Schlussbericht 2005

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	**01LG0101**
Vorhabenbezeichnung: **EUROPA – Modelling, Reflecting and Communicating Possible Futures in the Context of Global Change**	
Laufzeit des Vorhabens: **01.10.2000 bis 30.09.2005**	
Berichtszeitraum: **01.10.2000 bis 30.06.2005**	

Projektleitung:

Prof. Carlo Jaeger,

Leiter der Abteilung „Globaler Wandel und Soziale Systeme“
am PIK – Potsdam Institut für Klimafolgenforschung e.V.

Der Bericht wurde erstellt von:

C. Jaeger, O. Edenhofer, A. Haas, M. Leimbach, H. Lotze-Campen, F. Reusswig, D. Sprinz, M. Welp

Inhalt:

1. Aufgabenstellung 3
2. Voraussetzungen, unter denen der F&E-Auftrag durchgeführt wurde 3
3. Planung und Ablauf des Auftrags 5
   - 3.1 Planung 5
   - 3.2 Ablauf 5
4. Stand des Wissens, an den angeknüpft werden konnte 10
   - 4.1 Zum Mikro-Makro-Problem 10
   - 4.2 Zur Rolle Europas 12
   - 4.3 Zu endogenem technischem Fortschritt 13
   - 4.4 Zur sozialen Einbettung individueller Präferenzen 14
   - 4.5 Zu Adaption und Vulnerabilität 16
   - 4.6 Zu Versicherungen und Finanzmärkten 17
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen 18
6. Erzielte Ergebnisse 20
   - 6.1 Ergebnisse mit Preisbildung durch repräsentative Akteure: Die Transformation des Energiesystems 21
   - 6.2 Ergebnisse ohne Preisbildung und ohne repräsentative Akteure: Die Lebensstile der Reichen und die Vulnerabilität der Armen 24
   - 6.3 Ergebnisse mit Preisbildung und ohne repräsentative Akteure: Klimapolitik und Finanzmärkte 29
   - 6.4 Europäische Optionen 33
7. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit 39
   - 7.1 Wissenschaftlicher Nutzen 39
   - 7.2 Politische und wirtschaftliche Verwertbarkeit 40
   - 7.3 Nutzen für die Entwicklung des PIK 42
8. Relevanz der Ergebnisse Dritter 44
9. Veröffentlichungen 45
10. Workshops und Konferenzen 58

1. Aufgabenstellung

Der F&E-Auftrag „EUROPA – Modelling, Reflecting and Communicating Possible Futures in the Context of Global Change“ sollte eine Untersuchung der folgenden übergeordneten Forschungsfrage erbringen:

- Was können wir im Hinblick auf das sozialwissenschaftliche Mikro-Makro-Problem aus der Situation Europas angesichts globaler Umweltprobleme lernen?

Dies sollte anhand von drei Teilfragen geschehen:

  - Welche Optionen hat Europa, auf effiziente Reduktionen globaler CO_2-Emissionen hinzuwirken?
  - Welche Optionen hat Europa, seine Vulnerabilität gegenüber globalen Klimaänderungen zu reduzieren?
  - Was können wir im Hinblick auf die Notwendigkeit, eine kollektive Handlungsfähigkeit angesichts globaler Umweltprobleme herzustellen, vom Prozess der europäischen Integration – insbesondere von dessen finanzieller Dimension – lernen?

Der Auftrag sollte so erfüllt werden, dass dabei zwei forschungsstrategische Ziele erreicht würden:

- am PIK eine international konkurrenzfähige, innerhalb der Sozialwissenschaften interdisziplinär angelegte sozialwissenschaftliche Abteilung aufzubauen;
- das PIK zu befähigen, die vorhandenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen systematisch mit den aufzubauenden sozialwissenschaftlichen Kompetenzen zu verknüpfen.

2. Voraussetzungen, unter denen der F&E-Auftrag durchgeführt wurde

Das PIK, in dessen Rahmen der Auftrag durchgeführt wurde, war zu Beginn der Arbeit ein weltweit führendes Forschungsinstitut auf dem Gebiet der Klima- und Klimafolgenforschung mit stark naturwissenschaftlicher Prägung. Die Kernkompetenz des Instituts bestand in der Entwicklung von (zum Teil stark gekoppelten) Modellen mittlerer Komplexität auf diesem Gebiet. Dabei zeichnete sich das Institut durch eine überdurchschnittliche Intensität interdisziplinärer Kooperation zwischen verschiedenen Naturwissenschaftlern sowie Mathematikern und Softwareingenieuren aus.

Am Institut gab es eine sozialwissenschaftliche Abteilung, die unter der Leitung von Dr. Ferenc Toth das Integrated Assessment Modell ICLIPS entwickelt hatte. Dabei handelte es sich um das Ergebnis einer umfassenden Forschungstätigkeit zur Untersuchung des globalen Klimaproblems. Das Modell war vom Institutsdirektor, Prof. Schellnhuber, angeregt worden, und konnte mit Finanzierung durch das Umweltbundesamt in Kooperation mit der Abteilung für integrierte

Systemanalyse realisiert werden. ICLIPS stellte eine wesentliche Voraussetzung für die Abwicklung des vorliegenden Auftrags dar. Die damalige Abteilung hatte aber nicht die kritische Masse, die zur Entwicklung einer eigenständigen Forschungspraxis mit internationaler Ausstrahlung erforderlich ist. Mit dem vorliegenden Auftrag wurde diese kritische Masse hergestellt.

In der deutschen und internationalen Global-Change-Forschung gab und gibt es eine großes Missverhältnis zwischen den Ressourcen, die für die naturwissenschaftliche Untersuchung globaler Umweltprobleme – allen voran des Klimaproblems – eingesetzt werden, und den Ressourcen, die für die Untersuchung der sozio-ökonomischen Aspekte dieser Probleme zur Verfügung stehen. Das wirkt sich beispielsweise dahingehend aus, dass aufgrund der ungenügenden sozialwissenschaftlichen Datenlage oft nicht zwischen alternativen Hypothesen und Modellen entschieden werden kann. Eine weitere Herausforderung stellte die Tatsache dar, dass die sozialwissenschaftliche Global-Change-Forschung im Gegensatz zur Situation in den Naturwissenschaften in der weiteren Forschungslandschaft eher peripheren, additiven Charakter hat. Dazu kommt der Gegensatz zwischen der stark mathematisierten Theorie der Ökonomen und der sehr viel informelleren Theoriebildung der anderen hier relevanten Sozialwissenschaften. Angesichts dieser wissenschaftlichen Konstellation entstand immer wieder eine problematische Spannung zwischen weitreichenden klimapolitischen Handlungsempfehlungen und der naturwissenschaftlichen Erkenntnislage, mit der sie begründet wurden. Ein gutes Beispiel ist die Empfehlung, die globale Erwärmung um nicht mehr als 2 Grad Celsius über das vorindustrielle Niveau ansteigen zu lassen. Sie wurde an verschiedenen Stellen von Wissenschaftlern ausgesprochen und von Politikern aufgegriffen, ohne dass der Übergang von naturwissenschaftlichen Beschreibungen spezifischer Phänomene und Mechanismen zu normativen Empfehlungen in der Fachliteratur oder in der Öffentlichkeit hinreichend reflektiert worden wäre.

Schließlich gehört zu den Voraussetzungen, unter denen der F&E-Auftrag durchgeführt wurde, der klimapolitische Kontext. Der Auftrag wurde in einer Phase konzipiert, in der die Klimarahmenkonvention durch das Kyoto-Prokoll konkretisiert worden war, und in der Al Gores Vision „Earth in the Balance“ eine mögliche Orientierung der US-Politik darstellte. Unter diesen Voraussetzungen wurde nach einem möglichen klimapolitischen Beitrag Europas gefragt. Während der Bearbeitung des Auftrags änderte sich der praktische Kontext der Untersuchung in geradezu dramatischer Weise: Die Bush-Administration erteilte den Vorstellungen einer multilateral konzipierten Klimapolitik eine schroffe Absage und legte nach den Terroranschlägen in New York und Washington im September 2001 eine eindeutige Priorität auf die Neuordnung des mittleren Ostens mit militärischen Mitteln – wodurch Fragen der globalen Umweltpolitik in den USA völlig marginalisiert wurden. Europa wurde unter diesen Umständen zum klaren Vorreiter im schwieriger gewordenen Feld globaler Klimapolitik – eine Rolle, die zunächst gerne übernommen wurde, die aber bei der konkreten Implementation des Europäischen Emissionshandelssystems brüchig wurde. Die gegen Ende des Berichtszeitraums aufziehende Krise des europäischen Verfassungsprozesses wird vermutlich nicht zu einer neuerlichen Stärkung der europäischen Vorreiterrolle beitragen.

Unter diesen Voraussetzungen stellte die Frage nach der Rolle Europas angesichts globaler Umweltprobleme eine ausgezeichnete Gelegenheit dar, dem sozialwissenschaftlichen Mikro-Makro-Problem – dem Verhältnis zwischen individuellem Handeln, kollektivem Handeln und der Entwicklung sozio-ökonomischer Strukturen – nachzuspüren.

3. Planung und Ablauf des Auftrags

3.1 Planung

Methodisch sollte die ökonomische Modellierung den roten Faden der Untersuchung abgeben. Dabei sollte in drei Phasen vorgegangen werden. In der ersten Phase sollte ein aggregiertes Modell vom Ramsey-Typ konstruiert werden; dies sollte in etwa das erste Projektjahr beanspruchen. In der zweiten Phase, für die das zweite Projektjahr vorgesehen war, sollte dann ein Mechanismus endogenen technischen Fortschritts eingefügt werden. Danach sollte in der dritten Phase ein räumlich und sektoral disaggregiertes Modell temporärer Gleichgewichte mit explizitem Finanzmarkt konstruiert und zur Beurteilung klimapolitischer Optionen eingesetzt werden. Diese Phase sollte mit dem dritten Projektjahr in den Grundzügen abgeschlossen und dann in den folgenden Projektjahren vertieft werden.

Diese Modellierstrategie bedeutete ein bewusst schrittweises Vorgehen in zweierlei Hinsicht: einmal von hochaggregierten zu disaggregierten Modellstrukturen, sodann von Strukturen intertemporaler ökonomischer Gleichgewichte zu Multi-Agentenstrukturen mit mehreren Aggregationsebenen. Dabei sollte bei jedem Schritt die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Modellierarbeiten einzubeziehen, sichergestellt werden. Als Ziel der Modellierung wurde ein Modell der europäischen Wirtschaft im globalen Zusammenhang anvisiert.

Um der Gefahr eines naiven Modellglaubens, die in der Global-Change-Forschung, zumal der ökonomischen, stets gegeben ist, wirksam zu begegnen, wurde die Untersuchung von Anfang an im Rahmen eines langfristig angelegten Stakeholder-Dialogs konzipiert. Dieser sollte nicht zuletzt die Begriffsbildungen im Rahmen der Untersuchung anregen und zugleich dessen praktische Relevanz sicherstellen.

Die Auftragsabwicklung wurde im sozialwissenschaftlichen Rahmen interdisziplinär angelegt. Dabei wurden insbesondere ökonomische, soziologische und politologische Ansätze verwendet. Zugleich sollte die Untersuchung im Sinne einer „großen Interdisziplinarität“ systematisch Verknüpfungen zu naturwissenschaftlich-mathematischen Modelliertätigkeiten entwickeln.

3.2 Ablauf

In der **ersten Phase** wurde wie geplant ein Ramsey-Wachstumsmodell formuliert, ein langfristig angelegter Stakeholder-Dialog initiiert und eine Software-Plattform entworfen, auf der die modulare Weiterentwicklung der eigenen Modelle und die Kopplung mit naturwissenschaftlichen Modellen möglich sein sollten. In dieser Phase wurde massiv und erfolgreich in die Entwicklung von Modellierkompetenz investiert. Die Arbeit am Ramsey-Modell gestaltete sich als sehr

fruchtbar, sodass schnell mit dem Einbezug des endogenen technischen Fortschritts begonnen werden konnte. Auch die Entwicklung des Stakeholder-Dialogs erwies sich als beflügelnd. Dazu wurde mit dem European Climate Forum (ECF) eine Struktur geschaffen, in der führende europäische Forschungsinstitute im Klimabereich, interessierte Firmen, maßgebende NGOs und wichtige deutsche und europäische Behörden in einen langfristigen Diskussions- und Forschungsprozess eintreten konnten. Innerhalb der Abteilung soziale Systeme am PIK wurde eine *Forschungsplattform zur Modellierung energieökonomischer Fragestellungen* gebildet, die als erster Kristallisationskern der Arbeit am vorliegenden Forschungsauftrag diente.

- Der „Kick-off" für Stakeholder-Dialoge im Rahmen des EUROPA-Auftrags war der Workshop *„Stakeholder Successes in Global Environmental Management"*, der am 8. Dezember 2000 stattfand. Die Ergebnisse sind im PIK-Report No. 70 dokumentiert.

Die größten Schwierigkeiten in dieser Phase ergaben sich bei der Problematik sozialwissenschaftlicher Datenbeschaffung und bei der Entwicklung der Softwareplattform. Naturwissenschaftliche Klimaforschung kombiniert globale Messnetze, die mehrfach pro Tag ein dreidimensionales Gitter nach mehreren Variablen abtasten, mit aufwendigen Messkampagnen wie der Gewinnung und Auswertung von Eisbohrkernen. Demgegenüber gibt es in den Sozialwissenschaften beispielsweise kaum Datensätze, die auch nur für einen Zeitpunkt einen systematischen Vergleich relativer Preise – von Brot, Autos, Benzin, Heizöl, Trinkwasser, etc. – in verschiedenen Regionen der Welt ermöglichen würden. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde deshalb mit der Idee eines Geoskops ein praktikables Konzept für einen schrittweisen Ausbau der Datenerhebung für sozialwissenschaftliche Global-Change-Forschung entwickelt und publiziert. Allerdings war die Implementierung dieses Konzepts nicht Teil des Auftrags und wäre mit den am PIK verfügbaren Ressourcen nicht leistbar gewesen. Also wurde der Auftrag im Rahmen der durchaus unbefriedigenden gegenwärtigen Datenlage abgewickelt.

Bei der Entwicklung der Softwareplattform lagen die Dinge insofern anders, als der Auftrag gar nicht erfüllt werden konnte, ohne eine Reihe von Softwaretools bereitzustellen. Insbesondere zeigte sich schnell die Notwendigkeit eines Systems, bei dem im Laufe der Zeit unkompliziert neue Soft- und Hardware mit vorhandenen Modulen gekoppelt werden kann, was ganz erhebliche softwaretechnische Anforderungen mit sich bringt. Dank der Zusammenarbeit mit der Abteilung Data & Computation am PIK konnten diese Anforderungen mit einem zukunftsweisenden System erfüllt werden, mit dem seither gearbeitet wird.

Ebenfalls im Zusammenhang mit der Softwareentwicklung zeigte sich die Notwendigkeit, dynamische Systeme, wie sie insbesondere in naturwissenschaftlichen Modellen implementiert werden, mit dynamischer Optimierung, wie sie für Ramsey-Modelle – und allgemein für viele ökonomische Modelle – konstitutiv ist, effizient zu verbinden. Das wirft eine ganze Reihe konzeptioneller, mathematischer und rechentechnischer Probleme auf, die in der Klimaforschung nicht gelöst waren. Diese wurden durch die Entwicklung geeigneter Konzepte und Algorithmen gelöst. Beide Schwierigkeiten haben so zu wichtigen Forschungsergebnissen geführt. Die Bewältigung dieser inhaltlichen Schwierigkeiten führte dazu, dass die erste Phase statt der vorgesehenen zwölf rund achtzehn Monate dauerte, was aber kein größeres Problem für die Abwicklung des Auftrags bedeutete.

In der **zweiten Phase** wurde die Modellierung des endogenen technischen Fortschritts stark forciert. Dabei ist es gelungen, das verwendete Ramsey-Modell mit endogenem technischem Fortschritt zuerst sektoral und dann regional auszudifferenzieren und dadurch klimapolitisch wichtige Ergebnisse – insbesondere zur möglichen Rolle erneuerbarer Energien – zu erarbeiten.

Parallel dazu wurde wie vorgesehen die Untersuchung verschiedener kollektiver Akteure und ihrer Beziehungen zu individuellen Handlungen vorangetrieben. Das betraf in dieser Phase vor allem die Haushalte, unterschiedliche politische Akteure, sowie – im Hinblick auf Fragen der Landnutzung und der Energieerzeugung aus Biomasse – die Landwirtschaft. Letztere wurde mit einem neuen Modell erfasst, das auch einen Anschluss an das mit maßgeblicher PIK-Beteiligung entwickelte digitale globale Vegetationsmodell LPJ (Lund-Potsdam-Jena) ermöglichte.

In dieser Phase wurden die an der Auftragsabwicklung beteiligten Forscher mit den Kernfragen der Untersuchung in einer Intensität konfrontiert, die eine enorme kognitive und organisatorische Herausforderung darstellte. Erstens verlangte die inhaltliche Beschäftigung mit dem Mikro-Makro-Problem die Bereitschaft, in größerem Umfang gedankliches Neuland zu betreten und zugleich technisch und konzeptionell anspruchsvolle Fachliteratur beizuziehen, die in der Klimaforschung bisher weitgehend ignoriert worden war. Das betrifft insbesondere die Rolle des Konzepts des repräsentativen Agenten zur Lösung des Mikro-Makro-Problems. Zweitens verlangte die Fokussierung auf Europa eine Auseinandersetzung mit dem zeitgleich ablaufenden Prozess, in dem die klimapolitische Rolle der EU durch die Neuorientierung der USA bezüglich einer „new world order“ sehr weitgehend überdacht werden musste. Die Projektarbeit konnte dabei im Dialog mit Entscheidungsträgern und im Lichte neuerer Entwicklungen vertieft werden. Umgekehrt zeigte dieser von uns bewusst auf Langfristigkeit angelegt Dialog auch, dass die Fragestellungen und Ergebnisse des EUROPA-Projekts klimapolitische Relevanz besaßen.

Durch die Auseinandersetzung mit der Vielfalt realer Akteure – unterschiedliche Haushalte, Behörden, Branchen, etc. – brach in der Modellierung die Problematik des „repräsentativen Agenten“ in aller Schärfe auf. Es wäre unfruchtbar gewesen, auf diese schwierige Frage mit einer schnellen Antwort zu reagieren. Statt dessen wurde zunächst die Untersuchung aufgefächert, indem die erste Forschungsplattform schrittweise durch eine *Forschungsplattform zur Dynamik von Lebensstilen* und eine *Forschungsplattform zur Problematik von Adaptation und Vulnerabilität* ergänzt wurde. Beide Plattformen waren mit dem Mikro-Makro-Problem konfrontiert: Bei der Untersuchung der Lebensstildynamik war die Frage der sozialen Einbettung individueller Präferenzen ein zentraler Punkt, während für Adaptation und Vulnerabilität Fragen der kollektiven Willensbildung eine wesentliche Rolle spielten. Fragen der kollektiven Willensbildung stellen sich bei der Untersuchung von Adaptation und Vulnerabilität auf allen Skalen von der regionalen bis zur globalen. Insbesondere war hier das Verhältnis von Europa und Entwicklungsländern zu beachten.

Zur Vorbereitung der Modellierung temporärer Gleichgewichte fand in dieser Phase eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Zusammenhang von Optimierungs-, Spiel- und allgemeiner Gleichgewichtstheorie statt. Dabei wurde der Frage der Entscheidungsfindung unter Unsicherheit besondere Aufmerksamkeit gewidmet, wobei sich avancierte Anwendungen der bayesianischen Entscheidungstheorie als nützlich erwiesen.

Die Herausforderungen der zweiten Phase, die zum Teil nicht vorhersehbar, aber in jedem Fall fruchtbar waren, führten dazu, dass diese Phase erheblich länger ausfiel als ursprünglich vorgesehen und erst Ende 2003 abgeschlossen werden konnte. Für die Abwicklung des Auftrags ergab sich daraus deshalb kein Problem, weil manche Aufgaben, die ursprünglich für die Vertiefung der dritten Phase gegen Ende der Projektdauer vorgesehen waren, nun zu einem erheblichen Teil in der verlängerten zweiten Phase aufgearbeitet werden konnten.

