



Europäische Akademie

zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor:
Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann

Zukünftige Klimaänderungen als Herausforderung für die deutsche Wirtschaft

von

C. F. Gethmann, S. Lingner (Hrsg.)

Juli 2003



Europäische Akademie

zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor:
Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann

Zukünftige Klimaänderungen als Herausforderung für die deutsche Wirtschaft

von

C. F. Gethmann, S. Lingner (Hrsg.)

Juli 2003

Die Schriften der „Grauen Reihe“ umfassen aktuelle Materialien und Dokumentationen, die von den Wissenschaftlern der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH laufend erarbeitet werden. Die Publikationen der „Grauen Reihe“ werden als Manuskripte gedruckt und erscheinen in loser Folge im Selbstverlag der Europäischen Akademie. Sie können über die Europäische Akademie auf schriftliche Anfrage hin bezogen werden.

Publisher:



Europäische Akademie

zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Wilhelmstraße 56, D-53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

Telefon: ++49 - (0)2641 - 973 - 300, Telefax - 320

e-mail: europaeische.akademie@dlr.de

Director:

Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann (V.i.S.d.P.)

ISSN 1435-487 X

Editing:

Dipl.-Päd. Sevim Kiliç

Print:

Warlich Druck Ahrweiler GmbH, Bad Neuenahr-Ahrweiler

Vorwort

Bisherige Erkenntnisse der Klimaforschung und die darauf beruhenden Zukunftsprojektionen hinsichtlich des Klimawandels sowie seiner Wirkungen auf Mensch und Umwelt haben zur Formulierung internationaler Reduktionsverpflichtungen der Emission klimawirksamer Gase geführt. Mit der am 2. Juli 2003 erfolgten Zustimmung des EU-Parlaments zum Emissionshandel steht den Akteuren ab 2005 ein breites Spektrum von flexiblen Handlungsoptionen zur Verfügung.

Unabhängig von weiteren Forschungsergebnissen, der kontroversen Einschätzung weltweiter Klimarisiken und den daraus gezogenen Schlüssen für die internationalen klimapolitischen Rahmensetzungen, werden für die Akteure der Wirtschaft übernommene und zu erwartende Reduktionsverpflichtungen zu Randbedingungen ihres zukünftigen ökonomischen Handelns. Dabei sind die Verpflichtungen und die Möglichkeiten zu ihrer Erfüllung differenziert zu betrachten: Entsprechende Konsequenzen und Optionen sind auf der nationalen, sektoralen und betrieblichen Ebene ganz unterschiedlich zu beurteilen.

Die wissenschaftlichen Grundlagenfragen eines angemessenen Klima- und Umwelthandelns waren Thema von zwei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten interdisziplinären Forschungsvorhaben der Europäischen Akademie „Klimavorhersage und Klimavorsorge“ (Schröder et al. 2002) und „Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich“ (Steger et al. 2002).

Ein an diese Projekte anschließendes Fachgespräch „Klimaänderungen als Herausforderung für die deutsche Wirtschaft“ am 24. Februar 2003 in Bad Neuenahr-Ahrweiler hatte die Aufgabe, Anhaltspunkte für Konkretisierungen dieser und verwandter Studien für Handlungsoptionen von Wirtschaftsunternehmen zu formulieren. Der vorliegende Band gibt die Ergebnisse des Fachgesprächs wieder, die damit der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Das Fachgespräch wurde von der Europäischen Akademie organisiert und zusammen mit Vertretern des BMBF (Ministerialrat Dr. Binder; Dr. Katenkamp) vorbereitet. Ihnen sowie den anderen Teilnehmern des Fachge-

sprächs sei an dieser Stelle für ihre Beiträge gedankt. Die vollständige Liste der am Fachgespräch Beteiligten findet sich am Ende dieses Bandes.

Bad Neuenahr-Ahrweiler, im Juli 2003

Carl Friedrich Gethmann

Stephan Lingner

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung

Neue Akzente in der künftigen Förderung von Klimaforschung und Klimaschutz durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	7
<i>Norbert Binder</i>	

Ausgangspunkte

Klima, Ökonomie und Innovation	17
<i>Gernot Klepper</i>	
Treibhausgasemissionen im Spiegelbild aktueller Statistiken . . .	24
<i>Gerhard Voss</i>	
Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich . . .	31
<i>Gerd Hanekamp</i>	
Chemische Industrie und Klimaschutz	42
<i>Jörg Rothermel</i>	
Reduzierung der transportbedingten CO ₂ -Emissionen im Bereich Transport und Verkehr	50
<i>Peer Seipold</i>	
Potentiale im Finanzdienstleistungsbereich	55
<i>Michael Rumberg</i>	

Schluss

Perspektiven für das Innovationsklima und das Klimahandeln der deutschen Wirtschaft. Ein vorläufiges Fazit	60
<i>Stephan Lingner</i>	

Autorenverzeichnis	69
-------------------------------------	-----------

Neue Akzente in der künftigen Förderung von Klimaforschung und Klimaschutz durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Norbert Binder

Das BMBF hat zu Beginn der jetzigen Legislaturperiode neue Akzente in der Förderung von Forschungsprojekten zur Klimaproblematik gesetzt. Während sich die institutionell geförderte Forschung, z. B. in den Großforschungseinrichtungen oder der Max-Planck-Gesellschaft, weiterhin schwerpunktmäßig der wissenschaftlichen Klärung von Fragen des Klimasystems und seiner natürlichen und anthropogen bedingten Veränderung widmen wird, kann die Projektförderung stärker auf die Lösung praktischer Fragen und auf Maßnahmen des Klimaschutzes ausgerichtet werden. Diese Akzentverschiebung ist forschungspolitisch erwünscht, weil die Lösung der Probleme des Klimawandels eine vordringliche Aufgabe der Gesellschaft ist. Eine solche Lösung ist inzwischen näher gerückt. Denn die mehr als zwei Jahrzehnte umfassende Förderung von Klima- und Atmosphärenforschung, die in Deutschland in erster Linie durch das BMBF getragen wird, hat einen breiten Fundus an Erkenntnissen über das Klimasystem erbracht, der ausreicht, um den Schritt in die Anwendung zu vollziehen.

Tendenziell bedeutet die Rückführung des in den vergangenen Jahren hohen Anteils an Grundlagenforschung in der staatlichen Förderung zu Gunsten neuer Anwendungen und Klimaschutzmaßnahmen, sich wieder deutlicher auf die Kernaufgabe des Klima- und Ressourcenschutzes des Ministeriums als originäre staatliche Aufgabe zu besinnen. Dadurch soll auch das Gewicht der Forschungspolitik zur Lösung vordringlicher Umweltschutzaufgaben innerhalb der Global Change- und Nachhaltigkeitspolitik der Bundesregierung gestärkt werden. Die Klimaproblematik kann hierbei nur in den übergreifenden Kontext der Erarbeitung von Förderkonzepten zur Nachhaltigkeit eingebettet sein, zumal sie zunehmend auch in Wechselwirkung zu weiteren globalen Umweltproblemen, namentlich den Veränderungen des Wasserkreislaufs oder dem weltweiten Verlust an Biodiversität, d.h. der biologischen Artenvielfalt steht.

Diese neue Förderkonzeption erfordert auch eine Erweiterung des bisherigen Adressatenkreises für staatliche Fördermittel, der auf Forschungseinrichtungen der öffentlichen Hand begrenzt war. Das BMBF lädt daher Forschung und Praxis gleichermaßen, und daher namentlich auch die deutsche Wirtschaft ein, sich einmal in stärkerem Maße als bisher aktiv an den Prozessen der Themenfindung für gezielte Fördermaßnahmen zum Klimaschutz zu beteiligen, um ihren Bedarf an Orientierungs- und Gestaltungswissen wie auch ihren eigenen Forschungsbedarf zu artikulieren. Dieser kann, wie auch im öffentlichen Bereich, mit staatlichen Fördermitteln des BMBF als subsidiärer Hilfe gedeckt werden.

Um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen: Auch die klimatologische und atmosphärenwissenschaftliche Grundlagenforschung ist nach wie vor wichtig und unentbehrlich. Gibt es doch immer noch eine ganze Reihe ungelöster Fragen zu Klimasystem und Atmosphäre, zu deren Beantwortung nur die Grundlagenforschung beitragen kann. Die finanziellen Lasten für die Grundlagenforschung aber sollen auf mehrere Schultern verteilt werden, denn die Förderung der Klimaforschung ist gerade auch eine Aufgabe für andere forschungsfördernde Institutionen wie z. B. die Deutsche Forschungsgemeinschaft oder die Stiftungen. Der finanzielle Beitrag, den das BMBF für die Grundlagenforschung in der Forschungslandschaft in Deutschland zu leisten hat, wird sich in Zukunft deshalb hauptsächlich auf die institutionelle Förderung in HGF¹, MPG² und BLE³ und Investitionshilfen zur Bereitstellung von Großgeräten für die Forschung und ihre Nutzung, z.B. des Klimarechners beim Deutschen Klimarechenzentrum in Hamburg, konzentrieren.

Bundesministerin Bulmahn hatte zur Vorbereitung ihrer neuen Förderstrategie bereits im Mai 2002 die Studie „Forschung für den Klimaschutz – Stand und Perspektiven“ veröffentlicht und mit den Worten „Wir müssen uns verstärkt darum bemühen, aus den gewonnenen Erkenntnissen Handlungsstrategien für einen weltweiten Klimaschutz abzuleiten“ auf den

¹ HGF: Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

² MPG: Max-Planck-Gesellschaft

³ BLE: Blaue Liste-Einrichtungen (Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V. [WGL])

damit eingeleiteten Perspektivenwechsel hingewiesen. Bei dieser Gelegenheit hat sie zudem Wissenschaft und Praxis ermuntert, gemeinsam Lösungsvorschläge zu erarbeiten, die „ökonomisch effektiv, ökologisch angemessen und gesellschaftlich akzeptabel“ sind, – „nicht nur für uns, sondern auch für die Länder der Dritten Welt mit ihrem Anspruch auf eine entsprechende ökonomische und soziale Entwicklung“.

Das Ziel, den Klimaschutz in den Mittelpunkt der zukünftigen Förderung von Projekten zur Problematik des Klimawandels zu stellen, ist nur zu verwirklichen, wenn alle von diesem Wandel Betroffenen daran mitwirken, die richtigen Fragen zu stellen, gemeinsam Themen zu definieren und anschließend arbeitsteilig angelegte Forschungs- und Entwicklungsprojekte durchzuführen. Es muss im heutigen Diskussionskreis, der sich vorwiegend aus Vertretern der Wirtschaft zusammensetzt, nicht eigens darauf hingewiesen werden, dass diese mit zu den wesentlichen Ideengebern wie auch Bedarfsträgern gehören, die an dieser gemeinsamen Aufgabe mitwirken sollen.

Das von Entscheidungsträgern in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft dringend benötigte Orientierungs- und Entscheidungswissen für Klimaschutzmaßnahmen, das die Forschung erarbeiten soll, erfordert in Zukunft eine noch intensivere Zusammenarbeit zwischen Klimaforschung und Wirtschaft als sie bisher in einzelnen Bereichen schon entwickelt war. Die deutsche Wirtschaft ist in diesem Kontext auch ein wichtiger Gesprächspartner für die Forschungspolitik. Deshalb lädt das BMBF die Wirtschaft ein, sich aktiv an der Verwirklichung des beabsichtigten neuen Förderkonzepts „Förderung von Forschung und Entwicklung zum Klimaschutz“ auf allen Ebenen der Forschungsplanung und Projektdurchführung zu beteiligen. Ob dies eine realistische Intention ist, und – falls ja –, wie sich speziell die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Staat auf diesem Aufgabengebiet organisieren lässt, soll daher der Kern des heutigen Gesprächs sein.

Verfolgt man die öffentlichen und politischen Debatten um die essentiellen Fragen des Klimaproblems, dann fällt bei der Beurteilung dessen, was zu tun für notwendig gehalten wird, eine eigenartige Asymmetrie zwischen der Bedarfsartikulation seitens der Politik, die die Vorbereitung von Handlungsmaßnahmen einfordert, und der innerwissenschaftlichen Prioritäten-

setzung, die vornehmlich auf das Verständnis des Klimasystems zielt, auf. Überspitzt formuliert, argumentiert die zumeist eher risikobewusste Wissenschaft entweder auf der Basis unsicherer mathematischer Modelle oder sie legt Erkenntnisse über den Klimawandel in erdgeschichtlich weit zurückliegenden Zeiten vor, die nur begrenzt Maßstäbe für die Beurteilung von Entwicklungen in der Zukunft sein können. Der wissenschaftliche Diskurs hierüber erscheint den Beobachtern außerhalb der Wissenschaft oft zu langwierig und – vor allem bei wichtigen Fragen, die gerade auch die Bürger interessieren – auch kaum konsensfähig zu sein. Die Politik muss aber, wie die Wirtschaft, im Hier und Heute, zumeist auf der Basis des vorhandenen, im Detail vielfach noch unsicheren Wissens entscheiden. Dies wird angesichts der Langfristigkeit des Klimaproblems auch in Zukunft so bleiben. Die an Grundlagen orientierte Wissenschaft kann bei ihren Konzeptfindungen durchaus praktische Lösungsansätze außerhalb ihres Blickfeldes liegen lassen und auf die Langfristigkeit noch ausstehender Untersuchungen verweisen. Vorhandene Unsicherheiten im Verständnis des Klimasystems können aber für das BMBF weder für opportunistisches staatliches Verhalten noch für die Wirtschaft bei der Vorbereitung ihrer notwendigen Anpassungsleistungen Begründungen liefern. Schließlich wäre Nichthandeln in der Klimafrage auch kritikwürdig. Deshalb wird sich die Förderung des BMBF bei seiner Projektförderung auf Problemlösungen konzentrieren, um so für die Zukunft die richtigen Weichen für Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen zu stellen.

Auf der Grundlage des bereits erwähnten Konzepts des BMBF „Forschung für den Klimaschutz“ vom Mai 2002 wurde der politisch intendierte Kurswechsel in der Projektförderung von der Forschung zur Praxis zwischenzeitlich forschungspolitisch weiter ausgearbeitet. Das BMBF hat beispielsweise im November 2001 ein erstes Gespräch hierüber mit der Wirtschaft in Bonn geführt und kurz darauf ein weiteres Gespräch mit Experten aus energie- und rohstofforientierten Unternehmen in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover. Mit dem Bund der Deutschen Industrie (BDI) wurden die Gespräche ab Anfang November 2002 intensiviert und Anfang Februar 2003 fortgesetzt. Ergänzend hierzu fand im Juli 2002 ein Gespräch zwischen dem Nationalen Komitee für die Glo-

bal Change-Forschung (NKGCF) und Professor Henkel in seiner Eigenschaft als Präsident der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) und als stellvertretender Vorsitzender des BDI über „Innovationspotentiale der Global Change-Forschung“ statt. Dieses Gespräch führte zur Planung eines gemeinsamen Symposiums zwischen BMBF, DFG und BDI im Herbst 2003, welches in den letzten Wochen in weiteren Gesprächen inhaltlich vorstrukturiert wurde.

Fazit aus diesen Kontakten ist: Wir stehen danach und insbesondere auch nach zahlreichen weiteren Einzelgesprächen mit Klimaexperten aus Unternehmen vor folgendem Dilemma:

Auf der einen Seite wird von der Wirtschaft die Nützlichkeit, im Rahmen eines gemeinsamen Konzeptes mit der Wissenschaft zusammenzuarbeiten, betont. Auf der anderen Seite fehlen konkrete Vorstellungen über detaillierte Forschungsthemen, die gemeinsam interessieren. Dieses Dilemma sollte in der im Fachgespräch anvisierten Diskussion mit dem Ziel einer Problemlösung beseitigt werden. Hierzu möchte ich seitens des BMBF noch einmal folgende Fragen formulieren:

1. Kommt der heutige Gesprächskreis, wie die früheren auch, zur Auffassung, dass es eine gemeinsame Interessenlage zwischen BMBF und Wirtschaft bei der Förderung von Projekten zum Klimaschutz gibt?
2. Falls ja: Welchen Bedarf an gemeinsam interessierenden, konkret zu benennenden Forschungszielen gibt es, die durch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben erreicht werden könnten?
3. Differiert die Interessenlage seitens der Industrie an einer eventuellen Förderung je nach einzelnen Branchen? Falls ja: Lassen sich einzelne Unternehmen oder Forschungsinstitute der Industrie aus den interessierten Branchen für eine Zusammenarbeit gewinnen, um ein Förderkonzept zu entwickeln; und wenn, zu welchen Themen und fachlichen Schwerpunkten?

Einige Bemerkungen darüber seien angefügt, um die förderinstrumentellen Möglichkeiten des Ministeriums in einem gemeinsamen Konzept für Klimaschutz aufzuzeigen:

1. Die Wirtschaft ist vom Klimawandel in zweifacher Weise betroffen: Zum einen direkt durch die Auswirkungen des Klimas, zum anderen durch die hierdurch ausgelösten klimapolitischen Maßnahmen. Daher ist einer der am häufigsten uns gegenüber aus der Wirtschaft genannten allgemeinen Vorschläge, durch eine gezielte Förderung entsprechendes Orientierungswissen zu generieren. Dies wäre für das BMBF ein plausibler Vorschlag. Allerdings müssten hierfür auch diejenigen Fragen konkret benannt werden, die sich der wirtschaftlichen Praxis oder den auf verbandspolitischer Ebene Handelnden vordringlich stellen. Da bisher solche Vorschläge unterblieben sind, sei hier noch einmal nachgefragt:

- Welche konkreten Fragen mit Wirtschaftsrelevanz haben die öffentliche Forschung oder die Förderung des BMBF bisher nicht beachtet, die dringend einer Bearbeitung bedürften?
- Welche konkreten Forschungsimpulse möchte die deutsche Wirtschaft geben, daran mitzuwirken, einen Teil der Finanzströme im Rahmen der Projektförderung des BMBF von der klimatologischen Grundlagenforschung hin zur bedarfsorientierten wissenschaftlichen Bearbeitung wirtschaftsrelevanter Fragestellungen umzulenken?

