natur‘ setzen sich jedoch radikal von traditionellen Ideologien der Umweltschutzbewegung ab.

■ Ein neues Paradigma?

Vier neue Grundannahmen hinsichtlich der Eigenschaften von Natur und der Rolle von Menschen sind wichtig: (1) Menschliches Interagieren mit Natur wird als selbstverständlich und notwendig (und nicht zuerst als Störung) erachtet. (2) Das Natürliche (das, was von selbst da ist) und das Künstliche (das, was vom Menschen geschaffen wurde) werden nicht kategorial unterschieden; zudem *kann* beides nach einer gewissen Zeit – wie auch bei Kulturlandschaften typisch – ohnehin nicht mehr unterschieden werden. (3) Natur wird als unstet und nicht auf einen



Samenlese in der Curtis-Prärie in Madison, Wisconsin, USA, der ältesten komplett designten Prärie der Welt.



Schüler bereiten die klebrige Fallhammerblume (monkey flower) zur Pflanzung in einer Präriebaumschule vor. Diese wurde eingerichtet, um umfangreiche Restoration-Projekte am Presidio Park in San Francisco zu unterstützen.

Idealzustand zustrebend verstanden. (4) Es wird nicht nur die Abhängigkeit der Gesellschaft von der Natur betont, sondern ebenso die Abhängigkeit der Natur von Gesellschaft. Denn inzwischen, so die Meinung vieler Praktiker, würde auch das Alleinlassen der Natur zur Verringerung von Biodiversität führen. Der Greenpeace-Slogan der 1980er, in dem behauptet wurde, dass der Mensch die Natur brauche, die Natur aber nicht den Menschen, wird hier außer Kraft gesetzt.

■ Gesellschaft in der Natur

„Restorationists“ bilden sich nicht ein, fertige Modelle aus theoretischem Wissen beziehen zu können. In ihren Konzeptionen finden Laieneinschätzungen und sogenanntes ‚local knowledge‘ Eingang. Ursprünglich wurde die Idee der ‚Restoration Ecology‘ als eine Testmethode im Rahmen formaler Forschung konzipiert. Erst später wurden sich die Wissenschaftler darüber bewusst, dass ihr Wissen – nicht zuletzt durch den Freisetzungskarakter dieser Ökoobjekte – erst mit den nicht-wissenschaftlichen Kenntnissen und Praktiken in anderen Teilen der Gesellschaft komplett ist. Die Idee des Gartens als Kunstform (‚gardening‘), die sowohl Wissen als auch neue

Werte für die Teilnehmenden und für Gesellschaft im allgemeinen schaffen kann, wurde ab den frühen 1990ern zu einem Leitbild. Stephen Packard aus Chicago berichtete in einem Interview, dass die Einbeziehung von Nicht-Akademikern am Anfang eher eine Notlösung war, um Wissenslücken aufzufüllen. Aber nach etwa zehn Jahren wurde klar, dass Anwohner ein ganz besonders Verhältnis zu der von ihnen mitgeschaffenen Natur entwickeln⁵⁹ und deren Wissen zum Teil wichtiger ist als das von traditionellen Naturwissenschaftlern. Heute wird, wie Untersuchungen in Nordkalifornien und im Mittleren Westen der USA zu zeigen versuchen, nur ein relativ kleiner Prozentsatz der ökologischen Praxis mit ‚hartem‘ Wissen durchgeführt. Anwohner oder Volontäre nehmen am Planungsprozess teil. In vielen ‚Restoration‘-Projekten wird die traditionelle Unterscheidung einer funktionalen Differenzierung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit aufgegeben, da die Planung und die Praxis dieser new science von Laien und Akademikern durchgeführt wird. Anders als in traditionellen Erfindungen (z.B. Raumfahrttechnik) sind die Naturwissenschaftler und professionellen Techniker nicht unbedingt die Hauptautorität und muss die Öffentlichkeit nicht belehrt und aufgeklärt werden. Die Rolle der professionellen Ökologen

ist zwar nach wie vor wichtig, aber im Laufe eines ‚Restoration‘-Projektes kann sich herausstellen, dass Volontäre oder Anwohner der Region, die kein formales Training in Ökologie haben, das Experiment mit der Natur bestimmen. In Projekten im Norden von Chicago zeigt sich bereits, wie stark die Beobachtung und das Wissen der Laien bestehende Vorstellungen der Wissenschaft korrigierte.

■ Natürliche Überraschung

Wie genau geht die Umsetzung eines solchen Paradigmas praktisch vonstatten? Aufgrund des unsicheren Wissens über Ökosysteme gibt es keine durchprogrammierte strategische Handlungsplanung, sondern es muss eine vorsichtige und beobachtende experimentelle Vorgehensweise, zusammengesetzt aus Fach- und Laienwissen, gewählt werden. Man beginnt zum Beispiel vorsichtig mit einem kontrollierten Präriefeuer eine fruchtbarere Voraussetzung für einheimische Pflanzen zu schaffen. Hierzu passt, dass in den Selbstbeschreibungen der menschlichen Akteure die Reaktion der Natur auf diesen gesellschaftlichen Eingriff als Überraschung akzeptiert wird. Und es ist offensichtlich, dass die Natur nicht immer das tut, was sich Menschen vorgestellt haben. Es ist erstaunlich, dass die Praktiker dieser Strömung sich nicht nur bewusst sind über die Unvorhersehbarkeit der Natur, sondern dass es genau diese unerwarteten Reaktionen der Natur sind, die herausgefordert werden sollen. In den Worten eines Praktikers: „Jeder ‚Restorationist‘ weiß, dass ein Ökosystem aus eigenen Kräften unvorhersehbar auf menschliche Angebote reagiert. Aber genau das ist es, was wir hervorrufen (‚liberate‘) wollen.“ (Stephen

■ Naturdesign als gesellschaftliches Experiment

Packard)

In der ‚Ecological Restoration‘ wird also eine experimentelle Praxis zwischen Natur und Gesellschaft etabliert, die – verstärkt durch die Einführung von ‚Restoration‘-Volksfesten – eine jahrelange Dauer haben kann und soll. Anders als bei akademischen Projekten, wird hier ein gesellschaftliches Langzeitexperiment angestrebt, und anders als klassisch-deskriptive Untersuchungen der naturwissenschaftlichen ‚Conservation Biology‘, steht hier das Experiment zwischen Natur und Gesellschaft im Vordergrund. Natur und Gesellschaft werden nicht als Gegensatz wahrgenommen. Ökologisches Design wird zu einem gesellschaftlichen Experimentieren mit Natur, bei dem eine ‚learning by doing‘-Strategie gewählt wird.

¹ Ich verzichte hier bewusst auf eine Übertragung des Begriffs ins Deutsche, da die Konnotation des deutschen Wortes ‚Restauration‘ und ‚Restaurierung‘ nicht der der amerikanischen ‚Restoration Ecology‘ entspricht. Aber auch im Amerikanischen bleibt der mechanistische Touch erhalten. William R. Jordan III, auf den der Begriff ‚Restoration Ecology‘ Mitte der 1980er Jahre zurückgeht, ist sich der Verwirrung, die dieses Wort hervorruft, bewusst, und er bereut es heute fast, sich damals nicht für den auch zur Diskussion stehenden Begriff ‚Synthetic Ecology‘ stark gemacht zu haben (persönliche Kommunikation).

Matthias Groß ist Doktorand am Graduiertenkolleg „Genese, Strukturen und Folgen von Wissenschaft und Technik“ am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld. Die empirische Phase seines Dissertationsprojektes „Inventing and Restoring Nature: Society on New Ground“ bestritt er im Frühling und Sommer 2000 als Gastwissenschaftler am Department of Rural Sociology der University of Wisconsin in Madison, USA. Sein Buch „Die Natur der Gesellschaft: Eine Geschichte der Umweltsoziologie“ erschien soeben im Juventa Verlag.





Globalisierung der Umweltpolitik – Klimaschutz in Afrika

Soziologische Forschung zum gesellschaftlichen Umgang mit globalem Klimawandel im westafrikanischen Senegal

Anita Engels

Institut für Wissenschafts- und Technikforschung

Globale Umweltprobleme erfordern weltweit koordiniertes Handeln. So lautet das Credo unzähliger internationaler Verhandlungen zu grenzüberschreitenden Umweltproblemen. Der durch Menschen verursachte globale Klimawandel ist das weitest gehende Beispiel für weltweite Zusammenarbeit im Bereich der Umweltpolitik. Mehr als 180 Staaten sind an den Verhandlungen zu einer internationalen Klimaschutzkonvention beteiligt. Gerade Entwicklungsländer haben im Zuge der Verhandlungen jedoch immer wieder deutlich gemacht, dass ihre eigenen unmittelbaren Ressourcenprobleme Vorrang haben vor einem hypothetischen, in der Zukunft liegenden globalen Problem, das zudem durch übermäßige Emissionen der entwickelten Länder hervorgerufen wird. Wie kommt es trotzdem dazu, dass ein Staat wie der Senegal eigene, international abgestimmte Programme zum Klimaschutz entwickelt? Und welche gesellschaftlichen Folgen hat diese Globalisierung der Umweltpolitik für das marginale Entwicklungsland?