Der Stakeholder-Dialog nahm in der zweiten Phase vielfältige Formen an, zu denen auch wichtige informeller Kontakte gehören. Wichtige Etappen dieser Phase stellten eine Reihe von Workshops und Konferenzen dar, die im Zusammenhang des EUROPA-Auftrags organisiert wurden:

- Am 3./4. Oktober 2001 fand im Rahmen der First Sustainability Days in Potsdam der Workshop „Alliances for the Sustainability Transition: The European Climate Forum" statt. Das Ziel war, wichtige Stakeholder aus der Wirtschaft, aus den Verbänden und der Politik mit Wissenschaftlern in einen Dialog über Klimaforschung zu bringen. Die über 50 Teilnehmer waren Vertreter der Versicherungswirtschaft, der Energiewirtschaft, aus Umweltverbänden, der Europäischen Union und der Wissenschaft aus verschiedenen europäischen Ländern. Begleitet wurde die Gruppe von dem BBC Journalisten Alex Kirby; 15 Journalisten aus Entwicklungsländern nahmen als Gäste teil.
- Am 14./15. November 2002 wurde im Zusammenhang des EUROPA-Auftrags in Berlin die Konferenz „Climate Change and Paths to Sustainability" abgehalten. Die über 65 Teilnehmer waren Vertreter der Industrie, NGOs, führende Wissenschaftler im Klimabereich und Klimaverhandler, einschließlich des Verhandlungsführers der USA im Rahmen der Klimarahmenkonvention. Großer Wert wurde darauf gelegt, dass auch Entwicklungsländer aus Süd-Amerika, Afrika und Asien vertreten waren.
- Die ECF-Jahreskonferenz 2003 war Teil der bereits dritten Nachhaltigkeitstage und hatte als Schwerpunkt das Thema „The biofuels directive: potential for climate protection?". Die Konferenz fand vom 8.-10. September 2003 in Norwich (Großbritannien) statt. 50 Teilnehmer aus Unternehmen, Nicht-Regierungsorganisationen und Forschungsinstitutionen nahmen an der Veranstaltung teil. Ein Konferenzbericht, der die wichtigsten Argumente der Diskussionen zusammenfasst, befindet sich auf der ECF-Internetseite.

In der **dritten und letzten Phase**, die Anfang 2004 begann und – wie von Anfang an vorgesehen – zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichts andauert, wurde der Einbezug von Versicherungen und Finanzmärkten sowie der Übergang zu temporären Gleichgewichten erarbeitet. Dazu wurde eine vierte *Forschungsplattform zum Thema Versicherung und Finanzmärkte* gebildet.

Die Kerntätigkeiten der vorangehenden Phasen konnten in dieser Phase ungebrochen weitergeführt werden. Insbesondere wurde die Modellierung des endogenen technischen Fortschritts mehr und mehr auf politikrelevante Fragestellungen angewandt. In diesem Rahmen wurde die vorgesehene Modellierung der Wirtschaftsregion Europa im Zusammenspiel mit anderen Wirtschaftsregionen durch ein regionalisiertes Modell der Weltwirtschaft umgesetzt.

Eine weitere wichtige Entwicklung dieser Phase ist der Ausbau der Kopplung mit naturwissenschaftlichen Modellen. Zu diesem Zweck konnte die vorhandene Softwareplattform in Zusammenarbeit mit den Abteilungen „Klimasystem“ und „integrierte Systemanalyse“ des PIK ausgebaut und für ambitionierte Simulationen genutzt werden.

In der Untersuchung privater Haushalte wurde ein Modell der Lebensstildynamik entwickelt, das eine Präferenzendynamik durch Mechanismen der sozialen Zugehörigkeit, aber auch der sozialen Distinktion, erfasst und auf die Frage mehr oder weniger umweltschonender Lebensstile bezieht. In der Untersuchung politischer Behörden wurden in dieser Phase die miteinander verknüpften Fragen der Haftpflicht für Klimaschäden und der langfristigen Entscheidungsfindung in den Vordergrund gerückt. In der Untersuchung von Adaptation und Vulnerabilität wurde ein formales Modell entwickelt, mit dem diese bisher vorwiegend qualitativ bearbeitete Thematik auch gegenüber der ökonomischen und naturwissenschaftlichen Modellierung anschlussfähig wurde.

Der Einbezug der Finanzmärkte wurde in drei Schritten vollzogen. Zuerst wurde der Markt für Versicherungen modelliert, indem risikoaverse Haushalte und risikoaverse Versicherungen, die beide unter Unsicherheit entscheiden, explizit dargestellt wurden. Dann wurde ein allgemeines Gleichgewichtsmodell mit expliziten Haushalten, Versicherungen und Produzenten konstruiert. Schließlich wurden Banken eingeführt, die nicht nur über Zinssätze, sondern auch über Kreditlimiten entscheiden – ein Mechanismus, der für die Perspektiven klimarelevanter Technologien entscheidend ist.

Danach wurde der Übergang zu temporären Gleichgewichten vollzogen. Dabei erwies sich der Anschluss an neuere Arbeiten zur dynamischen stochastischen allgemeinen Gleichgewichtstheorie als äußerst hilfreich. Das Mikro-Makro-Problem kann dadurch über eine Mehr-Ebenen-Analyse angegangen werden, ohne sich auf den wenig plausiblen Weg eines auf allen Ebenen ähnlichen repräsentativen Agenten verlassen zu müssen. Mit den dadurch verfügbaren Hilfsmitteln konnte ein Modell temporärer Gleichgewichte mit expliziter Arbeitslosigkeit entworfen werden. In der Klimaökonomik wird bis jetzt praktisch ausschließlich mit Vollbeschäftigungsmodellen gearbeitet. Mit dieser letzten Arbeitsphase wurde die vorliegende Untersuchung an den Punkt gebracht, wo die für Europa – und Deutschland – zentrale Beziehung zwischen Klimapolitik und Arbeitslosigkeit thematisiert und bis hin zur Formulierung von Politikempfehlungen bearbeitet werden kann.

Der Stakeholder-Dialog entwickelte sich in dieser Phase zu einem selbsttragenden Prozess, der auch nach Abschluss dieses F&E-Auftrages andauern wird.

- Am 2./3. Juni 2004 wurden vom ECF zusammen mit dem European Business Council for Sustainable Energy (e5), und den UK, US und Australian Business Councils for Sustainable Energy sowie weiteren Partnern bei der internationalen Konferenz „Renewables 2004“ zwei Side-Events organisiert. Zu den Sprechern am Side-Event „Investment Security for Renewable Energy“ gehörten Prof. Dr. Klaus Töpfer (Umweltprogramm der Vereinten Nationen), Dr. Ignacio Campino (Deutsche Telekom) sowie Dr. Gerhard Berz (Münchener Rück). Das Side-Event „Creating Opportunities for SMEs: Sustainable Energy Accelerator“ thematisierte die Herausforderungen und

Chancen, die sich den kleinen und mittelständischen Unternehmen im Bereich der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien bieten.

- Vom 27. bis 30. Oktober 2004 wurde in Beijing das Symposium „Key Vulnerable Regions and Climate Change: Identifying thresholds for impacts and adaptation in relation to Article 2 of the UNFCCC“ durchgeführt. Es wurde zusammen mit dem Institute for Atmospheric Physics (Chinesische Akademie der Wissenschaften), dem Nansen-Zhu International Research Centre (NZC) und dem Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (Chinesische Akademie der Sozialwissenschaften) organisiert. An dem Symposium nahmen mehr als 60 Wissenschaftler und Stakeholder aus mehr als 20 verschiedenen Ländern teil. Die Ergebnisse dieses Symposiums wurden am 14. Dezember 2004 während der COP-10 in Buenos Aires im Pavillon der EU vorgestellt. Redner waren u.a. Jürgen Trittin (Minister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), Peter Höppe (Münchener Rück), Sheila Watt-Cloutier (Inuit Circumpolar Council), Bill Hare (PIK und Greenpeace) und Carlo Jaeger (PIK).
- Am 3. November 2004 fand in der britischen Botschaft in Berlin anlässlich des Staatsbesuchs der britischen Königin in Deutschland die Konferenz „Climate Change: Meeting the Challenge Together“ statt. In diesem Rahmen wurde aus den Arbeiten der Finanzplattform ein Diskussionspapier zu „Financial Markets and Climate Change“ entwickelt, das mit führenden Vertretern des Londoner Finanzplatzes diskutiert werden konnte.
- Die Abschlusskonferenz der vorliegenden Untersuchung fand am 21. Dezember 2004 in Amsterdam statt. Die internationale Konferenz mit dem Titel „The Role of Europe in Integrated Climate Policy“ behandelte die Themen technologischer Wandel, Lebensstile und Konsumwandel, Anpassung und Vulnerabilität sowie Versicherungen und Finanzmärkte.

4. Stand des Wissens, an den angeknüpft werden konnte

Angesichts des Umfangs des Auftrags hat es wenig Sinn, hier eine umfassende Literaturübersicht zu geben. Es geht allein darum, zentrale Erkenntnisse und Fragestellungen aus der Fachdiskussion vorzustellen, die von unmittelbarer Projektrelevanz waren.

4.1 Zum Mikro-Makro-Problem

Das Mikro-Makro-Problem stellt sich in den Sozialwissenschaften vor allem in zwei Zusammenhängen. Einmal, wenn soziale Phänomene sowohl auf individuelle Akteure als auch auf soziale Strukturen bezogen werden; sodann, wenn kollektive Akteure untersucht werden. In seiner klassischen Form tritt das Mikro-Makro-Problem dort auf, wo der Handlungslogik einzelner Akteure eine fundierende Rolle für die Konstitution sozialer Systeme und ihrer Ablaufdynamik zugesprochen wird (methodologischer Individualismus; vgl. Elster, 2000). Dieser

Ansatz hat in der Mikroökonomik, der ökonomischen allgemeinen Gleichgewichtstheorie, der Spieltheorie, der Rational Choice Theorie u.a.m. zu einer derartigen Fülle an Erkenntnissen geführt, dass er zum vorherrschenden Paradigma in der Ökonomik, aber auch in anderen Sozialwissenschaften geworden ist.

Methodologischer Individualismus heißt natürlich nicht, dass nur Mikro-Phänomene untersucht werden. Es heißt, dass bei der Untersuchung von Makro-Phänomenen der Anspruch gestellt wird, nachzuweisen, wie die gefundenen Zusammenhänge als Ergebnis einer Vielzahl individueller Handlungen verstanden werden können. Dazu hat sich ein Verfahren herausgebildet, das von neoklassischen Ökonomen über Rational-Choice-Politologen bis zu den letzten noch verbliebenen Marxisten bei den verschiedensten Problemlagen angewandt wird: Das Verfahren des repräsentativen Akteurs. Dabei wird angenommen, dass Verhaltensmuster einer großen Anzahl von Akteuren erklärt werden können, indem ein fiktiver Durchschnittsakteur angenommen und auf die Skala der Gesamtpopulation vergrößert wird.

Dieses Verfahren liegt insbesondere denjenigen Ansätzen der ökonomischen Modellierung zugrunde, die in der Klimaforschung den state of the art darstellen, sowie den Techniken der Kosten-Nutzen-Analyse, die in vielen Bereichen der Politikberatung zugrunde liegen. Ein geradezu paradigmatisches Beispiel dafür ist die Modellfamilie zur integrierten Beurteilung des Klimawandels, die Bill Nordhaus (z. B. Nordhaus und Boyer, 2000) entwickelt hat.

In dieser Situation ist eine Reihe von Ergebnissen bedeutsam, die auf prinzipielle Schwierigkeiten des methodologischen Individualismus hinweisen. So hat Arrow (1951) gezeigt, dass es fast nie möglich ist, individuelle Präferenzen zu einer sozialen Wohlfahrtsfunktion zu aggregieren. Im Hinblick auf das Klimaproblem ist wichtig, dass gemäß dieses Arrowschen Unmöglichkeitstheorems die Zielfunktion, die in Modellen wie dem Nordhausschen und den auf solchen Modellen beruhenden Kosten-Nutzenanalysen verwendet wird, nur unter sehr restriktiven Annahmen wohldefiniert ist – Annahmen, die im Falle des Klimaproblems nicht erfüllt sind.

Diese Schwierigkeit ist verwandt mit dem Sonnenschein-Debreu-Mantel-Theorem, wonach in einem allgemeinen ökonomischen Gleichgewichtsmodell der Fall eines einzigen Gleichgewichts ebenfalls nur unter sehr restriktiven Annahmen vorkommt (Sonnenschein, 1972). Das heißt, dass eine sinnvolle Zielfunktion für gesamtwirtschaftliche Probleme im Normalfall mehrere Optima aufweisen muss. Und eben deshalb kann die Strategie, das Mikro-Makro-Problem durch repräsentative Agenten zu lösen, im Normalfall nicht gelingen, da in einer Population von Agenten, von denen jeder ein Programm mit einem einzigen Optimum löst, die Population als ganze ein Programm mit einer Vielzahl von Optima löst.

Ein drittes Problem betrifft die Verwendung makroökonomischer Produktionsfunktionen. Auch diese sind nur unter Annahmen wohldefiniert, die bei der Untersuchung des Klimaproblems vernünftigerweise nicht gemacht werden können (vgl. Pasinetti, 1994 sowie Simon, 1979).

Insgesamt ist festzuhalten, dass zur Lösung des Mikro-Makro-Problems in den Sozialwissenschaften eine ausgefeilte Strategie – der Ansatz des hochskalierten repräsentativen Akteurs – entwickelt worden ist, dass diese Strategie in der sozialwissenschaftlichen Klimaforschung an entscheidenden Stellen angewandt wird, und dass die Ergebnisse zu den sehr

engen Grenzen der Anwendbarkeit dieser Strategie die Frage aufwerfen, wie eine weniger problematische Strategie zur Lösung des Mikro-Makro-Problems aussehen kann. Das war die Leitfrage des vorliegenden Auftrags.

Literatur:

Arrow, K. (1951), *Social Choice and Individual Values*, Wiley, New York.

Elster J. (2000), Rational choice history: A case of excessive ambition, *American Political Science Review*, 94, 685-695.

Nordhaus, W.D., Boyer, J. (2000), *Warming the World: Economic Models of Global Warming*, MIT Press, Cambridge, MA.

Pasinetti, L.L. (1994), The Structure of Long-Term Development: Concluding Comments, In: Pasinetti, L.L. and Solow, R.M. (eds), *Economic Growth and the Structure of Long-Term Development*, Macmillan, Basingstoke.

Simon, H. A. (1979), Rational Decision Making in Business Organizations, *American Economic Review*, 69, 493-513.

Sonnenschein, H. (1972), Market Excess Demand Functions, *Econometrica*, 40, 549-563.

4.2 Zur Rolle Europas

Angesichts der Rolle Europas in der internationalen Klimapolitik stellt sich das Mikro-Makro-Problem in zweierlei Hinsicht. Erstens haben europäische Wissenschaftler, Diplomaten und Politiker mit großer Energie auf eine globale Architektur der Klimapolitik hingearbeitet, bei der die maßgebenden Spieler – zunächst in erster Linie die USA, die EU, Japan, aber auch die übrigen OECD-Staaten und längerfristig die verschiedenen Entwicklungsländer – in eine übergeordnete Struktur eingebunden sein sollten. Dabei spielte die Interpretation und Synthese wissenschaftlicher Ergebnisse durch den IPCC eine entscheidende Rolle (Bolin, 1998).

Zweitens stellt sich die Frage, inwieweit Europa in einer solchen multilateralen Perspektive wirklich eine Einheit darstellt (Krause, 2004). Denn auch, wenn sich die Entstehung der EU durchaus vor dem Hintergrund einer sehr viel längeren Entwicklung gemeinsamer Werte, Institutionen, Symbole, etc. sehen lässt (Le Goff, 2004), ist die Handlungsfähigkeit der EU immer wieder brüchig, wie neuerdings die Definition der nationalen Allokationspläne im Rahmen des europäischen Emissionshandels wieder deutlich gezeigt hat.

Diese Situation führt dazu, dass Europa einerseits die Chance hat, sich als globaler Partner konstruktiv in die Suche nach langfristigen Lösungen des Klimaproblems einzubringen (Jaeger u.a., 1997; Ringius u.a., 2002), andererseits aber auch Gefahr läuft, dabei gleich in doppelter Hinsicht als wenig glaubhaft zu erscheinen. Einerseits ist der Tatbeweis für Europas gute Absichten aufgrund der sehr begrenzten gemeinsamen Handlungskapazität nicht leicht zu erbringen. Andrerseits ist nicht zu übersehen, dass aus amerikanischer Sicht das europäische Insistieren auf multilateralen Lösungen einen Beigeschmack von Trittbrettfahren und Rosinenpicken hat: Die wenig erbauliche Aufgabe, im globalen Maßstab ein Minimum an sozialer Ordnung durchzusetzen, liegt in dieser Sicht bei den USA, die dafür aber nicht Anerkennung ernten, sondern die wohlfeile Kritik eines Europa, das im Schatten US-amerikanischer

Hegemonialpolitik mehr oder weniger unverbindlichen Multilateralismus-Träumen nachhängen kann.

Es wäre zu einfach, diese Sicht als amerikanische Borniertheit abzutun. Angesichts der Geschichte des letzten Jahrhunderts liegt die Beweislast dafür, dass Europa einen besseren Weg zu globalen Problemlösungen kennt als den militärisch gestützten Führungsanspruch der USA, auf dieser Seite des Atlantiks (Kagan, 2003).

Das gilt auch für die Funktionstüchtigkeit des Kyoto-Protokolls und des darauf fußenden europäischen Emissionshandels. Vor diesem Hintergrund ist der Auftrag, die Optionen Europas in der globalen Klimapolitik vor dem Hintergrund des sozialwissenschaftlichen Mikro-Makro-Problems zu untersuchen, höchst zeitgemäß.

Um diesen Auftrag anzugehen, wurden, wie in Abschnitt 3 dieses Berichts ausgeführt, im Rahmen des vorliegenden Projekts vier Forschungsplattformen gebildet, die sich mit endogenem technischem Fortschritt, Lebensstilen und Konsumwandel, Adaptation und Vulnerabilität sowie Versicherungen und Finanzmärkten befassen. Im folgenden gehen wir kurz auf den Stand der Diskussion in der entsprechenden Fachliteratur ein.

Literatur:

Bolin, B. (1998), The Kyoto Negotiations on Climate Change: A Science Perspective, *Science*, 279, 330-331.

Jaeger, C.C., Barker, T., Edenhofer, O., Faucheux, S., Hourcade, J.-C., Kasemir, B., O'Connor, M., Parry, M., Peters, I., Ravetz, J., Rotmans, J. (1997), Procedural Leadership in Climate Policy: A European Task, *Global Environmental Change*, 7, 195-203.

Kagan, R. (2003), *Of Paradise and Power: America and Europe in the New World Order*, Alfred A. Knopf, New York.

Krause, J. (2004), Multilateralism: Behind European Views, *The Washington Quarterly*, 27, 43-59.

Le Goff, J. (2004), *Die Geburt Europas im Mittelalter*, C. H. Beck Verlag, München.

Ringius, L., Torvanger, A., Underdal, A. (2002), Burden Sharing and Fairness Principles in International Climate Policy, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 2, 1-22.

4.3 Zu endogenem technischem Fortschritt

Die Modellierung der langfristigen sozio-ökonomischen Dynamik knüpft einerseits an die klassische und endogene Wachstumstheorie an, welche Konsum- und Investitionsentscheidungen, Kapitalakkumulation und technischen Fortschritt als wesentliche, wachstumsbestimmende Elemente betrachten. Andererseits bedarf der Fokus auf klimapolitische Fragestellungen einer näheren Betrachtung des den Energiesektor beeinflussenden technischen Fortschritts. International anerkannte Klimapolitikmodelle wie MERGE (Manne u.a., 1995) versuchten frühzeitig, durch einen aufgelöst repräsentierten Energiesektor und durch eine Verbindung zu Energiesystemmodellen technologische Veränderungsprozesse modellendogen (z.B. durch sogenannte Lernkurven – Grübler u.a., 1999) zu berücksichtigen. Top-Down-Modelle (makroökonomische Modelle, teilweise mit separatem Energiesektor) und Bottom-Up-Modelle (Energiesystemmodelle) zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse bzgl. der Kosten langfristiger Vermeidungsstrategien. Die Verbindung zwischen Top-Down-Modellen und Bottom-Up-

Modellen ist ein anerkannter, aber noch weitgehend ungelöster Aspekt des Mikro-Makro-Problems. Dabei hat sich die Modellierung einer endogenen Investitionsdynamik als ein relativ schwieriges Problem herausgestellt. Nur wenige Klimapolitik- und Energiemodelle berücksichtigen die intertemporale Dynamik von Investitionsentscheidungen entsprechend den Erkenntnissen der empirischen Makroökonomik. Das Konzept des investitionsgetriebenen technischen Fortschritts kann als besonders vielversprechend angesehen werden. Es geht auf die Arbeiten von M. F. Scott (1989) zurück.