Die Aussage des BMBF hierzu ist: Falls solche Fragen von Seiten der deutschen Wirtschaft formuliert werden, kann das BMBF Fördermittel einsetzen, um diese durch Forschung beantworten zu lassen. Konkret heißt dies, Studien in Auftrag zu geben, empirische Untersuchungen bis hin zu experimentellen Arbeiten zu unterstützen usf. Falls Sie die Bearbeitung lieber in industrieeigenen Forschungsinstituten durchgeführt sehen möchten, – wen hindert es, diese Forschung gemeinsam zu finanzieren?

2. Die zweite Option, um gemeinsame Aktivitäten in Gang zu setzen, wäre die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben aus der Industrie auf der vertraglichen Basis der Fördergrundsätze des BMBF, die der deutschen Wirtschaft bekannt sind. Ich möchte hierzu den Aspekt der Energie- und Ressourceneffizienz als eventuell interessierendes Thema beispielhaft herausgreifen. In seiner Rede anlässlich der

konstituierenden Sitzung des Rates für Nachhaltige Entwicklung am 04.04.2001 hat der Bundeskanzler hierzu Folgendes ausgeführt:

„Die neue amerikanische Administration will die in Kyoto vereinbarte Verminderung der Treibhausgase nicht umsetzen, weil dies der Wirtschaft schade. Hintergrund sind die aktuelle wirtschaftliche Lage in den USA und die Versorgungsengpässe in Kalifornien. Bedeutet dies nun im Umkehrschluss, dass wir in Deutschland Nachteile für die wirtschaftliche Entwicklung bewusst in Kauf nehmen, wenn wir den Klimaschutz ernst nehmen? Nein, mir liegt genauso viel an einer leistungs- und wettbewerbsfähigen Energiewirtschaft wie dem amerikanischen Präsidenten.

Selbstverständlich darf der Klimaschutz nicht zu Abstrichen an der Versorgungssicherheit und der Wettbewerbsfähigkeit der Energiewirtschaft führen. Die Strompreise müssen für die Verbraucherinnen und Verbraucher wie auch für die Wirtschaft bezahlbar bleiben. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass wir den angeblichen Gegensatz zwischen Klimaschutz und energiewirtschaftlichen Zielen überwinden und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung beide Ziele optimal miteinander verknüpfen wollen.

Die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz ist auch energiewirtschaftlich der strategisch richtige Ansatz. Damit vermindern wir unsere Abhängigkeit von Ölimporten und schaffen die Grundlage für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. In diesem Sinne besteht die politische Herausforderung eines wirksamen Klimaschutzes darin, ihn so zu gestalten, dass er wirtschaftliche Chancen für Innovation und Beschäftigung eröffnet. Ich sehe eine wichtige Aufgabe des Rats darin, dafür mit konstruktiven Vorschlägen gangbare Wege aufzuzeigen.“

Soweit das Zitat; gilt dieses Credo nicht auch ganz konkret für die heutige Diskussion zu der von mir als zweiter Option genannten Förderung von Industrieprojekten? Ich meine ja. Wenn nach den Worten des Bundeskanzlers „die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz der Kern einer erfolgsversprechenden Nachhaltigkeitsstrategie ist“, dann

muss es auch hierzu FE-Projekte geben, an deren Finanzierung sich das BMBF beteiligt.

Sicher werden jetzt die Apologeten der Grundlagenforschung unter uns fragen: Und was ist an einem solchen Konzept neu für die Konzeption qualitativ hoch stehender Forschung? Worin liegen die Visionen für die fernere Zukunft? Meine Antwort ist: Solche Fragen sind legitim, aber greifen im heutigen Kontext zum praxisorientierten Thema „Klimaschutz“ zu kurz. Geht es doch bei Letzterem darum, effizienten Klimaschutz durch Forschung und Entwicklung in Gang jetzt zu setzen, und nicht, wie in anders zusammengesetzten Gremien der langfristigen Forschungsplanung darum, Projekte für die Grundlagenforschung zu ersinnen, die den Boden für spätere wissenschaftliche Spitzenleistungen vorbereiten.

Die Forschungsförderung muss beide Aspekte beachten und durch gezielte Impulse sowohl langfristige Klimavorsorge als auch praktischen Klimaschutz im Hier und Heute anregen und mit finanzieren. Der Vorsorgeaspekt, den die öffentliche Forschung primär interessiert, darf jedoch nicht auf Kosten des Wirtschaftlichkeitsaspekts überbetont werden. Es geht um einen Interessenausgleich, der auch schon dem Nachhaltigkeits-Paradigma der Brundtlandt-Kommission von 1987 unterlegt wurde.

3. Schließlich sei ein drittes potentiell Feld der Zusammenarbeit für Wirtschaft und Wissenschaft genannt: Seit Herbst letzten Jahres beobachten wir in den wissenschaftlichen Beratungsgremien des BMBF ein Umdenken, das man verkürzt auf folgende Formel bringen kann. Innerhalb des Begriffspaares von Mitigation und Adaption als potentielle Handlungsmöglichkeiten gewinnt der Anpassungsgesichtspunkt zunehmend an Bedeutung. Gerade dieser sich vollziehende Wandel in der Prioritätensetzung könnte auch ein guter Zeitpunkt dafür sein, um Wirtschaft und Forschung zu gemeinsamen Überlegungen bei diesem aktuellen Thema zu bringen. Denn wenn sich die Überzeugung durchsetzt, dass der Klimawandel kommt und mittelfristig nicht zu vermeiden ist, dann bleibt nur, sich diesem Wandel anzupassen. In den bisherigen innerwissenschaftlichen Streitgesprächen ist deutlich geworden, dass

letztlich noch keine konkreten Vorstellungen darüber bestehen, welche gesellschaftlichen Folgewirkungen entstehen würden, wenn sich die Temperatur langfristig nur um 1°C, 2°C, 3°C oder gar 4°C ändert. Allenthalben wird daher nach neuen Forschungsimpulsen und Förderthemen gerufen.

Da die Wirtschaft zu denjenigen Bereichen gehört, die Anpassungsleistungen zu erbringen haben, wäre sie sicher ein geeigneter Partner, wenn es um die Formulierung der zielführenden Fragen für spätere Ausschreibungen des BMBF zum Thema „Adaptation“ geht, nicht ohne die Möglichkeit ins Kalkül zu ziehen, auch Themen für die spätere Förderung wirtschaftsrelevanter Vorhaben darin zu platzieren.

Sicher gibt es neben diesen drei nur exemplarisch angeführten Optionen noch weitere, die aus Sicht der deutschen Wirtschaft vielleicht viel interessanter sind. Schließlich sollte diese kurze Einführung nur das Ziel der heutigen Tagung etwas näher illustrieren.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das BMBF schon mit der Veröffentlichung seines Statusberichts „Forschung für den Klimaschutz“ im Mai 2002 perspektivisch erste neue Akzente in seiner bisherigen Projektförderung zur Klimapolitik gesetzt und in der Zwischenzeit seine konzeptionellen Vorstellungen weiter konkretisiert hat. Die künftige Förderstrategie in der Projektförderung soll danach stärker auf die Lösung vordringlicher Aufgaben des Klimaschutzes und weniger dominant auf die umfassende Erforschung des Klimasystems ausgerichtet werden, die einen wesentlichen Schwerpunkt der Förderung im letzten Jahrzehnt bildete. Nach wie vor wird es zwar ein wichtiges Ziel der Forschungsförderung bleiben, die vorhandenen Erkenntnislücken zu grundlegenden Phänomenen des Klimasystems und der Atmosphäre zu schließen. Der Förderung der klimatologischen und atmosphärenwissenschaftlichen Grundlagenforschung außerhalb der vom Bund weiterhin mitfinanzierten institutionellen Förderung, etwa in Großforschungseinrichtungen oder der Max-Planck-Gesellschaft, sollten sich aber in den nächsten Jahren verstärkt andere Institutionen annehmen. Die vorgesehene Neuorientierung der Förderstrategie des BMBF auf der Ebene der Projektförderung ist im Wesentlichen nur durch Mittelumschichtun-

gen innerhalb der bisher grundlagenorientierten Förderprogramme zur Klima- und Atmosphärenforschung (DEKLIM und AFO 2000) zu erreichen.

Dem weiteren Prozess wünsche ich in diesem Sinne einen erfolgreichen Verlauf.

Klima, Ökonomie und Innovation

Gernot Klepper

In den letzten 150 Jahren hat der Mensch das Klimasystem grundlegend verändert. Seit mindestens einer halben Million Jahre hat die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zwischen 180 und 280 ppmv geschwankt. Innerhalb weniger Jahrzehnte ist die Konzentration auf etwa 370 ppmv angestiegen und es wird erwartet, dass bei einer weiteren wirtschaftlichen Entwicklung und ohne drastische Maßnahmen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen die Konzentration auf 700–800 ppmv innerhalb dieses Jahrhunderts ansteigen kann. Falls ein solches Szenario Realität werden sollte, sagen die globalen Modelle grundlegende Veränderungen der Stoffkreisläufe auf der Erde voraus, die regional dramatische Folgen haben können.

Die Rahmenkonvention zum Klimawandel der Vereinten Nationen, die von einer großen Mehrheit von Staaten unterzeichnet wurde, fordert deshalb in Artikel 2, dass Anstrengungen unternommen werden, um gefährliche Klimaänderungen zu vermeiden. Nach dem heutigen Wissensstand sind komplexe Interaktionen in den Naturprozessen zu erwarten, die auch auf wirtschaftliche Prozesse Einfluss haben werden. Ein Teil der Klimaänderung wird direkt wirtschaftliche Aktivitäten beeinflussen. So werden sich Niederschlag und Temperaturänderungen, die landwirtschaftliche Produktion in quantitativer Hinsicht als auch in ihrer Struktur verändern, manche Regionen werden mehr produzieren können, andere werden ihre Landwirtschaft stark einschränken müssen. Die häufiger zu erwartenden extremen Wetterereignisse wie Stürme, starke Regenfälle, Fluten etc. können zu Unterbrechungen der Produktionsprozesse und der Logistik von Wirtschaftsprozessen führen. Sie führen darüber hinaus zu der Notwendigkeit, bestehende Anlagen und die Infrastruktur durch Investitionen für die klimatischen Herausforderungen bereitzustellen. Auch geringe Anstiege im Meeresspiegel gepaart mit häufigeren Extremereignissen können in küstennahen Wirtschaftszonen zu beträchtlichen Schäden führen.

Ein großer Teil der wirtschaftlichen Konsequenzen wird sich aber eher indirekt bemerkbar machen. Die wirtschaftliche Entwicklung – insbesondere in den südlichen Breiten – wird einerseits beeinflusst von den Auswir-

kungen der dort zu erwartenden steigenden Temperaturen auf die Gesundheit und auf die Verbreitung von Krankheiten. Darüber hinaus können sich Verschiebungen im Tourismus-Bereich, welcher heute wahrscheinlich der größte Wirtschaftssektor der Weltwirtschaft ist, ergeben. Darunter könnten insbesondere tropische Länder zu leiden haben. Für eine ganze Reihe von indirekten Effekten gibt es heute keine verlässliche Quantifizierbarkeit. So ist offen, wie stark sich die Biodiversität langfristig durch Veränderungen des Klimas reduzieren wird, denn komplexere Kopplungseffekte in den natürlichen Lebensräumen sind heute nur schwer vorhersagbar. Auch abrupte großräumige Klimaänderungen, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten heute schwer zu bestimmen sind, deren Wirkungszusammenhänge jedoch bekannt sind, können drastische Konsequenzen für die wirtschaftliche Entwicklung haben.

Diese große Zahl an Unsicherheiten macht Prognosen über zukünftige Klimaänderungen fast unmöglich. Deshalb sind bisher nur die Größenordnungen für die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf wirtschaftliche Aktivitäten quantifiziert worden und man hat sich dabei auf die Landwirtschaft konzentriert, da diese als erste und unmittelbar vom Klimawandel betroffen ist.

Der bevorstehende Klimawandel zeichnet sich also bezüglich seiner regionalen Verteilung, seines Ausmaßes, seiner Eintrittswahrscheinlichkeiten und seiner Wirkung auf die deutsche Wirtschaft durch ein hohes Maß an Unsicherheit aus. Dies sollte allerdings nicht bedeuten, dass man den möglichen Klimawandel angesichts dieser Unsicherheiten einfach ignoriert. Vielmehr sollte er zu einem Teil des Risikomanagements eines jeden Unternehmens werden, und so wie viele andere Risiken, mit denen sich Unternehmen konfrontiert sehen, in das „Risk Management“ integriert werden.

In dem „Carbon Disclosure Project“ (www.cdproject.net) wurden eine Vielzahl großer Unternehmen über ihre Position zum Risikomanagement der Auswirkungen des Klimawandels befragt. Über 80 Prozent der antwortenden Unternehmen gaben an, dass Klimawandel ein Unternehmensrisiko darstellt. Etwa 35–40 Prozent dieser Unternehmen haben schon ein explizites Risikomanagement. Dabei geht es nicht nur um die Sektoren, die traditionell direkt von Klimawandel und Klimapolitik betroffen sind, sondern

auch um nachgelagerte Sektoren wie Finanzdienstleister, den Transportsektor, die Elektronikindustrie sowie die Touristikindustrie. Viele Unternehmen sind der Meinung, dass auch Klimapolitik bzw. erste Anzeichen des Klimawandels zu den schlechten Unternehmensergebnissen im Jahr 2002 geführt haben. Institutionelle Anleger scheinen das Klimarisiko in ihren Anlagestrategien inzwischen explizit zu berücksichtigen, insbesondere da das Carbon-Beta – die Metrik für Klimarisiko – von Unternehmen zu Unternehmen sehr stark variiert.

Der Gesellschaft stehen im Prinzip zwei Optionen zur Verfügung, um mit dem Klimawandel zurechtzukommen. Die erste Strategie, die sogenannte Prävention, besteht darin, das Ausmaß des Klimawandels soweit wie möglich zu reduzieren, indem eine Reihe von Strategien umgesetzt werden, die das Wachstum der Emissionen von Treibhausgasen reduzieren oder sogar zu einer absoluten Emissionsreduktion führen. Dazu gibt es eine Reihe von Politikalternativen. Wirtschaftliche Aktivitäten können eingeschränkt werden, indem zum Beispiel der Energieverbrauch von fossilen Brennstoffen reduziert wird. Die durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen emittierten CO₂-Mengen können durch neue Technologien eingefangen und in terrestrischen oder marinen Lagern, den sogenannten Senken, verbracht werden. Schließlich kann der technische Fortschritt dazu beitragen, den spezifischen Energieverbrauch zu reduzieren, das heißt mit weniger Energie mehr Güter und Dienstleistungen zu produzieren. Zudem kann er alternative Energiequellen erschließen. Beispiele dafür sind die Wasserstofftechnologie, Brennstoffzellen, Solarenergie und viele andere. Schließlich können durch Innovationen auch neue Güter und Dienstleistungen entwickelt werden, die mit einem geringeren Ausmaß an Treibhausgasemissionen verbunden sind. Die Innovationsstrategie zur Prävention von Klimawandel kann zwar im Bereich der Grundlagenforschung und der Ausbildung von Seiten der Regierung unterstützt werden, sie bleibt aber letztendlich eine der wichtigsten Aufgaben, die die Industrie zum Klimaschutz beitragen kann.

Während die Präventionsstrategie eine Kombination von Einschränkung der Wirtschaftsaktivitäten und einer Ausweitung der Innovationsaktivitäten darstellt, mit der ein weiterer Anstieg der Treibhausgasemissionen oder der

Belastung anderer Stoffkreisläufe vermieden werden soll, lässt sich dennoch nicht verhindern, dass in der Zukunft ein bestimmtes – allerdings unsicheres – Ausmaß an Klimawandel eintreten wird. Dazu wird es im Sinne einer vorsorgenden Politik notwendig sein, Adaptionstrategien zu entwickeln, mit denen man für einen möglichen zukünftigen Wandel globaler Stoffkreisläufe und den damit einhergehenden Folgen gerüstet ist. Da es aller Voraussicht nach nicht wirtschaftlich effizient ist, abzuwarten, bis mögliche Schäden des Klimawandels auftreten, um sich dann anzupassen, werden auch Investitionen in Adaptionstechnologien und die entsprechende Infrastruktur für die Adaption bereits heute Teil eines Risikomanagements für den globalen Wandel sein.

Innovation und Prävention

Während technischer Fortschritt sowohl eine wichtige Präventions- als auch eine wichtige Adaptionstrategie darstellt, ist nur die Präventionsstrategie bisher in größerem Umfang untersucht worden. Dabei zeigt sich, dass insbesondere in der Klimapolitik eine erfolgreiche Eindämmung der Treibhausgasemissionen ohne eine erfolgreiche Innovationsstrategie im Energiebereich nur unter hohen Kosten zu erreichen sein wird. Abbildung 1 veranschaulicht diese Zusammenhänge. Mit Hilfe des Simulationsmodells DART des Instituts für Weltwirtschaft können weltweite Emissionspfade unter unterschiedlichen Annahmen über den technischen Fortschritt berechnet werden. Die weltweiten CO₂-Emissionen würden ohne technischen Fortschritt von heute knapp 7 Gigatonnen Kohlenstoff (GtC) im Jahr 2030 auf über 10 GtC ansteigen. Bei Produktivitätssteigerungen von etwa 1,5 Prozent pro Jahr würden diese Emissionen um 1 Gt niedriger liegen. Bei einem, zugegebenermaßen, unrealistischen Produktivitätswachstum von 4,5 Prozent würden sie im Jahr 2030 auf nur etwa 7,5 GtC ansteigen. Dies alles erfolgt ohne eine gezielte Klimapolitik, z.B. mittels Zertifikat-handel für CO₂-Emissionen.

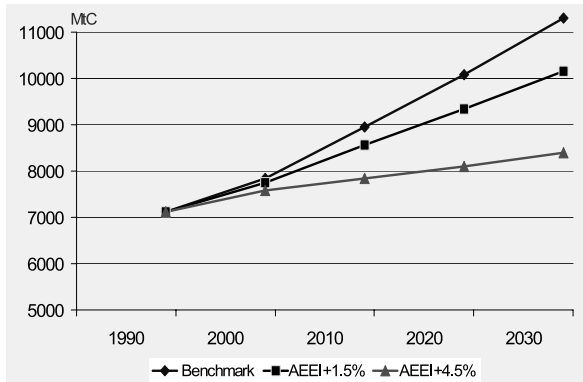


Abb. 1: „Innovationsstrategie“; weltweite CO₂-Emissionen, keine Reduktionspolitiken

Durch das Kyoto-Protokoll werden neben der reinen Innovationsstrategie auch die Reduktionsvorgaben für Treibhausgasemissionen festgelegt. Die Kombination von Innovationsstrategie und Emissionsvermeidungsstrategie zeigt Abbildung 2. Für die Staaten, die das Kyoto-Protokoll unterzeichnet haben, die Annex-B-Staaten, sowie für den Rest der Staaten (Non-Annex-B) sind die Emissionen dargestellt, die sich ergeben, wenn die Reduktionsverpflichtungen eingehalten werden und der technische Fortschritt nicht beschleunigt wird. Die jeweils korrespondierenden Linien zeigen, welche zusätzliche Emissionsvermeidung sich bei einer starken Beschleunigung des technischen Fortschritts ergeben würde. Diese Beschleunigung wird insbesondere in den Nicht-Annex-B-Ländern von großer Bedeutung sein.