In der Stadt Rufisque sind bereits viele Häuser und Grundstücke dem Meer zum Opfer gefallen. Der Deich aus aufgehäuften Felsbrocken soll Schutz bieten.

Die soziologische Forschung kann hierzu eine Reihe von Antworten liefern.¹ In einem fünfmonatigen Forschungsaufenthalt ist die Herausbildung einer nationalen Klimaschutzpolitik im westafrikanischen Senegal untersucht worden. Diese nationale Politik stellt in den Mittelpunkt, dass der Senegal durch seine Küstenlage in besonderer Weise vom Klimawandel bedroht ist, da er vermutlich einen spürbaren Anstieg des Meeresspiegels mit sich bringen wird. Zusätzlich geht diese Politik jedoch davon aus, dass der Senegal durch übermäßiges Abholzen seiner Wälder selbst an der Verursachung des Klimawandels beteiligt ist. Daher sind bereits erste Maßnahmen zur Reduzierung der nationalen Treibhausgas-Emissionen des Senegals vorgesehen, obwohl Entwicklungsländer dazu bisher in keiner Weise verpflichtet sind. Wie ist das zu erklären?

Träger entladen die neu eingetroffenen Fischerboote. Der Fischfang ist eine wichtige Einnahmequelle für die Küstenbevölkerung.



■ Staaten handeln nicht als atomisierte Akteure

Das Bild von 180 Einzelstaaten, die bei internationalen Verhandlungen jeweils ihre individuellen nationalen Interessen vertreten, ist irreführend. Die Untersuchung zum Senegal hat gezeigt, dass am Anfang keineswegs ein klar definiertes nationales Interesse steht, das eine bestimmte Verhandlungsposition nahe legt. Im Gegenteil fehlte im Senegal wie in vielen anderen afrikanischen Staaten zunächst eine Vorstellung davon, wie das globale Klimaproblem überhaupt von nationaler Bedeutung sein könnte. In den frühen 1990er Jahren wurden jedoch von zahlreichen internationalen Organisationen Programme ins Leben gerufen, die Ländern wie dem Senegal die wissenschaftlichen Hintergründe der Klimaproblematik nahe bringen und einen nationalen Politikformulierungsprozess fördern sollten. Die Programme bezogen sich insbesondere auf Forschungsk Kooperationen und die Durchführung von international koordinierten Studien zur Klima-Vulnerabilität des Senegals, zu den volkswirtschaftlichen Kosten negativer Klimafolgen und zu möglichen Klimaschutzmaßnahmen im Senegal. Der Senegal war somit in ein dichtes Netz von UN-Organisationen, Forschungsk Kooperationen, international arbeitenden Nichtregierungs-Organisationen und staatlicher Entwicklungszusammenarbeit eingebunden. In einem langjährigen Prozess entstand durch dichter werdende Vernetzungen und inhaltliche Verknüpfungen eine Programmatik, die schließlich als nationale Position des Senegals in die Verhandlungen eingebracht werden konnte. Will man

das Zustandekommen internationaler Umweltabkommen verstehen, sollte man also nicht vorrangig von Verhandlungen zwischen atomisierten Einzelstaaten ausgehen. Erst der Blick auf den Prozesscharakter und die vielen Formen direkter und indirekter Kooperationen, in die diese Staaten eingebunden sind, kann das Ergebnis – die Globalisierung von Umweltpolitik – erklären.

■ Globale Umweltpolitik als Vehikel westlicher Vorstellungen

Durch die internationalen Kooperationen, in die der Senegal eingebunden war, wurden nicht nur wissenschaftliches Wissen und technische Expertise vermittelt. Die Finanzierung von Projekten und Workshops im Senegal war vielfältig an Bedingungen geknüpft, die eine spezifische (westliche) Vorstellung von demokratischer Willensbildung und nationaler Politikformulierung transportierten. Dazu gehörten zum Beispiel: die Partizipation unterschiedlichster gesellschaftlicher Gruppen an der Erarbeitung einer nationalen Politik; die Freiheit der Forschung zum Klimawandel, ohne Kontrolle durch staatliche Stellen; die Vernetzung und Koordination unterschiedlicher senegalesischer Forschungseinrichtungen und der Universität von Dakar untereinander. Die Globalisierung der Umweltpolitik bedeutete daher nicht nur die Bereitstellung eines neuen wissenschaftlich-technischen Instrumentariums für den Umgang mit Umweltproblemen, sondern auch die Vorgaben für einen umfassenderen gesellschaftlichen Anpassungs-

prozess. Diese Vorgaben wurden häufig als ritualisierte Inszenierungen in den senegalesischen institutionellen Kontext übersetzt.

■ Standardisierte Beobachtungsverfahren führen zu Vereinfachungen und Umbewertungen

Die Durchführung der Studien zum Klimawandel und zu seinen Auswirkungen im Senegal orientierte sich an international abgestimmten Verfahren der Messung, Aufbereitung und Interpretation relevanter Daten. Um die Vergleichbarkeit vieler nationaler Studien zu gewährleisten, hatten sich Organisationen wie das Intergovernmental Panel on Climate Change frühzeitig um die Herausgabe standardisierter Richtlinien für die Forschung in diesem Bereich bemüht. Diese Richtlinien sahen eine volkswirtschaftliche Betrachtung möglicher Schäden durch Klimawandel und möglicher Kosten für Schutzmaßnahmen vor. Die senegalesische Küste wird von vielen Bevölkerungsgruppen in unterschiedlicher Weise genutzt: als Wohn-, Lebens- und Wirtschaftsraum. Einige Küstenstriche sind heute schon durch verstärkte Erosion und zunehmende Überschwemmungen bedroht. Es zeigte sich, dass durch die international standardisierte Forschung vor allem die Küstenregionen Beachtung fanden, in denen sich volkswirtschaftlich relevante Touristikanlagen befinden. Landwirtschaftlich genutzte Regionen, die ebenfalls durch die Umweltveränderungen bedroht sind, verloren innerhalb dieser Betrachtungsweise eher an Bedeutung. Festzuhalten ist deshalb, dass die Globalisierung der



Sandsäcke zum Schutz vor Küstenerosion. Hilflöse Versuche der lokalen Bevölkerung, den rasanten Landverlust aufzuhalten.

Umweltpolitik in einzelnen Fällen sogar zur verstärkten Marginalisierung bestimmter Regionen führen kann. In gleicher Weise dominierten in der globalisierten Forschung technische Problemdefinitionen und Lösungsvorschläge, während der politische Charakter konkurrierender Nutzungsansprüche an eine sich verknappende Ressourcenbasis ausgeblendet wurde.

Wenn globale Umweltprobleme weltweit koordiniertes Handeln erfordern, hat das Beispiel des Senegals zumindest gezeigt, dass bestimmte Formen der Koordination auch problematisch sein können. Die Anwendung weltweit standardisierter Beobachtungsverfahren ist nicht zwangsläufig geeignet, die lokalen Potentiale zur Bewältigung von Umweltkrisen zu stärken.² Eine ausschließlich ökonomisch ausgerichtete oder einseitig an technischen Lösungen orientierte Forschung zu globalen Umweltproblemen



Für die lokale Wirtschaft spielt die Küstenregion eine wichtige Rolle. Wo der Fisch in der Sonne getrocknet wird, dient der Sandstrand als Produktionsstätte und Marktplatz zugleich.

kann dies leicht übersehen. Fragen nach einem angemessenen Verhältnis von globalen und lokalen Ausrichtungen der Umweltpolitik sollten daher Gegenstand interdisziplinärer Forschung sein.

¹ Die hier beschriebene Forschung wurde im Rahmen eines Dissertationsprojekts durchgeführt. Die Dissertation ist inzwischen im Internet veröffentlicht. Damit folgt die Autorin dem globalen Trend zur elektronischen Publikation. Die Arbeit kann als pdf-Datei heruntergeladen werden unter folgender Adresse: <http://archiv.ub.uni-bielefeld.de/disshabi/2000/0005.pdf>.

² Dieses Teilergebnis wird ausführlich dokumentiert in A. Engels, Local environmental crises and global sea-level rise – the case of coastal zones in Senegal (in: M. Casimir, U. Stahl, Hrsg., 2000, Culture and the changing environment).



Dr. Anita Engels hat an der Universität Bielefeld Soziologie mit den Schwerpunkten Wissenschaftssoziologie und Entwicklungsländerforschung studiert. Sie arbeitete als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) und am Institut für Wissenschafts-

und Technikforschung (IWT), u.a. in Forschungsprojekten zu globalen Umweltveränderungen unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Weingart. Sie promovierte 1999 an der Bielefelder Fakultät für Soziologie. Als Stipendiatin der Thyssen-Stiftung forscht sie zur Zeit an der Universität Stanford (Kalifornien) zu institutionellen Aspekten marktförmiger Instrumente des Umweltschutzes.