Im Rahmen interregionaler Wechselwirkungen spielen vor allem die langfristigen Kapitalströme und die sogenannten Spillover-effekte, die durch Technologietransfers ausgelöst werden, eine wichtige Rolle sowohl für die Wachstumsdynamik als auch für die klimapolitischen Vermeidungsmaßnahmen. Dabei zeigt die bisherige Forschung, dass die Rolle technologischer Spillover-effekte ambivalent ist; gesichert ist aber zumindest eine starke Korrelation zwischen Spillovers und Auslandsdirektinvestitionen (Blomström u.a., 1999). Die Untersuchung interregionaler Wechselwirkungen stellt die Modellierung vor mathematische Herausforderungen. Der bisher in der Ökonomik verwendete Ansatz von Negishi (1972), der nicht nur in der Lage ist, intertemporale Gleichgewichte auf Güter- und Faktormärkten zu bestimmen, sondern darüber hinaus Aussagen über die Optimalitätseigenschaften dieser Gleichgewichte erlaubt, genügt nicht, um internationale Kapitalströme und Technologiestransfers in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Literatur:

Blomström, M., Globerman, S., Kokko, A. (1999), The determinants of host country spillovers from foreign direct investments: review and synthesis of the literature. SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance, No. 339, School of Economics, Stockholm.

Grübler, A., Nakicenovic, N., Victor, D.G. (1999), Modeling Technological Change: Implications for Global Environment, *Annual Review of Energy and the Environment*, 24, 545-569.

Manne, A.S., Mendelsohn, R., Richels, R.G. (1995), MERGE – A Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies, *Energy Policy*, 23, 17-34.

Negishi, T. (1972), *General Equilibrium Theory and International Trade.* North-Holland, Amsterdam.

Scott, M. F. (1989), *A New View of Economic Growth.* Clarendon Press, Oxford.

4.4 Zur sozialen Einbettung individueller Präferenzen

Das für die Lebensstilforschung relevante Forschungsfeld erstreckt sich auf verschiedene sozialwissenschaftliche (Teil-)Disziplinen, denen in unterschiedlichem Maße Aufmerksamkeit geschenkt wird; dabei werden auch interdisziplinäre bzw. naturwissenschaftlich geprägte Zugänge berücksichtigt. Der Forschungsstand kann nach unseren Einsichten kurz (und sicher auch verkürzend) so zusammengefasst werden:

- *Ökonomik*. Für das vorliegende Vorhaben sind besonders wichtig: die „neue Haushalts-ökonomik“ (Becker, 1996), die Theorie endogener Präferenzen (Bowles, 1998), die Theorie interdependenter Nutzenfunktionen sowie die – z.T. darauf aufbauenden – neueren Arbeiten zur Modellierung von interdependentem Konsumentenverhalten (Brekke und Howarth, 2003). Dies ist der neueste, aufgrund seiner unorthodoxen Annahmen und der heuristischen Potentiale zugleich aber auch ein viel versprechender

Bereich der ökonomischen Konsumforschung. Die vom stark makroökonomisch ausgerichteten Mainstream häufig gerne belächelte Betriebswirtschaftslehre sei als wichtige weitere Quelle am Rande erwähnt.

- *Soziologie*. Bedingt durch die rapide wirtschaftliche Entwicklung einzelner Länder/Regionen im Laufe der 1990er Jahre hat der Aufstieg einer „globalen Mittelklasse" mit den materiellen Fähigkeiten und der Neigung zu Konsumsteigerungen mit Umweltfolgen mehr und mehr die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gezogen. Soziologen sehen, trotz geringerer Paradigmeneinheitlichkeit, Konsum mehrheitlich als symbolischen Ausdruck sozialer Ungleichheit oder kultureller Wertsysteme. Das individuelle Konsumverhalten ist dadurch stark vom restlichen Gesellschaftssystem (bzw. den anderen Gesellschaftsmitgliedern) geprägt, was zwar einerseits Phänomene wie Macht oder Manipulation der Konsumenten thematisierbar macht (für die viele Ökonomen in der Regel blind sind), andererseits aber den Nachteil hat, den Anteil autonomer/freiwilliger Entscheidungen sowie den Verantwortungsbereich von Konsumenten herunterzuspielen. Besonders wichtig für das vorliegende Projekt war die soziologische Lebensstilforschung, die zwar kein einheitliches Konzept, aber eine mehrheitsfähige und für die Aufgaben des Projekts gut geeignete Dimensionierung der Faktoren des Lebensstils generiert hat: Lebensstile sind gruppenspezifische Ensembles aus sozialer Lage, Mentalität (Einstellungs- und Wertmuster) und Praxis (Verhalten).
- *Umweltforschung*. Dieses etwas hilflose Substantiv steht für das disziplinär breit gefächerte Unterfangen, die Umwelteffekte (speziell: Klimawirkungen) des modernen Konsums abzuschätzen. Hierbei kann hauptsächlich zurückgegriffen werden auf: umweltsoziologische Studien, Lebenszyklusanalysen, Stoff- und Energieflussanalysen, Integrated Assessment. In den letzten Jahren ist die Forschung speziell zum Konsum hier sehr vorangeschritten; einige nationale statistische Ämter liefern regelmäßige Informationen zum Haushaltssektor (meist aggregiert), zum Energieverbrauch und zu den CO_2-Emissionen. Auf europäischer Ebene ist hier auch die Europäische Umweltagentur (EEA) zu erwähnen. Die sozialwissenschaftliche Umweltforschung hat das Thema Konsum und Lebensstile in ausgewählten Bereichen schon früh erforscht (Ölkrisen der 1970er Jahre!) und auch wegweisendes zur sozialen Differenzierung von Verbrauchsmustern beigetragen (z.B. Lutzenhiser, 1997; Weber und Perrels, 2000). Dieser Forschungsstrang war für das Projekt von erheblicher Bedeutung.

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass sich die allseits gepflegte Inter- und Transdisziplinaritätsrhetorik vornehmlich auf die Schnittstelle Natur- versus Sozialwissenschaften bezieht (die berühmten „Zwei Kulturen" von C.P. Snow). Der berechtigte Hinweis auf die Schwierigkeiten an dieser breit gefächerten „Front" darf jedoch nicht darüber hinweg täuschen, in welchem Maße auch zwischen den verschiedenen sozialwissenschaftlichen Disziplinen Anschluss- und Kommunikationsprobleme bestehen, die häufig unterschätzt werden. Von daher war die Kooperation zwischen Soziologie und Ökonomik (ansatzweise auch zwischen Soziologie und Psychologie sowie Politikwissenschaft), wie sie im Projekt etabliert und genutzt werden konnte, ein aus unserer Sicht sehr positiver Aspekt des Projekts.

Literatur:

Becker, G. S. (1996), *Accounting For Tastes.* Harvard University Press, Cambridge, MA.

Bowles, S. (1998), Endogenous Preferences: The Cultural Consequences of Markets and Other Economic Institutions. *Journal of Economic Literature*, 36, 75-111.

Brekke, K.A., Howarth, R.B. (2003), *Status, Growth and the Environment. Goods as Symbols in Applied Welfare Economics*, Edward Elgar, Cheltenham.

Lutzenhiser, L. (1997), Social structure, culture and technology: Modeling the driving forces of household energy consumption. In: Stern, P.C., Dietz, T., Ruttan, V.W., Socolow, R.H., Sweeney, J.L. (eds.), *Environmentally Significant Consumption. Research Directions*, National Academy Press, Washington, D.C, 77–91.

Weber, C., Perrels, A. (2000), Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions. *Energy Policy*, 28, 549-566.

4.5 Zu Adaptation und Vulnerabilität

Ähnlich wie das Mikro-Makro-Problem bei der Frage nach der Verursachung und möglichen Vermeidung bzw. Begrenzung anthropogenen Klimawandels auftaucht, stellt es sich auch bei der Frage nach den möglichen Folgen und dem Umgang mit diesen. Die Forschungsliteratur zu letzterer Frage (z.B. Kelly und Adger, 2000; Nicholls, 2002) stellt einen zentralen Teil der heutigen Klimaforschung dar.

Um so bemerkenswerter ist es, dass in dieser Literatur die Frage der Bewertung möglicher Klimafolgen – die auf Schritt und Tritt gestellt wird – fast nie nach den unterschiedlichen Bewertungsmustern unterschiedlicher Akteure aufgeschlüsselt wird. Das ist um so erstaunlicher, als diese Literatur schon früh darauf hingewiesen hat, dass Fragen von Adaptation und Vulnerabilität nur dann sinnvoll untersucht werden können, wenn die große Komplexität der betroffenen Ökosysteme und Institutionen berücksichtigt wird (Gunderson u.a., 1995).

Eine wichtige Ausnahme sind die Arbeiten, die in der Tradition von Sen's Untersuchung von Hungersnöten stehen (Sen, 1980). Hier wird in der Tat das Augenmerk auf die Tatsache gelenkt, dass ein und dasselbe Ereignis – eine Dürre, eine Hungersnot – von unterschiedlichen Akteuren unterschiedlich bewertet wird, und dass der Marktmechanismus die Bewertungen mit der jeweiligen Kaufkraft gewichtet. Vor diesem Hintergrund stellt sich dann die Frage nach Institutionen wie einer freien Presse, die in einem gemeinsamen Diskurs die unterschiedlichen Bewertungen auch jenseits des Marktmechanismus repräsentieren und ggf. zu einer allgemeinverbindlichen zusammenfügen kann.

Genau hier hätte eine Untersuchung des Mikro-Makro-Problems einzusetzen. Bis jetzt (und das gilt sowohl für den Beginn als auch für das Ende des vorliegenden Projekts) stecken entsprechende Arbeiten allerdings noch in den Anfängen. Insbesondere wurde anhand von Fallstudien mit den Mitteln qualitativer Begriffsbildung versucht, die Vulnerabilität spezifischer Systeme gegenüber spezifischen Risiken zu quantifizieren (Luers u.a., 2003).

Zwei Punkte sind für den vorliegenden Auftrag hervorzuheben. Einmal scheint es wünschenswert, Begriffe wie Adaptation und Vulnerabilität systematischer mit mathematischen Begriffen wie Stabilität, Wahrscheinlichkeit, u.a.m. zu verknüpfen und dabei die reiche Literatur zu

Risikomanagement in anderen Bereichen zu berücksichtigen. Sodann dürfte es sinnvoll sein, das Mikro-Makro-Problem auf Märkten von dem analogen Problem in anderen institutionellen Kontexten zu unterscheiden. Zu ersterem liegen sehr viel mehr Forschungsergebnisse vor, sodass es nahe liegt, mit der Untersuchung auch in diesem Bereich zu beginnen.

Genau das wurde bei der Erfüllung des vorliegenden Auftrages getan, wobei sich die Untersuchung von Finanzmärkten und Versicherungen als besonders hilfreich erwies. Wie die Arbeiten von Sen jedoch gezeigt haben, sind Märkte zwar notwendige, jedoch in wichtigen Fällen gerade nicht hinreichende Bedingungen für eine wirksame Reduktion von Vulnerabilität.

Literatur:

Gunderson, L., C. S. Holling, and S. S. Light. (1995), *Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions,* Columbia University Press, New York.

Kelly, P. M., and W. N. Adger. (2000), Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation, *Climatic Change*, 47, 325-352.

Luers, A. L., D. B. Lobell, L. S. Sklar, C. L. Addams, and P. A. Matson (2003), A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico, *Global Environmental Change,* 13, 255-267.

Nicholls, R. J. (2002), Rising Sea Levels: Potential Impacts and Responses. Pages 83-107. In: R. E. Hester and R. M. Harrison (eds.), *Global Environmental Change. Issues in Environmental Science and Technology*, Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Sen, A. (1980), *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Clarendon Press, Oxford, UK.

4.6 Zu Versicherungen und Finanzmärkten

Angesichts der zu erwartenden Schäden durch Klimaveränderungen stellt sich die Frage, ob die Versicherungswirtschaft, so wie wir sie kennen, in der Lage ist, diese Schäden zu versichern. Dazu ist eine Analyse des Versicherungssektors erforderlich, die die in der reinen Theorie übliche Annahme eines praktisch unbegrenzten Zugangs zum Kapitalmarkt relativiert und die Bedeutung von Ruin-Wahrscheinlichkeiten für einzelne Versicherungsunternehmen berücksichtigt (Kleindorfer und Klein, 1999). Sodann müssen die Möglichkeiten des Versicherungssektors, seinen Zugang zum Kapitalmarkt durch neue Instrumente zu vergrößern – bzw. die Möglichkeiten von Nicht-Versicherungen, Ressourcen des Kapitalmarkts in Versicherungskontrakte umzumünzen – untersucht werden (Shiller, 2003).

Die reine Theorie, von deren Annahmen im vorigen Absatz die Rede war, ist die Theorie der hochskalierten repräsentativen Akteure. Aus ähnlichen Gründen wie bei den Versicherungsmärkten müssen diese Annahmen auch bei der Untersuchung von Finanzmärkten deutlich modifiziert werden; auch auf Finanzmärkten ist die Abschätzung zukünftiger Risiken, insbesondere von Ruin-Wahrscheinlichkeiten, eine entscheidende Aufgabe. Deshalb können sich Banken nicht damit begnügen, einen Zinssatz für mögliche Kredite festzulegen, sondern brauchen zusätzlich Abschätzungen darüber, was sinnvolle Kreditlimiten sind (Stiglitz und Greenwald, 2003).

Solange einzelne Märkte in einer Partialanalyse untersucht werden, kann es sinnvoll sein, die relevanten Annahmen pragmatisch einzuschränken und zu fragen, welche Konsequenzen sich für

die jeweiligen Märkte daraus ergeben. Angesichts des globalen und langfristigen Problems des Klimawandels ist das jedoch keine angemessene Vorgehensweise. Vielmehr ist hier zu fragen, was sich für die Dynamik der Weltwirtschaft als ganzer für Konsequenzen ergeben, wenn die Annahmen, die für die Methode der hochskalierten repräsentativen Akteure erforderlich sind, aufgegeben werden.

Ein wichtiges Ergebnis betrifft hier die Möglichkeit sogenannter Sunspot-Equilibria in sequentiellen Marktsystemen (Chiappori und Guesnerie, 1991). Dabei handelt es sich um eine erwartungsgesteuerte Auswahl aus multiplen Gleichgewichten. Da die ökonomisch wirksamen Erwartungen über die Erfolgschancen unterschiedlicher Investitionsmöglichkeiten in erheblichem Umfang an Finanzmärkten gebildet werden, ergibt sich daraus eine Schlüsselstellung dieser Märkte für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung angesichts ungewisser Zukunftsperspektiven wie derjenigen anthropogener Klimaveränderungen.

Die Frage, wie sich die Erwartungsbildung auf der Mikroebene zu Entwicklungen auf der Makroebene verhält, ist dabei offensichtlich von großer Bedeutung. In den letzten Jahren sind zu dieser Frage wichtige Fortschritte im Rahmen der dynamischen stochastischen allgemeinen Gleichgewichtstheorie gemacht worden (Altug u.a., 2003). Für die Bearbeitung der Leitfrage des vorliegenden Auftrags stellt dies einen wichtigen Anknüpfungspunkt dar.

Literatur:

Altug, S., Chadha, J.S., and C. Nolan (eds.) (2003), *Dynamic Macroeconomic Analysis. Theory and Policy in General Equilibrium*, Cambridge University Press, Cambrigde, UK.

Chiappori, P.-A., Guesnerie R. (1991), Sunspot equilibria in sequential markets mode. In: Hildenbrand, W., Sonnenschein, H. (eds.), *Handbook of Mathematical Economics*, North Holland, Amsterdam, 1682-1762.

Kleindorfer, P.R, Klein, R.W. (1999), Regulation and Markets for Catastrophe Insurance, The Warton School, University of Pennsylvania, Philadelphia.

Shiller, R. J. (2003), *Die neue Finanzordnung*, Campus, Frankfurt.

Stiglitz, J.E., Greenwald, B. (2003), *Towards a New Paradigm in Monetary Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Abwicklung dieses Auftrags wäre unmöglich gewesen ohne die Entwicklung eines reichhaltigen Kooperationsnetzes. Für diese Entwicklung war das European Climate Forum die entscheidende Plattform. Besonders wichtige Kooperationspartner werden im Folgenden aufgelistet. In Klammern ist jeweils ein Ansprechpartner angegeben, auch wenn meist mehrere Personen involviert waren. Ein Sternchen steht für die Mitgliedschaft im European Climate Forum:

Forschungsinstitute:

CIESIN Columbia University, USA (M. Levy)

CIRED, Frankreich (Prof. J.-C. Hourcade)*

DIW, Berlin (Prof. C. Kemfert)

Paul Scherrer Institut & ETH Zürich (Prof. A. Wokaun)*

Fondazione ENI Enrico Mattei, Italien (Prof. C. Carraro)*

ICIS, Niederlande (Prof. J. Rotmans)

IFF Universität Wien, Österreich (Prof. M. Fischer-Kowalski)

IIASA, Österreich (Prof. Leen Hordijk)

Kennedy School of Government, Harvard University, USA (Prof. W. C. Clark)

MPI für Meteorologie, Hamburg (Prof. K. Hasselmann)*

Nansen Environmental and Remote Sensing Centre, Norwegen (Prof. Ola Johannesen)*

RIVM, Niederlande (T. Kram)*

Tyndall Centre for Climate Change Research, UK (Prof. H.-J. Schellnhuber)*

Unternehmen:

ABB (B. Eliasson)*

BP (Chris Mottershead)

Deutsche Telekom (I. Campino)*

Münchener Rück (Dr. G. Berz)*

RWE (Dr. J. Engelhardt)*

Nichtregierungsorganisationen:

Carbon Trust (Prof. M. Grubb)

European Business Council for Sustainable Energy, e5 (S. Gallehr)*

Germanwatch (K. Mielke)

Greenpeace International (S. Sawyer)*

SOL European Sustainability Group (P. Graefe)*

Stiftung Wissenschaft und Politik, (F. Müller)

WWF International (J. Morgan)*

Behörden:

BMU (K. Sach)

EU-DG-Environment (C. Day)

UBA (P. Mahrenholz)

Weltbank, (F. Lequoc)

6. Erzielte Ergebnisse

„... dies hing freilich mit der Natur der Untersuchung selbst zusammen.
Sie nämlich zwingt uns, ein weites Gedankengebiet,
kreuz und quer, nach allen Richtungen hin zu durchreisen."

L.Wittgenstein, Philosophische Untersuchungen

Der Auftrag, das sozialwissenschaftliche Mikro-Makro-Problem im Zusammenhang mit der europäischen Klimapolitik zu untersuchen, führt nicht zu Ergebnissen von der Art eines technischen Verfahrens oder gesicherten Expertenwissens. Die wichtigsten Ergebnisse haben die Form einer Entwöhnung von irreführenden Denkgewohnheiten, und diese Entwöhnung braucht Geduld. Ohne diese Geduld dürfte die Lösung des Klimaproblems eine Chimäre bleiben, und die Klimapolitik dürfte über Jahrzehnte oszillieren zwischen ehrgeizigen Zielen und großen Enttäuschungen.

Bei der Untersuchung des sozialwissenschaftlichen Mikro-Makro-Problems ist es nützlich, dieses in zweierlei Hinsicht zu gliedern. Die eine Gliederung ergibt sich aus der Frage, ob das Konzept des repräsentativen Akteurs verwendet wird oder nicht; die andere aus der Frage, ob das Mikro-Makro-Problem im Zusammenhang mit Preismechanismen gestellt wird oder nicht. Mit Abstand der größte Forschungsaufwand ist bisher in Untersuchungen geleistet worden, welche das Konzept des repräsentativen Akteurs verwenden und sich mit Preismechanismen befassen. Im EUROPA-Projekt wird diese Forschungstradition bewusst aufgegriffen, aber nicht als einzige; daneben werden auch andere Ansätze genutzt, um die Schwierigkeiten zu überwinden, die sich daraus ergeben, dass das Konzept des repräsentativen Akteurs das Mikro-Makro-Problem weder für Systeme interdependenter Märkte noch für allgemeinere soziale Konstellationen lösen kann.

Das vorliegende Kapitel geht in vier Schritten vor. Im ersten Schritt wird erörtert, wie im Rahmen des Konzepts des repräsentativen Akteurs durchaus interessante Ergebnisse über ökonomische Sachverhalte im Klimabereich erzielt werden können. Die behandelten Beispiele betreffen in erster Linie die Chancen von erneuerbaren Energien und von Techniken der Kohlenstoff-sequestrierung.

Im zweiten Schritt wird dargelegt, warum zur Untersuchung von Lebensstildynamiken und von Vulnerabilität und Adaptation die Entwicklung formaler Modelle erforderlich ist, die konzeptionell über repräsentative Akteure hinausgehen. Dabei werden empirische Ergebnisse dargestellt, die vor dem Hintergrund von großräumig verankerten Lebensstilen wie dem „American Way of Life" ein neues Licht auf die Stellung Europas in der globalen Klimapolitik werfen.