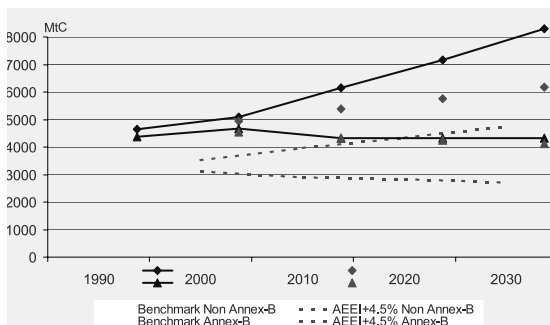


Abb. 2: Emissionen – Kyoto-Protokoll

Schließlich kann man mit dem DART-Modell simulieren, welche Vermeidungskosten für CO₂-Emissionen unter unterschiedlichen Innovationsstrategien auftreten werden. Abbildung 3 zeigt die Zertifikatpreise bei einem Emissionshandelssystem wie es im Kyoto-Protokoll angelegt ist. Diese entsprechen auch den marginalen Vermeidungskosten für CO₂-Emission. Die obere Linie zeigt die Entwicklung der Zertifikatpreise, wenn ab dem Jahr 2005 mit dem Emissionshandel begonnen wird. Im Jahr 2010 werden die Zertifikatpreise dann bei etwa 70 \$ pro Tonne Kohlenstoff liegen. Durch eine Beschleunigung des technischen Fortschritts wäre es möglich, diese Preisentwicklung auf unter 50 \$ pro Tonne Kohlenstoff zu senken, wenn der Produktivitätsfortschritt von heute circa 1 Prozent auf 1,5 Prozent pro Jahr gesteigert wird. Bei einem extrem hohen Produktivitätsfortschritt von 4,5 Prozent wären die Kyoto-Ziele praktisch ohne zusätzliche Vermeidungsmaßnahmen zu erreichen, das heißt, die CO₂-Vermeidungskosten bzw. die Zertifikatpreise für CO₂-Emissionen werden bei etwa Null liegen. Diese Szenarienrechnungen veranschaulichen, welche Rolle die Innovation im Rahmen der klimapolitischen Präventionsstrategie spielt.

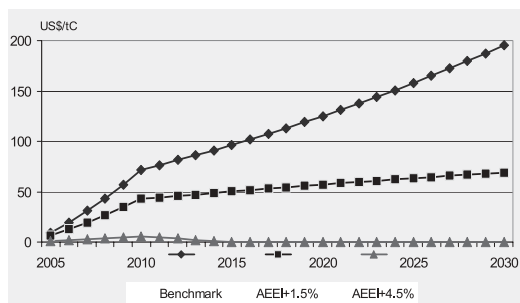


Abb. 3: Zertifikatpreise bei Kyoto-Handel (ohne ehemalige SU)

Die oben dargestellten Szenarien sind mit einem vergleichsweise hoch aggregierten, multiregional und multisektoral berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodell erstellt worden und repräsentieren deshalb nur in einer aggregierten Form den technischen Fortschritt. Die für diesen technischen Fortschritt nötigen Innovationen und die entsprechenden Forschungsinvestitionen müssen letztendlich von der Industrie vor Ort, das heißt insbesondere in den Industrieländern, vollzogen werden. Ein Risi-

komanagement für den Klimawandel sowohl von staatlicher Seite als auch von Seiten der Industrie sollte deshalb die Innovationsstrategie als einen wichtigen Eckpfeiler im Auge behalten. Sowohl die wirtschaftliche Entwicklung als auch die Wettbewerbsfähigkeit für die europäische bzw. die deutsche Industrie werden nicht zuletzt davon bestimmt sein, wie sich Unternehmen in dem langfristigen Wettbewerb um klimafreundliche Technologien positionieren können.

Treibhausgasemissionen im Spiegelbild aktueller Statistiken

Gerhard Voss

Die wachsende Bedeutung der Klimapolitik hat auch den Bedarf nach aussagekräftigen Treibhausgasstatistiken erhöht. Heute stehen mehrere einschlägige Datensammlungen zur Verfügung, die einen Überblick über die Entwicklung klimarelevanter Emissionen im zurückliegenden Jahrzehnt bieten. Besonders gut dokumentiert sind die energiebedingten Kohlendioxidemissionen, die in der Regel an den gut angebauten nationalen und internationalen Energiestatistiken anknüpfen. Der globale Trend, der sich aus diesen Statistiken ablesen lässt, signalisiert klimapolitischen Handlungsbedarf: Es gibt keine Region auf der Erde, in der eine dauerhafte absolute Senkung der klimarelevanten Gase erreicht werden konnte.

1 Die empirische Basis

Die nationalen und internationalen Treibhausgasstatistiken sind inzwischen weitgehend vereinheitlicht. Hintergrund dafür sind die Berichtspflichten, die von den Nationalstaaten im Rahmen des internationalen Klimaschutzes erfüllt und nach festgelegten Regeln durchgeführt werden müssen.

Eine mehr oder weniger umfassende und konsistente Statistik der weltweiten CO₂-Emissionen wird von der OECD erstellt (OECD, 2002). Diese Statistik, die ausschließlich die Entwicklung der CO₂-Emissionen dokumentiert, wird durch die Datensammlungen des Klimaschutzsekretariates ergänzt (Klimasekretariat, 2001). Die Daten des Klimasekretariates bieten auch einen Überblick über andere klimarelevante Emissionen. Sie werden nach dem „Sechs-Gase-Ansatz“ aufgestellt und berücksichtigen neben dem Kohlendioxid (CO₂) auch die Emissionen von Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFCs) fluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs) und Schwefelhexafluorid (SF₆).

Die EU, die bei den internationalen Klimaverhandlungen als Länderblock auftritt, hat inzwischen ein eigenes Berichtssystem aufgebaut, das sich weitgehend an den Berichtssystemen der OECD und des Klimasekretariates orientiert (EU, 2003). Auch in Deutschland wird nach der vorgeschrie-

benen Systematik eine Statistik der Klimagase erstellt und im Klimaschutzbericht der Bundesregierung veröffentlicht (Umweltbundesamt, 2003).

2 Bilanz der Statistiken

Die verschiedenen Statistiken bieten folgendes Bild:

Weltweit sind die Emissionen allein an CO₂, die rund 50 Prozent des Treibhausgaspotentials ausmachen, im Zeitraum 1990 bis 2000 um 13 Prozent auf insgesamt 23,4 Milliarden Tonnen angestiegen. Die Bilanz wäre noch schlechter ausgefallen, wenn es nicht die Sonderentwicklungen in der ehemaligen UdSSR und den osteuropäischen Transformationsländern gegeben hätte. Die Entwicklung zeigt große regionale Unterschiede (Tabelle 1).

Tabelle 1: Regionalprofil der CO₂-Emissionen im Jahr 2000

Länder	in Mio. Tonnen	Veränderung 1990/2000 in Prozent	in Kilogramm CO ₂ je Einheit BIP in US-Dollar ¹	Veränderung 1990/2000 in Prozent
Welt	23.422	13,0	0,56	-15,2
OECD-Länder	12.449	13,0	0,51	-12,5
Nordamerika ²	6.552	18,1	0,62	-14,2
Europa	3.948	0,2	0,41	-18,7
Asien-Pazifik ³	1.949	27,7	0,45	2,3
Nicht-OECD-Länder	10.169	12,3	0,59	-20,3
Afrika	686	26,8	0,43	0
Mittlerer Osten	986	73,4	1,02	22,9
Europa ⁴	240	-37,8	0,70	-30,0
Ehemalige UdSSR	2.219	-33,7	1,36	6,3
Lateinamerika	848	42,3	0,32	6,7
Asien ⁵	2.154	61,8	0,42	13,5
China ⁶	3.035	32,6	0,62	-48,3
Rest ⁷	804	23,8	—	—

1) CO₂-Emissionen bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt in Kaufkraftparitäten-Dollar. 2) Einschließlich Mexiko. 3) Australien, Japan, Korea, Neuseeland. 4) Albanien, Bulgarien, Zypern, Gibraltar, Malta, Rumänien, Slowakische Republik, Ex-Jugoslawien, Bosnien, Herzegowina, Kroatien, Mazedonien, Slowenien. 5) Ohne China. 6) Einschließlich Hongkong. 7) Vor allem Hochseebunker.
Quelle: OECD; Institut der deutschen Wirtschaft Köln.



In den OECD-Staaten, auf die gut die Hälfte der weltweiten CO₂-Emissionen entfallen, stieg der Ausstoß im Gleichschritt mit der weltweiten Entwicklung. Der Anstieg konzentrierte sich auf Nordamerika und die Asien-Pazifik-Region mit den Ländern Australien, Japan, Korea und Neuseeland. In Europa konnten die Emissionen seit 1990 stabil gehalten werden. Sektoral gehören weltweit die Energiewirtschaft sowie der Verkehr zu den besonders expansiven Bereichen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Sektorale Entwicklung der CO₂-Emissionen
(Veränderung 1990/2000 in Prozent)

	Energie- wirtschaft	Industrie	Verkehr	Private Haushalte, Sonstige
Welt	23,0	-7,8	25,1	-5,5
OECD	19,0	-2,7	22,0	0,7
Nordamerika ¹	24,0	-4,5	20,6	6,7
Europa	4,1	-8,9	19,2	-7,0
Asien-Pazifik ²	36,1	14,9	36,0	9,3
Nicht-OECD	27,8	-11,3	33,6	-12,2
Afrika	37,0	3,7	33,9	30,0
Mittlerer Osten	107,3	55,8	55,6	64,4
Europa ³	-34,5	-50,3	-0,8	-48,2
Ehemalige UdSSR	-40,0	-54,5	-31,4	-38,4
Lateinamerika	58,2	45,7	46,8	22,9
Asien ⁴	98,5	23,8	81,6	27,7
China	114,8	-3,9	88,5	-20,7

1) Einschließlich Mexiko. 2) Australien, Japan, Korea, Neuseeland. 3) Albanien, Bulgarien, Zypern, Gibraltar, Malta, Rumänien, Slowakische Republik, Ex-Jugoslawien. 4) Ohne China.

Quelle: OECD; Institut der deutschen Wirtschaft Köln.



Die Treibhausgasemissionen (Sechs-Gase-Ansatz) in der EU lagen nach der aktuellen Statistik (EU, 2003) mit 4,1 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalent um 2 Prozent unter dem Niveau von 1990. Die positive Entwicklung ist jedoch vorwiegend auf die erheblichen Emissionsminderungen in Deutschland und Großbritannien zurückzuführen. Aber auch Belgien, Dänemark und Luxemburg haben ihre Emissionen eingeschränkt. Finnland und

Schweden haben ihre Emissionen in etwa gehalten, während alle anderen Länder ihre Emissionen deutlich steigerten (Tabelle 3).

Tabelle 3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den EU-Ländern¹⁾

	Emissionen 2001	Veränderung 1990/2012	Kyoto- Ziel 1990/2001	Reduktions- Verpflichtung 2001/2012	
	in Mio. Tonnen CO ₂ - Äquivalent	in Prozent		in Mio. Tonnen CO ₂ - Äquivalent	in Prozent
Belgien	150,2	6,4	-7,5	-19,6	- 15,0
Dänemark	69,4	0,3	-21,0	- 14,7	- 26,8
Deutschland	993,5	-18,0	-21,0	- 36,3	- 3,8
Finnland	80,9	4,8	0	- 3,7	- 4,9
Frankreich	560,8	+ 0	0	+ 0	+ 0
Griechenland	132,2	26,1	25,0	- 1,2	- 0,9
UK	657,2	- 11,5	-12,5	- 6,1	- 0,9
Irland	70,0	31,1	13,0	- 9,7	- 16,0
Italien	545,4	7,2	-6,5	- 69,9	- 14,7
Luxemburg	6,1	- 44,8	-28,0	1,7	21,0
Niederlande	219,7	4,6	-6,0	- 22,3	- 11,3
Österreich	85,9	10,0	-13,0	- 18,0	26,5
Portugal	83,8	36,5	27,0	- 5,8	- 7,3
Schweden	70,5	- 3,2	4,0	5,2	6,8
Spanien	382,8	33,1	15,0	- 52,1	- 15,8
EU 15	4.108,3	- 2,0	-8,0	- 252,5	- 6,5

1) Sechs-Gase-Ansatz (Kohlendioxid, Lachgas, Methan, fluorierte Kohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid).

Quelle: EU; Institut der deutschen Wirtschaft Köln.



Nach dem Nationalen Inventarbericht 2003 (Umweltbundesamt, 2003) lagen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2001 (Sechs-Gase-Ansatz) in Deutschland mit 995,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent um 18,3 Prozent unter dem Niveau von 1990. Allein die CO₂-Emissionen sind im gleichen Zeitraum um 13,6 Prozent auf 847,1 Millionen Tonnen zurückgegangen. Der wesentliche Teil des Rückgangs entfällt auf die erste Hälfte der 90er Jahre.

Diese Bilanz zeigt, dass sich die globale Klimapolitik in einer Sackgasse befindet. Während die Klimaforscher drastische Maßnahmen fordern, um die Emissionen von Klimagasen zu begrenzen, nimmt der Ausstoß dieser Gase zu. Einer Stagnation in Westeuropa sowie stark rückläufigen Emissionen in der ehemaligen UdSSR und den Transformationsländern Ost- und Mitteleuropas stehen deutliche Zuwächse in allen anderen Weltregionen gegenüber. Deutschland hat bei der Emissionsminderung eine Vorreiterrolle übernommen. Die regionalen Unterschiede zeigen, wo besonderer Handlungsbedarf besteht: Bei den Großverbrauchern fossiler Energien USA und Japan sowie in den wachstumsstarken Schwellen- und Entwicklungsländern, insbesondere China und Indien.

3 Entkoppelung

Ein positiveres Bild bietet sich allerdings, wenn die CO₂-Emissionen mit der wirtschaftlichen Leistung in Verhältnis gesetzt werden. Hier zeigt sich, dass die CO₂-Emissionen je Dollar Bruttoinlandsprodukt im Zeitraum 1990 bis 2000 spürbar um 15,2 Prozent zurückgegangen sind (siehe Tabelle 1). Der Prozess der Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen ist in den Nicht-OECD-Staaten sogar noch schneller als in den OECD-Ländern verlaufen. Der Grund dafür ist allerdings eher eine singuläre Erscheinung: In China, auf das knapp ein Drittel der CO₂-Emission im Nicht-OECD-Raum entfiel, sind die CO₂-Emissionen je Produkteinheit durch einen immer effizienteren Einsatz von Energie um fast 50 Prozent zurückgegangen.

4 Zielkonflikt

Allerdings: Trotz einer rückläufigen CO₂-Intensität des Weltsozialprodukts, ist auch in Zukunft mit einem weiteren absoluten Anstieg der CO₂-Emissionen zu rechnen. Dieser Zielkonflikt lässt sich sehr gut an einem Vergleich zwischen der EU und den USA, die in der Klimapolitik in gewisser Weise Gegenpole sind, demonstrieren. Die USA sind aus dem Kyoto-Protokoll ausgestiegen, weil sie das ihnen vorgegebene Ziel – die Klimagase bis 2012 um sieben Prozent gegenüber 1990 absolut zu senken – aller Voraussicht nach nicht einhalten können. Sie setzen weiterhin auf Wirt-

schaftswachstum von jährlich rund drei Prozent und werden dann ihre Emissionen auch bei einer Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch nicht senken, sondern bis 2012 um gut sieben Prozent erhöhen.

Jedoch: Würden die USA auf ein Wirtschaftswachstum setzen, das den Wachstumsraten der Europäer während der 90er Jahre entsprach (jährlich 1,8 Prozent), dann könnten auch sie ihre Emissionen um fast 8 Prozent senken. Umgekehrte Entwicklungen wären in der EU zu erwarten. Würde in der EU das Wirtschaftswachstum realisiert, das die USA für die nächsten Jahre anpeilen, dann kommt es nicht zu der absoluten Senkung der CO₂-Emissionen um 8 Prozent sondern zu einem kräftigen Wachstum um 6,6 Prozent. Dieser Zielkonflikt fällt noch drastischer aus, wenn ein Vergleich zwischen Industrie- und Entwicklungsländern vorgenommen wird. Auch in Russland und in den ost- und mitteleuropäischen Transformationsländern werden mit einer Ankurbelung der Wirtschaft die klimarelevanten Emissionen wieder ansteigen.

5 Klimapolitische Agenda

Vor dem Hintergrund der realen Trends sollte sich die klimapolitische Programmatik national und international auf die folgenden drei Punkte konzentrieren.

1. Weltweite Ausschöpfung der „No-regret-Potentiale“ durch einen breiten Instrumentenmix auf nationaler, regionaler und globaler Ebene. Dadurch könnte das absehbare starke Wachstum der CO₂-Emissionen weltweit zumindest gebremst werden. Eine Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Umweltverbrauch kann mittel- bis langfristig aber auch zu einer absoluten CO₂-Reduktion führen. Würde man beispielsweise überall auf der Erde das Effizienzniveau Europas realisieren, dann könnte man auf einen Schlag 8 Mrd. Tonnen CO₂ im Jahr einsparen.
2. Schaffung der Voraussetzungen für eine Nutzung der Kyoto-Mechanismen „Joint Implementation“ (JI) und „Clean Development Mechanism“ (CDM). Das könnte den Klimaschutz sowohl projektbezogen als auch überregional voran bringen. Damit würden konkrete Chancen eröffnet,

das Kostengefälle im Klimaschutz innerhalb der Industrieländer, insbesondere zwischen Industrie- und Entwicklungsländern auszunutzen. Zudem würde man einem effizienten, weltweiten System des Emissionshandels den Weg ebnen.