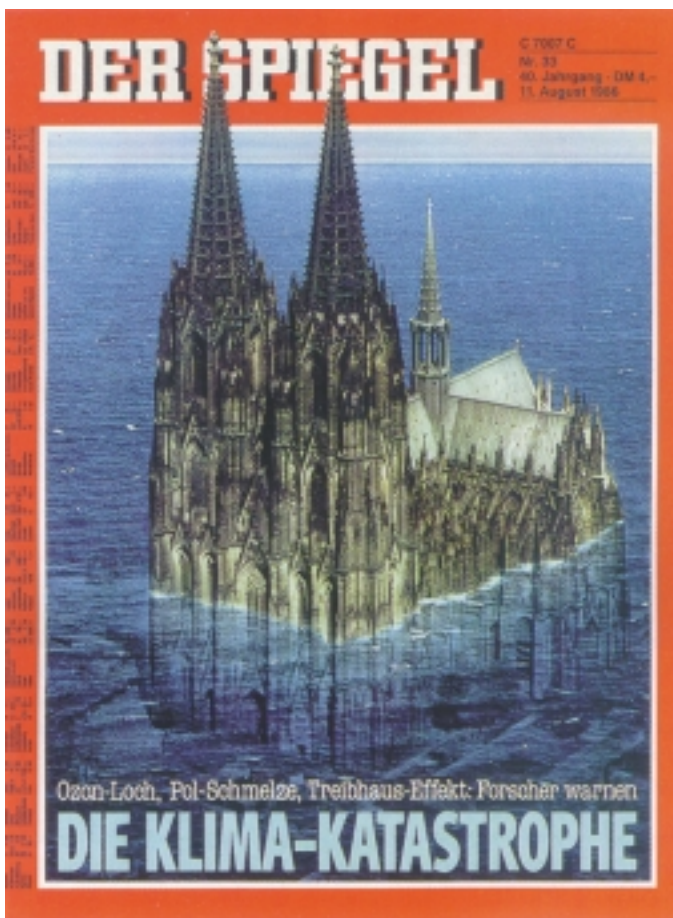
Alle reden vom Klima

Kommunikationen zum Klimawandel zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien

Petra Pansegrau, Anita Engels, Peter Weingart

Fakultät für Soziologie,
Institut für Wissenschafts- und
Technikforschung

„Die Erde wird ein öder Stern“ – „Massentod im Morast“ – „Warten, bis wir alle gegart sind?“ Die Warnungen vor einem drohenden anthropogen verursachten Klimawandel haben schon häufig zu reißerischen Katastrophenmeldungen in den Medien geführt. Die Urheber dieser Warnungen waren jedoch keine religiös verblendeten Propheten, die den ohnehin prognostizierten Weltuntergang prophezeien. Es sind Wissenschaftler, die die Rationalität der modernen Wissenschaft verkörpern. Die Massenmedien orientierten sich bereits früh an den wissenschaftlichen Warnungen und eröffneten einen Katastrophendiskurs, der die Transformation der wissenschaftlichen Warnungen in publikumsgerechte Bilder zum Ziel hat. Die Politik reagierte mit den in ihrer Macht stehenden Maßnahmen zur Abwendung der Katastrophe: Die Veränderung der Institutionen- und Forschungslandschaft.



Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojekts am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld (gefördert im Rahmen der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingerichteten Schwerpunktprogramms: „Mensch und globale Umweltbedingungen – sozial- und verhaltenswissenschaftliche Dimensionen“ 1995-2000) wurde untersucht, wie sich die zunächst eigenständigen Diskurse zum globalen Klimawandel im Untersuchungszeitraum von 1975 bis 1995 in der Wissenschaft, der Politik und den Massenmedien entwickeln, welchen Bezug sie aufeinander nehmen und wie sie Wissen aus den jeweils anderen Diskurssträngen einbeziehen oder ausschließen. Ausgangspunkt des Projekts war die Frage, wie ein wissenschaftsabhängiger Diskurs über kommende Umweltkatastrophen in zentralen Bereichen moderner Gesellschaften die gesellschaftliche Wirklichkeit neu strukturiert.

■ Klimawandel – die ultimative Katastrophe

1986 erschien auf der Titelseite des deutschen Nachrichtenmagazins DER SPIEGEL die bildliche Horrorvision einer der wohl schlimmsten vorstellbaren vom Menschen selbst erzeugten Katastrophen: Der Kölner

Dom zur Hälfte unter Wasser; das Bild ist zur Ikone des Klimawandels in Deutschland geworden. Seit Beginn der Auseinandersetzungen um den Klimawandel Ende der 1970er Jahre liefern die Medien ständig neue, ebenso fiktive wie detailgenaue Beschreibungen der drohenden Klimakatastrophe. Ihre oftmals an Eindeutigkeit, Negativität und Sensationalität ausgerichtete Berichterstattung transformiert die hypothetischen wissenschaftlichen Warnungen in konkrete Bilder und katastrophische Szenarien, die an Dramatik kaum zu überbieten sind. Tatsächlich prognostizierten Wissenschaftler Anfang 1986 ein Ansteigen des Meeresspiegels um bis zu 10 Metern, versehen mit einer verhältnismäßig konkreten Zeitangabe „unwiderruflich in den nächsten 50 Jahren“. Wissenschaftliche Warnungen haben gemeinhin eine hohe Glaubwürdigkeit, weil sie zumeist auf Berechnungen, gesicherten Methoden und sorgfältigen Prüfungen in ihrer Kommunikationsgemeinschaft beruhen. Die Wissenschaft verkörpert in modernen Zeiten das allen anderen überlegene Wissenssystem.

Die Warnungen der Wissenschaftler vor dem anthropogenen Klimawandel blieben dementsprechend nicht auf die innerfachlichen Auseinandersetzungen beschränkt. Sie zwingen auch Politiker, wo immer ihnen die Bewältigung der Folgen oder gar die Möglichkeit der Abwendung der Katastrophe zugerechnet werden kann, zum Handeln. Die Botschaft ist eindeutig: Wenn Wissenschaftler vor von Menschen verursachten Katastrophen warnen, ist es die Pflicht der Politik, diese Warnungen ernst zu nehmen und die in ihrer Macht stehenden Maßnahmen zur Abwendung der Katastrophe zu ergreifen. Tun sie es nicht, droht ihnen der Entzug der Legitimation. Die Bedrohung durch den globalen Klimawandel hat inzwischen die Regierungen der Welt zu eine Reihe Verhandlungen über gemeinsame Maßnahmen veranlasst. Wenngleich die Schwierigkeiten, eine verbindliche weltweite Klimaschutzkonvention zu verabschieden, nach wie vor unüberwindlich erscheinen, lässt doch die globale politische Wahrnehmung und Bedrohung des Problems erkennen, dass der anthropogene Klimawandel als ökologisches Risiko ernst genommen wird. Schließlich handelt es sich um die ultimative, die größte und zugleich auch die letzte denkbare Katastrophe, die durch die Sorglosigkeit oder Unersättlichkeit im Umgang mit Ressourcen vom Menschen selbst verursacht zu werden droht.

Die oberflächliche Betrachtung zeigt bereits, dass der anthropogene Klimawandel in der Wissenschaft, der Politik und den Medien ganz unterschiedlich wahrgenommen wird. Das liegt nicht am bösen Willen der beteiligten Personen, sondern hat syste-

matische Gründe. Bei genauerem Hinsehen zeigt sich, dass die Kommunikation zwischen Wissenschaft, Politik und Medien kein eindimensionaler Übersetzungsprozess wissenschaftlicher Erkenntnisse in Informationen für die Öffentlichkeit und in politische Entscheidungen ist.

■ Kommunikative Risiken

So eindeutig, wie das Indiz weltumspannender politischer Aktivität es nahe legt, ist die Wahrnehmung des ökologischen Risikos nicht. Die Breite der Diskussion verdeckt den Umstand, dass die Bedrohung aus wissenschaftlicher Sicht noch keine wirklich gesicherte Erkenntnis darstellt. Soweit überhaupt absehbar wird sie an unterschiedlichen Orten der Welt sehr unterschiedliche Folgen haben und infolgedessen von Regierungen und den Medien auch unterschiedlich wahrgenommen. Der anthropogene Klimawandel stellt zudem insofern ein besonderes Problem dar, als er gar nicht unmittelbar wahrnehmbar und mit weit über menschliche Erfahrungshorizonte hinausgehende Zeiträume verbunden ist. Darüber hinaus erhalten die prognostizierten ökologischen Risiken eine zusätzliche Dimension: weder ist sicher, ob ihre Wahrnehmung durch die Wissenschaft angemessen ist, noch ist sicher, ob ihre wissenschaftliche Wahrnehmung in den Medien angemessen repräsentiert ist oder in der Politik in angemessene Entscheidungen umgesetzt wird. Ein privilegierter Ort der Wahrnehmung ist nicht auszumachen. Die unterschiedlichen Wahrnehmungen und damit die Handlungsweisen, die sie begründen, gefährden nicht nur die Kommunikation im Hinblick auf das ökologische Risiko des Klimawandels, sie gefährden auch die Urheber der Kommunikationen selbst. Neben den ökologischen Risiken bestehen somit auch Risiken der Kommunikation.