Im dritten Schritt wird darauf hingewiesen, dass Erkenntnisse aus der ökonomischen Grundlagenforschung die Anwendung des Konzepts des repräsentativen Akteurs nur in Ausnahmefällen zulassen. Als umfassenderes Konzept wird für den ökonomischen Bereich ein Verständnis von Referenzpreisen als unentbehrlichen sozialen Konventionen entwickelt. Damit

wird aufgezeigt, wie eine Kombination von Anreizen zur Emissionsreduktion mit Anreizen zu produktiven Investitionen für die europäische Klimapolitik neue Optionen schaffen kann.

Im vierten Schritt wird gefragt, wie das Ziel der EU, die globale Mitteltemperatur um nicht mehr als 2 Grad steigen zu lassen, in einer sinnvollen Diskussion, an der Wissenschafter und Nicht-Wissenschafter gleichermaßen wesentlich beteiligt sind, begründet werden kann. Danach wird vor dem Hintergrund der vorangehenden Überlegungen erläutert, auf welchen Wegen das 2-Grad Ziel erreicht werden kann und wie in der jetzigen Ausgangslage erste Schritte auf einem solchen Weg aussehen.

6.1 Ergebnisse mit Preisbildung durch repräsentative Akteure: Die Transformation des Energiesystems

Als erstes Ergebnis ist festzuhalten, dass die bisherige Lösung des Mikro-Makro-Problems durch das Konzept der repräsentativen Akteure durchaus wichtige Erkenntnisse ermöglicht. Im Klimabereich gilt das allerdings erst, wenn der technische Fortschritt explizit berücksichtigt wird.

So haben wir zum Beispiel das Potential regenerativer Energien zunächst abgeschätzt, ohne die Dynamik des technischen Fortschritts einzubeziehen. Dabei ergibt sich, dass sich diese Energiequellen[1] ohne staatliche Eingriffe nur durchsetzen, wenn die fossilen Energiequellen soweit abgebaut worden sind, dass ihre weitere Nutzung sehr viel teurer ist als heute. Die weltweiten Kohlevorräte sind jedoch so groß, dass damit im 21. Jahrhundert nicht zu rechnen ist.

Wird der technische Fortschritt berücksichtigt, ändert sich das Bild. Allgemein werden in der Anfangsphase der Diffusion einer neuen Technologie überdurchschnittliche Kostenreduktionen erzielt – sonst setzt sich die Technologie gar nicht erst durch. Später sinken die Kosten dann mit etwa der gleichen Rate wie in den meisten Wirtschaftssektoren. Allerdings ist es schwer bis unmöglich, die Kostensenkungen in der Anfangsphase und die Dauer dieser Phase vorherzusagen. Bei Kohle, Öl und Gas ist jedenfalls die Anfangsphase abgeschlossen, während sie bei den regenerativen Energien erst begonnen hat.

Bei der Analyse des Potentials regenerativer Energien ist nun zu berücksichtigen, dass die Kostensenkungen nicht, wie in der älteren Literatur angenommen, exogen bestimmt sind, sondern als endogener technischer Fortschritt begriffen werden müssen. Die Kostensenkungen hängen von den Investitionen in die jeweiligen Technologien ab, die Investitionen von der Profitabilität der Technologien und die Profitabilität wiederum von den Kostensenkungen. Die entsprechenden Rückkoppelungen sind ohne ein quantitatives Modell kaum abzuschätzen.

---

[1] Die Verwendung des Wortes „Energie“ in der ökonomischen Fachliteratur wie in der öffentlichen Diskussion ist problematisch. Richtiger wäre es, von kommerziellen Energieträgern zu sprechen – diese sind es, die produziert und verbraucht werden, während die Energie im physikalischen Sinne erhalten bleibt. Wir halten uns jedoch an den üblichen Sprachgebrauch und sprechen von Energiequellen, -produktion, -verbrauch, etc.

Im Rahmen des EUROPA-Projekts wurde als Instrument zur Untersuchung derartiger Fragen das Modell MIND entwickelt. In seiner Basisversion (zur Weiterentwicklung vgl. unten) beruht das Modell auf einem einzigen repräsentativen Akteur, der eine Zielfunktion über einen gegebenen Zeitraum (z.B. von 2000 bis 2100) maximiert. Dabei wird die in der Ökonomie übliche Darstellung eines einzelnen Haushaltes auf die Größenordnung einer ganzen Volkswirtschaft und die Dauer eines politisch relevanten Zeitraums hochskaliert. Der Wert der Zielfunktion wird meist als Maß der gesellschaftlichen Wohlfahrt interpretiert. Die Maximierung berücksichtigt dabei gegebene Ausgangsbedingungen sowie dynamische Randbedingungen.

In diesem Rahmen kann nun gefragt werden, um wie viel sich der Wert der Zielfunktion ändert, wenn die Menge eines ökonomischen Gutes (z.B. der produzierten regenerativen Energie) zu einem bestimmten Zeitpunkt ein wenig geändert wird. In Modellen, die auf dem Konzept des repräsentativen Akteurs beruhen, wird diese Größe als Preis des jeweiligen Gutes interpretiert. Es wird dann weiter meist angenommen, dass das durch den Wert der Zielfunktion gegebene Wohlstandsmaß mit dem zu diesen Preisen bewerteten Sozialprodukt übereinstimmt. Diese weitreichenden Annahmen sind wegen der Schwierigkeiten des Mikro-Makro-Problems, die in Abschnitt 4.1 skizziert wurden, durchaus problematisch. Deshalb ist die hier skizzierte Modellierung von Preisen auch nicht als letzter, sondern als erster Schritt zu begreifen. Dabei geht es darum, die Erkenntnisse und Ergebnisse festzuhalten, die mit dem Konzept des repräsentativen Akteurs erreicht werden können.

Das Modell unterscheidet zwischen einem nicht-erneuerbaren (hauptsächlich: fossilen) und einem erneuerbaren Energiesektor, endogenisiert den üblicherweise als exogen vorgegebenen technologischen Fortschritt (getrennt nach beiden Sektoren), und legt die Investitionsquoten für beide Sektoren in Abhängigkeit von den „returns on investment“ fest. Das Modell wurde dabei mit Blick auf empirische Lernkurven in beiden Sektoren kalibriert. Weitere Elemente des endogenen technischen Fortschritts wurden durch die Modellierung von Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen in den Bereichen Arbeitsproduktivitätsverbesserung und Energieeffizienzerhöhung berücksichtigt.

Die Simulationsrechnungen mit dem Modell MIND deuten darauf hin, dass sich die Wettbewerbsfähigkeit der regenerativen Energien aufgrund der beschriebenen Dynamik durchaus noch im gegenwärtigen Jahrhundert einstellen könnte. Regenerative Energien wären dann eine Backstop-Technologie in dem Sinne, dass sie die fossilen Energieträger auch dann überflüssig machen könnten, wenn diese noch keineswegs erschöpft sind.

Welche Konsequenz hat diese Aussage für die Klimapolitik? Um die Bedeutung des endogenen technischen Fortschritts für die Klimapolitik abzuschätzen, wurde die Basisversion von MIND mit einem hochaggregierten Klimamodell gekoppelt, das den Zusammenhang von Emissionsdynamik und globaler Mitteltemperatur darstellt. Wenn nun als klimapolitische Anforderung das 2-Grad Ziel (vgl. dazu Abschnitt 6.4) gesetzt wird, so zeigt sich, dass regenerative Energien sich ohne politische Eingriffe erst durchsetzen, nachdem die globale Erwärmung erheblich mehr als 2 Grad beträgt. Dieses Ergebnis hat ein wichtiges Korrelat: Die endogene Dynamik des technischen Fortschritts bedeutet nämlich, dass politische Eingriffe zur Begrenzung des Gebrauchs fossiler Brennstoffe die Kostensenkungen bei den erneuerbaren Energien beschleunigen. Dadurch fällt die

Reduktion im Wert der Zielfunktion, die durch solche Eingriffe bewirkt wird, in Modellen wie MIND deutlich geringer aus als in Modellen, die keine endogene Dynamik des technischen Fortschritts berücksichtigen. Insbesondere für eine ambitionierte, auf die Einhaltung des 2-Grad Klimaziels oder geringe atmosphärische CO_2-Konzentrationen ausgerichtete Klimapolitik berechnet das Modell MIND im Vergleich zu verschiedenen anderen Modellen wesentlich geringere Vermeidungskosten bzw. Wohlfahrtseinbußen (siehe Abb.1).

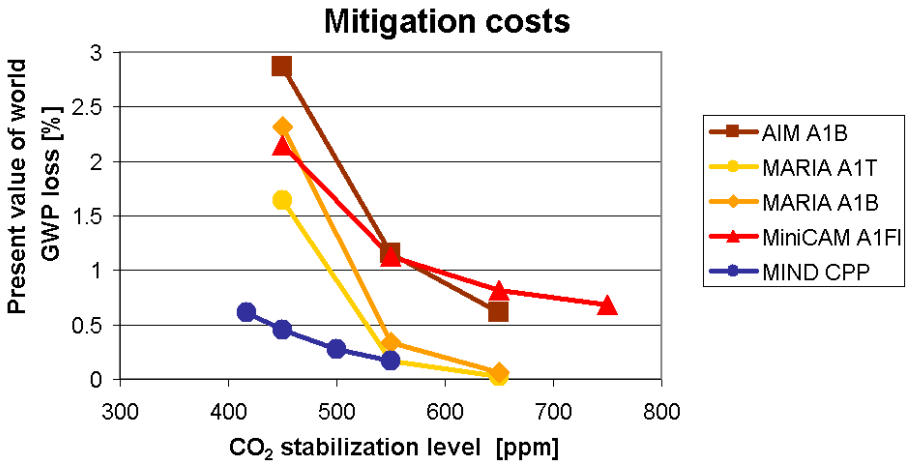

Abb. 1: Schätzungen der Kosten für unterschiedliche Stabilisierungsniveaus durch verschiedene Modelle

Neben diesen Ergebnissen zum Potential erneuerbarer Energien haben wir mit der Basisversion von MIND eine Reihe von Ergebnissen zu einer weiteren technologischen Option der Emissionsreduktion erzielt: der Abscheidung und anschließenden Sequestrierung von Kohlenstoff. Als Lagerstätten werden gegenwärtig vor allem der Ozean und geologische Formationen diskutiert. Letztere Variante ist beim gegenwärtigen Stand des Wissens die weniger risikobehaftete und die von der Öffentlichkeit eher akzeptierbare. Unter den Annahmen, die eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energie endogen erzeugen, ist Kohlenstoffsequestrierung vor allem als Übergangstechnologie interessant. Da sie die Kosten fossil erzeugter Energie steigert, kann sie unter diesen Annahmen den Zeitraum, in dem die erneuerbaren Energien nur dank staatlicher Maßnahmen wettbewerbsfähig sind, verkürzen. Zugleich kann sie in diesem Zeitraum eine spürbare Reduktion der Emissionen ermöglichen.

Auch bei der Kohlenstoffsequestrierung kommt es in der Anfangsphase zu überdurchschnittlichen Kostensenkungen. Ein durch Sensitivitätsanalysen im Rahmen des EUROPA-Projekts gestütztes Ergebnis besagt nun, dass bei der gegenwärtigen Unsicherheit über das Tempo dieser Kostensenkungen sowohl ein massiver als auch ein relativ eng begrenzter Einsatz der Sequestrierungstechnologie im Laufe des 21. Jahrhunderts ökonomisch realistisch sein könnte. Die Emissionsreduktion durch Kohlenstoffsequestrierung hängt dann zweitens von der

Leckagerate ab, für die es gegenwärtig zwar theoretisch begründbare niedrige Schätzungen, aber noch keine Erfahrungswerte gibt.

Im Zuge der Projektarbeit wurde sodann ein regionalisiertes Modell REMIND entwickelt. Dieses stellt eine Weiterentwicklung von MIND dar, in der unterschiedliche Weltregionen modelliert werden können. Damit wurde ein Instrument bereitgestellt, um die europäische Wirtschaft im globalen Zusammenhang zu untersuchen. In REMIND wird jede Region durch einen repräsentativen Akteur dargestellt. Dieser maximiert wieder eine Zielfunktion über einen vorgegebenen Zeitraum. Dabei hängt sein Handlungsspielraum z.T. von den Handlungen der anderen Akteure ab. Darüber hinaus können auch die Handlungsfolgen (also der Wert der jeweiligen Zielfunktion) von den Handlungen der anderen Akteure beeinflusst werden. Die Wechselwirkungen der Akteure sind so definiert, dass ein Nash-Gleichgewicht erreicht wird, das zugleich ein Marktgleichgewicht im interregionalen Handel darstellt.

Diese Art Verbindung zwischen Nash- und Marktgleichgewichten ist alles andere als trivial. Zu ihrer Modellierung wurde ein eigener Lösungsalgorithmus entwickelt. In vergleichenden Simulationen konnte gezeigt werden, dass die Resultate dieses Algorithmus mit denen übereinstimmen, die im herkömmlichen Negishi-Ansatz erzielt werden. Im Gegensatz zu diesem ist der neue Ansatz darüber hinaus in der Lage, technologische Spillovers zu berücksichtigen, die durch Auslandsinvestitionen ausgelöst werden.

Für die Klimaproblematik ist das wesentlich, weil hier Technologietransfers von Industrie- in Entwicklungsländer langfristig eine große Rolle spielen dürften. Als Ergebnis der bisherigen Arbeiten mit REMIND ist festzuhalten, dass durchaus beide Weltregionen von Spillovers durch Technologietransfer profitieren dürften, die Entwicklungsländer jedoch in erheblich stärkerem Maße – vielleicht ein kleiner Lichtblick im Hinblick auf den schwierigen Prozess der internationalen Klimaverhandlungen.

6.2 Ergebnisse ohne Preisbildung und ohne repräsentative Akteure: Die Lebensstile der Reichen und die Vulnerabilität der Armen

Eine Schwierigkeit bei den bisher beschriebenen Modellieransätzen – und bei einem großen Teil der ökonomischen Literatur zum Klimaproblem – besteht darin, dass Energie als Produktionsfaktor ähnlich wie Arbeit behandelt wird. Das ist aus zwei Gründen problematisch. Erstens tauchen kommerzielle Energieträger im Geflecht der Unternehmungen nicht als exogene Inputs wie Arbeit, Boden und Kredit auf, sondern als produzierte Inputs wie Kunststoff, Getreide, Maschinen und Gebäude. Und zweitens wird fast die Hälfte der kommerziellen Energieträger nicht als Produktionsmittel, sondern als Konsumgut verbraucht: für private Mobilität, für das Heizen von Wohnungen u.a.m.

Der erste Punkt wird bei zukünftigen Modellierarbeiten zu beachten sein. Der zweite war im Rahmen des EUROPA-Projekts Gegenstand ausgiebiger Untersuchungen. Dabei wurden zunächst weder repräsentative Akteure noch Preisbildungsprozesse thematisiert. Vielmehr wurde in einem ersten Schritt empirisch-induktiv nach soziologisch aussagekräftigen Typologien gesucht.

Mithilfe des statistischen Verfahrens der Cluster-Analyse ließ sich aus weltweiten Daten zum Energieverbrauch eine äußerst bemerkenswerte Klassifikation von sechs energiewirtschaftlichen Ländertypen gewinnen (Abb. 2).

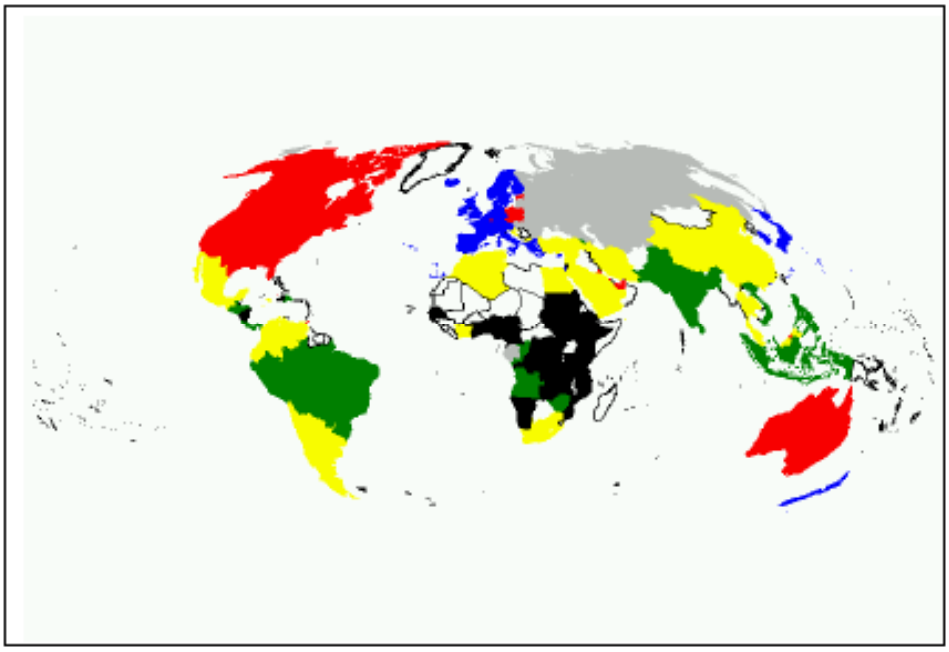

Abb. 2: Sechs Ländertypen des Energieverbrauchs

Dabei zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Westeuropa und den USA. Europa hat Ähnlichkeiten mit Japan, Südkorea und Neuseeland, die USA mit Kanada, Australien und Energieproduzenten wie Bahrain. Unter den Industrieländern hat die ehemalige Sowjetunion eine ganz eigene Stellung: Diese Region hat das mit Abstand ungünstigste Verhältnis zwischen Energieverbrauch und Pro-Kopf-Einkommen.

Auch die Entwicklungsländer zeigen alles andere als ein einheitliches Muster. Einmal ist zu unterscheiden zwischen der Situation in großen Teilen Schwarzafrikas, in denen die extrem schlechte wirtschaftliche Lage zu niedrigen Emissionswerten führt, und der in anderen Entwicklungsländern. Bei diesen wiederum zeigt sich ein wichtiger Unterschied zwischen einer Gruppe, zu der insbesondere China, Ägypten und Argentinien gehören, und einer Gruppe mit Indonesien, Indien, Angola, Brasilien und einigen weiteren Ländern. Die erste Gruppe ist wirtschaftlich stärker bei einem gleichzeitig leicht ungünstigeren Verhältnis zwischen Energieverbrauch und Pro-Kopf-Einkommen.

Diese Ergebnisse werfen ein interessantes Licht auf den Kyoto-Prozess und auf die klimapolitischen Optionen Europas, die wir in Abschnitt 6.4 erörtern werden. Hier wollen wir festhalten, dass die Unterschiede in den Pro-Kopf-Emissionen zwischen Europa und Nordamerika daraus resultieren, dass der Energieverbrauch in Nordamerika pro Kopf etwa doppelt so groß ist wie in Europa, was wiederum weder an den Unterschieden im Pro-Kopf-Einkommen noch an

jenen der Produktionsstruktur liegt, sondern an historisch, geographisch und kulturell bedingten Unterschieden in Technologie und Lebensstil.

US-Präsident G.H.W. Bush erklärte schon anlässlich der Verabschiedung der UN Klimarahmenkonvention – die von den USA mitunterschrieben wurde –, der American Way of Life sei nicht verhandelbar. Und anlässlich der Verhandlungen um das Kyoto-Protokoll ließ US-Präsident G. W. Bush durch seinen Pressesprecher verlauten, „that it should be the goal of policy makers to protect the American way of life". Es wird für die Zukunft der internationalen Klimapolitik wesentlich sein, welche Entwicklungsdynamik dieser Lebensstil durchlaufen wird, und in welchem Verhältnis dazu die Dynamiken anderer Lebensstile stehen werden. In der internationalen Klimaforschung hat das EUROPA-Projekt im Bereich der Lebensstilforschung Pionierarbeit geleistet.

Unterschiede im Lebensstil lassen sich nicht nur zwischen Ländern finden, sondern auch innerhalb einzelner Länder. Im Rahmen des EUROPA-Projekts wurde ein ebenfalls empirisch gestütztes, aber stärker theoriegeleitetes Verfahren zur Untersuchung der ökologischen Implikationen unterschiedlicher Lebensstile eingesetzt. Als wichtiges Ergebnis wurde dabei gefunden, dass sich Unterschiede im Lebensstil weitgehend durch Kombination der Faktoren Schichtung und Wertorientierung erfassen lassen. Was nun speziell die Treibhausgasemissionen angeht, so steigen diese mit dem sozialen Status (ein wichtiger, oft ignorierter Faktor dabei ist die Wohnungsgröße). Im Bereich der Wertorientierung hat in den letzten Jahrzehnten eine Entwicklung eingesetzt, durch die etwa in Deutschland rund die Hälfte der Bevölkerung das Klimaproblem für eine ernsthafte Bedrohung hält. Bei einem nicht unerheblichen Teil der Bevölkerung (10-20%) kommt diese Besorgnis auch im persönlichen Lebensstil zum Ausdruck. Dabei handelt es sich typischerweise um Vertreter der oberen Mittelschicht, die in ihrer Wertorientierung Wege „jenseits von Tradition und Moderne" suchen und in unterschiedlicher Konsequenz umwelt- und klimaschützendes Verhalten praktizieren.