3. Entwicklung eines weltweiten Regimes von freiwilligen Selbstverpflichtungen zur CO₂-Reduktion. Ein solches Regime könnte den Wettbewerb zwischen den Staaten um die beste Klimapolitik und die fortschrittlichsten Techniken zur Reduktion von Klimagasen fördern. Zu den Vorteilen einer solchen Strategie gehören:
 - Der Zielkonflikt zwischen Wirtschaftswachstum und Entwicklung der CO₂-Emissionen kann überbrückt werden, ohne die Notwendigkeit einer drastischen CO₂-Reduktion aus dem Auge zu verlieren.
 - Der dialogische Zielbildungsprozess in der Klimapolitik kann vorangebracht werden.
 - ein gezielter Technologie- und Finanztransfer könnte initiiert werden. Die Transaktionskosten bei der Suche nach kostengünstigen CO₂-Einsparpotentialen können reduziert werden.
 - Der Bürokratienachteil alternativer ordnungsrechtlicher oder auch der anderen ökonomischen Instrumente wird vermieden.

Mit einer solchen Programmatik könnte ein Beitrag zu einer realitätsnäheren politischen Agenda im Klimaschutz geleistet werden. An dieser klimapolitischen Agenda könnten sich auch Forschungsprogramme orientieren, die eine praxisnahe Politikberatung zum Ziel haben.

Literatur

EU, 2003, Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990-2001 and inventory report 2003, Brüssel

Klimasekretariat, 2001, Greenhouse Gas Inventory Database (GHG); <http://ghg.unfccc.int> vom 30.5.2001.

OECD, 2002, CO₂-Emissions from Full Combustion 1971-2000, Paris

Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich

Gerd Hanekamp

Innovationen gelten in vielen Bereichen als Vorbedingung für eine nachhaltige Entwicklung. Sie sollen einen steigenden Bedarf mit einer Reduktion des Ressourcenverbrauchs vereinbar machen.

Eine nachhaltige Innovationsstrategie für den Energiebereich hat eine international besetzte Forschergruppe der *Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH* mit der Studie ‚Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich‘ ausgearbeitet. Die Studie wurde im Oktober 2002 der Öffentlichkeit vorgestellt.¹

1 Grundbegriffe

1.1 Energie

Unter dem *Energiesystem* (eines Landes oder der Erde insgesamt) versteht man die gesamte Struktur der genutzten Primärenergieressourcen, der Infrastruktur zu deren Verteilung und Umwandlung in Endenergie und der spezifischen Nachfragestruktur der sogenannten Energiedienstleistungen. Im Hinblick auf die Wertigkeit der Energie spielt insbesondere die Unterscheidung zwischen Bedarf an Wärme bzw. Arbeit eine Rolle, ferner die Aufteilung zwischen stationärem und mobilem Bedarf und die Rolle der Elektrizität. Angebots- und Bedarfsstruktur bestimmen zusammen das Potential zur Veränderung eines gegebenen Energiesystems.

¹ Die Studie ist im Buchhandel erhältlich: U. Steger, W. Achterberg, K. Blok, H. Bode, W. Frenz, C.Gather, G. Hanekamp, D. Imboden, M. Jahnke, M. Kost, R. Kurz, H.G. Nutzinger, Th. Ziesemer: *Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich*. Springer, Berlin 2002.
Eine Zusammenfassung (PDF-Datei) kann auf den Webseiten der Akademie (www.europaeische-akademie-aw.de) heruntergeladen werden.

1.2 Nachhaltige Entwicklung

Die verschiedenen Konzepte von der „schwachen“ bis hin zur „sehr starken“ Nachhaltigkeit unterscheiden sich im Hinblick auf Substitutions- und Komplementaritätsannahmen in Bezug auf menschengemachtes Kapital und Naturkapital. Dieser Studie liegt ein Konzept kritischer Nachhaltigkeit zugrunde, das sich auf der Grundlage des Konzepts des kritischen Naturkapitals auf wenige, aber entscheidende und in diesem Sinne kritische „Leitplanken“ oder „Engpässe“ konzentriert. Dieses Verständnis von Nachhaltigkeit schafft eine Verbindung zur weit entwickelten Diskussion der Setzung von Umweltstandards.

1.3 Innovation

Innovationen bezeichnen die Durchsetzung neuer Problemlösungen am Markt, verbunden mit neuen Faktorkombinationen. Nachhaltige Innovation bezeichnet Faktorkombinationen und neue Problemlösungen, die zu einer Senkung von Umweltbelastungen und Ressourcenverbrauch führen, ohne dass dadurch Einschränkungen bei anderen gesellschaftlichen Zielen erforderlich werden. Dazu gehören nicht nur neue technologische Lösungen (Prozesse, Produkte), sondern auch neue Dienstleistungen und neue Organisationsformen.

2 Kontext

Das heute sehr breit angelegte Tätigkeitsfeld wissenschaftlicher Politikberatung ist im Umweltbereich zum einen von der Herausforderung geprägt, „subglobales“ Handeln in eine globale Folgenbeurteilung zu integrieren; zum anderen zeigt sich hier schon in begrenzten Kontexten eine Unübersichtlichkeit der zu beachtenden Aspekte bzw. Optionen. Beide Entwicklungen lassen die Unsicherheit der Wissensbasis als zentrales Problem erscheinen. Für den hier thematisierten Energiebereich sind im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung beide Aspekte von Bedeutung. Der Kontext für Veränderungen des Energiebereiches ist global – die Ressourcen-vorkommen müssen z. B. meist nach globalen Maßstäben beurteilt werden, ebenso die relevanten Emissionen –, gehandelt wird jedoch in der Regel auf nationaler oder subnationaler Ebene. Die Beurteilung der einschlägigen

Umweltveränderungen geschieht mit Hilfe von Modellen, deren prognostischer Wert erst *ex post* verlässlich beurteilt werden kann. Handlungsempfehlungen aber müssen heute gegeben werden. Diese Studie bündelt im Bewusstsein dieses Handlungsdilemmas der Umweltpolitik die Stimmen der Wissenschaft für wohlinformierte Entscheidungen im Hinblick auf nachhaltige Energieinnovationen.

Handeln in diesem Kontext ist Handeln unter Risiko, also Handeln unter Inkaufnahme möglicher unerwünschter Nebenfolgen. Die Möglichkeit solcher Folgen bezieht sich dabei immer auf ein bestimmtes Wissen, eine bestimmte Theorie oder auch eine bestimmte Modellierung. Die Verlässlichkeit des entsprechenden Wissens spielt so die entscheidende Rolle für die Bestimmung eines Risikos. Die Nebenfolgen, die im Zusammenhang von Fragen zu einer nachhaltigen Entwicklung untersucht werden, sind jedoch nicht schlicht Folgen einer einzelnen Handlung, sondern Folgen, die sich in unübersichtlichen Handlungs- und Verlaufszusammenhängen ergeben. Diese Komplikation betrifft das Beurteilungsproblem vor allem in seinen ethischen Aspekten, da eine Zuordnung von Handlungsfolgen zu Handelnden erschwert oder gar unmöglich wird.

Zur Beurteilung der Risiken eines Klimawandels müssten die einzelnen Elemente von Klimaprognosen wissenschaftstheoretisch untersucht werden. Allerdings dürfte selbst eine derartige Untersuchung die Unsicherheit des Wissens in diesem Bereich nicht aufheben; diese scheint hier vielmehr konstitutiv zu sein.² Die Disziplin, die Verfahren für Entscheidungen unter Unsicherheit bereitstellt, ist die normative Entscheidungstheorie. Die normative Entscheidungstheorie behandelt ganz allgemein Vergleiche von Handlungsoptionen im Hinblick auf die Auswahl derjenigen Option(en), durch die ein bestimmtes Ziel bestmöglich erreicht wird. Das Ergreifen einer Handlungsoption führt, falls ein bestimmter Umweltzustand eintritt, zu einem bestimmten Ergebnis.³

² Vgl. die Studie der Europäischen Akademie: Klimavorhersage und Klimavorsorge (Schröder M, Claussen M, Grunwald A, Hense A, Klepper G, Lingner S, Ott K, Schmitt D, Sprinz D (2002) Klimavorhersage und Klimavorsorge. Berlin: Springer).

³ Durch die Bestimmung von Optionsraum, Zustandsraum und Ergebnisraum kann so ein Entscheidungsproblem dargestellt werden.

Die verschiedenen Methoden der Entscheidungstheorie lassen sich danach sortieren, welches Wissen über das Eintreten der Umweltzustände zur Verfügung steht. Kann der Umweltzustand vorhergesagt werden, so handelt es sich um eine Entscheidung unter *Sicherheit*. Lassen sich lediglich Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der einzelnen Umweltzustände angeben, liegt eine Entscheidung unter *Unsicherheit* vor. Ferner können zwar die möglichen Umweltzustände bekannt sein, nicht jedoch die Wahrscheinlichkeiten, mit denen sie eintreten; in einem solchen Fall handelt es sich um eine Entscheidung unter *Ungewissheit*. Für diese drei Arten von Entscheidungsproblemen stehen Entscheidungsverfahren zur Verfügung. Für Entscheidungen unter Ungewissheit gibt es z. B. die risikoaverse Minimax-Regel (Minimierung des maximalen Schadens) oder die risikofreudige Maximax-Regel (Maximierung des maximalen Gewinns, das bedeutet hier: Minimierung des minimalen Schadens). Diese Verfahren setzen allerdings voraus, dass die relevanten Umweltzustände – also der Zustandsraum – bestimmt werden können.

Lässt sich ein Zustandsraum nicht formulieren, scheiden diese Verfahren aus. Robert Goodin (1982) spricht in einem solchen Fall (wie er etwa beim Klimawandel vorliegt) von *grundlegender (profound) Ungewissheit* im Gegensatz zur oben erwähnten *moderaten Ungewissheit*, bei der ein Zustandsraum vorhanden ist. Die grundlegende Ungewissheit des zugrundeliegenden wissenschaftlichen Problems steht also einer Anwendung der risikoaversen Minimax-Regel entgegen, die auf den ersten Blick gerade wegen dieser Ungewissheit angemessen scheint. Die Angabe eines größten Schadens – den es nach dieser Regel auszuschließen gälte – ist eben selbst unsicher.

Die soeben diskutierten epistemologischen Schwierigkeiten bei der Anwendung der Minimax-Regel berühren nicht die *moralischen* Gründe, die zunächst dazu führen, diese Regel etwa für den Klimawandel verwenden zu wollen. Diese Gründe sind im Kern dieselben wie diejenigen, auf die sich John Rawls (1971/1998) stützt, wenn er die Verwendung der Minimax-Regel als Abwandlung seiner bekannten Gerechtigkeitsprinzipien vorschlägt. Im Einzelnen sind dies (a) die moralische Asymmetrie von Schäden und Vorteilen, (b) besonders, wenn die betroffenen Personen auf lange

Sicht Folgen risikobehafteter Entscheidungen tragen, (c) wenn die Risiken vitale Interessen der Betroffenen berühren und schließlich (d), wenn sie die entsprechenden Entscheidungen nicht getroffen bzw. ihnen nicht zugestimmt haben. Wenn die Risiken eines Klimawandels untersucht werden, geht es um eine Situation, in der die Kriterien (b) bis (d) einschlägig sind. Es mag also sein, dass uns hinreichendes Wissen für eine strenge Anwendung der Minimax-Regel sowie für einen präzisen Vergleich von einschlägigen Kosten und Vorteilen fehlt. Aber dies entwertet nicht die moralische Perspektive, von der aus die Verwendung dieser Regel vorgeschlagen wurde.⁴

Modelliert man das Entscheidungsproblem, ob Energiesysteme nachhaltigkeitsorientiert umgebaut werden sollen, als Entscheidung unter Ungewissheit mit zwei Optionen (nachhaltiger Umbau oder kein nachhaltiger Umbau des Energiesystems) und zwei Umweltzuständen (Beeinflussung oder keine Beeinflussung des Klimawandels durch den Umbau) und berücksichtigt man weiterhin die Ergebnismöglichkeit, dass ein nachhaltiger Umbau einen Klimawandel nicht beeinflusst und damit mögliche negative Folgen nicht verhindert, dann führt die Anwendung der Minimax-Regel auf das Entscheidungsproblem zum Verzicht auf den Umbau. Lediglich für den Fall, dass ein Umbau kostenlos zu haben ist, besteht Indifferenz zwischen beiden Optionen.

Indes sind selbst bei positiven Umbaukosten Untersuchungen zum Klimawandel nur dann notwendig, wenn die Vermeidung klimabedingter Schäden zentrales Ziel der (Um-) Gestaltung des Energiesystems ist. Umgekehrt gelesen bedeutet das: Man bürdet sich durch einen einseitigen Bezug eines nachhaltigen Umbaus auf den Klimawandel kaum einzulösende Begründungspflichten auf.

Ist ein solcher nachhaltiger Umbau des Energiesystems hingegen auch unabhängig von den erwähnten Risiken erwünscht, sind die Umbaukosten auf alle einschlägigen Kriterien zu beziehen. Weitere Gründe für einen

⁴ Vgl. ausführlicher in Hanekamp, Gerd (2003) Decision theoretic arguments as heuristics in environmental policy decisions. in: Poiesis & Praxis Vol. 1, Heft 3, S. 219-230.

nachhaltigen Umbau des Energiesystems können ressourcen- oder energie-wirtschaftlicher Art sein. Angesichts der Erschöpflichkeit fossiler Energie-träger erscheint eine Umorientierung in Richtung auf regenerative Energie-quellen sinnvoll, und im Hinblick auf die Beschaffungssicherheit kann die Unabhängigkeit von sogenannten Krisenregionen, aber auch die Vorsorge vor zivilen oder gar militärischen Risiken von Kernenergie, ein sinnvoller Gesichtspunkt sein.

Veränderungen des Energiesystems müssen nicht nur einer Zielgröße – etwa der Reduktion von THG-Emissionen – genügen, sondern einer ganzen Reihe von Zielen. Ein Zielbündel für einen nachhaltigen Umbau des Ener-giesystems berücksichtigt Aspekte der Ressourcenverfügbarkeit (z.B. Beschaffungssicherheit) und des Energiesystems (z.B. Verlässlichkeit und Optionsoffenheit) ebenso wie Umweltaspekte (z.B. Emissionen und Flächenverbrauch).

Zieldimension	Konkretisierung
Ressourcenverfügbarkeit	Zeit sicherer Praxis, Beschaffungssicherheit
Energiesystem	Verlässlichkeit (Endverbraucher), Optionsoffenheit, Risikovermeidung
Umwelt	Klimawandel, Emissionen, Flächenverbrauch

Die Reduzierung der CO₂-Emissionen lässt sich als „Leitindikator“ für dieses Zielbündel verwenden, der einer notwendigen Bedingung entspricht und durch weitere Indikatoren (Flächenverbrauch, Optionsoffenheit u. ä.) als hinreichende Bedingungen ergänzt werden muss.

Um nachhaltige Innovation zu verstärken, sind Kenntnisse über Innovationsdeterminanten erforderlich. Ausmaß, Richtung und Geschwindigkeit der Innovationsaktivität in einer Volkswirtschaft hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, die zusammenfassend auch als „Nationales Innovations-system“ bezeichnet werden und die weit über die Forschungs- und Ent-wicklungspolitik hinaus bis hin zum Steuer- und Bildungssystem reichen. Im Zuge der europäischen Integration ist es in bestimmten Bereichen

inzwischen sinnvoller, von einem europäischen Innovationssystem zu sprechen. Diesen gesamten Kontext gilt es neu zu gestalten, wenn die Innovationsaktivität auf Umwelt- und Ressourcenschonung ausgerichtet werden soll. Notwendig erscheint hier eine innovationspolitische Doppelstrategie, die einerseits auf kurzfristige Wirkungen abzielt, andererseits aber auch längerfristig wirksame Weichenstellungen vornimmt.

Zur Operationalisierung der Nachhaltigkeitsziele werden zwei Konzepte vorgeschlagen: (1) Die *Zeit sicherer Praxis* geht davon aus, dass jede gesellschaftliche Tätigkeit daraufhin analysiert werden kann, wie lange sich diese hypothetischerweise unverändert fortsetzen ließe, bis sie (z.B. aus Gründen der Ressourcen-Reichweite, der Umweltbelastung etc.) an ihre eigenen Grenzen stieße. (2) Die *Trägheit* des Energiesystems lässt sich als jene Zeit definieren, die es benötigt, um ein System signifikant zu verändern. Für den Fall des heutigen, durch den Verbrauch fossiler Brennstoffe dominierten Systems wäre eine solche Veränderung zum Beispiel die Umstellung auf erneuerbare Energieressourcen.

Mit diesen Konzepten lässt sich das Ziel der Nachhaltigkeit folgendermaßen definieren:

- (1) Eine Praxis (z. B. eine Energiepraxis) ist dann nachhaltig, wenn die Zeit sicherer Praxis konstant bleibt oder wächst (Prinzip der konstanten Zeit sicherer Praxis).
- (2) Die Zeit sicherer Praxis muss größer sein als die Trägheit des betrachteten Systems.

Auf die Energie angewendet bedeutet dies, dass sich ein nachhaltiges Energiesystem auf zwei Pfeiler stützen muss: (1) Auf den effizienten Umgang mit Energie und (2) auf die vermehrte Nutzung der solaren Ressourcen. Aufgrund der heute bekannten Technologien könnte ein westlicher Lebensstandard mit einem Energieverbrauch von *2.000 Watt pro Person* (Durchschnittsdauerleistung) erreicht werden (der Verbrauch in den Industrieländern liegt heute zwischen 4.000 und 10.000 Watt pro Person). Dieser Bedarf könnte weitgehend durch erneuerbare Ressourcen gedeckt werden. Der *2000-Watt-Benchmark* bildet die Grundlage für die Strategie der Studie. Es gibt Anlass für die Annahme, dass genügend Zeit für einen solchen

Wandel bleibt, wenn er jetzt energisch in Angriff genommen wird. Das technische Potential ist, wie in drei exemplarischen Szenarien durchgeführt, vorhanden.