■ Das kommunikative Risiko der Wissenschaft

Ausgangspunkt der deutschen Klimadebatte war eine Erklärung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) zum drohenden Klimawandel, in der vor der Klimakatastrophe und der drohenden vollständigen Unbewohnbarkeit der Erde. Dieser Aufruf forderte unter anderem einen schnellen Ausbau der Kernkraft und eine sofortige weltweite Regulierung der CO₂-Emissionen. In einem zweiten zusätzlich auch von der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft unterzeichneten Aufruf 1987, wurde die Katastrophenwarnung zwar abgeschwächt, die im Text enthaltenen Handlungsanweisungen an die Politik jedoch beibehalten. Durch diesen Kassandraufruf der

Wissenschaft wurde der Klimaschutz als politisches Handlungsfeld etabliert.

Bis dahin war es für die Klimaforschung trotz verschiedener internationaler Konferenzen nicht möglich gewesen, die öffentliche Aufmerksamkeit für ihr Forschungsgebiet zu erreichen. Dies änderte sich nun geradezu schlagartig. Das Klimaproblem wurde zu einem ständigem Thema sowohl auf der politischen als auch der medialen Agenda. Der von der Wissenschaft zunächst veröffentlichte und später zurückgenommene Begriff von der „Klimakatastrophe“ etablierte sich zu einer festen Metapher zur Beschreibung der Dringlichkeit des Problems. Die wissenschaftlichen Publikationen adressierten zunehmend und expliziter politische Entscheidungs- und Handlungsinstanzen, zum Beispiel:

„Mein Wunsch lautet deshalb: Rasche Verabschiedung einer weltweiten Klimakonvention mit zugehörigen Protokollen zur Minderung der Emissionen einzelner Spurengase (...). Gleichzeitig sollten die Industrienationen, die Hauptverursacher, massiv einsteigen in eine Politik der effizienteren Energienutzung (...). Aber auch die Verlangsamung der Bevölkerungszunahme ist von zentraler Bedeutung für eine erfolgreiche Emissionsminderung.“
(H. Graßl 1989 in: Phys. Bl. 45)

„Um das Klimaänderungssignal nachweisen und um es eindeutig den Änderungen im CO₂ und anderen Treibhausgasen zuzuschreiben, ist es notwendig, diese Probleme zu reduzieren. Dieses erfordert einen massiven Ausbau der Rechnerkapazitäten, eine Verbesserung der Modelle und globale kontinuierliche Messkampagnen.“ (U. Cubasch et al. 1995 in Phys. Bl.51)

Inzwischen hat sich die deutsche Klimatologie von einem randständigen Forschungsgebiet zu einem bedeutenden Forschungszweig entwickelt, der einen hohen politischen Stellenwert hat. Trotz der erheblich veränderten Forschungslandschaft mehrten sich jetzt aber die Stimmen, die die frühen wissenschaftlichen Warnungen als übertrieben, voreilig und strategisch bezeichnen. Damit ist in hohem Maße auch die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft gefährdet. Dieses Phänomen wird als negatives Cassandra-Syndrom beschrieben. Wenn es Wissenschaftlern gelingt, mit Warnungen vor kommenden Katastrophen an die Öffentlichkeit zu treten, wird ihnen häufig geglaubt. Sie verlieren jedoch ihre Glaubwürdigkeit, wenn die vorhergesagten Katastrophen nicht eintreten oder wenn sich das Ausmaß der vorhergesagten Änderungen als übertrieben erweist. Die Wissenschaft ist

aufgrund der Unsicherheit ihrer Prognosen von dem kommunikativen Risiko des Verlusts der Glaubwürdigkeit bedroht. Dies gilt vor allem dann, wenn ihre unsicheren, aber schwerwiegenden Warnungen hohe öffentliche und politische Aufmerksamkeit auf sich ziehen kann. Das hat dann nicht nur Auswirkungen auf die Wissenschaft selbst, sondern auch auf die Politik und die Medien.

■ Das kommunikative Risiko der Politik

In der Politik werden wissenschaftliche Warnung häufig als Handlungsaufforderungen wahrgenommen. Im Fall des anthropogenen Klimawandels lässt sich sogar zeigen, dass die wissenschaftlichen Publikationen zum Teil mit expliziten Adressierungen an die Politik versehen sind. Für die Politik bedeuten wissenschaftliche Katastrophenwarnungen riskante Entscheidungsoptionen. Sowohl ein zu frühes Reagieren als auch ein langes Ignorieren könnten sich als falsch und damit gleichermaßen riskant erweisen. Die Politik sieht sich also vor das Dilemma gestellt, entweder durch Nichthandeln in kurzer Zeit Legitimationsverlust zu erleiden oder diesen durch überzogene Selbstverpflichtungen auf einen fernerer Tag zu verschieben. In jedem Fall ist sie vom Risiko des Legitimationsverlusts bedroht.

Auch im politischen Diskurs hatte die Katastrophenwarnung der DPG (1986) eine auslösende Wirkung. Nachdem das Problem bis dahin nur vereinzelt diskutiert worden war, veränderte sich die Landschaft der politischen Entscheidungs- und Beratungsgremien rasant. Bereits im Jahr 1987 wurde die erste Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ einberufen. In den Folgejahren intensivierte sich die politische Aktivität nochmals durch die Gründung des Klimabeirats (1988), die Kabinettsbeschlüsse zur CO₂-Minderung (1990 und 1991), die Einsetzung einer zweiten Enquete-Kommission (1990), die Unterzeichnung der Klimarahmenkonvention (1992) und regelmäßige internationale „Klimagipfel“. Da die Wissenschaft der zentrale Referenzpunkt für die politische Bearbeitung des Problems darstellt, wurden ebenso eine Reihe von großen Forschungsinstituten gegründet und mit hohen Fördermitteln versehen. Begründet wurde das politische Engagement mit der Dringlichkeit des Problems. Zwei Beispiele illustrieren das:

„Wir haben – ich sagte es schon – wahrscheinlich nicht mehr viel Zeit zum Gegensteuern. Was ist also zu tun? Wenn die Menschheit einen Klimakollaps vermeiden will, muss sofort gehandelt werden, denn die nächsten Jahre entscheiden darüber, ob die Erde

im dritten Jahrtausend noch bewohnbar bleibt.“
(Dr. Hartenstein, SPD, 22.9.88)

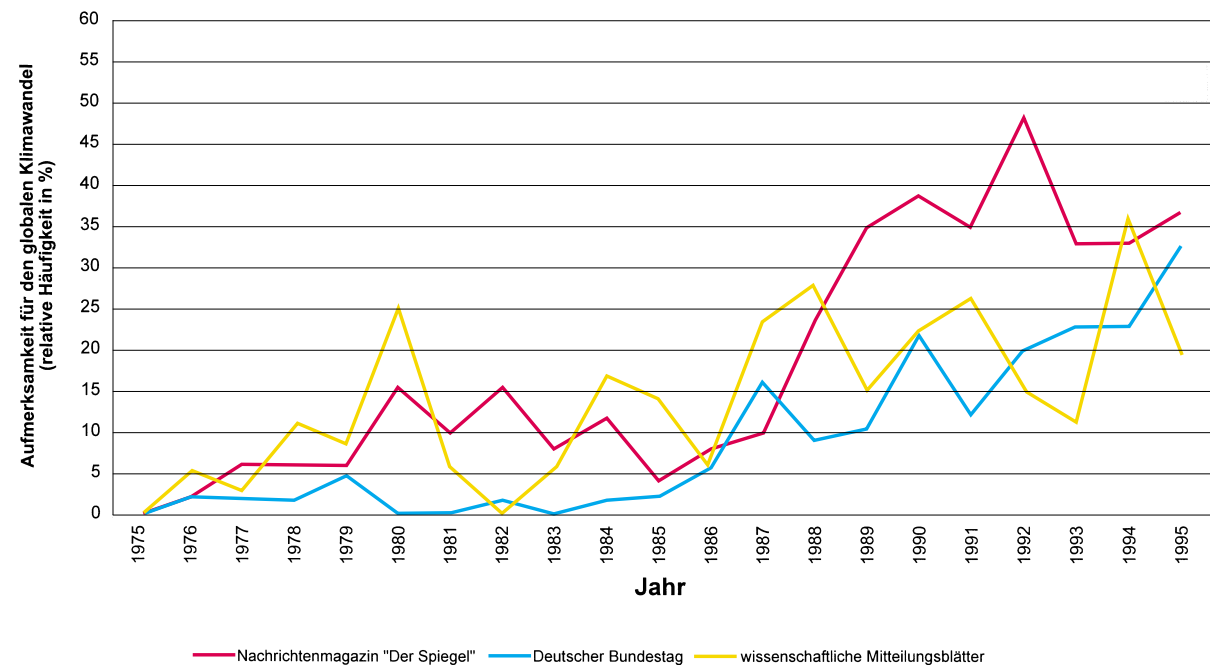
„Die Arbeiten der Enquete-Kommission haben bestätigt, dass der wissenschaftliche Sachverstand zum Thema Klimaproblematik, zur Treibhauskatastrophe so gesichert ist, dass deutlich wird, dass dringender Handlungsbedarf besteht und weiterer Aufschub nicht möglich ist.“ (Lippold, CDU/CSU, 20.1.95)