Um die möglichen Wirkungen von Lebensstilveränderungen auf das Emissionsverhalten abzuschätzen, sind wiederum quantitative Modelle erforderlich. Ein solches Modell wurde im Rahmen des EUROPA-Projekts entwickelt. Seine Dynamik beruht auf zwei grundlegenden sozialen Mechanismen: Nachahmung und Abgrenzung. Die Modellrechnungen deuten darauf hin, dass ein ökologischer Lebensstil, der ausgehend von einem pro-ökologisch ausgerichteten Mittelschichtmilieu diffundiert, erhebliche Schwierigkeiten haben könnte, Milieus mit traditionaler Wertorientierung zu erreichen, während der gesamtgesellschaftliche Diffusionseffekt im Falle des Ausgangs von traditionellen, vor allem aber modern (konsumistisch) ausgerichteten Milieus sehr viel höher sein dürfte.

Interessant ist nun, wie bei dieser Modellierung das Mikro-Makro-Problem wieder auftaucht. Um Mechanismen von Nachahmung und Abgrenzung quantifizieren zu können, muss ein geeignetes Verfahren gefunden werden, um die keineswegs seltenen Individuen zu berücksichtigen, die Übergänge zwischen verschiedenen Lebensstilen verkörpern. Ein naheliegendes Verfahren besteht darin, die unterschiedlichen Ausprägungen jeden Lebensstils mit je einer Wahrscheinlichkeitsverteilung darzustellen und dann mit den jeweiligen Erwartungswerten weiterzurechnen. Das ist nichts anderes als eine stochastische Version des Konzepts des repräsentativen Akteurs. Dessen

Schwierigkeiten sind aber hier genauso relevant wie in anderen Bereichen. Sie sind jedoch voraussichtlich noch schwerer zu lösen als im ökonomischen Bereich, weil hier keine Preise im Sinne von unmittelbar quantitativ gegebenen Größen vorliegen.

Eine verwandte Schwierigkeit stellte sich in einem zweiten Bereich, in dem wir mit dem Mikro-Makro-Problem unter Absehung von Preismechanismen konfrontiert waren: in der Untersuchung von Vulnerabilität gegenüber Klimaproblemen. Während des Untersuchungszeitraums kam es in Europa zu mehreren Extremereignissen, durch welche die Bedeutung von Vulnerabilität und Anpassung gegenüber Klimarisiken mehr als deutlich wurde. Dazu gehörten die Überschwemmungen des Jahres 2002, die wirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe hervorriefen, und die Hitzewelle des Jahres 2003, die über 30.000 Todesfälle verursachte. Beide Ereignisse waren auch ohne Klimawandel möglich, doch die Wahrscheinlichkeit für diese Art von Ereignissen wird nach Auffassung vieler Klimaforscher durch den anthropogenen Klimawandel vergrößert.

Die Vulnerabilität gegenüber Klimawandel wird in der Literatur in verschiedene Faktoren aufgeschlüsselt: Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen, Sensitivität gegenüber diesen Ereignissen und Anpassungskapazität. Bei der Anpassungskapazität ist es sinnvoll, zwischen einer kurzfristigen und einer langfristigen zu unterscheiden: Erstere ist die Fähigkeit, auf ein einzelnes Ereignis so zu reagieren, dass die Schäden begrenzt bleiben; letztere die Fähigkeit, die Sensitivität gegenüber wiederholten Ereignissen desselben Typs zu verringern.

Im Falle der europäischen Hitzewelle im Sommer 2003, um ein Beispiel zu geben, war die Vulnerabilität alter Menschen besonders groß. Das lag daran, dass ihre Sensitivität gegenüber heißem Wetter überdurchschnittlich groß war. Zugleich war ihre Anpassungskapazität gering, weil sie oft nicht wussten, wie wichtig bei einer solchen Wetterlage Flüssigkeitsaufnahme ist, auch oft weniger tatkräftig waren als jüngere Menschen und schließlich manchmal weniger Möglichkeiten hatten, die benötigten oder erwünschten Getränke zu beschaffen. Als Folge dieser Situation erlitten viele von ihnen einen verfrühten und oft würdelosen Tod. Dabei darf nicht übersehen werden, dass die Hitzewelle auch den Tod von Menschen jüngeren Alters verursacht hat.

Faktoren, welche die Anpassungskapazität gegenüber Klimaveränderungen beeinflussen, sind insbesondere Wohlstand, Technologie, Infrastruktur, Information, Kenntnisse und Fertigkeiten, Institutionen, soziale Normen und Netze. Diese Faktoren sind in Europa in einem Ausmaß vorhanden, das eine Verringerung der Vulnerabilität gegenüber anthropogenem Klimawandel zu einer greifbaren Möglichkeit macht. Das ist in Entwicklungsländern sehr viel weniger der Fall.

Während in Europa die Vulnerabilität älterer Menschen gegenüber Hitzewellen besonders groß ist, ist es in Indien die Vulnerabilität der Landarbeiter und der städtischen Armen. Und während in Europa Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungskapazität gegenüber Hitzewellen relativ einfach zu ergreifen sind, gestaltet sich dies in Indien sehr viel schwieriger. Allgemein stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten, Vulnerabilität gegenüber Klimarisiken zu verringern, in Entwicklungsländern noch sehr viel dringender als in Industrieländern. Die Ressourcen, die dazu mobilisiert werden müssen, sind beträchtlich und werden von den ärmsten Ländern nicht allein aufgebracht werden können. Um abzuschätzen, welche Wirkungen unterschiedliche

Verwendungen der entsprechenden Ressourcen haben können, sind quantitative Modelle unverzichtbar.

Die Literatur zu Vulnerabilität und Adaptation beruht jedoch bisher weitgehend auf Fallstudien und Begriffserörterungen, während kaum mathematische Modelle zum Einsatz kommen. Es ist auch keineswegs offensichtlich, wie eine Brücke aus der Begriffswelt der Vulnerabilitätsforschung in jene der mathematischen Modellierung aussehen könnte. Das EUROPA-Projekt hat am PIK einen Diskussionszusammenhang ermöglicht, in dem sozialwissenschaftlich und mathematisch orientierte Forscher dieser Frage nachgehen konnten. Als Familie mathematischer Modelle zur Untersuchung von Vulnerabilität wurde in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, dynamische Systeme zu betrachten, die einen Input zustandsabhängig in einen Output transformieren, wobei eine Präferenzordnung über den möglichen Outputs definiert ist.

Ein solches Modell kann ein Korallenriff darstellen, das auf Gewässerverschmutzung und Meerestemperatur reagiert, indem es seine Farbe verliert. Oder es kann eine Küstenstadt darstellen, die als Ergebnis einer Überschwemmung eine Seuche erleidet. Wenn nun versucht wird, wirksame Anpassungsstrategien zu entwerfen, stellt sich das Mikro-Makro-Problem in neuer Form. Damit eine Anpassungsstrategie wirksam sein kann, muss sie typischerweise von einer Koalition sozialer Akteure getragen werden. Diese Akteure werden jedoch normalerweise unterschiedliche Präferenzen haben, und es ist keineswegs gesagt, dass diese die Form von Konsistenz aufweisen, die mathematische Ordnungen auszeichnet.

Die Entwicklung einer wirksamen Lösungsstrategie angesichts des Ausbleichens von Korallenriffen oder der Ausbreitung von Seuchen nach Überschwemmungen erfordert unter diesen Umständen einen sozialen Prozess, in dem eine Gruppe von Akteuren bezogen auf ein gewisse Menge von Handlungen bzw. Handlungsfolgen gemeinsame Präferenzen entwickelt. Am Ende dieses Prozesses verhält sich die Gruppe von Akteuren bezogen auf das Ausgangsproblem in der Tat nach dem Muster des repräsentativen Akteurs, doch eine Strategie, welche das Ergebnis dieses Prozesses als selbstverständliche Voraussetzung behandelt, wird keine großen Erfolgschancen haben.

Sehr viel realistischer ist ein Vorgehen, das zunächst einmal die Bereiche identifiziert, in denen gemeinsame Präferenzen vorliegen. Typischerweise führt das auf Entscheidungskriterien wie Gesundheit, Beschäftigung, Wohlstand, Schönheit einer Landschaft, Vermeidung bestimmter langfristiger Risiken etc. In der Praxis ist es oft möglich, sich relativ unkompliziert darüber zu verständigen, wie unterschiedliche Handlungsalternativen im Rahmen einer multikriteriellen Kosten-Nutzen-Analyse nach den einzelnen Kriterien zu ordnen sind. Auf dieser Grundlage können dann Verfahren einsetzen, um die Kriterien zu gewichten. In der Praxis gelingt das manchmal, manchmal nicht. Im letzteren Fall bleibt das jeweilige Problem oft ungelöst.

Zu der Frage aber, wie eine Strategie, mit der die Entstehung gemeinsamer Präferenzen bewirkt werden kann, aussehen müsste, sind zwar manche Erfahrungswerte und Faustregeln bekannt, aber keine auch nur einigermaßen befriedigende wissenschaftliche Beschreibung, und schon gar kein überzeugendes formalisiertes Modell. Die Entwicklung eines solchen Modells würde die Lösung

des Mikro-Makro Problems ohne das Konzept des repräsentativen Akteurs in einem sehr allgemeinen Fall bedeuten.

Eine mögliche Forschungsstrategie ist nun, das Mikro-Makro-Problem auf dieser allgemeinen Ebene lösen zu wollen, um diese Lösung dann auf Fälle mit und ohne Preisbildung anzuwenden. Im Rahmen des EUROPA-Projekts wurde der umgekehrte Weg eingeschlagen: Es wurde vor dem Hintergrund eines breiten Problembewusstseins eine Lösung für den Fall mit Preismechanismen erarbeitet, um damit das Terrain für allgemeine Lösungen vorzubereiten.

6.3 Ergebnisse mit Preisbildung und ohne repräsentative Akteure: Klimapolitik und Finanzmärkte

Dass die Lösung des Mikro-Makro-Problems mit dem Konzept des repräsentativen Akteurs wichtige Erkenntnisse ermöglicht, steht außer Frage. Zugleich sind sowohl aus den Ausführungen zum Mikro-Makro-Problem in Abschnitt 4 als auch aus den Ergebnissen zu Lebensstilen und Vulnerabilität genug Gründe gegeben, die engen Grenzen der Anwendbarkeit dieses Konzepts ernst zu nehmen und nach einer allgemeineren Lösung zu suchen.

Wir beginnen mit der Suche für den Fall der Preisbildung. Das hat den Vorteil, dass hier das zu untersuchende Phänomen von vornherein eine quantitative Struktur hat, sodass es leichter sein dürfte, mathematische Hilfsmittel zu benutzen. Auch liegen – z. T. gerade aus diesem Grunde – zu den Grenzen der Anwendbarkeit des Konzepts des rationalen Akteurs hier schon viele Ergebnisse vor. Diese wurden z.T. in Abschnitt 4 angeführt. Hier ist noch wichtig, dass das dort erwähnte Sonnenschein-Mantel-Debreu-Theorem die Konsequenz hat, dass allgemeine Gleichgewichte im allgemeinen nur dann durch repräsentative Akteure darstellbar sind, wenn sämtliche angenommenen Akteure identische Präferenzen haben.

Wenn für den Fall der Preisbildung eine allgemeinere Lösung des Mikro-Makro-Problems gefunden werden kann als die durch das Konzept des rationalen Akteurs gegebene, ist auch eine Ausgangsbasis gefunden, von der aus eine erfolgversprechende Suche für Fälle ohne Preisbildung – wie wir sie bei der Untersuchung von Lebensstilen und von Vulnerabilität gefunden haben – unternommen werden kann. Das würde dann aber in anderen Projekten als dem vorliegenden zu geschehen haben.

Im Rahmen des EUROPA-Projekts hat sich die Frage nach der Versicherbarkeit von Klimaschäden als nützlicher Ausgangspunkt für die Suche nach einer solchen Lösung erwiesen. Die Frage ist deshalb interessant, weil für Risiken durch anthropogenen Klimawandel keine Häufigkeitsverteilungen aus der Vergangenheit vorliegen. Auch lassen sich entsprechende Wahrscheinlichkeiten nicht aus anderen, bekannten Häufigkeitsverteilungen zuverlässig berechnen, weil die relevanten Systeme – vom Klimasystem über betroffene Ökosysteme bis zu den involvierten sozio-ökonomischen Systemen – im Zuge des Klimawandels ihren Zustand so ändern können, dass Extrapolationen von den bisher bekannten Zuständen problematisch werden. Eine Festlegung von Versicherungsprämien – das sind die Preise, die wir in diesem Zusammenhang betrachten – aufgrund einer Multiplikation von Schadenhöhen mit Wahrscheinlichkeiten ist deshalb nicht möglich.

Nun zeigt allerdings die Erfahrung, dass auch im alltäglichen Versicherungsgeschäft die Prämien nicht einfach nach diesem Verfahren angesetzt werden. Vielmehr werden in einer Versicherungsunternehmung Vorschläge zu Prämien, die die erfahrungsgemäß auftretenden Schäden decken würden, von entsprechenden Spezialisten zwar systematisch berechnet, die wirklichen Prämien ergeben sich aber aus einem Entscheidungsprozess, in dem andere Gesichtspunkte mindestens ebenso wichtig sind. Dazu gehört die Möglichkeit, die für das Versicherungsgeschäft unerlässliche Finanzreserve kurzfristig gewinnbringend anzulegen ebenso wie die Notwendigkeit, einen gewissen Kundenstamm auch in finanziell schwierigen Zeiten zu halten. Auch – und das ist hier besonders wichtig – wissen die Entscheidungsträger, dass sich selbst ihre besten Spezialisten manchmal täuschen.

Natürlich führt dies alles nicht dazu, dass Versicherungen leichtfertig durch zu niedrige Prämien ihren Ruin riskieren. Vielmehr ist gerade die Begrenzung des Ruin-Risikos ein wesentlicher Faktor bei der Entscheidung über Prämien. Dabei geht es nicht um den einzelnen Schadentyp, sondern um die Firma als ganze, in der die Versicherung dieses Schadentyps nur eine Aktivität unter vielen ist. Das Ruin-Risiko selbst ist keine Größe, die zuverlässig aus vergangenen Häufigkeiten geschätzt werden könnte. Vielmehr handelt es sich um eines jener Ereignisse, für die die Risikoforschung nachweisen konnte, dass neben dem Produkt von Schadenhöhe und Wahrscheinlichkeit auch die Unsicherheit dieser Abschätzung praktische Entscheide beeinflusst.

Wie sinnvoll dies ist, kann durch ein mathematisches Modell der Erwartungsbildung gezeigt werden, bei dem Konzepte von Bayes und de Finetti aufgegriffen werden. Der entscheidende Punkt im vorliegenden Zusammenhang ist der folgende. Bei vielen Phänomenen ist es vernünftig, das mathematische Konzept der Wahrscheinlichkeit zur Darstellung von Unsicherheit heranzuziehen, ohne festzulegen, welche Wahrscheinlichkeitsverteilung denn nun vorliegen mag (Abb. 3).

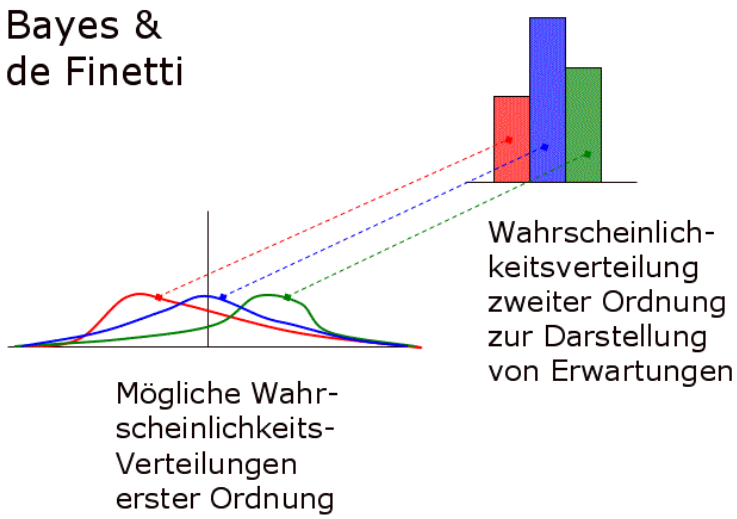

Abb. 3: Wahrscheinlichkeiten und Erwartungen

Vielmehr wird das betreffende Phänomen durch eine Reihe möglicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen dargestellt, die in der Entscheidungstheorie als Wahrscheinlichkeitsverteilungen erster Ordnung bezeichnet werden. Die Erwartungen eines Entscheidungsträgers können dann als Wahrscheinlichkeitsverteilung zweiter Ordnung modelliert werden. Diese gibt an, welches Gewicht der Entscheidungsträger den verschiedenen Verteilungen erster Ordnung zubilligt. Man mag sich das durchaus als Darstellung eines Entscheidungsgremiums vorstellen, in das unterschiedliche Teilnehmer unterschiedliche Abschätzungen eines Risikos einbringen, die dann mit unterschiedlichem Gewicht in einen gemeinsamen Entscheid eingehen.

Wichtig ist nun erstens, dass auf diesem Weg eine entscheidungsrelevante Ruinwahrscheinlichkeit berechnet werden kann, und zwar unter Berücksichtigung von Klimarisiken genauso wie im Versicherungsgeschäft ohne diese Risiken. Und zweitens ist wichtig, dass es Updating-Verfahren gibt, um derartige Erwartungen aufgrund begrenzter Information auf der Basis neuer Erfahrungen vernünftig zu korrigieren.

Im Rahmen des EUROPA-Projekts wurde dieser Ansatz auf Klimarisiken für die Landwirtschaft angewandt. Dabei zeigte sich, dass die im Sinne der erwähnten Updating-Verfahren vernünftigste Erwartung für die zukünftige Entwicklung der landwirtschaftlichen Erträge in Deutschland ein steigender Trend mit zunehmender Varianz ist. Daraus ergibt sich als praktisch relevantes Ergebnis, dass die Entwicklung eines Marktes für Ernteversicherungen – der in Deutschland wie in Europa allgemein noch in den Kinderschuhen steckt – eine wichtige Möglichkeit ist, die Vulnerabilität gegenüber Klimaveränderungen zu verringern.

Die Analyse von Erwartungen mithilfe von Wahrscheinlichkeiten zweiter Ordnung ist auch nützlich, um die Erfolgschancen unterschiedlicher Anreizsysteme zur Vermeidung von Klimarisiken abzuschätzen. Ein Anreizsystem, das auf den Erwartungen der beteiligten Akteure beruht, wird im allgemeinen effizienter sein als eines, das auf Erwartungen beruht, die von außen an diese Akteure herangetragen werden. Das ist ein Argument für Haftpflichtregelungen für Klimarisiken, bei denen es den jeweiligen Akteuren überlassen bleibt, wie sie das jeweilige Haftpflichtrisiko beschränken wollen, während sie gleichzeitig eindeutig damit rechnen müssen, dass sie im Schadensfall die Haftpflicht nicht werden vermeiden können.

Für das Problem der Preisbildung in Versicherungsfirmen ist bei der Anwendung eines bayesianischen Verfahrens wichtig, dass die Firmen zur Abschätzung ihrer Ruinwahrscheinlichkeit auch eine Abschätzung der Nachfrage nach ihren Produkten benötigen. Dies wiederum ist nur möglich, indem sie das Ergebnis der analogen Abschätzungen nicht nur ihrer direkten Konkurrenten, sondern sämtlicher Akteure der Wirtschaft, in der sie agieren, vorwegnehmen. Wenn das allen Marktteilnehmern gelingt, sind die jeweiligen Erwartungen im Sinne der neueren Literatur rational. Das Sonnenschein-Mantel-Debreu-Theorem zeigt, dass dadurch ein spieltheoretisches Koordinationsproblem entsteht. Der Preismechanismus von Angebot und Nachfrage kann nur funktionieren, weil dieses Problem in der Praxis gelöst wird. Die wissenschaftlich weitreichende Frage ist, wie das geschieht.

Ein einfaches Beispiel für ein Koordinationsproblem ist die Frage, ob im Verkehr links oder rechts gefahren wird. Die Erfahrung zeigt, dass es durch eine einfache Konvention stabil lösbar ist – ohne eine solche Konvention hat das Problem allerdings keine lebbare Lösung. Für den Fall der

Preisbildung an Versicherungs- und anderen Märkten ist im EUROPA-Projekt eine Erklärung dafür erarbeitet worden, wie das Koordinationsproblem interdependenter Märkte angesichts einer ungewissen Zukunft in der Praxis gelöst wird.