3 Strategie

In dieser Situation ist es *die zentrale politische Führungsaufgabe*, Energie wieder als strategische Priorität auf die Tagesordnung von Wirtschaft, Bürgern und Politik zu bringen. Diese Aufgabe hat zwei maßgebliche Dimensionen: eine Inhaltliche und eine Prozedurale. Die erste Dimension wird durch die Frage bestimmt: *Was* ist zu tun?, die zweite durch die Frage: *Wie* setze ich es durch, wie überwinde ich die einschlägigen Zielkonflikte?

Eine Strategie muss die Potentiale im Hinblick auf den 2000-Watt-Benchmark aktivieren, ohne an konfligierenden Zielen zu scheitern. Aus der in der Studie vorgenommenen Analyse lässt sich eine solche Strategie entwickeln, die durch ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Energieinnovationen geeignet ist:

1. Kern dieser Strategie ist die Beschleunigung nachhaltiger Energieinnovationen durch maßgeschneiderte Fördermaßnahmen für unterschiedliche Phasen ihres Lebenszyklus in Bezug auf ein Lernkurvenmodell. Zu Beginn des Lebenszyklus sollen Subventionen dazu beitragen, dass die Kostenvorteile der Skaleneffekte überhaupt erreicht werden können, indem Unternehmen sich rascher auf der „Lernkurve“ von Kostensenkungen bewegen. In einer späteren Phase sollen Selbstverpflichtungen als Verhandlungslösungen oder einseitige Selbstverpflichtungen der Industrie zu beschleunigter Marktdurchdringung führen. Es geht hier vornehmlich um energieeffiziente Technologien, die in der Phase der Markteinführung sind, d.h. es existieren Pilotprojekte und Demonstrationsvorhaben, aber es ist jetzt notwendig, die „early adapter“ zu gewinnen und industrielle Produktions- und Servicestrukturen durch größere Stückzahlen zu entwickeln. Diese Subventionen sind Anschubfinanzierungen. Es lässt sich nämlich zeigen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Kosten der saubereren Technik langfristig nicht über denen der alten Technik liegen.

Konkret wird für diesen Subventionsansatz auf das niederländische Modell der ‚Energieliste‘ zurückgegriffen. Durch eine jährlich aktualisierte Liste förderungswürdiger Techniken wird verhindert, dass eine Subventionierung länger als notwendig Bestand hat. Die in den Niederlanden gemachten Erfahrungen zur Überwindung von Informationsasymmetrien zur Minimierung von Mitnahmeeffekten und zur ausschließlichen Konzentration auf die wirklich innovativen Techniken müssen berücksichtigt werden.

2. Die Nachfrage sollte zusätzlich über staatliche Beschaffungsprogramme stimuliert werden. So könnte im Zuge der üblichen Neubau-, Modernisierungs- und Reparaturmaßnahmen innerhalb der nächsten 5–7 Jahre auf jedem dritten staatlichen Gebäude eine Photovoltaik-Anlage installiert werden.
3. Notwendig ist eine Ausweitung der Grundlagenforschung im Bereich der Energietechnologien, um einen ständigen Strom neuen Wissens – angefangen von der Kernfusion bis hin zur Solarenergie – zu gewährleisten. Diese Aufgabe fällt eindeutig in den Zuständigkeitsbereich der Regierung. Eine Reduktion der entsprechenden Förderung (6. Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration [2002-2006] der EU) ist eindeutig der falsche Weg.
4. Darüber hinaus sollte sich die Regierung im Bereich geeigneter Bildung und infrastruktureller Kompetenzbildung für neue Energietechniken engagieren.
5. In den Haushalten und im Bereich der Mobilität steigt der Gesamtverbrauch weiter an. Es stehen einige Ansätze zur Verfügung, mit denen sich die derzeitige Nachlässigkeit der Konsumenten beim Energieverbrauch beeinflussen ließe. Die Instrumente zur Regulierung der Haushalte als Hauptverursacher von Energieverbrauch, Emissionen und Abfällen sind wesentlich weniger gut entwickelt als im Industriebereich (z.B. die IVU-Richtlinie [IPPC-Directive] mit der Verpflichtung zur Nutzung der „besten verfügbaren Techniken“). Verbraucher sind nicht nur durch das Trittbrettfahrer-Dilemma eingeschränkt, sondern auch durch Informationsmängel, die sie daran hindern, fundierte Entscheidungen zu treffen. Hier kann eine wirksame und glaubwürdige

Kennzeichnung (Labeling) einschließlich eines „Greenpricing“ von Strom aus regenerativen Quellen für Abhilfe sorgen. Der geringe Erfolg bisheriger Ansätze lag in der Überflutung des Marktes mit Kennzeichnungen, so dass es selbst staatlichen Kennzeichnungen nicht wirklich gelang, den Unterschied zwischen nachhaltigen und nicht nachhaltigen Produkten deutlich zu machen. In einigen Fällen ist dies auf Lobbyarbeit der Industrie zurückzuführen, in anderen auf einen Mangel an brauchbaren Unterscheidungskriterien.

6. Es könnte vielversprechender sein, zur Beschleunigung der Diffusion von Energieinnovationen in Haushalten auf „gesellschaftliche und organisatorische Innovation“ zu setzen. Eine solche Innovation ist das Experiment von Versorgungsunternehmen – häufig in einer Partnerschaft zwischen öffentlichen Institutionen und Unternehmen –, sich als Dienstleister zu positionieren. Ein solcher Schritt befreit sie von dem Zwang, immer mehr Energie verkaufen zu müssen. Statt dessen können sie profitable Dienstleistungen für einen effizienten Energieverbrauch anbieten.
7. Im Verkehrsbereich müssen die im Vergleich zu Pkw und Lkw energieeffizienteren Verkehrsträger komfortablere und schnellere Logistik- oder Mobilitätsketten aufbauen, um wettbewerbsfähig sein zu können. Höhere Marktanteile lassen sich nicht mit Verbesserungen der einzelnen Komponenten, sondern nur mit einer Überarbeitung des gesamten Transportprozesses erreichen. Dies erfordert innovative Pakete, beispielsweise die Verknüpfung des Eisenbahnverkehrs mit Car-Sharing und Informationsdiensten.
8. Aber auch hier darf man nicht ausschließlich auf die Technologieentwicklung schauen: Mindestens genauso wichtig ist die Kompatibilität mit bestehenden Infrastrukturen und Prozessen sowie die Integration in das Stromnetz, sowohl auf der lokalen (um diskontinuierliche Ressourcen wie Wind zu kompensieren) als auch auf der europäischen Ebene (beispielsweise im Winter mit Wasserkraft gewonnene Energie aus Skandinavien in den Süden und im Sommer photovoltaisch gewonnene Energie aus Italien in den Norden).

9. Dem Thema Energie muss auf allen politischen Ebenen wieder höchste Priorität eingeräumt werden.
10. Neue Institutionen werden skeptisch beurteilt. Im Gegensatz zu spezialisierten Behörden, angefangen von der Zentralbank bis hin zu einer Kartellbehörde, betrifft die Nachhaltigkeit jeden Lebensaspekt und kann nicht vom Kern demokratischer Politik getrennt werden. Es reicht im Allgemeinen, bestehende Institutionen zu vernetzen, um das Konzept nachhaltiger Entwicklung in ihre speziellen Aufgabenbereiche zu integrieren. Deshalb schlagen wir die Bildung einer „Allianz für nachhaltige Energieinnovationen“ vor.
11. Nachhaltige Energieinnovationen sind Voraussetzung für die Entwicklung von Energiesystemen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Die wichtigsten Besonderheiten betreffen den Mangel an Kompetenz und Infrastruktur, das begrenzte kommerzielle Energieangebot und den ineffizienten Verbrauch, insbesondere von Holz. Viele moderne Techniken der Energiegewinnung aus regenerativen Quellen, insbesondere aus Windkraft, Biomasse und Sonnenenergie sollten in diesen Ländern eingesetzt werden. Bevor sie jedoch in der Praxis von Belang sein können, müssen Kompetenzen und Infrastruktur aufgebaut werden. Im dünn besiedelten ländlichen Raum außerhalb der Städte sind die dezentralen Technologien in vielen Fällen wesentlich sinnvoller als zentrale Versorgungen. Aber auch hier sind umfangreiche und gezielte Maßnahmen notwendig.

Chemische Industrie und Klimaschutz

Jörg Rothermel

1 Bedeutung der Chemischen Industrie in Deutschland

Die Chemische Industrie ist mit ca. 1.750 Unternehmen, derzeit rund 470.000 Beschäftigten und mehr als 130 Mrd. Euro Umsatz eine der größeren Industrien in Deutschland. Mit rund 80 Großunternehmen über 1.000 Beschäftigten ist sie eher mittelständisch orientiert. Der größere Teil des Umsatzes wird im Ausland getätigt.

2 Energieeinsatz in der Chemischen Industrie

Die Chemische Industrie ist neben der Stahlindustrie der größte deutsche Energiekonsument. Aufgrund des hohen Energiebedarfs ist eine sichere und preisgünstige Versorgung unabdingbar. Jeglicher Einfluss politischer Maßnahmen, die sich preiserhöhend auf die Energie auswirken, hat unmittelbar negative Konsequenzen für die Wettbewerbsfähigkeit dieses exportorientierten Industriezweiges.

54% der benötigten Energie wird in eigenen Kraftwerken und Dampferzeugern selbst produziert. Davon wird bereits mit über 70% der größte Anteil aus der CO₂-armen Verbrennung von Erdgas gewonnen. Mit fast 20% nimmt die Verbrennung von Heizöl die zweite Stelle ein. Steinkohle hat mit weniger als 10% nur noch eine untergeordnete Rolle, der Anteil der Braunkohle ist mit 14 % verschwindend gering. 46% des Energiebedarfs wird durch den Bezug von Elektrizität aus der öffentlichen Versorgung gedeckt.

Der durchschnittliche Energieanteil in der Produktion beträgt 9%, wobei dieser Anteil von weniger als 1% bei hoch veredelten Produkten (z.B. Pharmaprodukten) bis über 40% bei Grundstoffchemikalien variieren kann. Insbesondere die extrem energieintensive Grundstoffchemie ist auf eine transparente und langfristige kalkulierbare Energiepolitik angewiesen.

3 Klimaschutz in der Chemischen Industrie

Klimaschutz ist kein neues Thema für die Chemische Industrie. Es wurde nur lange Zeit nicht als solches bezeichnet. Aufgrund der hohen Energieintensität war die Chemische Industrie schon sehr früh bemüht, den Energieeinsatz aus rein ökonomischen Gründen zu optimieren. So ist bereits seit den 60er Jahren eine deutliche Entkopplung von Energieeinsatz und Produktion zu beobachten. Während sich seit dieser Zeit die Produktion fast verfünffacht hat, ist der Brennstoff- und Stromverbrauch nahezu konstant geblieben. Aufgrund der optimierten Energieerzeugung und der Umstellung vor allem von Kohle auf Gas wurde trotz stabilen Energieverbrauchs der CO₂-Ausstoß deutlich gesenkt. Die Verbesserung des spezifischen Energieeinsatzes ist jedoch eine endliche Größe, da die energiefreie chemische Produktion nie existieren kann.

Die eigentlichen Klimaschutzaktivitäten der Chemischen Industrie in Deutschland begannen nach der Rio-Konferenz im Jahre 1992 und lange vor der COP-3¹ in Kyoto. Die 1994 in Kraft getretene Klimarahmenkonvention animierte die Bundesregierung zu Überlegungen über politische Maßnahmen und Regelungen zum Klimaschutz in Deutschland vor allem für den industriellen Bereich. An oberster Stelle standen dabei zunächst eine Wärmenutzungsverordnung und fiskalische Maßnahmen sowie eine künstliche Verteuerung des Energiepreises durch einen Ökosteuerzuschlag. Sowohl an der Effizienz ordnungsrechtlicher Regelungen in diesem Bereich als auch an der von fiskalischen Steuerungen bestanden in der Industrie schon immer klassische Zweifel. Aus diesem Grund hat sich die Chemische Industrie schon frühzeitig nach möglichen wirksamen Alternativen umgesehen.

Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen bei der Entkopplung von Energieeinsatz und Produktion konnte 1995 eine realistische Abschätzung getroffen werden, wie die Entwicklung unter Berücksichtigung eines aktiven Klimaschutzprogramms weitergeführt werden könnte.

¹ Conference of the Parties (to the UN Framework Convention on Climate Change).

Dies hat dann in der Folge zu einem Angebot für eine freiwillige Selbstverpflichtung zum Klimaschutz an die Bundesregierung geführt. Die Bundesregierung hat dieses Angebot erstmals 1995 im Vorfeld der COP-1 in Berlin akzeptiert. Diese erste Selbstverpflichtung, die sich noch auf das Basisjahr 1987 bezog, wurde bereits 1996 aktualisiert, den Diskussionen angepasst und in die Gesamt-Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft zum Klimaschutz integriert. Die im Jahr 2001 erneut angepasste Selbstverpflichtung hatte 1996 die Ziele zum Inhalt, zwischen 1990 und 2005 den spezifischen Energieverbrauch wie auch die energetisch bedingten CO₂-Emissionen um über 30% zu reduzieren. In absoluten Zahlen bedeutet dies eine Reduktion der CO₂-Emissionen von mehr als 65 Mio. t im Jahr 1990 auf ca. 45 Mio. t im Jahr 2005. Mit dieser Reduktion um mehr als 20 Mio. t alleine beim CO₂ trägt die deutsche Chemische Industrie mehr zum globalen Klimaschutz bei als viele europäische Länder.

Das Monitoring, das die Selbstverpflichtung begleitet, zeigte, dass bereits im Jahre 2000 die Ziele erreicht bzw. sogar übertroffen wurden. Der aktuellste RWI-Monitoringbericht² für das Jahr 1999 macht deutlich, dass die Chemische Industrie neben der Stahlindustrie den höchsten absoluten Minderungsanteil in Deutschland im produzierenden Gewerbe aufweisen kann. Insgesamt haben die Branchen des produzierenden Gewerbes bis zum Jahr 1999 mehr als 50 Mio. t reduziert und tragen damit zusammen mit der Energiewirtschaft zum großen Teil die in Deutschland nachweisbaren Klimagasreduktionen.

Die Zielerreichung im Jahr 2000 und die Anforderungen des Kyoto-Protokolls, auch andere Treibhausgase zu betrachten und Ziele bis 2012 zu formulieren, haben dazu geführt, dass die Selbstverpflichtung im Jahr 2001 erneut aktualisiert und in die Klimaschutzvereinbarung der Wirtschaft mit der Bundesregierung vom November 2000 eingebracht wurde. In dieser neuen Selbstverpflichtung wurde das Ziel der Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs auf –35 bis –40% bis zum Jahr 2012 – bezogen auf das

² RWI: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.

Basisjahr 1990 – verschärft. Außerdem wurde Lachgas (N_2O) als weiteres Treibhausgas in die Betrachtung der Chemischen Industrie einbezogen und das Minderungsziel für die Emission aller relevanten Treibhausgase auf –45 bis –50% angehoben.

4 Relevante Treibhausgase in der Chemischen Industrie

Neben CO_2 führt das Kyoto-Protokoll fünf weitere Treibhausgase auf, deren Emissionen kontrolliert bzw. gemindert werden sollen: Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC), vollständig (per-)fluorierte Kohlenstoffe (PFC) sowie Schwefelhexafluorid (SF_6). Diese Treibhausgase, deren Emissionsmengen zwar insgesamt deutlich niedriger liegen als die von CO_2 , zeichnen sich dadurch aus, dass ihr sog. Treibhausgaspotential oder „Global Warming Potential“ (GWP) um Größenordnungen höher liegt als das von CO_2 . Diese GWP reicht von 21 bei Methan, über 310 bei Lachgas, bis in Größenordnungen von 1.000 bis über 20.000 bei den fluorierten Gasen. Dies bedeutet z.B. im Falle von SF_6 mit einem GWP von 23.900, dass eine Tonne SF_6 die gleiche Treibhauswirkung hat wie 23.900 Tonnen CO_2 .

Methanemissionen spielen in der Chemischen Industrie keine große Rolle. Dafür ist die Chemische Industrie einer der größten N_2O -Emittenten in Deutschland. Insbesondere bei der Produktion von Adipinsäure und von Salpetersäure entstehen die Emissionen dieses natürlichen Luftbestandteils. Im Jahr 1990 wurden nach Darstellungen des Umweltbundesamtes noch ca. 80.000 t dieses Gases emittiert, was bei einem GWP von 310 fast 25 Mio. t CO_2 -Äquivalenten entsprach. Durch eine freiwillige, d.h. nicht aufgrund von gesetzlichen Vorgaben induzierte, aufwendige Abgasreinigung bei den relevanten Produktionen konnten diese Emissionen deutlich gesenkt werden.

Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC) stellen die derzeit wirkungsvollsten Ersatzstoffe für die als Ozon-schädigend bekannten FCKW und HFCKW dar, deren Anwendung inzwischen durch das Montreal-Protokoll verboten bzw. stark eingeschränkt ist. Die Chemische Industrie ist Produzent dieser Stoffgruppe und in geringerem Maße selbst Anwender. Die Hauptanwendungsbereiche erstrecken sich auf den Einsatz als Kühl-/

Kältemittel, als Treibgase bei der Schaumstoffherstellung und als Treibgase bei Aerosolen. Insgesamt macht der Emissionsanteil in CO₂-Äquivalenten in Deutschland gerechnet nur ca. 1% aus und wird auch bei breitflächigem Ersatz der heute noch verwendeten HFCKW nach realistischen Abschätzungen den Anteil von 2% nicht überschreiten.

Die Chemische Industrie stellt auch die hauptsächlich in der Halbleiterindustrie verwendeten perfluorierten Kohlenstoffe (PFC) her. Die Emissionen dieser Stoffgruppe in Deutschland haben eine noch geringere Bedeutung als die der HFC.

Ebenso stellt die Chemische Industrie das im zum größten Teil heute noch als Schallschutzgas und als Schutzgas im Hochspannungsbereich verwendete Schwefelhexafluorid her.

5 Maßnahmen zum Klimaschutz

Das mit Abstand wichtigste Treibhausgas in der Chemischen Industrie ist nach wie vor CO₂, das im Wesentlichen durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Dabei ist die Menge des pro Energieeinheit emittierten CO₂ vom Kohlenstoffgehalt im Verhältnis zum Wasserstoffgehalt des Brennstoffes abhängig. Den ungünstigsten Emissionsfaktor, d.h. Tonnen CO₂ pro Gigajoule (GJ) Brennstoff-Input weist die Braunkohle mit einem Faktor von 108 auf. Den günstigsten Faktor besitzt Erdgas mit 57, die Brennstoffe Steinkohle und Heizöl bewegen sich dazwischen. Durch eine Umstellung der Energieerzeugung von Braunkohleverbrennung auf Erdgas wird der CO₂-Ausstoß demnach fast halbiert. Dies war einer der wesentlichen Reduktionsfaktoren in der Chemischen Industrie insbesondere in den östlichen Bundesländern.