Eine spezifische Bedrohung entsteht für die Politik, wenn sich herausstellen sollte, dass die frühen wissenschaftlichen Warnungen tatsächlich übertrieben

stehen sie in erster Linie als Übersetzer der Kommunikationen. Diese Sichtweise ignoriert jedoch, dass die Medien eigenen Produktionsbedingungen und -strukturen unterliegen, die sich primär an wirtschaftlichen Interessen ausrichten und nicht an einer detailgenauen Abbildung der Informationen. Sie müssen die Aufmerksamkeit des Publikums für ihre angebotenen Themen erringen bzw. erhalten. Gelingt ihnen dies nicht, entsteht für die Medien ebenfalls ein Risiko. Sie sind in diesem Fall ganz unmittelbar vom Verlust ihrer Marktchancen bedroht.

Die Medien reagierten in spezifischer Weise. Sie griffen die in der Wissenschaft geborene Metapher

Globaler Klimawandel in Wissenschaft, Politik und Massenmedien



waren. Indem die Politik den anthropogenen Klimawandel auf ihre Agenda gesetzt und den wissenschaftlichen Warnungen geglaubt hat, hat sie ihre eigene Legitimität in die Waagschale geworfen. Werden die wissenschaftlichen Warnungen zurückgenommen, ist die Legitimation der Politik im Ganzen und auch die der einzelnen Politiker in besonderer Weise gefährdet. Das kommunikative Risiko der Politik besteht mithin in dem Verlust der Legitimation.

■ Das kommunikative Risiko der Medien

Den Medien kommt in diesem Arrangement eine besondere Rolle zu. Sie kommunizieren die Inhalte aus Wissenschaft und Politik an die Öffentlichkeit. Sowohl die Wissenschaft als auch die Politik ver-

von der „Klimakatastrophe“ auf und machten sie gleichermaßen zum Orientierungs- und Bezugspunkt ihrer Kommunikation. In den großen deutschen Print-Medien liegen die Berichterstattungen zur Klimakatastrophe seit Mitte der 1980er Jahre auf quantitativ ungewöhnlich hohem Niveau. Die noch immer vorhandenen wissenschaftlichen Ungewissheiten in der Erforschung des anthropogenen Klimawandels wurden von den Medien nahezu vollständig ausgeblendet. Das markanteste Merkmal des Mediendiskurses ist vielmehr eine Transformation des hypothetischen Charakters wissenschaftlicher Prognosen und damit der Unsicherheit des Wissens in Gewissheiten.

„Die Erde wird wärmer. Nach heutigem Wissen könnte die Menschheit bestenfalls den Wandel ver-

langsamen und damit noch etwas Zeit gewinnen.“
(SZ, 30./31.7.1988)

„Deutliche Signale für die kommende Klima-
katastrophe gibt es schon in Fülle.“ (Der Spiegel
29/1989)

Durch die Beibehaltung der metaphorischen Kon-
struktion „Klimakatastrophe“ gelingt es den Medien,
einerseits die öffentliche Aufmerksamkeit und ande-
rerseits den Druck für die Politik zu erhöhen. Darin
zeigt sich aber auch das gefährdende Potential der
medialen Berichterstattung. Indem die Wissenschaft
ihre eigenen Katastrophenwarnungen zunehmend in
Frage stellt, geraten auch die Katastrophendiskurse
der Medien an ihre Grenzen und gefährden die
Glaubwürdigkeit der Berichterstattung. Vieles spricht
dafür, dass die Entwicklung von immer mehr und
immer konkreteren Untergangsszenarien in die
Gefahr eines Verlusts der Glaubwürdigkeit und damit
der Marktchancen führt. In den Medien werden
zunehmend Skepsis gegenüber den eigenen ursprüng-
lichen Dramatisierungen geäußert. Damit erreicht die
Dynamik des Mediendiskurses möglicherweise eine
neue, interessante Ebene: Neu und aufmerksamkeits-
relevant ist nunmehr die Gegenposition zu der vor-
herigen, die Skepsis gegenüber der These von der
Klimakatastrophe. Setzt sich dieses Muster in den
Medien durch, wäre die Wissenschaft wieder auf die
Situation zurückgeworfen, in der ihren möglicher-
weise gerechtfertigten Warnungen keine Aufmerk-
samkeit geschenkt würde, und der Politik fehlte die
öffentliche Unterstützung für die erforderlichen aber
unpopulären Maßnahmen des Klimaschutzes.

Die Klimakatastrophe in SPIEGEL-Überschriften

9/1979	Tod im Treibhaus
11/1980	In 50 Jahren vorbei
21/1981	Auf dem Weg in die Katastrophe
13/1982–16/1982	Die Erde wird ein öder Stern (I–IV)
10/1983	Die Dürre wird kommen
24/1983	Die Bombe
4/1986	Tod im Treibhaus
33/1986	Die Klimakatastrophe
23/1988	Friedhof Natur – Zeichen einer todkranken Natur
32/1988	Langsam versandet die Erde
43/1988	Es geht darum unsere Haut zu retten
45/1988	Die Zeit läuft uns davon
14/1989	Gefährlicher Wärmemacher
23/1989	Es wird alles noch schlimmer kommen
29/1989	Wer rettet die Erde? Der geschundene Planet
34/1989	Fünf vor zwölf
10/1990	Der Globus ist angenagt
21/1990	14 Milliarden Menschen
48/1990–50/1990	Wir haben alles verloren (I–III)
3/1991	Es wäre die Hölle los
10/1991	Licht für Jahre gelöscht
12/1991	Wie hundert Vulkane
18/1991	Es gibt nur einen Himmel
23/1991	Warten, bis wir alle gegart sind?
17/1992	Es geht ums Überleben
18/1992	Schlammster Krieg aller Zeiten
19/1992	Dürre ohne Ende
20/1992	Dem bösen Ende näher
18/1993	Klimawechsel im Eiltempo
23/1994	Mehr Opfer – größere Schäden
19/1995	Massentod im Morast
1/1996	Am Rande des Abgrunds



Petra Pansegrau M.A. (Mitte) studierte Linguistik, Lite-
raturwissenschaft und Medienpädagogik an der Univer-
sität Bielefeld. Von 1995 bis 1999 war sie Mitarbeiterin
im Projekt „Kommunikationen zum Klimawandel zwi-
schen Wissenschaft, Politik und Massenmedien“. Seit
Januar 2000 ist sie im „Forschungsverbund und Dokto-
randenprogramm: Wissenschaft, Technik und Öffent-
lichkeit“ im Institut für Wissenschafts- und Technikfor-
schung (IWT) der Universität Bielefeld tätig. Im Juli
2000 hat sie ihre Dissertation zu den Funktionen von
Metaphorik im Wissenschaftsjournalismus vorgelegt.

Prof. Dr. Peter Weingart studierte Soziologie und Ökonomie in Freiburg, Berlin und Princeton. Von 1971 bis 1974 Geschäftsführer
des Universitätsschwerpunktes Wissenschaftsforschung an der Universität Bielefeld. Seit 1973 Professor an der Fakultät für Sozio-
logie der Universität Bielefeld. Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin, 1983/84. Visiting Scholar, Harvard University, 1984/85.
1988 Mitglied des Wissenschaftlichen Direktoriums und von April 1989 bis Oktober 1994 Geschäftsführender Direktor im Zentrum
für interdisziplinäre Forschung (ZiF) der Universität Bielefeld. Seit September 1993 Vorstand am Institut für Wissenschafts- und
Technikforschung (IWT), Universität Bielefeld. Seit 1997 Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.
Herausgeber- und Redaktionsfunktionen u.a. als Managing Editor, International Yearbook Sociology of the Sciences.

Dr. Anita Engels (l.) ist in diesem Forschungsmagazin mit dem Beitrag „Globalisierung der Umweltpolitik – Klimaschutz in Afrika“
vertreten. Eine Kurzbiographie findet sich dort.