Der Schlüssel zu dieser Lösung liegt in dem, was in der Marktforschung Referenzpreis genannt wird: Vorstellungen der Marktteilnehmer über „übliche", „angemessene" Preise. Indem sich Firmen an gemeinsamen Referenzpreisen für die jeweiligen Produkte orientieren, können sie in der individuellen Preisgestaltung von diesen punktuell abweichen, ohne dass das Marktgeschehen als ganzes destabilisiert wird. Umgekehrt können sie ihre Erwartungen für die zukünftige Entwicklung von Referenzpreisen aufgrund laufender Erfahrungen in der gleichen Art und Weise korrigieren wie andere Erwartungen auch.

Ebenso wie die Versicherungsunternehmen bilden natürlich auch alle anderen Marktteilnehmer Erwartungen über die für sie relevanten Größen. Die Korrigierbarkeit von Erwartungen nach dem oben skizzierten Verfahren bedeutet, dass diese Erwartungen in der Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen erster und zweiter Ordnung gegeben sind. Ein System interdependenter Märkte, auf denen eine Vielzahl von Akteuren aufgrund solcher Erwartungen handelt, ist in aller Regel ein stochastisches dynamisches System.

Ein allgemeines Gleichgewicht mit Referenzpreisen und Erwartungen hat dann zwei wichtige Eigenschaften. Erstens ist es ein stochastisches allgemeines Gleichgewicht, d.h. das System wird nicht dadurch charakterisiert, dass eine einzige Möglichkeit – ein einziges allgemeines Gleichgewicht, wie in vielen Simulationsmodellen üblich – herausgegriffen wird, sondern dadurch, dass verschiedenen Möglichkeiten unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Dabei kann dieser Möglichkeitsraum durchaus durch mehrere allgemeine Gleichgewichte im nicht-stochastischen Sinne charakterisiert sein. Zweitens ist ein allgemeines Gleichgewicht mit Referenzpreisen und Erwartungen typischerweise ein temporäres Gleichgewicht in dem Sinne, dass zwar Erwartungen für zukünftige Preise bestehen, zu den meisten dieser Preise aber nicht gehandelt wird. Das Gesamtsystem wird also durch eine Folge temporärer Gleichgewichte beschrieben.

Es gibt nun einen Bereich der Wirtschaft, der sozusagen auf Erwartungsbildung spezialisiert ist: der Bereich der Finanzmärkte. Der Grund dafür liegt darin, dass die Finanzmärkte Investitionsströme steuern und die Rendite dieser Investitionen in den meisten Fällen nur durch reichlich unsichere Erwartungen abgeschätzt werden kann.

Für die Klimaproblematik ist das, zumal in Europa, aus zwei Gründen wichtig. Erstens werden die Investitionen, die zu einer ernsthaften Reduktion von Treibhausgasen nötig sind, nur zustande kommen, wenn sie von den globalen Finanzmärkten fundamental positiv bewertet werden; solche fundamental positiven Bewertungen standen beispielsweise am Anfang der Erfolgsgeschichten von Informations- und Biotechnologie.

Zweitens sind in Deutschland und weiteren europäischen Volkswirtschaften die Investitionen insgesamt zu niedrig, um einen Abbau der vorhandenen Arbeitslosigkeit zu ermöglichen. Falls in dieser Situation erwartet wird, dass vermehrte Investitionen mit vermehrten Emissionen einhergehen – was oft der Fall ist – ergibt sich ein Zielkonflikt, der für die Klimapolitik fatal ist.

Bei der Formulierung der nationalen Allokationspläne im Rahmen des europäischen Emissionshandels ist dieser Zielkonflikt schon in einem Ausmaß aufgetreten, das sowohl das Zustandekommen des Emissionshandels gefährdet hat als auch seine längerfristige Funktionsfähigkeit bedroht.

Es ist allerdings auch möglich, dass vermehrte Investitionen – etwa durch Gebäudesanierungen, bei denen die Isolation von Gebäuden verbessert wird – zu niedrigeren Emissionen führen, wodurch für die Klima- und Beschäftigungspolitik eine offensichtlich wünschbare win-win-Situation entstehen würde. Ein wichtiges Ergebnis der Untersuchungen des EUROPA-Projekts liegt nun darin, dass in Deutschland und allgemeiner in Europa bei anderen Erwartungen eine höhere Investitionsrate vergleichbare, wenn nicht höhere Renditen abwerfen würde.

Allerdings ist der Übergang von einem Zustand zum andern ebenso wenig schrittweise möglich wie ein Übergang von Links- zu Rechtsverkehr. Ein möglicher Anstoß für den erforderlichen „Quantensprung" könnte in einer anderen Besteuerung von Vermögenseinkommen – aus denen die meisten Investitionen finanziert werden – liegen: durch eine niedrigere Besteuerung von Investitionen in wirtschaftliche Produktion und eine höhere Besteuerung von anderen Finanzanlagen bzw. Konsum aus Vermögenseinkommen kann die Investitionsrate so erhöht werden, dass im Ergebnis die Netto-Vermögenseinkommen schneller wachsen als vorher, während die Beschäftigung insgesamt ebenso wie die Kaufkraft pro Kopf steigt. Dabei handelt es sich um eine Pareto-Verbesserung, wie sie in Situationen mit unterbeschäftigten Ressourcen typischerweise möglich ist. Und es handelt sich um ein Beispiel dafür, wie grundlagenorientierte Forschung – in diesem Fall die Untersuchung des Mikro-Makro-Problems – zu bemerkenswert anwendungsnahen Ergebnissen führen kann.

6.4 Europäische Optionen

Die Teilfragen, die den vorliegenden Auftrag konkretisierten, stellten Forschungsthemen dar, an denen das Mikro-Makro-Problem untersucht werden konnte. Zugleich ist die Untersuchung des Mikro-Makro-Problems gerade auch deshalb bedeutungsvoll, weil sie zur Beantwortung der Teilfragen beitragen kann. In diesem Sinne sollen im vorliegenden Abschnitt vor dem Hintergrund unserer Forschungsergebnisse einige Thesen zu europäischen Optionen vorgestellt werden. Sie betreffen die langfristige Zielsetzung der Klimapolitik, Wege zur Erreichung entsprechender Ziele und erste Schritte, um solche Wege einzuschlagen.

Was die langfristige Zielsetzung anbelangt, so hat die EU erklärt, wie sie Artikel 2 der Klimarahmenkonvention konkretisieren will. Artikel 2 erklärt, das langfristige Ziel der internationalen Klimapolitik bestehe darin, die atmosphärische Konzentration von Treibhausgasen langfristig auf einem Niveau zu stabilisieren, das gefährliche Eingriffe in das Klimasystem vermeidet. Die EU hat diese Aussage dahingehend konkretisiert, dass die globale Mitteltemperatur nicht um mehr als 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau steigen solle.

Damit hat die EU sich einer Auffassung angeschlossen, die zunächst von Wissenschaftlern in die Debatte geworfen worden war. Allerdings handelte es sich dabei eher um einen dezisionistischen Versuch, zu verbindlichen Formulierungen zu gelangen, als um ein Ergebnis wissenschaftlicher Forschung. Von verschiedenen Seiten ist die EU inzwischen unter Druck geraten, von diesem Ziel wieder abzurücken – sei es formell oder, wie in der Politik oft üblich, informell. Am 2-Grad Ziel festzuhalten, es offiziell aufzugeben, oder es rhetorisch zu bekräftigen und praktisch fallen zu lassen sind in dieser Hinsicht die drei wesentlichen Optionen für Europa.

Die Option der Doppelzüngigkeit würde in einer Frage von globaler Tragweite eine Preisgabe moralischer Werte und politischer Kultur bedeuten, ohne die Europa keinen Bestand haben dürfte. Die Art von Ausnahmezustand, in dem „Lügen in Zeiten des Krieges“ noch größere Übel vermeiden können, ist hier nicht gegeben. Umso wichtiger ist es, darauf hinzuweisen, dass die Option der Doppelzüngigkeit keineswegs besonders unwahrscheinlich ist.

Um die Frage zu prüfen, welche vernünftigen Gründe es für und gegen das 2-Grad Ziel gibt, wurde im Zusammenhang des EUROPA-Projekts im Herbst ein internationales Symposium in Beijing durchgeführt. Dabei wurde zunächst erörtert, wie überhaupt eine sinnvolle Debatte über ein solches Ziel geführt werden kann. Denn die seit David Hume übliche und von Max Weber gerade im Hinblick auf die Wissenschaft bekräftigte Trennung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen greift bei einem Begriff wie dem der Gefahr – andere Beispiele sind: Gesundheit, Freiheit, Solidarität, u.v.m. – zu kurz. Hier stellen sich rein deskriptive und rein normative Aussagen als Extremfälle eines Spektrums dar, in dem die meisten Sätze „thick descriptions“ sind, Aussagen, in denen deskriptive und normative Aspekte nicht zu trennen sind.

Damit wird eine Art von Gespräch erforderlich, in dem Experten verschiedener Fachgebiete und Stakeholder verschiedener Provenienz sich der Einsichten vergewissern, die sie miteinander teilen, und umstrittene Aussagen daraufhin prüfen, wie ähnlich sie solchen geteilten Einsichten sind – oder eben nicht. Dadurch wird ein sozialer Prozess ermöglicht, wie er in Abschnitt 6.2 im Zusammenhang der Entwicklung von Adaptationsstrategien als Alternative zur Annahme eines vorgegebenen repräsentativen Akteurs gefordert wurde.

Die bestehenden Institutionen zur Entwicklung und Kommunikation von Expertenwissen – in erster Linie Wissenschaft, Massenmedien und Schulen – sind jedoch strukturell nur unter größten Schwierigkeiten in der Lage, diese Art von Diskussion zu führen. Es ist auch nicht zu übersehen, dass das Verständnis von Vernunft, das sich in der Neuzeit gerade in Europa entwickelt hat, sich mit den hier erforderlichen Argumentationsmustern ausgesprochen schwer tut – was manche dazu verführt, die Idee der Vernunft überhaupt für obsolet zu erklären. Eines der wichtigsten Ergebnisse des EUROPA-Projekts ist deshalb die erfolgreiche Entwicklung des European Climate Forum als einer Plattform, die eine – an Wittgenstein und die amerikanischen Pragmatisten anknüpfende – Methodik fördert, um kontroverse Fragen an der Schnittstelle von Wissenschaft und öffentlicher Diskussion produktiv zu erörtern.

Mit dieser Methodik wurden Argumente für und gegen das 2-Grad Ziel geprüft. Vier Punkte können vor dem Hintergrund dieser Diskussion festgehalten werden. Erstens dürfte ein einfaches, langfristiges Ziel für eine wirksame Klimapolitik unentbehrlich sein. Zweitens gibt es Klimarisiken, mit denen wir vernünftigerweise leben werden – eine Steigerung des Sturmrisikos

um einige Prozent ist ebenso wenig ein Grund, die Weltwirtschaft umzukrempeln, wie ein Anstieg des Meeresspiegels um einige Zentimeter. Drittens würde ein langfristiger Anstieg der globalen Mitteltemperatur um mehr als 2 Grad beim heutigen Stand des Wissens einen ebenso langfristigen Anstieg des Meeresspiegels um mehrere Meter, einen Verlust der arktischen Schneedecke im Sommer und das Risiko des Verlustes des Amazonas-Urwalds und der großen Korallenriffe mit sich bringen. Verglichen mit anderen Verwendungen des Begriffs „Gefahr“ in der internationalen Rechtsentwicklung stellen diese Risiken gefährliche Eingriffe in das Klimasystem dar. Viertens ist festzuhalten, dass sich diese Beurteilung im Laufe der kommenden Jahrzehnte im Sinne einer Verschärfung oder auch Abschwächung ändern kann. Zum jetzigen Zeitpunkt allerdings wäre ein Aufgeben des 2-Grad Ziels durch die EU kein vernünftiger Schritt.

Was nun mögliche Wege zu langfristigen Klimazielen betrifft, so ist es nützlich, sich obere und untere Schranken für die Entwicklung des in der Atmosphäre zusätzlich vorhandenen Kohlenstoffs zu vergegenwärtigen – wobei als Ausgangsgröße das vorindustrielle Niveau genommen wird (Abbildung 4). Der obere Rand der Entwicklung ist durch ein fortgesetztes Wachstum von etwa 2,5% gegeben. Das ist keine Entwicklung, die von irgend jemand erklärtermaßen angestrebt würde. Aber sie ist genauso möglich wie Kriege, die von niemandem erklärtermaßen angestrebt werden.

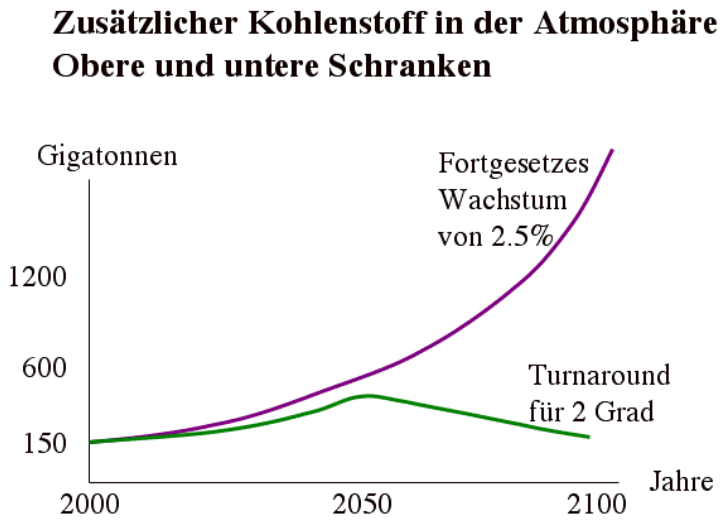

Abb. 4: Bandbreite möglicher Entwicklungen

Der obere Rand der Entwicklung ist in diesem Jahrhundert durch ein stetiges Wachstum gekennzeichnet. Einerseits gibt es keinen absehbaren Grund für eine plötzliche Beschleunigung, andererseits dürfte die Endlichkeit der Kohlenstoffvorräte in der Erdkruste erst im 22. Jahrhundert unausweichliche Schranken setzen. Bei der unteren Schranke ist das anders. Mittelfristig ist nicht nur eine Stabilisierung, sondern sogar eine Reduktion des zusätzlichen Kohlenstoffs in der

Atmosphäre möglich. Wenn zum Beispiel der Energieverbrauch der armen Länder zwar gesteigert, derjenige der reichen Länder jedoch gesenkt wird, der verbleibende Energieverbrauch zum Teil durch erneuerbare Energiequellen gedeckt wird und das beim Verbrennen von fossilen Brennstoffen und Biomasse freigesetzte Kohlendioxyd in geologischen Formationen gespeichert wird, so wird mehr Kohlenstoff aus der Atmosphäre in den Ozean diffundieren als neu in die Atmosphäre gelangt.

Offensichtlich ist eine solche Entwicklung nicht von einem Tag auf den anderen möglich. Vielmehr verlangt sie einen Turnaround globalen Maßstabs – einen Übergang, der in gewisser Hinsicht mit dem Übergang von der Kommunikation mit Briefen zu jener mit e-Mails verglichen werden kann. Dabei ist die Sprunghaftigkeit der Entwicklung vor dem Hintergrund der Erwartungsbildungsprozesse zu sehen, die in Abschnitt 6.3 erörtert wurden.

Bezogen auf die Wege zum Erreichen langfristiger Ziele der Klimapolitik besteht für die EU also die Option, eine stetige Entwicklung mit erheblichen Klimarisiken anzustreben oder aber im Hinblick auf das 2-Grad Ziel einen Turnaround der Emissionsentwicklung vorzubereiten. Turnaround bedeutet in diesem Zusammenhang nicht eine Reduktion um 20% oder eine vergleichbare Größenordnung. Turnaround heißt Reduktion *auf* 20% oder eine vergleichbare Größenordnung. Deshalb ist es auch keine Option, das 2-Grad Ziel durch eine stetige Entwicklung anzustreben oder einen Turnaround ohne Vorbereitung zu bewerkstelligen.

Was sind erste Schritte auf den unterschiedlichen Wegen? Für die Optionen der Preisgabe des 2-Grad Ziels bzw. der Doppelzüngigkeit bedarf dies hier keiner weiteren Ausführungen. Was aber sind erste Schritte zur Vorbereitung eines Turnarounds?

Es ist sinnvoll, zwischen Schritten zu unterscheiden, die in erster Linie Europa selbst betreffen, und solchen, die in erster Linie die Außenbeziehungen betreffen. Was die Binnenperspektive anbelangt, so lassen sich aus dem bisherigen Verlauf der europäischen Integration zwei Lehren ziehen, die beide das Mikro-Makro-Problem betreffen. Zum einen ist die Bereitschaft und Fähigkeit der Menschen und Institutionen in Europa, weitreichende Veränderungen bis hin zur Relativierung der nationalstaatlichen Souveränität einzugehen, bemerkenswert groß. Zum andern ist mit dieser Bereitschaft und Fähigkeit nur soweit zu rechnen, wie es quer durch Europa eine breit gefächerte öffentliche Debatte gibt, in der der Sinn der jeweiligen Veränderung auf vielfältige Art formuliert wird.

Numismatiker mögen über die genaue Ausgestaltung der Euro-Münzen unterschiedliche Meinungen haben – die Grundidee, auf der einen Seite ein Symbol europäischer Einheit, auf der anderen eines aus den verschiedenen nationalstaatlichen Traditionen darzustellen, zeugt von tieferer Einsicht als sie historische Münzen meist dokumentieren. Umgekehrt ist das Scheitern des von einem Franzosen geleiteten europäischen Verfassungsprozesses im europäischen Kernland Frankreich – mit allen Begleiterscheinungen, einschließlich dem Nein der Niederlande zum selben Verfassungsentwurf – ein Warnsignal, das an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig lässt.

Für die Klimapolitik bedeutet das, dass das 2-Grad Ziel als historische Aufgabe und die Perspektive eines Turnarounds der Treibhausgasemissionen als realisierbares Ziel nicht Sache von Spezialisten bleiben dürfen, sondern über Jahre und Jahrzehnte hinweg einer europaweiten

öffentlichen Diskussion bedürfen. In dieser Diskussion wird das Thema Kernenergie eine wichtige Rolle spielen, und es wird wesentlich sein, die kritischen Punkte offen anzusprechen: zum Beispiel die Frage der Schadenhaftung, der Proliferation, des Terrorismus, sowie bezogen auf den Bau des weltweit ersten Fusionsreaktors in Europa zum Beispiel die Frage der Kosten, der Erfolgsaussichten, und wieder der Haftung für Schäden. In dieser Diskussion wird es nicht genügen, über Energieproduktion und Technologien zu reden, sondern es wird unerlässlich sein, über Energieverbrauch und Lebensqualität zu sprechen.

Durch die Einrichtung des europäischen Emissionshandelssystems hat die EU eine institutionelle Innovation verwirklicht, die in vielerlei Hinsicht bemerkenswert ist. Der berechtigte Stolz darauf kann eine wichtige Komponente in der klimapolitischen Debatte sein. Doch dieser Stolz wird nur berechtigt bleiben, wenn einerseits das System nicht wieder kleinmütig zurückgenommen wird, und andererseits die Erfahrungen mit dem Emissionshandel nüchtern dokumentiert, analysiert und zu seiner laufenden Verbesserung genutzt werden.

Der Emissionshandel allein wird für eine glaubhafte und wirksame Vorbereitung des Turnarounds nicht genügen. Vielmehr wird es – wiederum im Hinblick auf die in Abschnitt 6.3 besprochenen Erwartungsbildungsprozesse – wesentlich sein, die Rolle der öffentlichen Hand als Großkunde vieler Produkte europaweit im Sinne einer europäischen Klimapolitik zu nutzen. Es gibt viele Märkte, auf denen die öffentliche Beschaffung im Wirtschaftsraum Europa in der Lage ist, durch deklarierte Standards technologische Innovationen wirksamer zu fördern als durch Subventionen.

Dabei können manche Beschaffungsmaßnahmen wirksam als Schritte zur Verringerung der Vulnerabilität gegenüber Klimarisiken erläutert werden. Das gilt für die Erhöhung von Dämmen wie für die Renaturierung von Flüssen und auch für die Verbesserung des Versicherungsschutzes mancher Objekte. Es gibt in Europa keinen Grund, eine Atmosphäre der Panik zu schaffen: Die Klimarisiken der kommenden Jahrzehnte sind bei vernünftiger Vorbereitung zu bewältigen. Gleichwohl bedarf es entschiedenen Handelns, um die Institutionen beispielsweise auf zukünftige Hitzewellen vorzubereiten – es muss ausgeschlossen werden, dass ein weiteres mal Zehntausende alter Menschen sterben, weil wir unvorbereitet sind. Es ist damit zu rechnen, dass die europäischen Gesellschaften in erhebliche Turbulenzen geraten werden, falls sie massive Schäden durch extreme Wetterereignisse erleiden, ohne dass deutlich wird, was Europa zur Begrenzung von Klimarisiken tut.