Neben dem Brennstoffwechsel ist jedoch auch bereits eine deutliche Emissionsreduktion allein durch die Verbesserung von Wirkungsgraden bei der Energieerzeugung möglich. Während alte Kohle- und Braunkohlekraftwerke noch mit Wirkungsgraden um 20% arbeiteten, haben moderne Kohlekraftwerke doppelt so hohe Wirkungsgrade; d.h., dass auch dort bei gleicher Energieerzeugung nur noch die Hälfte an Emissionen auftritt.

Eine weitere Möglichkeit der Effizienzsteigerung ist die gleichzeitige Nutzung der erzeugten Wärme für die Stromerzeugung und für Heiz- bzw. Produktionszwecke durch sog. Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen). Die Chemische Industrie ist ein klassischer Bereich, in dem gleichzeitig hohe Mengen Strom und Dampf benötigt werden. Aus diesem Grund ist die gekoppelte Erzeugung von Strom (Verbrennungsgase treiben eine Turbine zur Stromerzeugung an) und Wärme (die Verbrennungsgase werden dann über einen Wärmetauscher zur Dampferzeugung genutzt) besonders in dieser Industrie sinnvoll. Mit dieser Technologie können Wirkungsgrade, d.h. der Grad für die Nutzung der in einem Brennstoff steckenden Energie, auf deutlich über 70% angehoben werden. Der Anteil der über KWK erzeugten Eigenenergie in der Chemischen Industrie beträgt heute schon fast 90%.

Neben der Energieerzeugung stecken aber auch große Reduktionspotentiale in der effizienteren Nutzung der riesigen Energiemengen der Chemischen Industrie. Hier wurden vielerlei Maßnahmen ergriffen: Über bessere Wärmeführungen bei Produktionsprozessen, der Nutzung von Dampfkaskaden von Dampf mit hohem Druck und hoher Temperatur zu Dampf mit niedrigem Druck und niedriger Temperatur, der Übertragung von Wärme aus exothermen Prozessen auf Prozesse, die Wärme benötigen bis hin zum Einsatz effizienterer Pumpen und Rührwerke trugen zahlreiche Maßnahmen zur Energie- und CO₂-Reduktion bei.

Auch durch Umstellungen der Produktionsprozesse selbst ist es möglich, den notwendigen Energieeinsatz zu optimieren. So kann durch den Einsatz von Katalysatoren oftmals die Reaktionstemperatur und damit der Energiebedarf deutlich gesenkt werden. Ein besonders illustratives Beispiel für Energieeinsparung bei einem chemischen Prozess ist die Umstellung des Amalgam-Verfahrens auf das sog. Membranverfahren zur Herstellung von Chlor und Natronlauge. In einer Anlage zur Herstellung von 300.000 t Chlor und 340.000 t Natronlauge pro Jahr ist es so gelungen, den Energieeinsatz um 25% zu reduzieren und damit 100.000 t CO₂ einzusparen. Zudem haben die Investitionen von 120 Mio. Euro dazu geführt, dass keine Quecksilberemissionen mehr hingenommen werden müssen.

6 Produkte der Chemischen Industrie im Klimaschutz

Die Chemische Industrie kann auch eine weite Palette von Produkten anbieten, die dabei helfen können, anderen Bereichen der Energieeinsparung zu dienen. Zu nennen sind hier vor allem Dämmmaterialien für Häuser, die bei einer umfangreichen Altbauämmung in Deutschland zu einer zusätzlichen Reduktion von mehr als 40 Mio. t CO₂ beitragen könnten. Hier macht der Begriff „3-Liter-Haus“ bereits die Runde.

Extrem leichte Kunststoffmaterialien und neue Werkstoffe für den Fahrzeugbau ebneten den Weg für das sog. „Drei-Liter-Auto“. Der Verkehrsbereich stellt in Deutschland das Problemkind beim Klimaschutz dar, da dort die Emissionen seit 1990 um ca. 12% angestiegen sind.

Mit den HFKW³ liefert die Chemische Industrie effiziente Ersatzstoffe für die Ozon-schädigenden FCKW und HFCKW, die den erforderlichen Sicherheitsanforderungen genügen und zudem eine optimale Energienutzung gewährleisten.

7 Rohstoffbasis der Chemischen Industrie

Nach wie vor liefert das Erdöl die wesentliche Rohstoffbasis für die Produktion in der Chemischen Industrie. Der rohstoffliche Einsatz von fossilen Kohlenstoffquellen beträgt ca. 35 Mio. t Steinkohleeinheiten pro Jahr gegenüber ca. 14,5 Mio. t für den energetischen Einsatz. Auch der stofflich genutzte Kohlenstoff gelangt am Ende der Lebenskette der daraus hergestellten Produkte durch Verrottung oder Verbrennung als CO₂ in die Atmosphäre. Hier gibt es weitere Einsparpotenziale durch die Nutzung von CO₂-neutralen nachwachsenden Rohstoffen. Heute werden erst ca. 10% der Rohstoffe der Chemischen Industrie aus nachwachsenden Quellen wie Ölen, Fetten, Stärke oder Cellulose gespeist.

Die Chemische Industrie benötigt sichere, in der Qualität konstante und aus Gründen des harten Wettbewerbs möglichst preisgünstige Rohstoffe. Solen nachwachsende Rohstoffe die fossile Basis mittel- und langfristig stär-

³ Gleichbedeutend mit HFC.

ker ersetzen, ist eine intensive Forschung notwendig, da diese Rohstoffe die vorher genannten Anforderungen nur unzureichend erfüllen. Hierzu ist vor allem eine organisierte und konstante Förderung der Grundlagenforschung notwendig.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Chemische Industrie hat als energieintensive Industrie in der eigenen Produktion erhebliche Anstrengungen zur Energieeffizienz und damit zum Klimaschutz unternommen. Die Potentiale zur Verbesserung der Energieeffizienz in der eigenen Produktion sind aus heutiger Sicht jedoch weitgehend erschöpft.

Die Chemische Industrie steht als exportorientierte Industrie in einem extrem harten Wettbewerb mit Ländern, die heute (noch) keinen politischen Klimaschutzvorgaben unterliegen. Dazu gehören neben den wichtigen industriellen Schwellenländern wie China und anderen ostasiatischen Staaten auch die größte Wirtschaftsmacht USA. Hier wird in erster Linie eine – hinsichtlich der Wettbewerbsbedingungen – international abgestimmte Klimaschutzpolitik benötigt.

Die Chemische Industrie trägt mit ihren Produkten in erheblichem Maße zum Klimaschutz in anderen Bereichen, wie Haushalten und Verkehr bei. Zur weiteren Entwicklung solcher Produkte wird eine forschungsorientierte und innovationsfreundliche Politik benötigt.

Die Chemische Industrie deckt ihren Rohstoffbedarf noch weitestgehend aus fossilen Kohlenstoffquellen. Zur verstärkten Nutzung von nachwachsenden, d.h. CO₂-neutralen Quellen bedarf es einer fundierten und stabilen Förderung im Grundlagenbereich.

Reduzierung der transportbedingten CO₂-Emissionen im Bereich Transport und Verkehr

Peer Seipold

Umweltschutz ist bei Otto (GmbH & Co KG) als ein wesentliches Unternehmensziel seit 1985 auf Vorstandsebene verankert. Die systematische Umsetzung erfolgt durch ein Umweltmanagementsystem gemäß ISO 14.001, das sowohl Mitarbeiter wie Entscheidungsträger des gesamten Unternehmens einbezieht. Gerade die praxisorientierte Durchdringung relevanter Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen auf allen Ebenen des Unternehmens ist ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg und zur Erfüllung der durch das Unternehmen formulierten Umweltziele.

1 Einführung

Seit Jahren setzt sich das Unternehmen Otto mit den Prinzipien der Nachhaltigkeit auseinander. Ziel ist es hierbei, Aspekte der Ökonomie, Ökologie und der Sozialverantwortung miteinander in Einklang zu bringen und die hierbei entstehenden Synergien zu nutzen. Dies bezieht sich nicht nur auf Einkauf und Vertrieb von Textilien und Hartwaren (Optimierung von Wertschöpfungsketten, Umwelt- und Sozialverantwortung), auf Verpackungen (Mehrweglösungen), auf standortbezogene Fragestellungen (Entsorgung, Energie) sowie auf die Papiere für die Versandkataloge (Recycling, Herkunftsnachweise), sondern insbesondere auch auf alle Bereiche der Transportlogistik, um hierbei maßgeblich den Aspekt der Klimarelevanz zu berücksichtigen.

An der ökologischen Optimierung bestehender Transportprozesse soll nachfolgend die Umsetzung des Nachhaltigkeitsprozesses bei Otto exemplarisch skizziert werden.

2 Reduzierung der transportbedingten CO₂-Emissionen

Otto hat sich im Bereich Transport und Verkehr zum Ziel gesetzt, durch verschiedene Strategien, wie der Verlagerung des Verkehrs auf alternative umweltfreundliche Verkehrsträger oder den Einsatz neuester Technologien,

die transportbedingten Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂) bis zum Jahr 2005 um 45% auf der Basis von 1993 zu reduzieren.

Für die Erreichung der angestrebten Emissionsreduzierung wurden sechs maßgebliche strategische Stoßrichtungen definiert (Abb. 1) und mit entsprechenden Maßnahmen hinterlegt.

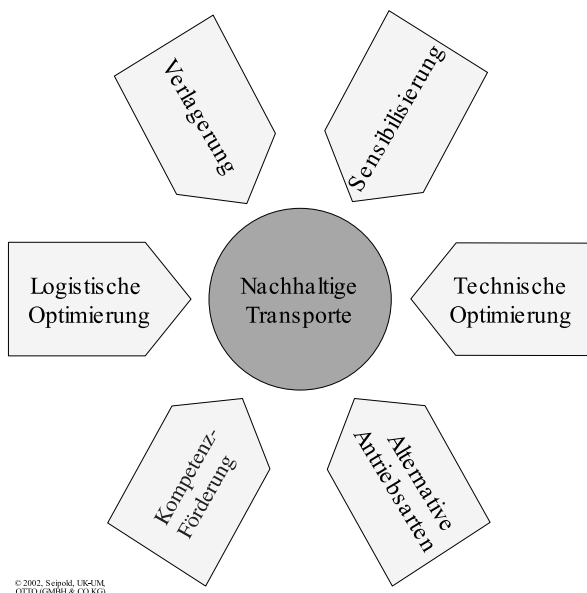


Abb.1: Strategische Stoßrichtungen im Bereich Transport und Verkehr

3 Beispiele für die erfolgreiche Umsetzung der Strategien

3.1 Verlagerung internationaler Wareneingänge aus Übersee

Der Transport einer Tonne (t) Fracht mit dem Flugzeug von Hongkong nach Hamburg verursacht ca. 6 t CO₂-Emissionen. Bei einem Transport mit dem Seeschiff fallen hingegen nur 0,4 t CO₂ an. Das entspricht einer nahezu 93%-igen CO₂-Reduktion durch die Verlagerung der Transporte auf den Seeweg. Eine weitere Alternative für die Verlagerung von Wareneingängen aus den Fernostmärkten stellen die Sea/Air-Kombiverkehre dar. Hierbei erfolgt der Transport aus den Fernostmärkten auf dem Seeweg bis nach

Dubai und von dort mit dem Flugzeug weiter nach Deutschland. Durch diese Maßnahme halbieren sich die CO₂-Emissionen des Fernost-Europa-Verkehrs pro transportierte Tonne Fracht um ca. 45% gegenüber den reinen Luftfrachttransporten. Die Transportzeit verkürzt sich gegenüber den reinen Seetransporten um ca. 10 Tage. Allein durch Nutzung der Sea/Air-Variante konnten die Transportkosten zwischen 1999 und 2002 um insgesamt 2,4 Mill. Euro reduziert werden.

Bezogen auf die Transportleistung (tkm) wurden im Geschäftsjahr 2002 ca. 70 % aller Warentransporte im Wareneingang per Seeschiff oder mit dem kombinierten Sea/Air-Transport disponiert.

3.2 Technische Optimierung der internationalen und europäischen Wareneingänge

Durch die technische Optimierung bei den Flugtransporten, das heißt durch die gezielte Nutzung von Transportdienstleistern mit modernstem Fluggerät (Class-A-Carrier), konnten die CO₂-Emission der internationalen Wareneingänge in 2002 tonnagebereinigt um 5.100 t gegenüber dem Vorjahr reduziert werden. Die ökologische Effizienz, d.h. das Verhältnis zwischen Fracht in Tonnen bzw. der Sendungsanzahl zu den verursachten CO₂-Emission in Tonnen (siehe hierzu Abb. 2), verbesserte sich im gleichen Zeitraum um 5%.

$$\text{Ökologische Effizienz} = \frac{\text{Frachtgewicht}(t) \text{ bzw. Sendungen}(SE)}{CO_2(t)}$$

Abb. 2: „Ökologische Effizienz“ als wichtige Kennzahl für die Beurteilung der Optimierungsarbeit

3.3 Verlagerung im Warenausgang

Auf der Strecke Hamburg–München wird mit dem Parcel InterCity (PIC) die Bahn als Alternative zum Transportmittel Lkw genutzt. Der Parcel InterCity erfüllt dabei durch seine hohe Durchschnittsgeschwindigkeit die engen Zeitvorgaben im Versandhandel und ermöglicht den schnellen Warentransport zu fünf Depots in Süddeutschland. Bei vergleichbaren Kosten ist die ökologische Effizienz des Zuges auf dieser Strecke ca. 150% höher als bei Lkw-Transporten.

3.4 Technische Optimierung und Fahrerschulung in der Distribution

Der Hermes Versand Service (HVS), ein Unternehmen der Otto Gruppe, nutzt für die Warenanlieferung zum Kunden unter anderem 6 Erdgasfahrzeuge. Mehrjährige Versuche mit einem wasserstoffbetriebenen Transportfahrzeug sowie mit einem Brennstoffzellenfahrzeug für die Zustellung wurden ebenfalls bereits erfolgreich durchgeführt. Die Verwendung von Leichtlauf-Motorenölen, rollwiderstandsoptimierten Reifen bei allen Fahrzeugen der Hermes-Flotte sowie die Durchführung von ökologischen Fahrerschulungen stellen weitere effektive Schritte zur Reduzierung der transportbedingten CO₂-Emissionen dar. Das Ergebnis: Zwischen 1994 und 2002 haben diese Maßnahmen bei HVS zu einer Entkopplung im Anstieg der CO₂-Emissionen und der Sendungszahlen geführt. Diese Steigerung lässt sich anschaulich mittels der ökologische Effizienz darstellen (siehe Abb. 3).

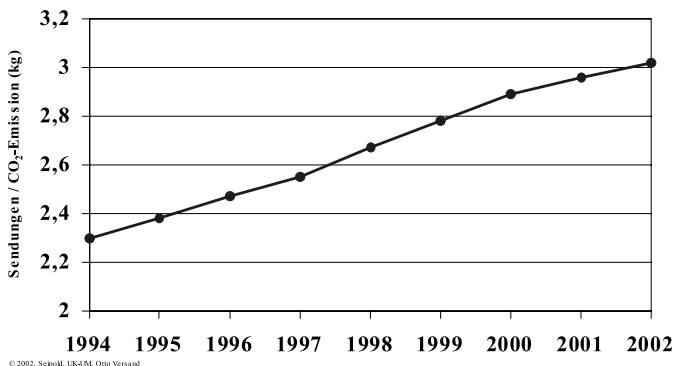


Abb. 3: Steigerung der ökologischen Effizienz beim Hermes Versand Service um 31%

4 Erfolge: Reduktion der transportbedingten CO₂-Emissionen um 40% in 2002

Im Jahr 2002 wurden die transportbedingten CO₂-Emissionen gegenüber 1993 tonnagebereinigt um insgesamt 90.894 t gesenkt. Trotz eines leichten

Anstiegs der Emissionen gegenüber dem Vorjahr, in Folge einer Zunahme der Flugtransporte bei den internationalen Wareneingängen aus Fernost und durch eine Erhöhung der Warenausgangstransporte, konnten die transportbedingten Emissionen der Otto (GmbH & Co KG) gegenüber dem Basisjahr 1993 tonnagebereinigt um nahezu 40% gesenkt werden.

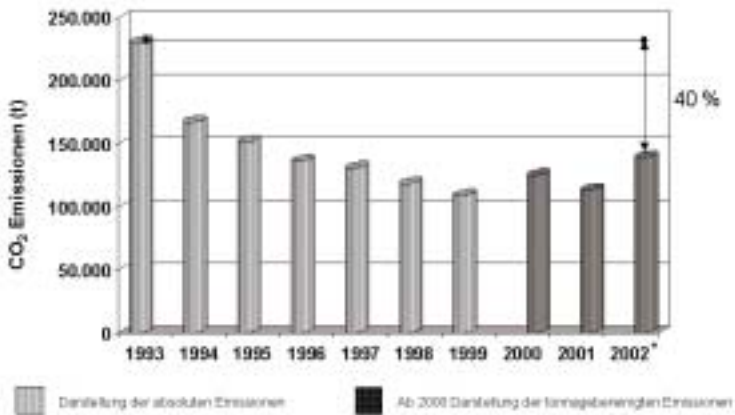


Abb. 4: Reduzierung der transportbedingten CO₂-Emissionen der Otto (GmbH & Co KG) gegenüber 1993

Potentiale im Finanzdienstleistungsbereich

Michael Rumberg

Wissenschaftler haben nachgewiesen, dass das globale Klimasystem sich verändert. Indizien für die Klimaveränderung sind zum Beispiel die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur und der Anstieg der Oberflächentemperatur der Ozeane. Nach Meinung der Wissenschaftler werden die Auswirkungen der Klimaänderung in Zukunft noch deutlicher sichtbar werden. Der prognostizierte Klimawandel stellt somit ein ökologisches, wirtschaftliches, gesellschaftliches und geopolitisches Risiko dar.