Manfred Lissel, Technikdezernat,
Abteilung Arbeits- und Umweltschutz

Katharina Drechsler, Umweltforum

In der gewerblichen Wirtschaft gehören Managementsysteme für die Bereiche Qualitätssicherung, Arbeits- und Gesundheitsschutz und Umweltschutz zum anerkannten Instrumentarium der modernen Unternehmensführung. Im Bereich der großen Bildungseinrichtungen sind Managementsysteme Thema in Forschung, Entwicklung und Lehre. Eine Anwendung in der täglichen Praxis der eigenen Bildungsstätte haben die Fachhochschulen Furtwangen und Zittau und einzelne Institute und Arbeitsgruppen in Essen und Paderborn gewagt. An Universitäten wurden erste Schritte zur Einführung eines Umweltmanagements zeitgleich in Bielefeld, Lüneburg und Paderborn gegangen: Paderborn hat für die Verwaltung, Bielefeld und Lüneburg für die gesamte Universität ein Umweltmanagementsystem nach der EG-Öko-Audit-Verordnung eingeführt. Die Universität Bielefeld ist noch einen Schritt weitergegangen und hat sich zusätzlich nach der internationalen Norm DIN EN ISO 14001 zertifizieren lassen. Bielefeld ist damit weltweit die erste und bisher einzige Universität mit einem Umweltmanagement nach diesen beiden anerkannten Normen.

Abb. 1: Umweltbezogene Schlüsseldaten der Universität Bielefeld.

Studierende	21.000	
Professoren	247	
Beschäftigte	1.796	
Gebäudefläche	384.000	m ²
Anzahl der Räume	10.869	
Energieverbrauch	89.880	MWh
Wasserverbrauch	141.553	m ³
Abfälle	1.023	t
davon		
Abfälle zur Verwertung	681	t
Abfälle zur Beseitigung	341	t
davon		
„Sonderabfälle“	20	t

■ Umweltschutz im Spannungsfeld von Anspruchsgruppen

Umweltschutz ist ein nicht mehr wegzudenkender Teil des täglichen Lebens und des Handelns von Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen und Kommunen. Die Universität Bielefeld kann, was den betrieblichen Umweltschutz angeht, als Großunternehmen oder auch als Kleinstadt betrachtet werden, denn sie ist Arbeits- und Studienplatz für mehr als 23.000 Menschen, die Energie und Wasser verbrauchen, Verkehr erzeugen und Abfälle hinterlassen (Abb. 1). Die Universität steht wie ein Großunternehmen im Spannungsfeld von Anspruchsgruppen: Staat, Studierende, Personal, Kapitalgeber (Ministerium), Drittmittelgeber („Kunden“), Presse, Öffentlichkeit und Anwohner. Das Verhalten in einzelnen Anspruchsgruppen ist zudem oftmals zwiespältig: so wird einerseits ein überzogener Umweltschutz gefor-

dert und andererseits die bundesweit vorbildliche Abfallwirtschaft nicht konsequent genutzt. Im Spannungsfeld der Anspruchsgruppen ist der Spielraum der Universität stark eingeengt. Diesen Spielraum zu vergrößern und trotz der komplexen Aufgaben und schwierigen Rahmenbedingungen die Universität möglichst nahe am maximal machbaren Umweltschutz zu positionieren, ist ein Ziel des Umweltmanagements.

■ Umweltschutz in der Unternehmensführung

Das Umweltmanagement ist der Teil der Unternehmensführung, der das umweltorientierte Handeln bestimmt, die dazu notwendigen Abläufe und Verfahren einführt und die interne Umsetzungskontrolle regelt. Voraussetzung für ein professionelles Umweltmanagement ist eine Kenntnis der umweltrelevanten Aspekte des Unternehmens. Um diese Aspekte zu ermitteln, zu systematisieren und vor allem zu dokumentieren, wurde an der Universität ein nach EG-Öko-Audit-Verordnung und nach DIN EN ISO 14001 normiertes Öko-Audit durchgeführt. Mit diesem Instrument ist die Universität in der Lage, ihre umfassende Umweltkompetenz offiziell und durch Gutachten bestätigt nachzuweisen. Wir haben dieses Instrument auf freiwilliger Basis eingesetzt und übernehmen damit mehr Eigenverantwortung bei der Verbesserung unseres Umweltschutzes und der Reduzierung unserer Umweltbelastungen.

■ Öko-Audit an der Universität

Nach der Bildung der Projektgruppe „Öko-Audit“ 1999 wurde unter Beteiligung der Bielefelder Unternehmensberatung Haemisch und Partner der Ist-Zustand des betrieblichen Umweltschutzes analysiert. Zum ersten Mal wurden alle für die Umweltsituation der Universität relevanten technischen Ausstattungen, Informationswege, Verantwortungsstrukturen und die Rechtskonformität der Abläufe und Verfahren systematisch erfasst. Auf der Grundlage des so entstandenen Berichts konnte die Projektgruppe die bedeutsamen Umweltauswirkungen identifizieren und Ziele und Programme zur kontinuierlichen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes erarbeiten. Im Mittelpunkt der Bemühungen steht dabei die differenzierte Datenerfassung insbesondere zum Energieverbrauch, die Kommunikation mit den Nutzern der Universität, der Austausch von Geräten und Anlagen mit zu hohem Energie- oder Wasserverbrauch, eine Lieferantenbewertung und die ökologische Optimierung des Umgangs mit Gefahrstoffen und der Verwertung von Altgeräten.

Gleichzeitig erarbeitete die Projektgruppe die Umweltleitlinien, in denen die Grundsätze beschrieben sind, an denen sich die Universität im Umweltschutz orientiert. Die Leitlinien bilden zusammen mit den gesetzlichen und anderen Vorgaben die Maßgabe für alle Umweltschutzaktivitäten an der Universität.

■ Umweltmanagementsystem und Umwelt-erklärung

Damit die Umweltleitlinien keine reine „Absichtserklärung“ bleiben, ist ein Umweltmanagementsystem eingeführt worden. Zum Kern des Systems gehören ein Handbuch, Verfahrensanweisungen und Regelungen, in denen die umweltrelevanten Abläufe, Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten beschrieben und festgelegt sind. Zur ständigen Überprüfung, Weiterentwicklung und Anpassung bei veränderten Anforderungen von innen und außen wurde ein Umweltmanagement-Team eingesetzt. Weitere Aufgaben dieses Teams sind die Erarbeitung neuer Umweltprogramme und die Koordination der internen Umweltbetriebsprüfungen. Mit den Betriebsprüfungen, auch interne Audits genannt, soll die Funktionsfähigkeit des Umweltmanagements und die Umsetzung der Programme überprüft werden.

Ein wichtiger Baustein für die Teilnahme der Universität an dem Öko-Audit-System der Europäischen Union ist die Bereitstellung von Informationen über den betrieblichen Umweltschutz für die Öffentlichkeit durch die Erstellung einer Umwelterklärung.

■ Zertifizierung und Validierung

Das im Dezember 1999 eingeführte Umweltmanagementsystem wurde nach einer dreimonatigen Testphase durch das international renommierte Gutachterbüro Lloyd's Register Quality Assurance nach der EG-Öko-Audit-Verordnung geprüft und nach DIN EN ISO 14001 zertifiziert.

Der Gutachter prüft insbesondere, ob die Umweltleitlinien, die Umweltprüfung, die Ermittlung der Umweltauswirkungen, die Umweltprogramme und das Umweltmanagementsystem den Normen entsprechen und die Daten und Informationen in der Umwelterklärung verlässlich sind. Alle bereits überprüften Bereiche – die Universitätsleitung, die Technische Betriebsverwaltung und einige Institute – haben die Prüfung mit hervorragendem Ergebnis bestanden. Lloyds hat das Zertifikat nach DIN EN ISO 14001 im März 2000 und die Gültigkeitserklärung nach der EG-Öko-Audit-Verordnung im April 2000 erteilt. Nach der Registrierung bei der Industrie- und Han-



Abb. 2: Qualitätssiegel nach DIN EN ISO 14001 und nach EG-Öko-Audit-Verordnung.

delskammer ist das Verfahren abgeschlossen. Die Universität Bielefeld ist die erste Universität, die beide Qualitätssiegel einsetzen darf (Abb. 2). Sie verspricht sich einen Imagegewinn durch das Umwelt-Audit und damit auch einen Vorteil beim Wettbewerb der Universitäten um Studierende und Forschungsmittel.

■ Ausblick

Die Bemühungen der Universität Bielefeld im Bereich des Umweltschutzes enden nicht mit der Auditierung. Das eingeführte System muss sich in den kommenden Jahren bewähren, es muss gelebt und weiterentwickelt werden. Eine wichtige Aufgabe hierbei hat das Umwelt-Forum der Universität, das die umweltrelevanten Aktivitäten der Universität in Forschung, Lehre und Betrieb vernetzen und die Detailarbeit bei den internen Audits leisten soll.

Das Öko-Audit-Verfahren der EU legt uns auf, dass wir fortan in regelmäßigen Abständen in Umwelterklärungen über unsere Ziele, Erfolge und Misserfolge öffentlich berichten. Eine solche Transparenz trägt zu dem übergeordneten Ziel einer umweltgerechten Modernisierung unserer Gesellschaft bei.