Schließlich wird in der Binnenperspektive entscheidend sein, ob die Vorbereitung des Turnarounds mit einer Überwindung der Investitionsschwäche in weiten Teilen Europas einhergeht. Wie in Abschnitt 6.3 erörtert, kann dies durch innovative Maßnahmen wie eine geeignete Umschichtung zwischen der Besteuerung verschiedener Verwendungsarten von Vermögenseinkommen durchaus erreicht werden. Die Europäische Umweltagentur hat – auch unter dem Eindruck des Diskussionsprozesses, den das European Climate Forum 2004 in Beijing und Buenos Aires gestaltet hat – ausgeführt, welche Art von Investitionen möglich und sinnvoll sind, um in Europa erste Schritte auf dem Weg zu einem 2-Grad Ziel zu unternehmen (EEA, 2005).

Wenn Europa binnenpolitisch die Voraussetzungen für eine glaubhafte Klimapolitik im internationalen Rahmen schafft, so wird die Debatte über die europäische Klimapolitik zu einer

Debatte über die Rolle Europas in einer Welt, die anders geordnet ist, als es sich die derzeitige Bush-Administration in Washington vorstellt. Damit ist eine Sollbruchstelle angesprochen, die ein ungewöhnliches Maß an Vorsicht und Verantwortungsbewusstsein verlangt.

Im Rahmen des EUROPA-Projekts wurde ein Maß zur Beurteilung umweltpolitischer Regimes entwickelt, das die tatsächliche Situation einerseits mit einer idealen Situation, andererseits mit dem Worst-Case eines Fehlens jeglichen Regimes vergleicht. Bei allen Schwierigkeiten, die jeder solche Messversuch mit sich bringt, ist es doch unerlässlich, sich bei der Fortentwicklung des durch das Kyoto-Protokoll ermöglichten Regimes mit beiden Extremfällen zu konfrontieren. Denn eine ideale Situation wird auf absehbare Zeit nicht zu realisieren sein, und beim Versuch, sich ihr zu nähern, muss die Gefahr des Einsturzes der gegenwärtigen Konstruktion ernst genommen werden.

Konkret heißt das, dass es wohl wenig Sinn hat, einen Kompromiss mit den USA zu suchen, bei dem von Kyoto im wesentlichen nichts übrig bleibt, und dass es auch langfristig ebenso wenig Sinn hat, die USA kurzerhand in das Kyoto-Regime einbinden zu wollen. Keine dieser beiden Optionen ist klimapolitisch zielführend. Dazwischen liegt aber eine Vielfalt von Möglichkeiten, wie die EU auch in den USA die Vorbereitung eines Turnarounds der Treibhausgasemissionen unterstützen kann.

Schon jetzt bestehen eine Reihe bilateraler Kooperationen im Technologiebereich – bezüglich Wasserstofftechnologie, Kernenergie, Kohlenstoffsequestrierung – und es gibt keinen Grund, diese Reihe nicht fortzusetzen. Auch kann die EU Gelegenheiten suchen, die Vielzahl klimapolitischer Initiativen, die in amerikanischen Bundesstaaten ergriffen werden, aufzugreifen und mit verwandten Initiativen in Europa zu verknüpfen. Mittelfristig kann die EU die USA ermuntern, ein eigenes Emissionshandelssystem zu entwickeln, das dann im Laufe der Zeit mit dem europäischen verknüpft werden kann. Das ist durchaus ein realistischer Weg, wie ein globales Zertifikatssystem – das nicht zuletzt von maßgebenden multinationalen Konzernen im Interesse klarer Rahmenbedingungen gefordert wird – entstehen kann.

Was im Verhältnis zu den USA gilt, gilt mutatis mutandis im Verhältnis zu deren voraussichtlich heikelstem Gegenüber im 21. Jahrhundert, China. Wenn der Turnaround der globalen Emissionen gelingen soll, dann müssen – durch Emissionshandel oder äquivalente Maßnahmen – finanzielle Anreize geschaffen werden, bei denen mehr Geld im Spiel ist, als Nationen mit dem Selbstverständnis der USA oder eben auch Chinas einer globalen Institution anvertrauen würden.

Das bedeutet, dass ein weltweit wirksames klimapolitisches Regime eine Mehrebenenstruktur braucht, in der Raum für erhebliche Heterogenität geschaffen wird. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht nötig und wahrscheinlich auch nicht möglich, ein solches Regime im Einzelnen zu planen. Was nötig und möglich ist, ist die Implementierung von Strukturen des Monitoring und des Erfahrungsaustauschs, durch die unterschiedliche Regionen und Akteure voneinander lernen können. Im Rahmen des EUROPA-Projektes wurde die Perspektive solcher Instrumente kollektiven Lernens mit der Idee eines Geoskops angedeutet.

Wenn spätere Generationen diesen Lernprozess einst rekonstruieren werden, so werden sie mit Sicherheit keine lineare Erfolgsgeschichte antreffen. Dass Fehler, Sackgassen, Rückschläge zu

verzeichnen sein werden, ist keine Frage. Die Frage ist, ob in den kommenden Jahrzehnten die Menschheit aus diesen Schwierigkeiten schnell und wirksam genug lernen wird, um die Herausforderung des Klimaproblems zu bewältigen. In diesem Lernprozess ist sozialwissenschaftliche Forschung unerlässlich, um neue Erkenntnisse zu gewinnen und alte Irrtümer abzulegen. Die Erfüllung des vorliegenden Auftrags war ein erster Schrittt auf diesem Weg.

Literatur:

European Environmental Agency (2005), Climate Change and a European low-carbon energy system, EEA Report No. 1/2005.

7. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Wie es bei einem wissenschaftlichen Auftrag erwartet werden kann, ergibt sich die politische und wirtschaftliche Verwertbarkeit, aber auch der Nutzen für die Entwicklung des PIK, aus dem wissenschaftlichen Nutzen des Projekts.

7.1 Wissenschaftlicher Nutzen

Der Nutzen, der sich aus dem vorliegenden Auftrag ergibt, liegt erstens darin, dass das Zusammenspiel zwischen wissenschaftlichen und anderen Argumenten bei der Definition sinnvoller klimapolitischer Ziele transparenter und fruchtbarer gestaltet werden kann. Insbesondere lässt sich das langfristige Ziel, die globale Erwärmung nicht über 2 Grad ansteigen zu lassen, vernünftig begründen, ohne sich in dem Dezisionismus zu verheddern, mit dem dieses Ziel zunächst von wissenschaftlicher Seite in die Diskussion geworfen wurde. Allgemein können Wissenschaftler im Klimabereich dadurch unbefangener und zugleich präziser in den Grenzbereichen zwischen wissenschaftlicher Expertise und öffentlichem Diskurs agieren, in denen ein Großteil der Klimadebatte angesiedelt ist.

Zweitens liegt der wissenschaftliche Nutzen darin, dass die Fachdiskussion sich von der Betrachtung wenig praktikabler Denkmöglichkeiten, gemäß denen sich das Emissionsverhalten der Menschheit über lange Zeiträume in kleinen Schritten entwickelt, lösen kann. Statt dessen kann der realistischere Fall untersucht werden, dass nach einer mehr oder weniger langen Vorbereitungsphase die globalen Emissionen in kurzer Zeit sehr stark reduziert werden. Zum jetzigen Zeitpunkt kann sich die Wissenschaft dadurch wirksamer in eben diese Vorbereitungsphase einbringen.

Drittens liegt der wissenschaftliche Nutzen darin, dass das problematische Verfahren des hochskalierten repräsentativen Agenten bei der Modellierung und Beurteilung interdependenter Märkte vermieden werden kann, indem stattdessen mit dynamischen stochastischen Modellen temporärer Gleichgewichte gearbeitet wird, deren Makro-Eigenschaften mit der Mikro-Struktur einer Population von heterogenen Agenten kompatibel sind.

Der wissenschaftliche Nutzen liegt viertens darin, dass das ebenso problematische Verfahren der skalaren Kosten-Nutzen-Analyse vermieden werden kann, indem stattdessen mit Verfahren der multikriteriellen Kosten-Nutzen-Analyse gearbeitet wird, bei denen insbesondere unterschiedliche Präferenzen und Erwartungen verschiedener Akteure explizit berücksichtig werden.

Und schließlich liegt der wissenschaftliche Nutzen darin, dass wichtige offene Fragen bei der Behandlung des Mikro-Makro-Problems deutlicher identifiziert werden können. Eine solche Frage ist beispielsweise die, wie sich die Erkenntnisse über Mikro-Makro-Beziehungen, die mit einer stochastisch dynamischen Analyse von Marktprozessen gewonnen werden können, auf nicht-Marktsituationen verallgemeinern lassen.

7.2 Politische und wirtschaftliche Verwertbarkeit

Der oben skizzierte wissenschaftliche Nutzen lässt sich sowohl politisch als auch wirtschaftlich verwerten. Für die politische Verwertbarkeit ist wichtig, dass das vertiefte Verständnis des Mikro-Makro-Problems in interdependenten Märkten kontrollierte Experimente mit unterschiedlichen klimapolitischen Instrumenten ermöglicht. Genau solche Experimente sind in der jetzigen Phase einer Vorbereitung des Turnarounds der Treibhausgasemissionen gefragt.

Das wichtigste derartige Experiment weltweit ist gegenwärtig wohl der europäische Emissionshandel. Diese Tatsache allein genügt schon, um zu sehen, wie sinnvoll der vorliegende Auftrag gewesen ist. Dabei geht es nicht darum, dass dieser Emissionshandel besonders gut ausgestaltet wäre, noch darum, dass er unmittelbar große Wirkungen auf das globale Emissionsvolumen hätte – weder das eine noch das andere war realistischerweise zu erwarten. Vielmehr geht es darum, dass hier eine weitreichende institutionelle Innovation, die auf umfassenden sozialwissenschaftlichen Forschungen beruht, in einem Maßstab umgesetzt wird, der es erlaubt, aus den gemachten Erfahrungen Schlüsse für einen weitergehenden Einsatz verwandter Instrumente im Weltmaßstab zu ziehen.

Die Ergebnisse des EUROPA-Projekts können nun erstens helfen, den europäischen Emissionshandel als kontrolliertes Experiment fortzuführen, indem sie den Sinn des Experiments als Vorbereitung für den Turnaround der Emissionen deutlich machen. Sie können zweitens helfen, das Experiment laufend auszuwerten, indem sie deutlich machen, welche Phänomene und Mechanismen dabei zu beobachten und zu analysieren sind.

Die Ergebnisse können des weiteren genutzt werden, um die schwierige und letztlich entscheidende Herausforderung zu meistern, den europäischen Emissionshandel so weiterzuführen, dass die aktuellen erheblichen klimapolitischen Differenzen zwischen Europa und den USA langfristig in einen gemeinsamen Lernprozess überführt werden können. Dazu ist das Verständnis des Unterschieds zwischen Vorbereitungsphase und Turnaround, das vor dem Hintergrund des Mikro-Makro-Problems formuliert werden kann, eine wichtige Ressource.

Sodann können die Ergebnisse genutzt werden, um Aspekte der Klimapolitik zu beleuchten, die vermehrter Aufmerksamkeit bedürfen. In diesem Sinne sind umfangreiche Ergebnisse der ökonomischen Modellierung des Energiesystems und der Modellrechnungen mit dem Modell MIND in das Jahresgutachten des WBGU 2003 („Welt im Wandel – Energiewende zur

Nachhaltigkeit“) eingeflossen. Dabei wurde dem Phänomen von Lernkurven im Energiebereich vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet. In ähnlichem Sinne könnte in Zukunft eine vermehrte Aufmerksamkeit für das Potential des öffentlichen Beschaffungswesen zur Förderung gewünschter technologischer Entwicklungen sinnvoll sein.

Für die wirtschaftliche Verwertbarkeit dürfte der wichtigste Punkt die Beziehung zwischen Klimapolitik und Arbeitslosigkeit betreffen. Es ist ein offenes Geheimnis, dass dieser Punkt bei der Umsetzung des nationalen Allokationsplans für Emissionsrechte in Deutschland zu allergrößten Schwierigkeiten geführt hat. In der EU als ganzer verhält es sich ähnlich. Und natürlich stellt sich die Frage nach den Arbeitsmarktwirkungen einer einschneidenden Emissionsreduktion buchstäblich im Weltmaßstab. Die Möglichkeit, das Mikro-Makro-Problem auf anderem Wege als durch die Strategie der hochskalierten repräsentativen Akteure zu lösen, eröffnet hier die Möglichkeit, neben der Gefahr, dass eine schlecht konzipierte Klimapolitik die Arbeitslosigkeit steigert, auch die Chance zu sehen, dass eine umsichtig konzipierte Klimapolitik eben gerade das Beschäftigungsvolumen vergrößert. Durch eine sinnvolle Ausgestaltung von Emissionsrechten und weiteren klimapolitischen Instrumenten werden in einer Situation massiver Arbeitslosigkeit Pareto-Verbesserungen möglich. Darin, diese gesamtgesellschaftlichen Verbesserungen zu realisieren, liegt wohl die größte Verwertungschance der vorliegenden Ergebnisse.

Für die wirtschaftliche Verwertbarkeit auf der Ebene einzelner Unternehmungen sind sodann die Beziehungen wesentlich, die sich mit der Erfüllung des Auftrags zu multinational tätigen Firmen wie BP, Münchener Rück und RWE, aber auch zu Netzwerken von Unternehmen ganz unterschiedlicher Größe wie dem wichtigen Verbund „e5“ und der Society for Organizational Learning ergeben haben. Zwei Branchen sollen kurz exemplarisch angesprochen werden: Versicherungen und Energieunternehmen.

Für die Versicherungsbranche spielt die Möglichkeit, spezifische Produkte für das Management von Klimarisiken zu entwickeln, eine wichtige Rolle. Da die Versicherungen weltweit über die Anlage erheblicher Summen entscheiden, stellt sich die Frage, inwiefern sie durch geeignete Anlagestrategien die Finanzmärkte so beeinflusst können, dass die Klimarisiken in einem handhabbaren Rahmen gehalten werden. Die Forschungsergebnisse zum 2-Grad Ziel helfen, diesen handhabbaren Rahmen zu definieren.

Für die Energiebranche betrifft eine wichtige Verwertungsmöglichkeit die Beurteilung von unterschiedlichen Technologien der Energienutzung und -erzeugung im globalen Rahmen. Das betrifft „klassische“ Optionen wie erneuerbare Energien und Kernenergie, aber auch neuere Möglichkeiten wie Kohlenstoffsequestrierung und die Nutzung unkonventioneller Kohlenstoffreserven. Das Verständnis von Marktdynamiken, das sich aus der stochastischen Modellierung von Sequenzen temporärer Gleichgewichte ergibt, kann dabei zu wichtigen Verbesserungen bei der Beurteilung möglicher Preisdynamiken führen. Insgesamt können die Methoden, die im vorliegenden Projekt entwickelt worden sind, helfen, sowohl regionale Nachfrageperspektiven als auch wirtschaftliche Potentiale unterschiedlicher Angebotstechnologien abzuschätzen. Nicht zuletzt stellt die Vorbereitung praktikabler Haftpflichtregelungen für Klimaschäden ein wichtiges Umsetzungsfeld dar.

7.3 Nutzen für die Entwicklung des PIK

Das Ziel, am PIK eine international konkurrenzfähige, innerhalb der Sozialwissenschaften interdisziplinär angelegte sozialwissenschaftliche Abteilung aufzubauen, wurde mit der Erfüllung des Auftrags erreicht. Ebenso wurde das Ziel erreicht, das PIK zu befähigen, die vorhandenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen systematisch mit den aufzubauenden sozialwissenschaftlichen Kompetenzen zu verknüpfen.

Ein auf den ersten Blick unscheinbarer Sachverhalt hat hier entscheidende Bedeutung: Mit der Erfüllung des Auftrags hat sich im Rahmen des PIK eine gemeinsame Sprache entwickelt, in der Sozialwissenschaftler unterschiedlicher Provenienz untereinander und mit Naturwissenschaftlern sowie Mathematikern und Software-Ingenieuren kommunizieren können. Zwei wichtige Merkmale dieser gemeinsamen Sprache sind:

– ein umsichtiger Gebrauch mathematischer Konzepte, die nicht einfach eingesetzt werden, um diffuse Sachverhalte zu „quantifizieren“ (wie es oft in den Sozialwissenschaften üblich ist), sondern um Begriffe so zu klären, dass eine sinnvolle Modellierung betrieben und verstanden werden kann. Dieser Punkt kann gar nicht genug betont werden, da von ihm die langfristige Belastbarkeit der Forschungsergebnisse des PIK abhängt. Es handelt sich dabei um ein gemeinsames Know-how, das nur durch einen jahrelangen Prozess aufzubauen ist, wie er mit der Erfüllung des vorliegenden Auftrags verbunden war.

– eine geteilte Aufmerksamkeit für sozio-ökonomische Sachverhalte, die nicht einfach mit „Daten“ verwechselt werden, sondern als Bezugspunkte gesellschaftlicher Debatten dienen, in denen Forscher, Entscheidungsträger und Bürger sich über Handlungsoptionen und Entscheidungskriterien streiten und verständigen. Das bedingt ein lebendiges Verständnis menschlicher Vernunft, das vorsichtig, aber auch entschlossen tradierte Rollenmuster von Wissenschaft so weiterentwickelt, dass neuartige Probleme wie das des anthropogenen Klimawandels angemessen untersucht und letztlich gelöst werden können.

Dass das PIK mit der Erfüllung des EUROPA-Auftrags ein neues Potential erschlossen hat, schlägt sich auch in einer Reihe von Anschlussprojekten nieder:

1. Ozeansequestrierung von CO2 und die Transformation des Energiesystems: Die Forschungen im Verlauf des EUROPA-Projektes führten zur Einsicht, dass eine vertiefte technische und ökonomische Analyse neuer Vermeidungsoptionen von großer Bedeutung ist. Die im EUROPA-Projekt entwickelten Methoden konnten dabei für dieses Projekt genutzt werden. Das Projekt wurde mit einem Fördervolumen von ca. 700.000 Euro bewilligt.
2. Innovation Modelling Comparison Projekt (IMCP): Die aus dem EUROPA-Projekt entstehenden Publikationen regten eine internationale Diskussion zu den Kosten des Klimaschutzes an. Aus dieser Diskussion heraus wurde durch John Schellnhuber, Michael Grubb, Carlo Carraro, Carlo Jaeger, Claudia Kemfert und Ottmar Edenhofer das IMCP ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Projektes wird in fünfzehn führenden Modellen der Klima- und Energieökonomik überprüft, welchen Einfluss endogener technischer Wandel auf die Vermeidungskosten und die Vermeidungsstrategien hat. Dazu haben sich die

daran beteiligten Modellierteams bereit erklärt, Szenarien mit endogenem technischen Wandel und ohne einen solchen zu rechnen, um den Einfluss des sogenannten induced technological change (ITC) auch quantitativ abschätzen zu können. Diese Möglichkeit war in vergleichbaren internationalen Modellvergleichsstudien nicht gegeben. Die Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 2006 im „Energy Journal" veröffentlicht. Zugleich werden die Ergebnisse dem IPCC zur Vorbereitung des 4. Sachstandsberichtes in der Working Group III zur Verfügung gestellt.

3. UBA-Forschungsvorhaben „Klimastabilisierung zu niedrigen Kosten, Regionalisierung der Klimaschutzkosten und Modellierung regionalisierter Folgen": Die im EUROPA-Projekt gewonnene Erkenntnis, dass den internationalen und interregionalen Spillover-effekten eine tragende Bedeutung in der Abschätzung klimapolitischer Strategien zukommt, führte zur Einsicht, dass die thematischen Arbeiten weiterentwickelt werden müssen. Das UBA hat daher dem PIK den Auftrag erteilt, für die Beratungen um eine Kyoto-2012-Architektur das Portfolio von Vermeidungsoptionen unter verschiedenen internationalen klimapolitischen Konstellationen zu eruieren.