Mit Blick auf die immer deutlicher werdenden Warnsignale wurde globales Handeln nötig. So wurde 1997 im Zuge der Verhandlungen zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen ein rechtsverbindliches Abkommen, das Kyoto-Protokoll, verabschiedet. Im Rahmen der Umsetzung und Ausgestaltung des Kyoto-Protokolls wurde die EU-Richtlinie, die einen verbindlichen Emissionshandel für definierte Branchen ab dem Jahr 2005 vorsieht, entwickelt. Bei der Erfüllung der im Kyoto-Protokoll festgelegten Reduktionsverpflichtungen ist vorgesehen, dass auch marktwirtschaftliche Ansätze, wie sie in der Umweltökonomie seit Jahrzehnten diskutiert werden, zum Einsatz kommen sollen.¹ Zum einen soll durch eine projektbezogene Kooperation zwischen Staaten – Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) genannt – eine Emissionsreduktion erzielt werden. Zum anderen können Industrienationen im Rahmen des Emissionshandels – basierend auf einer festgelegten Obergrenze an Emissionen – mit Emissionsrechten handeln. Diese flexiblen Instrumente eröffnen neue Möglichkeiten, Emissionsreduktionsverpflichtungen kosteneffizient zu erfüllen und schaffen gleichzeitig einen Markt für innovative Produkte und Dienstleistungen im Klimasektor.

¹ vgl. z. B. WICKE, L. (1993) *Umweltökonomie*, Vahlen Verlag, München oder: SIMONIS, U. E. (1996) *Elemente einer globalen Umweltpolitik – eine institutionell-ökonomische Perspektive*. In: KASTENHOLZ, H. G. et al. (Hrsg.) *Nachhaltige Entwicklung*, Springer Verlag, Berlin.

In der produzierenden Industrie stößt die erwartete Entwicklung dieses neuen Marktes auf ein geteiltes Echo. Während ein Teil der Unternehmen dies als Chance sieht, sehen andere Unternehmen mit der Umsetzung einer Klimaschutzpolitik weitere Kostenbelastungen auf sich zukommen. In verschiedenen Publikationen wird darauf verwiesen, dass insbesondere Unternehmen aus dem Bereich Finanzdienstleistung von den neuen Geschäftsmöglichkeiten profitieren werden, indem sie Kunden adäquate Finanzierungs- und Sicherungslösungen anbieten.²

Ein Blick in die Praxis zeigt, dass verschiedene Finanzdienstleister die internationalen politischen Maßnahmen zum Klimaschutz unterstützen, Produkt-Prototypen entwickeln und Pilotprojekte durchführen.³ Sie sind an einer Umsetzung der Vorgaben des Kyoto-Protokolls und einem Funktionieren der Flexiblen Mechanismen interessiert. Wird mit diesem Engagement die These, dass sich für Finanzdienstleister unternehmerisches Handeln und Klimaschutz hier verbinden, verifiziert?

Aufgrund des „Klimamarktes“ ergeben sich zur Zeit für Finanzdienstleister folgende Geschäftsfelder:

- Beratungsleistungen
- Projektentwicklung
- Investment
- Brokerage and Trading
- Versicherungsleistungen
- Zertifizierung

² vgl. JANSSEN, J. (1998) Internationaler Klimaschutz: Unternehmerische Potentiale. UmweltWirtschaftsForum, 6. Jg. Heft 4, Springer-Verlag; DEUTSCHE BANK (2001) Handel mit Kyoto-Rechten – Neue Geschäftsoptionen für Banken und Brokerhäuser? Deutsche Bank Research – Aktuelle Themen, Nr. 221.; SURMINSKI, S. (2002) Emissionshandel – ein interessanter Markt für Versicherer? In: Zeitschrift für das Versicherungswesen Nr. 17/1.

³ vgl. NICOLLS, M. (2001) Swiss Re commits to carbon market. In: Environmental Finance, März 2001; RUMBERG, M. (2001) New business opportunities – the breakthrough in Marrakech challenges innovative companies. E-mission55 Newsletter, Issue 2. www.emission55.com.; DRESDNER BANK (2002) Auktion für den Klimaschutz: Dresdner Bank zieht positives Fazit des „Hessen-Tenders“ – Pressemitteilung 17.12.2002, www.dresdner-bank.de; INNOVEST (2002) Climate Change and the Financial Services Industry. Paper prepared for the UNEP Financial Initiatives Climate Change Working Group.

Drei dieser potentiellen Geschäftsfelder sollen im Folgenden näher beleuchtet werden: Erstens der Bereich des Investments, zweitens mögliche Versicherungslösungen und drittens Ansätze für Zertifizierungstätigkeiten.

Unter dem Begriff Investment bestehen für Finanzdienstleister unter anderem im Bereich der Direktinvestition Ansatzmöglichkeiten. Durch eine direkte Investition in Projekte kann sowohl ein rein finanzieller als auch ein mit Zertifikaten versehener Rückfluss erfolgen. Erste Erfahrungen mit Projekten zeigen, dass dabei allerdings eine erhebliche Vorlaufzeit und der Aufbau eines spezifischen „Know-how“ von Seiten des Finanzdienstleisters bezüglich der Erfüllung der an internationale Klimaschutzprojekte gestellten Forderungen vonnöten ist. Des Weiteren bietet sich die Möglichkeit, unter dem Aspekt der Projektfinanzierung eine Finanzdienstleistung zu erbringen. So hat die italienische Bank San Paolo Imi im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes ein erweitertes Projektfinanzierungsinstrument entwickelt, das Finanzströme auch hinsichtlich der Emissionsreduktionen und ihres daraus resultierenden geldwerten Vorteils erfasst. Schließlich bietet sich die Möglichkeit, durch Auflage eines Fonds, Risiken für den Fondsverwalter, aber auch für die einzahlenden Unternehmen zu minimieren. Erste Ansätze hierzu sind auf staatlicher bzw. zwischenstaatlicher Ebene mit den Klimaschutzfonds der Weltbank und dem ERUPT/CERUPT-Programm der Niederlande bereits erfolgt.⁴ Auf nationaler Ebene plant die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) die Auflage eines Klimaschutzfonds. Ein Fondskonzept der Schweizer Bank UBS – entwickelt über zwei Jahre – kam aus strategischen Gründen nicht zur Umsetzung.

Die relativ zögerliche Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen im Investmentbereich – wie sie das Beispiel UBS zeigt – ist einem unsicheren Markt mit unklaren Rahmenbedingungen geschuldet, an dem über den zukünftigen Zertifikatspreis, die Gültigkeit der aus einzelnen Aktivitäten entstehenden Zertifikate und ihre Kompatibilität zueinander sowie deren Werthaltigkeit nur begrenzt gesicherte Informationen zur Verfügung stehen. Außerdem hat das Transaktions- und Projektvolumen noch keine signifikante Größe erreicht. Da die Auflage neuer Produkte darüber hinaus

⁴ Weitere Informationen vgl. <http://www.prototypecarbonfund.org> und <http://www.carboncredits.nl>.

auch mit weiteren Risiken (Preisrisiken, Haftungsrisiken) verbunden ist, konnte bislang eine breite Angebotspalette neuer Produkte von Seiten der Finanzdienstleister nicht beobachtet werden.

Neben der Möglichkeit des Investments besteht auch auf dem Feld der Versicherung ein neues Geschäftsfeld für Finanzdienstleister. Die Versicherung von JI- und CDM-Projekten, die Absicherung von Handelstätigkeiten sowie eine Garantiever sicherung hinsichtlich der Erfüllung von Emissionsreduktionsverpflichtungen sind mögliche Produktfelder. Erste Produktkonzepte wurden von den Unternehmen Gerling, Marsh und Swiss Re entwickelt. Problematisch bei der Entwicklung derartiger Konzepte ist die unzureichende Spezifikation der nachgefragten Produkte von Seiten der Industrie. So hat eine Umfrage unter Kunden des Kreditversicherers Gerling NCM ergeben, dass auf der einen Seite ein großes Interesse an Sicherungslösungen besteht, auf der anderen Seite das Interesse aber nicht spezifiziert werden kann.⁵ Des Weiteren stellen die Langfristigkeit der Risiken bei gleichzeitigem Fehlen einer sogenannten Schadenhistorie, die zum Teil noch unklaren rechtlichen Rahmenbedingungen – so zum Beispiel die Frage, ob ein Emissionsrecht ein Wertpapier darstellt – und noch offene politische Fragen – vor allem das Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls – Hindernisse auf dem Weg zu einem liquiden und an Finanzdienstleistungsprodukten interessierten Markt dar.

Als dritte Geschäftsoption soll die Erbringung von Zertifizierungsleistungen betrachtet werden. Die gutachterliche Tätigkeit kann sich zum einen auf die Zertifizierung von Klimaschutzprojekten (JI und CDM) und zum anderen auf die Zertifizierung von Emissionsinventaren erstrecken. Verschiedene Zertifizierer, wie Gerling Cert, haben sich dieses neuen Marktes angenommen und erbringen bereits Leistungen. Unklarheit herrscht noch über mögliche Haftungsrisiken für Zertifizierungsorganisationen, da die Marrakesch Accords – die das Kyoto-Protokoll auskleiden – eine entsprechende Haftung für Fehlabschätzungen des Zertifizierers vorsehen. Des Weiteren sind insbesondere bei kleinen Projekten mit der Begutachtung,

⁵ vgl. GERLING NCM (2002) GHG insurance market: Identification of demand in industry. Internes Papier, unveröffentlicht.

vor allem aber auch mit der Bereitstellung von Daten, hohe Transaktionskosten bei unsicherem Marktvolumen und Marktpreis verbunden.

Abschließend lässt sich folgendes Fazit ziehen: Die Lösung der globalen Klimaproblematik ist angesichts der drohenden Veränderungen ein wichtiges Ziel. Die neuen Instrumente im Kyoto-Protokoll helfen mit, das Ziel durch innovative und kosteneffiziente Maßnahmen zu erreichen. Für Finanzdienstleister bietet der damit verbundene, sich entwickelnde neue Markt neue Geschäftsmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen. Klimaschutz, unternehmerisches Denken und Wirtschaftlichkeit schließen sich hierbei nicht gegenseitig aus. Allerdings sind diese neuen Optionen momentan mit erheblichen Restriktionen verbunden und die Frage der Attraktivität des Marktes für Finanzdienstleister dürfte sich erst mittelfristig beantworten lassen, wenn klar ist, von welchem Volumen, Preisen und rechtlichen Rahmenbedingungen ausgegangen werden kann.

Perspektiven für das Innovationsklima und das Klimahandeln der deutschen Wirtschaft.

Ein vorläufiges Fazit

Stephan Lingner

Nach vielen Jahren erfolgreicher deutscher Grundlagenforschung im Klimabereich erwächst im politischen Raum der Wunsch und die Verpflichtung, die gewonnenen Erkenntnisse über mögliche Klimarisiken auch handlungsorientiert weiterzuentwickeln. Angesichts bestehender wissenschaftlicher Ungewissheiten werden hier für die Akteure allerdings keine einfachen Lösungen zu erwarten sein. Da die Wirtschaft sowohl von Klimawirkungen, als auch von klimapolitischen Rahmensetzungen betroffen sein wird, kann ihr eine *Doppelrolle als Bedarfsträger und potentieller Ideengeber* für entsprechende anwendungsorientierte Forschungsprogramme zugeschrieben werden. Diese Feststellung wird von den Gremien der deutschen Wirtschaft grundsätzlich geteilt; gleichwohl stehen weitere Konkretisierungen aus (siehe Binder in diesem Band, Kapitel 1). Dies gibt Anlass zu einer Zwischenbilanz des bisher Erreichten und der Skizzierung weiterer Möglichkeiten auf dem Weg zu einer der Klimaproblematik angemessenen wirtschaftlichen Entwicklung am Beispiel ausgewählter Sparten.

1 Klima – Ökonomie – Innovation

Die Zunahme der Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre lässt globale Rückkopplungen erwarten, die auf regionalen Skalen zu unwünschbaren oder gefährlichen Effekten führen könnten. Schädliche Effekte können bestimmte Wirtschaftssektoren und -regionen betreffen, die daher als verwundbar eingestuft werden (Agrarbereich, Tourismus, Küstenregionen). Negative gesamtwirtschaftliche Wirkungen könnten zudem durch abrupte Klimaänderungen provoziert werden (Schröder et al. 2002). Nach den Bestimmungen der Klimarahmenkonvention haben sich die Vertragsstaaten dazu verpflichtet, gravierende Gefährdungen durch menschlich bedingte Veränderungen im Klimasystem zu vermeiden. Allerdings sind die zugrundeliegenden Modellierungen möglicher Klimazukünfte mit Unsicherheit behaftet, was das Ausmaß, die Wahrscheinlichkeit und die Verteilung schädlicher Klimaeffekte anbelangt. Der rationale Umgang mit Klimarisi-

ken wird daher *sowohl präventive, als auch adaptive Maßnahmen* vorsehen. Hier ist wieder die Rolle der Wirtschaft gegeben: Durch Innovation kann die Wirtschaft u.a. Beiträge zur Erschließung von Energie-Effizienzpotentialen, von Treibhausgasen sowie von alternativen Gütern und Dienstleistungen bereitstellen. Ohne entsprechende Innovationen würden wirksame Treibhausgasemissionen voraussichtlich nur zu hohen Kosten realisierbar sein. *Der Wirtschaft würde daher wahrscheinlich durch eine geeignete innovationsorientierte Entwicklung eine restriktive Klimapolitik erspart bleiben.* Darüber hinaus kann Innovation dem Wettbewerb und der wirtschaftlichen Entwicklung – insbesondere auf neuen Märkten – positive Impulse geben. Vor diesem Hintergrund scheint eine maßvolle Implementierung von Klimaaspekten in das Risiko- und Innovations-Management staatlichen wie ökonomischen Handelns sinnvoll zu sein (siehe Klepper in diesem Band, Kapitel 2).

Die Bilanz der bisherigen Emissionsinventare für Treibhausgase belegt, dass Anspruch und Realität der internationalen Klimapolitik noch weit auseinander klaffen (siehe Voss in diesem Band, Kapitel 3): Im Laufe der letzten Dekade ist – trotz angestrebter Stabilisierungs- bzw. Reduktionsziele – weltweit eine Steigerung der Treibhausgasemissionen um mehr als ein Zehntel zu verzeichnen gewesen. Besonders hohe Steigerungen waren bei einzelnen wirtschaftlich bedeutsamen Industriestaaten (USA, Japan) und bei wachstumsstarken Schwellenländern sowie in den Energie- und Verkehrssektoren zu verzeichnen. Der offensichtlich bestehende Zielkonflikt zwischen kurzfristigem wirtschaftlichen Wachstum und der längerfristigen Klimavorsorge scheint immerhin durch den beobachtbaren Trend zu einer *partiellen Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Treibhausgas-Emissionen* zunehmend entschärft zu werden. Was unwünschbare Klimawirkungen anbelangt, wären allerdings letztlich geeignete Strategien zur absoluten Reduktion langlebiger Klimagas-Emissionen und ihrer Anteile in der Atmosphäre zu entwickeln.

2 Innovationen im Energie- und Industriebereich

Der Energiebereich ist durch Forderungen nach Optionsoffenheit und Versorgungssicherheit einerseits sowie durch Rechtfertigungszwänge angesichts technischer und umweltwirksamer Risiken andererseits gekenn-

zeichnet. Die gegenwärtig praktizierte Energiewandlung ist als nicht nachhaltig zu qualifizieren, da einerseits die „Zeit ihrer sicheren Praxis“ auf regionaler Ebene sowie auch weltweit abnimmt und da andererseits energiebedingte Emissionen einen signifikanten Anteil am zusätzlichen Treibhauseffekt befürchten lassen (siehe Hanekamp in diesem Band, Kapitel 4). Der o.g. Zielkonflikt zwischen nachhaltiger wirtschaftlicher Entwicklung und absoluter Emissionsreduktion scheint aber unter bestimmten Bedingungen überbrückbar zu sein. Um eine in diesem Sinne wünschbare technische Entwicklung voranzutreiben, bedarf es allerdings geeigneter *Anstöße für beschleunigte Innovationen* im Energiebereich, die in der Lage sind, erwartbare Verbrauchssteigerungen langfristig zu überkompensieren. Besonders kritisch erscheint hier die Markteinführungsphase innovativer Energietechniken. Befristete, an den jeweiligen „Lernkurven“ orientierte Subventionen erscheinen nach einer einschlägigen Studie (Steger et al. 2002) als adäquater Anreiz für die Reduktion negativer externer Effekte durch die Energiewirtschaft. Sie sollten bis zum Zeitpunkt der Diffusion neuer Energieversorgungstechniken durch Energieverbrauchssteuern auf die Externalitäten gegenfinanziert werden. Mit deren beginnender Marktdurchdringung sollten die o.g. Instrumente durch freiwillige Selbstverpflichtungen der Energiewirtschaft abgelöst werden, um eine markt- und effizienzorientierte Energiepolitik zu erhalten. So sind im Bereich regenerativer Energieversorgungsoptionen zukünftig günstige Mengeneffekte erwartbar, sofern eine vorausschauende Energiepolitik geeignete flexible Mechanismen der Beeinflussung des Klimahandelns vorsieht.

Die Klimarelevanz des *Industriesektors* ergibt sich – erläutert am Beispiel der Chemischen Industrie – aus mehreren Punkten: Der Rohstoffbasis vieler chemischer Prozesse, dem Energieverbrauch zur Aufrechterhaltung der Produktion, der spektralen Charakteristik industrieller Produktgase oder ihrer flüchtigen Nebenprodukte sowie dem Energieeinsparungspotential ihrer Erzeugnisse (neue Bau- und Werkstoffe).

– Unter Berücksichtigung vollständiger Produktlebenszyklen verursacht die fossile Rohstoffbasis in vielen Sparten der Chemischen Industrie vergleichsweise große Klimateffekte. Derzeit trägt ein Zehntel an erneuerbaren Ersatzstoffen zur Verbesserung der „Klimabilanz“ bei. Eine weitere

Erschließung „klimafreundlicher“ Substitutionspotentiale erscheint unter günstigen Bedingungen der Forschungsförderung möglich.