Dr. Manfred Lissel studierte an der Technischen Universität Berlin Chemie und Chemie-Technik und promovierte 1977 mit einer Arbeit aus dem Bereich der synthetischen organischen Chemie. Nach Berufstätigkeit im Bundesgesundheitsamt und in der pharmazeutischen Industrie kam er 1979 an die Universität Bielefeld. Bis 1991 war er in der Fakultät für Chemie und auch als Gastwissenschaftler an der Technischen Universität Warschau und der Hebräischen Universität Jerusalem tätig. Zu seinen Forschungsgebieten gehörte die „Entgiftung von chemischen Prozessen und Produkten“ und „Reaktionen des Sauerstoffradikal-anions mit biologisch wichtigen Substanzen“. Seit 1991 leitet er die Abteilung Arbeits- und Umweltschutz in der Bielefelder Universitätsverwaltung



Katharina Drechsler absolvierte zunächst eine Ausbildung zur Chemielaborantin und war danach als selbstständige Kauffrau und in der pharmazeutischen Industrie tätig. Seit 1993 ist sie in der Abteilung Arbeits- und Umweltschutz verantwortlich für die Abfallwirtschaft der Universität Bielefeld. Seit 1999 studiert sie Umweltwissenschaften in Bielefeld und leitet seit Juni 2000 das „Umweltforum“ der Universität.

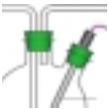


Friedmar Apel

Landscape and Wholeness

Ideological Connotations of the Landscape Concept in German Thought

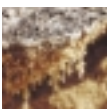
In ecology discussions in Germany terms are frequently used such as "Ganzheit" (wholeness) or "Ganzheitlichkeit" (entireness), which are loaded with suggestive connotations ranging from healing and holiness to unalienated and non-fragmentary thinking claiming superior truth. Critical investigation of German landscape-conceptions in philosophy and literature since the 18th century, however, shows that these terms are historically and politically discredited. Theodor W. Adorno consistently exposes the contradiction between the notions of the whole and the truth.



Rüdiger Blume

Environmental Technologies – Developing Model Experiments for Students

"There is much talk about problems of the environment among pedagogues and politicians. In everyday classroom practice, the issue, however, is hardly present." This sad result documented by studies is mainly due to the fact that there has hitherto been only a scant supply in simple and at the same time comprehensive teaching materials with reference to environmental instruction for experimentally oriented teaching of the natural sciences. To mend this state of affairs is a task for educators in the natural sciences. This is why the work group for the didactics of chemistry at Bielefeld University is developing a program containing a large number of model experiments for the entire field of environmental chemistry accessible to experimentation. This program is intended to contribute towards establishing a basis for developing teaching units for chemistry and biology, as well as for higher education in environmental science.



S.-W. Breckle, M. Veste, W. Wucherer

Desert Ecology – Knowledge to Combat Desertification

About 40 percent of the earth are arid areas. Research in desert ecosystems enhances understanding of the basic ecosystem processes with an intention of halting desertification. Inappropriate land-use, overgrazing and deforestation have led to erosion, sand shifting, salinization of irrigated fields and thus to a severe loss of biological productivity and biodiversity. Such land degradation initializes and accelerates desertification.

Severe socio-economic crisis is the inevitable outcome. The "Aral Sea disaster" is a case in point for the impact wasteful water use has on desert ecosystems. Natural processes in desert ecosystems are being investigated in the Aral Sea region and in the sand dunes of the Negev desert within international and interdisciplinary research projects. The contribution discusses possible applications to combat desertification.

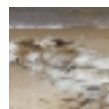


Jürgen Büschenfeld

Chemistry in Agriculture

An Environmental History of Pesticide Use in Germany since 1945

The use of pesticides and the question of how modern chemical plant protection becomes significant mark the most important aspects of the project "Agriculture and Environment in Germany 1945–1995", which is supported by the Volkswagen-Foundation. While various studies in environmental history are concentrated on "medial" effects to water, air or soil, the project will be directed to an ecological overall result in case of pesticide use. Not only problems in water- and soil protection or atmospheric pollution, but also the restriction of the variety of species, the evolving of pesticide-resistant insects and aspects of men's health are important parts of the current historical analysis. Therefore the project is concerned with various lobbies and pressure groups in industry, agriculture, health service and nature conservancy, with research centers, institutes and their fields of research. Furthermore, even governmental institutions and administrative bodies are coming into focus. Collective actors, institutions and their connections with each other might be described as an agricultural policy network. In view of sociology, this network constitutes a "policy-arena" around pesticides. Different awarenesses of different actors lead to various definitions of the problems, arising from pesticide use in agriculture. Conflicts and negotiation processes, finally, lead to concrete political action. New scientific results, new orientations in culture and society challenge political action and the process of policy making begins anew.



Anita Engels

Globalization of Environmental Policy – Climate Protection in Africa

Sociological Research into how Society in Senegal Tries to Cope with Global Climate Change

Global climate change has become one of the most prominent environmental problems calling for international agreements and worldwide cooperation. However, efforts to promote the globalization of environmental policies often meet with resistance from developing countries which put their local resource

problems and developmental goals first. This article briefly introduces the main results of a dissertation project that analyzed the emergence of a national climate change policy in Senegal (West Africa). The project identified the mechanisms driving this case of globalization of an environmental policy, and, secondly, looked at its broader societal implications. The appropriateness of global (often Western) concepts for the solution of global environmental problems proved to be questionable in the light of local environmental and developmental priorities.



Joachim Frohn

Assessment of the Effects of Environmental Policy Measures by Econometric Models

The effectiveness of environmental policies depends not only on the degree of realization of the intended objectives, but also on the „costs“ of these measures. These „costs“ include much more than just the resources necessary to finance them: The net-effects of these policies in all parts of the interrelated economic, environmental and technological system of the society must be taken into account as well. As this system is one of high complexity, dimension and interdependence, this task requires a powerful analytical instrument. In this respect, disaggregated econometric models have proved very useful. In the project described in this paper, two alternative models of this type are re-specified to integrate land use, water and air pollution and natural resources. They are used for simulation experiments incorporating various environmental policies, the intention being to introduce

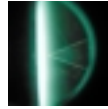


Matthias Groß

Designing Nature

'Ecological Restoration' by Practical Experiments

Ecological restoration reverses the traditional approach to protect nature and represents a step beyond the fatalism implicit in much of recent mainstream environmentalism. Restoration activists are not content just to put fences around preserves regarded as remnants of „real“ nature. For these new environmentalists, the idea of conserving and preserving nature is as outdated as the struggle against nature that led to pillage and exploitation of nature. Restorationists go beyond this to rebuild soil, establish hydrologies and reintroduce species in an active attempt to create ecosystems. The restoration of ecosystems is not solely based on hard scientific facts, but also on so called lay knowledge. A distinctive feature of its performance is that it is experimental and based on 'learning by doing'.



B. Atakan, H. Böhm, K. Kohse-Höinghaus

The Formation of Combustion-Generated Pollutants:

Concepts for the Reduction of Toxic Substances Need Chemical Intuition

Combustion is and continues to be the most frequently employed method of energy conversion. Potentially harmful or toxic emissions from combustion processes pose environmental and health problems, and increasingly strict regulations are therefore conceived. While catalytic converters and filters are being used for cleaning combustion effluents, a more elegant way to reduce pollutants would be an appropriate design of the combustion process itself. Since combustion involves extraordinarily complex chemical reaction networks, especially when considering the pressing problem of (potentially cancerogenic) polycyclic aromatic hydrocarbon and soot formation, a more detailed understanding of the reaction pathways is necessary. In this contribution, the influence of the chemical structure of fuel molecules on the formation of aromatic ring structures as important soot precursors is studied from both experiment and numerical simulation. It is expected that in near future, computer optimization – based on well-designed experiments – will develop into a routine design tool for practical combustion systems, also with respect to the prediction of pollutant emission.



Manfred Lissel, Katharina Drechsler

Managing the Environment within Bielefeld University

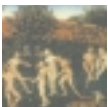
In 1999 the University of Bielefeld realized an Eco-Audit in order to estimate and evaluate the internal environmental situation in its technical and organizational branches. The Audit showed the negative environmental impacts these branches had. Programmes for improving the environmental situation were introduced. To implement a continuous process, an Environmental Management System (Eco-Management) was established, and an Eco-Team was appointed. This team's job is to establish the system, to keep it running, and to perfect it when needed. The Environmental Management System is applicable to teaching and research in all the faculties of the University of Bielefeld as well as in central infrastructure institutions. The system was approved by Lloyd's Register Quality Assurance to DIN EN ISO 14001 and EC Eco-Management and Audit Scheme Regulation. The University of Bielefeld is the first university worldwide to fulfil both these standards.



Gertrude Lübbecke-Wolff

Is Environmental Law too Technically Oriented?