- Durch den Brennstoffwechsel, verbunden mit ihrer mittlerweile erdgasbasierten Energieversorgung konnten die spezifischen CO₂-Emissionen des Eigenversorgungsanteils in der Chemischen Industrie in den letzten Dekaden bereits halbiert werden. Darüber hinaus trugen in dieser Zeit Prozessinnovationen (z.B. durch Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung vor Ort) zu erheblichen Wirkungsgradsteigerungen bzw. Energiebedarfs-senkungen – auch beim Strombezug – bei. Im Rahmen von im Jahr 2001 übernommenen Selbstverpflichtungen der Chemischen Industrie können weitere Energieeffizienzgewinne von mindestens 35% bis zum Jahr 2012 erwartet werden. Damit könnte – zusammen mit anderen technischen Maßnahmen – nochmals eine Minderung der spezifischen Treibhausgas-emissionen um 45% oder mehr in Aussicht gestellt werden. Aus heutiger Sicht der Industrie wären damit die absehbaren Effizienzpotentiale weitgehend ausgeschöpft.
- Von den in der Grundstoffchemie produzierten technischen Gasen mit hohem Treibhausgaspotential und signifikantem Umsatz ist Schwefelhexafluorid zu nennen, für das gegenwärtig keine „klimafreundlichen“ Schutzgasalternativen bestehen.
- Die Entwicklung und Produktion neuartiger Dämm- und Leichtbaumaterialien kann durch ihren Einsatz in anderen Sektoren (Haushalte, Verkehr) zu Emissionsminderungen beitragen, an denen die Chemische Industrie somit indirekt beteiligt wäre.

Insbesondere die unumgänglich relativ energieintensive Grundstoffchemie ist auf eine langfristig kalkulierbare und marktorientierte Energie- und Innovationspolitik angewiesen (siehe Rothenmel in diesem Band, Kapitel 5).

3 Neue Chancen im Dienstleistungssektor

Die betriebliche Integration von Umweltbelangen und ihre Zertifizierung muss – abgesehen von positiven externen Effekten – sowohl kostenseitig als auch unternehmensstrategisch nicht von Nachteil sein. Im Falle eines Unternehmens des *Versandhandels* ließen sich durch freiwillige Maßnahmen die transportbedingten CO₂-Emissionen der letzten 9 Jahre ohne signi-

fikante Umsatzeinbußen um fast die Hälfte reduzieren. Dies konnte u.a. durch partielle Verlagerung der Handelskette auf Transportmittel mit höherer „ökologischer Effizienz“ bzw. mit alternativen Antrieben, durch technische Optimierung und durch geeignete Schulung des Versandpersonals realisiert werden (siehe Seipold in diesem Band, Kapitel 6). Gleichwohl waren hier Limitierungen in Fällen von nachfragebedingter Erhöhung oder Beschleunigung von Transportleistungen (durch vermehrte Lufttransporte) zu verzeichnen.

Der *Finanzdienstleistungsbereich* wird auf mehreren Geschäftsfeldern von „Klimamärkten“ die aus der klimapolitischen Implementierung effizienter und flexibler Instrumente der „Verhaltenssteuerung“ erwachsen (CDM/JI, Handel mit Emissionszertifikaten), mittelfristig profitieren (siehe Rumberg in diesem Band, Kapitel 7). Hierzu gehören u.a. Direktinvestitionen in Klimaschutzprojekte, die Auflage von Klimaschutzfonds, die Versicherung von Erfüllungsverpflichtungen und – prozeduren marktkonformer Instrumente sowie begleitende Begutachtungen und Zertifizierungen. Profite auf diesen Geschäftsfeldern sowie belastbare Abschätzungen über ihre Höhe lassen sich allerdings aufgrund der erwarteten langen Vorlaufzeiten entsprechender Projekte und fehlenden Erfahrungswissens auf diversen Feldern kurzfristig kaum erwarten. Hierzu zählen u.a. Unsicherheiten über Bedarfsstrukturen, Preis- und Haftungsrisiken sowie über die Weiterentwicklung konkreter politischer Rahmenbedingungen für entsprechende Aktivitäten (Rumberg in diesem Band, Kapitel 7). Angesichts der zunächst noch geringen Projektvolumina sind relative hohe Transaktionskosten, die eine Etablierung von Finanzdienstleistungen auf Klimamärkten erschweren könnten, zu erwarten. Möglicherweise könnten hier – analog zum vorgeschlagenen Procedere im Energiebereich und vorbehaltlich dessen Übertragbarkeit – geeignete Anreize geschaffen werden, zunächst noch unabwägbar einzelne wirtschaftliche Risiken einzugehen, um günstige Lern- und Skaleneffekte für eine Diffusion innovativer Finanzdienstleistungen zu erreichen.

4 Schlussfolgerungen für Forschung und Entwicklung

Im internationalen Vergleich haben die meisten Sektoren der deutschen Wirtschaft erhebliche Beiträge zum effizienten Umgang mit Energie und Rohstoffen geleistet. Es wäre allerdings aus zwei Gründen ein Fehlschluss, mit Hinweis auf die bereits erbrachten Vorleistungen ein künftiges Absehen von weiteren Innovationen in diesem Bereich abzuleiten.

1. Unter der Bedingung weiterer klimapolitischer Weichenstellungen wäre es unklug, den gewonnenen technischen Vorsprung und neue Optionen wirtschaftlichen Handelns in diesem Bereich aufzugeben, um weiter ausschließlich auf herkömmlichen Märkten zu agieren, auf denen sich zudem die Wettbewerbssituation möglicherweise verschärfen wird. Für die Vorreiter der deutschen Wirtschaft gilt es vielmehr, die erreichten „First-Mover“-Potentiale zu beurteilen und zu nutzen, um sich in günstigen wettbewerblichen Positionen auf neuen Märkten zu etablieren und diese Positionen durch weitere Innovationen zu sichern bzw. auszubauen. Entsprechend frühzeitige Diversifizierungen auf betrieblicher Ebene könnten dabei helfen, etwaige Verluste in einzelnen traditionell ausgerichteten Sparten auszugleichen.
2. Beschleunigte Innovationen mit Klimarelevanz werden auch mit Blick auf die absolut steigenden Emissionen erforderlich, die u.a. in Deutschland insbesondere in den Bereichen Haushalt und Verkehr zu verzeichnen sind. Aus vertragsstaatlicher Sicht (Stabilisierungsziel der Klimarahmenkonvention!) wären daher Kompensationen absehbar steigender Bedarfs- und Verbrauchsziffern notwendig. Ob diese Kompensationen sektor-intern oder dort erbracht werden sollen, wo dies optimal möglich wäre, ist an anderer Stelle zu klären. Sollten diese Innovationen nicht gelingen oder entsprechende Strategien von den Akteuren nicht mitgetragen werden, stünden – falls am international vereinbarten Klimaschutzziel festgehalten werden soll – zwangsläufig Suffizienzforderungen auf der Agenda. Diese Forderungen würden aus gesellschaftlicher und ökonomischer Sicht sicherlich weniger akzeptabel sein als ein vorsorgendes Innovationsprogramm für die Wirtschaft.

Über die allgemeine Problematik der Belebung von Innovationen hinaus, besteht im Klimabereich seitens der Forschungspolitik – aber auch seitens

der wirtschaftlichen Akteure – in Fragen von Innovation und ihrer Ausgestaltung weiterer Konkretisierungsbedarf. Dieser Bedarf scheint zwar prinzipiell gegeben zu sein, allerdings in seiner Akzentuierung durchaus sektorspezifisch, was Umfang, Dringlichkeit und Konkretisierung von Erneuerungen anbelangt. Der grundsätzliche Innovationsbedarf betroffener Branchen lässt sich anhand Tabelle 1 veranschaulichen.

Tabelle 1: Die Klimaproblematik als Innovationstreiber für verschiedene Branchen in Deutschland

	Adaption an Klimaänderungen	Präventive Klimapolitik
Innovationsdruck zur Minderung von Anpassungs- bzw. Vermeidungskosten	Landwirtschaft Tourismus Gesundheit Versicherungswirtschaft ...	Energiewirtschaft Chemische Industrie Schwerindustrie Transport/Verkehr (Landwirtschaft) (Tourismus) ...
Innovation zur Erschließung von Nutzenpotentialen durch Vermeidung (bzw. Adaption)	(Versicherungswirtschaft)	Versicherungswirtschaft Bankwesen Energiewirtschaft Chemische Industrie (Transport/Verkehr) ...

Die in Tabelle 1 verdeutlichte spezifische Betroffenheit einzelner Branchen hat auch Konsequenzen für die Förderung von angewandter Forschung im Klimabereich: Abhängig von einer langfristig stärker adaptiven oder präventiv angelegten Klimapolitik wären einzelne Branchen mehr oder weniger stark tangiert – sei es als Adressaten oder als „Nutznießer“ einer klimapolitischen Vorzugsrichtung. Dementsprechend könnte die Forschungsförderung primär auf die in Anspruch genommenen Sektoren, evtl. auch auf den Forschungsbedarf der jeweiligen „Nutznießer“, ausgerichtet werden, um die jeweiligen politisch oder „natur-bedingten“ Belastungen zu mindern und/oder um weitergehende Nutzenpotentiale auszuschöpfen. Im Gegensatz zu dieser mehr reaktiven Vorgehensweise wäre in einer Vorphase weitreichender klimapolitischer Weichenstellungen auch denkbar, die angewandte Forschung zum Klimahandeln zunächst breiter anzulegen. Dies entspräche mehr dem Interesse nach Offenhaltung von Optionen.

Nach Rationalitätsgesichtspunkten könnte sich Klimapolitik dann an den Optionen ausrichten, die eine optimale Ausschöpfung ihrer erforschten Potentiale erlauben.

Bezogen auf die o.g. Wissensdefizite und Fragestellungen können folgende übergreifende Felder angewandter Forschung zum Klimawandel benannt werden:

- Wo und wie lassen sich (noch) Energieeffizienzpotentiale nutzen oder weiterentwickeln? Dieser Suchprozess könnte auch die vornehmlich in den Entwicklungsländern vermuteten Potentiale über das CDM-Instrumentarium für die Akteure in Deutschland interessant machen.
- Welche neuartigen Produkte und Bauweisen sind vorstellbar, die gegenwärtige Energie- und Wärmeverlustbilanzen verbessern könnten?
- Welche Möglichkeiten bestehen für die Umstellung der Energieversorgung und Produktion auf kohlenstoffarme oder klimaneutrale Energieträger bzw. Rohstoffe? Hier sind insbesondere auch Kosten-, Qualitäts- und Sicherheitsaspekte zu beachten.
- Wie, wann und in welchem Umfang können dauerhafte Senken für Treibhausgase erschlossen werden?
- Angesichts unvermeidbarer Anteile des Klimawandels: Wie können klimabedingte Verwundbarkeiten gefährdeter Sektoren/Regionen verringert werden?
- Welche Volumina, Kosten und rechtlichen Rahmenbedingungen sind für den Einsatz neuer marktkonformer Instrumente zu erwarten? Hier bestehen insbesondere Defizite im Erfahrungswissen, deren Beseitigung mittelfristig über den Einsatz ökonomisch effizienter Mechanismen und über entsprechende Finanzdienstleistungsangebote der Versicherungswirtschaft entscheiden könnten.

Diese Auflistung beruht i.W. auf dem formulierten Forschungsbedarf der Autoren dieses Bandes und ließe sich möglicherweise aus Sicht anderer Akteure sicher noch erweitern (siehe auch Schröder et al. 2002). Gleichwohl wird davon ausgegangen, dass mit diesen Punkten bereits sehr zentrale Fragen angesprochen wurde, die auch branchen- und regionenübergreifend von Bedeutung sind.

Es wäre aus Sicht der Forschungspolitik sicher wünschenswert, wenn für weitergehende Konkretisierungen, Ergänzungen und Planungsentscheidungen ein Dialog mit der Wirtschaft geführt würde, um die künftige Forschungsförderung zum Klimawandel und Klimahandeln auch am Bedarf und an den Möglichkeiten der Akteure ausrichten zu können.

Literatur

Schröder M, Claussen M, Grunwald A, Hense A, Klepper G, Lingner S, Ott K, Schmitt D, Sprinz D (2002) Klimavorhersage und Klimavorsorge. Berlin Heidelberg

Steger U, Achterberg W, Blok K, Bode H, Frenz W, Gather C, Hanekamp G, Imboden D, Jahnke M, Kost M, Kurz R, Nutzinger HG, Ziesemer T (2002) Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich. Berlin Heidelberg

Autoren¹

Ministerialrat Dr. N. Binder, Referatsleiter „Globaler Wandel“ im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bonn

Professor Dr. C.F. Gethmann, Direktor der Europäischen Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Dr. G. Hanekamp, Stellvertretender Direktor der Europäischen Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Professor Dr. G. Klepper, Ph.D., Leiter der Abteilung Umwelt- und Ressourcenökonomie des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) an der Universität Kiel

Dr. S. Lingner, Europäische Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Dr. J. Rothermel, Geschäftsführer der Fachvereinigung „Organische Chemie“ im Verband der Chemischen Industrie (VCI), Frankfurt

M. Rumberg, Leiter „Bereich Klimaschutz“ bei Gerling Cert Umweltgutachter GmbH, Köln²

P. Seipold, Otto GmbH & Co KG (Abt. „Umwelt- und Gesellschaftspolitik“), Hamburg

Dr. G. Voss, Leiter der Forschungsstelle Ökonomie/Ökologie im Institut der deutschen Wirtschaft, Köln

¹ In einzelne Beiträge flossen Diskussionspunkte aus dem Fachgespräch „Klimaänderungen als Herausforderung für die deutsche Wirtschaft“ am 24.02.03 in Ahrweiler ein, an dem sich folgende weitere Personen beteiligten: Dr. H. Aichinger (VDEh Düsseldorf), Dr. J. Engelhard (RWE Rheinbraun AG, Köln), Dr. K.R. Kabelitz, (Ruhrgas AG, Essen), Dr. V. Hoenig (VDZ Düsseldorf), Dr. Ulrich Katenkamp (BMBF Bonn), G. Roeder (BASF Ludwigshafen), Dr. H.-J. Velten (Norddeutsche Affinerie, Hamburg) und Professor Dr. A. Voß (Universität Stuttgart).

² Ab Juli 2003 Referatsleiter CDM/JI beim TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH (Abteilung „Carbon Management Service“), München

In der *Grauen Reihe* sind bisher erschienen:

- 1 Carl Friedrich Gethmann, Armin Grunwald, Technikfolgenabschätzung: Konzeptionen im Überblick, 9/96, 2. Aufl. 7/98
- 2 Carl Friedrich Gethmann, Umweltprobleme und globaler Wandel als Thema der Ethik in Deutschland, 9/96, 2. Aufl. 10/98
- 3 Armin Grunwald, Sozialverträgliche Technikgestaltung: Kritik des deskriptivistischen Verständnisses, 10/96
- 4 Technikfolgenbeurteilung der Erforschung und Entwicklung neuer Materialien. Perspektiven in der Verkehrstechnik. Endbericht zum Vorprojekt, Arbeitsgruppe Neue Materialien, 1/97
- 5 Mathias Gutmann, Peter Janich, Zur Wissenschaftstheorie der Genetik. Materialien zum Genbegriff, 4/97
- 6 Stephan Lingner, Carl Friedrich Gethmann, Klimavorhersage und -vorsorge, 7/97
- 7 Jan P. Beckmann, Xenotransplantation. Ethische Fragen und Probleme, 7/97
- 8 Michael Decker, Perspektiven der Robotik. Überlegungen zur Ersetzbarkeit des Menschen, 11/97
- 9 Carl Friedrich Gethmann, Nikolaj Plotnikov, Philosophie in Rußland. Tendenzen und Perspektiven, 5/98
- 10 Gerhard Banse (Hrsg.), Technikfolgenbeurteilung in Ländern Mittel- und Osteuropas, 6/98
- 11 Mathias Gutmann, Wilhelm Barthlott (Hrsg.), Biodiversitätsforschung in Deutschland. Potentiale und Perspektiven, 11/98, 2. Aufl. 4/00
- 12 Thorsten Galert, Biodiversität als Problem der Naturethik. Literaturreview und Bibliographie, 12/98
- 13 Gerhard Banse, Christian J. Langenbach (Hrsg.), Geistiges Eigentum und Copyright im multimedialen Zeitalter. Positionen, Probleme, Perspektiven, 2/99
- 14 Karl-Michael Nigge, Materials Science in Europe, 3/99

- 15 Meinhard Schröder, Stephan Lingner (eds.), Modelling Climate Change and its Economic Consequences. A review, 6/99
- 16 Michael Decker (Hrsg.), Robotik. Einführung in eine interdisziplinäre Diskussion, 9/99
- 17 Otto Ulrich, „Protection Profile“ – Ein industriepolitischer Ansatz zur Förderung des „neuen Datenschutzes“, 11/99
- 18 Ulrich Müller-Herold, Martin Scheringer, Zur Umweltgefährdungsbeurteilung von Schadstoffen und Schadstoffkombinationen durch Reichweiten- und Persistenzanalyse, 12/99
- 19 Christian Streffer et al., Environmental Standards. Combined Exposures and their Effects on Human Beings and their Environment (Summary), 1/00
- 20 Felix Thiele (Hrsg.), Genetische Diagnostik und Versicherungsschutz. Die Situation in Deutschland, 1/00, 2. Aufl. 2/01
- 21 Michael Weingarten, Entwicklung und Innovation, 4/00
- 22 Ramon Rosselló-Mora, Rudolf Amann, The Species Concepts in Prokaryotic Taxonomy, 8/00
- 23 Stephan Lingner, Erik Borg, Präventiver Bodenschutz. Problemdimensionen und normative Grundlagen, 9/00
- 24 Minou Bernadette Friele (Hrsg.), Embryo Experimentation in Europe, 2/01
- 25 Felix Thiele (Hrsg.), Tierschutz als Staatsziel? Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte, 2/01
- 26 Vitaly G. Gorokhov, Technikphilosophie und Technikfolgenforschung in Russland, 2/01
- 27 Chris W. Backes, Klimaschutz in den Niederlanden, 3/01
- 28 G. Hanekamp, U. Steger (Hrsg.), Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich, 7/01
- 29 Thomas Christaller, Michael Decker (Hrsg.), Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft. Materialienband, 11/01

- 30 Selgelid, Michael, Societal Decision Making and the New Eugenics, 4/02
- 31 Irrgang, Bernhard, Humangenetik auf dem Weg in eine neue Eugenik von unten?; 2/02
- 32 Meinhard Schröder et al., Climate Prediction and Climate Precautions, 06/02
- 33 Ulrich Steger et al., Sustainable Development and Innovation in the Energy Sector. Executive Summary, 2/03