In recent debates concerning licensing procedures, the alleged tendency of German environmental law and/or German environmental authorities to control technical details has been held mainly responsible for the fact that licensing procedures take more time than would be desirable in view of international competition for investments. German environmental law is generally understood to be extremely technical, i.e. to make detailed technical prescriptions (specification standards) rather than confining itself to performance standards (emission limit values). Accordingly, it has been suggested that in order to increase efficiency, licensing procedures in German environmental law should be reformed in such a way as to direct authorities to control performance only and prevent them from controlling technicalities. The present investigation shows that general criticism of the German regulatory system on account of excessive, inefficient technicity is unwarranted. An analysis of existing German legislation and administrative practice shows that plant operators usually remain free in matters of technical equipment. Specification standards occur only in areas where they could not reasonably be replaced by emission limit values, and it is only in exceptional cases and for good reasons that authorities will interfere with technical choices made by operators. According to assessments by environmental authority officials in Northrhine-Westphalia and Mecklenburg-Vorpommern, the amount of technical control exercised by authorities is not a prominent retarding factor in licensing procedures.



Joachim Radkau

Experiences and Meditations Upon Writing a Universal History of the Environment

Whoever writes a universal history today, venturing moreover onto scientific new ground like environmental history, runs the risk of being suspected of megalomania. Such an undertaking can only be justified by the fact that it will contribute to providing new impulses for field research which draws directly from the sources. This was indeed one of the major objectives of my own "Universal History of the Environment". It would seem that specialized research into environmental history requires new and wider horizons to assure that its findings acquire significance and become integrated into larger historical processes. What is most acutely absent in present environmental history research is the connection, the larger context. From a world wide and interdisciplinary view, there is a truly

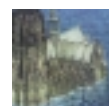
overwhelming plenitude of research approaches in environmental history, but these are spread across various disciplines and subdisciplines, countries and regions, and they are for the most part ignorant of one another. There is, however, reason to expect that an implosion joining this multitude of research approaches will be able to set off some significant chain reaction.



Roland Sossinka

High Voltage Power Lines in Open Country – More than a Landscaping Problem for Birds

In most Central European landscapes, birds nowadays encounter a lot of man-made factors which are directly or indirectly disadvantageous. To many free living birds high-voltage powerlines involve a mortality risk either by electrocution (especially in large birds) or by collision (mainly in migrating birds). The effect of powerlines was unknown on grazing birds, e.g. geese, which visit the grasslands in the Lower-Rhine-Area in high numbers. As these areas are partly sanctuaries, a possible influence was studied by different methods, among others by long-term counting on pastures near to or far from powerlines and by registering their behaviour. The data clearly indicate that wild geese avoid the vicinity of powerlines; most individuals hardly graze in a corridor of about 100 m width. This means powerlines reduce the winter-habitat of converted wild geese. Thus no new powerlines should be constructed in sanctuaries. Existing powerlines should be into subterranean-lines.



P. Pansegrau, A. Engels, P. Weingart

Climate Change Communication Between Science, Politics, and Mass Media

Communicating the risks of global environmental threats is risky in its own right. This project analyzed the systematic differences in the way global climate change was communicated in the three spheres of science, politics, and the mass media. The article summarizes the results of a discourse analysis covering the period from 1975 to 1995, during which global climate change was established as a legitimate field for political action in Germany. Scientific whistle blowing, the sensationalism of the mass media, and a more actively supportive political process have helped to institutionalize climate change research and climate change policy in Germany. But these forces also generated communicative risks, particularly the possibility of losing scientific credibility, political legitimacy, and the attention and interest of the public.

■ Abbildungen

Titelbild: Fotomontage nach Philipp Hackert, Ideallandschaft (1794), Norma Langohr * Abbildungen S. 7-11: Foto und Grafiken Atakan, Böhm, Kohse-Höinghaus * Abbildung S. 12: Karte Breckle, Veste, Wucherer * Abbildungen S. 13: Fotos Maik Veste * Abbildungen S. 14, 15: Fotos Walter Wucherer * Abbildung S. 19: Foto Roland Sossinka * Abbildung S. 20: Foto Hauke Ballasus * Abbildung S. 21: Grafik Roland Sossinka * Abbildung S. 23: Müllverbrennungsanlage Bielefeld-Heepen, aus: Müllverbrennungsanlage Bielefeld-Herford GmbH (Hg.), Abfall, Energie, Umwelt, Bielefeld 1997 * Abbildungen S. 24, 25 und 26: Quelle der Schaubilder: Schulbücher des Cornelsen Verlags; Fotos Rüdiger Blume * Abbildungen S. 27, 28: „Potasan gegen Kartoffelkäfer“ und „Auch für den kleinsten Garten“ aus: Wiese, Rolf (Hg.), Im Märzen der Bauer. Landwirtschaft im Wandel, Hamburg 1993 * Abbildung S. 29: „Hubschrauber“ und „Feldspritze“ aus: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hg.), Deutschland im Wiederaufbau. Tätigkeitsbericht der Bundesregierung für das Jahr 1957, Bonn 1957 * Abbildung S. 31: „Abgasmessung an einem Industriekamin“, Foto TÜV Süddeutschland, aus: Mensch und Umwelt. Ein Magazin des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit, 14. Ausgabe, 2000 * Abbildung S. 35: Karikatur „Müllkraftwerk“ von Erik Liebermann, aus: A Common Cause – Our Environment / Unsere Umwelt – Eine gemeinsame Sache. Cartoons from Britain and Germany / Karikaturen aus Großbritannien und Deutschland, Presseabteilung der Botschaft der Bundesrepublik Deutschland, London o.J. * Abbildung S. 39: „Verkehrsstau“, Quelle: BMW AG 8/2000 * Abbildung S. 40: Karikatur von Klaus Vonderwerth, aus: A Common Cause – Our Environment / Unsere Umwelt – Eine gemeinsame Sache. Cartoons from Britain and Germany / Karikaturen aus Großbritannien und Deutschland, Presseabteilung der Botschaft der Bundesrepublik Deutschland, London o.J. * Abbildungen S. 42/43: „Erdrutsch in Nepal“ aus: Christian Kuchli, Wälder der Hoffnung, Zürich: Verlag Neue Zürcher Zeitung 1997 * Abbildung S. 44: „Der göttliche Landmann“ aus: Europa und die Kaiser von China. Eine Ausstellung der Berliner Festspiele, Frankfurt a. M.: Insel Verlag 1985 * Abbildung S. 45 oben: Coalbrookdale by Night, Ölgemälde von Philip James de Loutherbourg (1801), Science Museum, London * Abbildung S. 45 unten: „Heidelandschaft“ aus: Frank Gnoth-Austen/Rudolf Specht, Müritz-Nationalpark, Werl: Vebu-Verlag 1995 * Abbildungen S. 46: „Venedig“ aus: L'Ambiente nella storia d'Italia, Venezia: Cataloghi Marsilio 1989 * Abbildung S. 48: „Sylvicultura oeconomica“ aus: Joachim Radkau/Ingrid Schäfer, Holz. Ein Naturstoff in der Technikgeschichte, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag 1987 * Abbildung S. 49: Lucas Cranach der Ältere, Das Goldene Zeitalter (um 1530), Alte Pinakothek, München * Abbildung S. 50: Caspar David Friedrich, Der Chasseur im Walde (1813/14), Privatbesitz * Abbildung S. 51: Claude Lorrain, Der Abend (1663), Ermitage, St. Petersburg * Abbildung S. 52: Philipp Hackert, Ideallandschaft (1794), Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg * Abbildung S. 54: Foto Tom Riles * Abbildung S. 55: Foto Wolfgang Hoffmann * Abbildung S. 56: Foto Sharon Farrell * Abbildungen S. 58, 59 und 60: Fotos Anita Engels * Abbildung S. 62: Spiegel-Titel „Die Klima-Katastrophe“, Der Spiegel, Nr. 33, 40. Jg. (11. August 1986) * Autorenporträts: Norma Langohr

■ Impressum



Herausgeber: Universität Bielefeld, Informations- und Pressestelle * Redaktion: Dr. Gerhard Trott (verantwortlich), Martin Löning M.A. * Übersetzungen: Günter Seib, Dr. Ruth Fleischmann * Satz und Gestaltung: Thomas P. Kiper, Viktoriastr. 44a, 33602 Bielefeld * Druck: tvdruck GmbH, Hollensiek 49, 33619 Bielefeld * Anzeigenverwaltung: VMK Verlag für Marketing und Kommunikation GmbH, Hafenstr. 99, 67547 Worms, Tel. 06241/9045-0, Fax 06241/25808, Email: VMK-GMBH@t-online.de * Erscheinungsweise: zweimal jährlich * Auflage: 4000 * Anschrift von Redaktion und Vertrieb: Informations- und Pressestelle der Universität Bielefeld, Postfach 10 01 31, 33501 Bielefeld, Tel. 0521/106-4146, Fax 0521/106-2964 * Internet: <http://uni-bielefeld.de/presse/fomag/index.htm>

Das Magazin »Forschung an der Universität Bielefeld« kann für 10,- DM pro Jahr abonniert werden * Einzelverkauf in Bielefelder Buchhandlungen * Die Mitglieder der Westfälisch-Lippischen Universitätsgesellschaft erhalten das Magazin kostenlos * Der ungekürzte Nachdruck von Beiträgen ist unter Nennung des Autors und der Quelle frei * Wir bitten um Belegexemplare.

■ ISSN 0937-2873