4. ADAM: Die bisherigen Forschungen, die durch das EUROPA-Projekt angestoßen wurden, waren in nahezu allen Teilkomponenten auf die Klimaschutzpolitik fokussiert. Die Diskussionen um das 2-Grad Ziel führten jedoch zur Einsicht, dass selbst ein ambitionierter Klimaschutz Anpassungsmaßnahmen und -investitionen nötig machen würde. Diese am PIK und am Tyndall Centre intensiv geführten Diskussionen führten zur Beantragung eines Integrated Projekt (IP), das auch genehmigt wurde. Das damit entstandene Konsortium wird nun in der Lage sein, einen methodischen Rahmen zu entwickeln, in dem die verschiedenen Optionen im Hinblick auf ihre technische Machbarkeit, ihre ökonomische Effizienz, ihre soziale Akzeptanz und ihre ökologische Wünschbarkeit bewertet werden. Ohne die Vorarbeiten des EUROPA-Projektes wäre es wohl kaum gelungen, dieses anspruchsvolle Projekt mit einem Finanzvolumen von ca. 12 Millionen Euro genehmigt zu bekommen. Offensichtlich ist es dem Team des EUROPA-Projektes gelungen, das Thema des endogenen technischen Fortschritts erfolgreich in der wissenschaftlichen Diskussion zu verankern, da die ADAM-Gutachter in ihrem Abschlussbericht dieses Thema mehrfach als bedeutsam für die wissenschaftliche Beratung der europäischen Klimapolitik gewürdigt haben.

5. Im Juni 2005 wurde ein DFG-Antrag „Modellierung der globalen Lebensstildynamik und ihrer ökologischen Effekte" gestellt, der die Modellierungs-Komponente des EUROPA-Projektes weiterentwickeln soll.

Weitere Verwertungsmöglichkeiten werden sich durch den im Rahmen des EUROPA-Projektes erfolgten Aufbau von Forschungsnetzwerken ergeben. So sind im Themenbereich „Nachhaltigkeit und Wasser" Allianzen zum IGBP/IHDP „Cross Cutting Theme on Water" sowie zum „Dialogue on Climate and Water" personell und inhaltlich entstanden. Im Bereich „Erdfernerkundung und sozialwissenschaftliche Forschung" wurde ein Dialog mit dem DLR geführt. International ist eine Kooperation mit CIESIN abgesprochen, durch welche die Verbindung zur Datenverarbeitung der NASA entwickelt werden kann. Daneben wurden Anknüpfungspunkte zum europäischen GMES-

Programm entwickelt sowie Verbindungen zu laufenden Fallstudien-Projekten wie LUCC, HERO und DEVECOL aufgebaut. Seit April 2004 werden die bisherigen Erfahrungen im Geoskop-Projekt im Rahmen des EU-Exzellenznetzwerks ALTERNET zur langfristigen Ausrichtung und Verbesserung der Biodiversitätsforschung eingebracht.

Der Beitrag des EUROPA-Projekts zur Entwicklung des PIK ist schon jetzt deutlich erkennbar. So sind bei der Neustrukturierung der PIK-internen, zu den Abteilungen quer gelagerten Projektstruktur (der sogenannten ToPIK-Struktur) 2003 u.a. die ToPIKs „Mitigation and Biosphere Management“ und „Global Actors in the Sustainability Transition“ ins Leben gerufen worden, welche wesentliche Anregungen aus den EUROPA-Forschungsaktivitäten „ökonomische Modellierung des Energiesystems“ (Biomasse/Bioenergie als Schnittstelle zur Biosphäre) bzw. „Finanzmärkte“ aufgenommen haben. Die Bücher „Climate Change, Adaptive Capacity, and Development“ sowie „Models, Numbers, and Cases“ (vgl. die Literaturliste in Abschnitt 9) sind wichtige Kristallisationspunkte geworden. Weitere Bücher im Übergang vom EUROPA-Projekt zu ToPIKs sind im Entstehen.

8. Relevanz der Ergebnisse Dritter

Im Berichtszeitraum waren bzw. wurden für die Projektarbeit eine Reihe von Forschungsergebnissen Dritter von Bedeutung. Das betrifft einmal wichtige Entwicklungen in der internationalen Forschung. Insbesondere sind wichtige Arbeiten zur dynamischen stochastischen allgemeinen Gleichgewichtstheorie, die in Abschnitt 4 beim Thema „Finanzmärkte“ angesprochen wurden, erst während des Berichtzeitraums publiziert worden (vgl. das dort zitierte Buch von Altug u.a., 2003). In diesem Zusammenhang sind auch neuere mathematische Arbeiten zur Analysis stochastischer Systeme zu erwähnen, die für die Auseinandersetzung mit dem sozialwissenschaftlichen Mikro-Makro-Problem im Rahmen des vorliegenden Auftrags wesentlich waren. Dabei war insbesondere die Kooperation mit dem Forschungszentrum „Numerical Analysis / Scientific Computing“ der FU Berlin hilfreich.

Zwei weitere Arbeiten, die während des Berichtzeitraums erschienen und die für die Erfüllung des Auftrags wesentlich waren, sind die ebenfalls in Abschnitt 4 (zu den Themen Versicherungen sowie Europa) zitierten Publikationen von Shiller (2003) und von Kagan (2003).

Auf der Ebene direkter Kooperation waren sodann die Ergebnisse von zwei Forschungszusammenhängen im angelsächsischen Raum für die Abwicklung des Auftrags wesentlich:

- *Sustainability Science*. Auf Initiative u.a. von Prof. William C. Clark (Harvard University, Kennedy School of Government) kam es bereits im Jahr 2001 zu einer gemeinsamen Publikation über die Herausforderungen des Konzeptes Nachhaltiger Entwicklung für eine interdisziplinäre, problemorientierte Forschung. Diese Zusammenarbeit wurde 2002 vertieft (u.a. durch einen Forschungsaufenthalt von Bill Clark am PIK). Insbesondere die

Ergebnisse der Clark-Gruppe hinsichtlich der Effektivität und der Grenzen wissenschaftlicher Politikberatung waren für das EUROPA-Projekt hilfreich.

- *Tyndall Centre*. Schon seit Gründung des *Tyndall Centres for Climate Change Research* (UK), verstärkt aber seit der Übernahme seiner Leitung durch Prof. Hans-Joachim Schellnhuber, bestehen enge Kontakte nach England, die insbesondere für die ökonomische Modellierung, aber auch für die Abschätzung von Mitigation-Optionen wichtig geworden sind.

9. Veröffentlichungen

Bücher in referierten Wissenschaftsverlagen

Jaeger, C.C., Renn, O., Rosa, E.A., Webler, T. (2001), *Risk, Uncertainty, and Rational Action*, Earthscan, London.

Kasemir, B., Jäger, J., Jaeger, C.C., Gardner, M. (Eds.) (2003), *Public Participation in Sustainability Science*, Cambridge University Press, Cambridge.

Luterbacher, U., Sprinz, D.F. (Eds.) (2001), *International Relations and Global Climate Change*, The MIT Press, Cambridge, MA.

O`Riordan, T., Stoll-Kleemann, S. (Eds.) (2002*), Biodiversity, Sustainability and Human Communities. Protecting Beyond the Protected*, Cambridge University Press, Cambridge.

Schröder, M., Clausen, M., Grunwald, A., Hense, A., Klepper, G., Lingner, S., Ott, K., Schmitt, D., Sprinz, D.F. (2002), *Klimavorhersage und Klimavorsorge*, Springer-Verlag, Berlin.

Smith, J.B., R.J.T. Klein and S. Huq (Eds.) (2003), *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*, Imperial College Press, London, UK.

Sprinz, D. F., Wolinsky-Nahmias, Y. (Eds.) (2004), *Models, Numbers, and Cases: Methods for Studying International Relations*, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.

Artikel in referierten Zeitschriften

Churkina, G., Tenhunen J., Thornton, P., Falge, E.M., Elbers, J.A., Erhard, M., Grünwald, T., Kowalski, A.S., Rannik, Ü., Sprinz, D. (2003), Analyzing the Ecosystem Carbon Dynamics of Four European Coniferous Forests Using a Biogeochemistry Model, *Ecosystems,* 6, 168-184.

Edenhofer, O., Bauer, N., Kriegler, E. (2005), The Impact of Technological Change on Climate Protection and Welfare: Insights from the Model MIND, *Ecological Economics* (im Druck).

Edenhofer, O., Lessmann, K., Bauer, N., Held, H. (2005), Climate Protection! – A New Energy Policy? *Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung*, 74, 137ff. (im Druck).

Grothmann, T., Reusswig, F. (2005), People at Risk of Flooding: Why some residents take precautionary action while others don't, *Natural Hazards* (im Druck).

Haas, A., Jaeger, C. (2005), Agents, Bayes, and Climatic Risks – a Modular Modelling Approach, *Advances in Geosciences*, 3 (im Druck).

Hasselmann, K., Latif, M., Hooss, G., Azar, C. Edenhofer, O., Jaeger, C.C., Johannessen, O.M., Kemfert, C., Welp, M., Wokaun, A. (2003), The Challenge of Long-Term Climate Change, *Science*, 302, 1923-1925.

Hovi, J., Sprinz, D.F., Underdal, A. (2003), The Oslo-Potsdam Solution to Measuring Regime Effectiveness: Critique, Response, and the Road Ahead, *Global Environmental Politics*, 3, 74-96.

Hovi, J., Sprinz, D.F., Underdal, A.(2003), Regime Effectiveness and the Oslo-Potsdam Solution: A Rejoinder to Oran Young, *Global Environmental Politics*, 3, 105-107.

Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Gruebler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kasperson, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore III, B., O'Riordan, T., Svedin, U. (2001), Sustainability Science, *Science*, 292, 641-642.

Leimbach, M. (2003), Equity and carbon emissions trading: a model analysis, *Energy Policy*, 31, 1033-1044.

Leimbach, M., Jaeger, C.C. (2004), A modular approach to Integrated Assessment modeling, *Environment Modeling and Assessment*, 9, 207-220.

Leimbach, M., Toth, F.L. (2003), Economic development and emission control over the long term: The ICLIPS aggregated economic model, *Climatic Change*, 56, 119-137.

Lotze-Campen, H., Lucht, W., Jaeger, C.C. (2002), How to "Geoscope" Transitions to Sustainable Water Use, *GAIA*, 11, 293-296.

Stoll-Kleemann, S., O`Riordan, T. (2002), From participation to partnership in biodiversity protection: experience from Germany and South Africa, *Society and Natural Resources*, 15, 157-173.

Toth, F., Bruckner, T., Füssel, H.-M., Leimbach, M.; Petschel-Held, G., Schellnhuber, H.J. (2002), Exploring options for global climate policy: A new analytical framework, *Environment*, 44, 22-34.

Welp, M. (2001), The Use of Decision Support Tools in Participatory River Basin Management, *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans & Atmosphere*, 26, 535-539.

Beiträge in referierten Fachbüchern

Brand, K.-W., Reusswig, F. (2006), The Social Embeddedness of Global Environmental Governance. In: G. Winter (Ed.), *Multilevel Governance of Global Environmental Change. An Interdisciplinary Approach*, Cambridge University Press, Cambridge (im Druck).

Jaeger, C.C., Tol, R. (2003), Sustainability and Economics: a Matter of Scale. In: Jan Rotmans, Dale S. Rothman (Eds.), *Scaling in Integrated Assessment*, Lisse, Swets & Zeitlinger, 107-124.

Kasemir, B., Jaeger, C.C., Jäger, J. (2003), Citizen Participation in Sustainability Asessments. In: Kasemir, B., Jäger, J., Jaeger, C.C., Gardner, M. (Eds.), *Public Participation in Sustainability Science*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kasemir, B., Dahinden, U., Swartling, A.G., Schibli, D., Schüle, R., Tabara, D., Jaeger, C.C. (2003), Collage Processes and Citizens' Visions for the Future. In: Kasemir, B., Jäger, J., Jaeger, C.C., Gardner, M. (Eds.), *Public Participation in Sustainability Science*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kasemir, B., Gassmann, F., Lienin, S.F., Jaeger, C.C., Wokaun, A. (2002), Public-driven Responses to Global Environmental Change. In: Tolba, M.K. (Ed.), *Responding to global environmental change*, Encyclopedia of Global Environmental Change, Vol. 4, Wiley, Chichester, 21-35.

O`Riordan, T., Stoll-Kleemann, S. (2002), Deliberative democracy and participatory biodiversity. In: O`Riordan, T., Stoll-Kleemann, S. (Eds.), *Biodiversity, Sustainability and Human Communities. Protecting Beyond the Protected*, Cambridge University Press, Cambridge, 87-112.

O`Riordan, T., Fairbrass, J., Welp, M., Stoll-Kleemann, S. (2002), The politics of biodiversity in Europe. In: O`Riordan, T., Stoll-Kleemann, S. (Eds.), *Biodiversity, Sustainability and Human Communities. Protecting Beyond the Protected*, Cambridge University Press, Cambridge, 115-141.

Sprinz, D. F., Wolinsky-Nahmias, Y. (2004), Introduction: Methodology in International Relations Research. In: Sprinz, D.F., Wolinsky-Nahmias, Y. (Eds.), *Models, Numbers, and Cases: Methods for Studying International Relations*, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 1-17.

Sprinz, D.F., Wolinsky-Nahmias, Y. (2004), Environment Meets Statistics: Quantitative Analysis of International Environmental Policy. In: Sprinz, D.F., Wolinsky-Nahmias, Y. (Eds.), *Models, Numbers, and Cases: Methods for Studying International Relations*, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 177-192.

Sprinz, D.F., Wolinsky-Nahmias, Y. (2004), Conclusion: Multimethod Research. In: Sprinz, D.F., Wolinsky-Nahmias, Y. (Eds.), *Models, Numbers, and Cases: Methods for Studying International Relations*, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 367-381.

Stoll-Kleemann, S., O`Riordan, T., Burns, T. (2002), Linking the citizen to governance for sustainable climate futures. In: Kasemir, B, Gardner, M., Jäger, J., Jaeger, C.C. (Eds.), *Public Participation in Sustainability Science*. Cambridge University Press, Cambridge, 239-248.

Stoll-Kleemann, S., O`Riordan, T. (2002), Enhancing Biodiversity and Humanity. In: O`Riordan, T., Stoll-Kleemann, S. (Eds.), *Biodiversity, Sustainability and Human Communities. Protecting Beyond the Protected,* Cambridge University Press, Cambridge, 295-310.

Stoll-Kleemann, S. (2002), Chancen und Grenzen kooperativer und partizipativer Ansätze im Naturschutz. In: Erdmann, K.-H.; Schell, C. (Hrsg.), *Naturschutz und gesellschaftliches Handeln. Aktuelle Beiträge aus Wissenschaft und Praxis*, Landwirtschaftsverlag, Münster, 153-167.

Welp, M., Hamidovic, D., Buchori, D. and Ardhian, D. (2002), The uncertain role of biodiversity management in emerging democracies. In: Stoll-Kleemann, S and O'Riordan, T. (Eds.), *Biodiversity, Sustainability and Human Communities: Protecting Beyond the Protected*, Cambridge University Press, Cambridge, 260-291.

Beiträge in Tagungsbänden

Bauer, N., Edenhofer, O., Held, H., Kriegler, E. (2005), Uncertainty of the role of carbon capturing and sequestration within climate change mitigation strategies. In: E.S. Rubin, D.W. Keith and C.F.Gilboy (Eds.), Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations, IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, (im Druck).

Edenhofer, O., Held, H., Bauer, N. (2005), A regulatory framework for carbon capturing and sequestration within the Post-Kyoto Process. In: E.S. Rubin, D.W. Keith and C.F. Gilboy (Eds.), Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Paper and Plenary Presentations, IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, (im Druck).

Göbeler, F., J., Scheffran, J. (2002), Extended Power Values and Dynamic Coalition Formation. In: L. Petrosjan, N.A. Zenkevich (Eds.), The Tenth International Smposium on Dynamic Games and Applications, July 8-11, 2002, Proceedings Vol. I, International Society of Dynamic Games, St. Petersburg, 338-340.

Lotze-Campen, H., Jaeger, C.C., Lucht, W. (2002), A Sustainability Geoscope: defining an integrated information base for interdisciplinary modelling of Global Change. In: Center for Sustainable Development: Proceedings of the Fifth Annual Conference on Global Economic Analysis, Taipei, Taiwan, 5-7 June.

Lotze-Campen, H., Müller, Chr., Bondeau, A., Smith, P., Lucht, W. (2004), How Tight are the Limits to Land and Water Use? ? Combined Impacts of Food Demand and Climate Change. In: Pahl-Wostl, C., Schmidt, S., Rizzoli, A.E., Jakeman, A.J. (Eds): Complexity and Integrated Resources Management, Transactions of the 2nd Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society, Vol. 1, 397-402, iEMSs, June 2004 (www.iemss.org/iemss2004/proceedings/).

Lotze-Campen, H., Lucht, W. (2004), How to observe and model transitions towards sustainability: the Geoscope initiative. In: Biermann, F., Campe, S., Jacob, K. (Eds.): Proceedings of the 2002 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change "Knowledge for the Sustainability Transition. The Challenge for Social Science", Global Governance Project: Amsterdam, Berlin, Potsdam and Oldenburg, 14-20.

Scheffran, J. (2002), Economic Growth, Emission Reduction and the Choice of Energy Technology in a Dynamic-Game Framework. In: P. Chamoni et al., Operations Resarch Proceedings 2001, Springer, Heidelberg, 329-336.

Scheffran, J., Stoll-Kleemann, S. (2002), Implementation of Integrated Sustainability Strategies in Europe. From Conflict to Cooperation on local and global levels in climate and biodiversity regimes. 2001 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change "Global Environmental Change and the Nation State", Free University of Berlin, 7-8 December 2001, 329-348.

Weitere Fachpublikationen

Edenhofer, O., Held, H., Bauer, N. (2004), Wege zu einem nachhaltigen Energiesystem. Ein ordnungspolitischer Rahmen für die Deponierung von Kohlenstoff in geologischen Formationen. In: Johnke, B., Scheffran, J., Soyez, K. (Hrsg.), Abfall, Energie und Klima: Wege und Konzepte für eine integrierte Ressourcennutzung. Berlin.

Grothmann T., Reusswig, F. (2003), Learning (only) from experience? Flood damage prevention of residents and firms at risk, 4. Forum Katastrophenvorsorge, July 14-16, 2003, München, Deutsches Kommittee für Katastrophenvorsorge.

Grothmann, T. (2003), Selbstschutz vor Hochwasserschäden: Wie hochwassergefährdete Haushalte und Unternehmen mit der Hochwassergefahr umgehen. Nürnberger Wasserwirtschaftstag, Seminar 2: Hochwasser hat Zukunft. Juni 5, 2003. Nürnberg. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Landesverband Bayern, 196-214.

Hare, B., Schaeffer, M., Meinshausen, M. (2004), What is Dangerous Climate Change? Initial Results of a Symposium on Key Vulnerable Regions, Climate Change and Article 2 of the UNFCC, Buenos Aires, 2004, (www.european-climate-forum.net).

Higginson, S., Prommer, I., Jaeger, C. C. (2001), IA-Focus Groups as a Participatory Tool. In: van Asselt, M., Rotmans, J., Greeuw, S. (Eds)., Puzzle-Solving for Policy: A Provisional Handbook for Integrated Assessment, ICIS, Maastricht, 166-190.

Hummel, M., Scheffran, J., Simon, H.R. (Hrsg.) (2002), Konfliktfeld Biodiversität, Münster, agenda 2002.

Jaeger, C.C., Oppenheimer, M. (2005), Emissions Pathways to Avoid Dangerous Climate Change – A Trans-Atlantic View. In: Intact, Options for Future Climate Policy: Transatlantic Perspectives, SWP, Berlin 2005.

Jaeger, C. C.: A Note on Domains of Discourse. Logical Know-How for Integrated Environmental Modelling, PIK-Report No. 86 (www.pik-potsdam.de/~cjaeger/working_papers/pr86.pdf).

Jaeger, C.C, Leimbach, M., Carraro, C., Hasselmann, K., Hourcade, J.-C., Klein, R. (2002), Integrated assessment modeling – modules for cooperation, Nota di lavoro 53, FEEM, Milano.

Jaeger, C.C. (2004), Climate Change: Combining Mitigation and Adaptation. In: David Michael (Ed.): Climate Policy for the 21st Century. Meeting the Long-Term Challenge of Global Warming, Johns Hopkins University, Washington, D.C.

Jaeger, C.C. (2001), The Challenge of Global Water Management. In: Ehlers, E., Krafft, Th. (Eds.) Understanding the Earth System: Compartments, Processes and Interactions, Springer, Berlin, 125-135.

Jaeger, C.C., Lotze-Campen, H., Lucht, W. (2002), The Development of a Sustainability Geoscope: an Interim Report, Report to the German National Committee on Global Change Research, Potsdam (www.sustainability-geoscope.net).

Konrad O., Klepper, G., Lingner, S., Schäfer, A., Scheffran, J., Sprinz, D.F. (2004), Konkretisierungsstrategien für Art. 2 der UN-Klimarahmenkonvention, Bad Neuenahr-Ahrweiler: Europäische Akademie GmbH, Bad Neuenahr-Ahrweiler im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Lotze-Campen, H. (2003), Die Geoskop-Initiative – ein Beitrag zur Beobachtung und Modellierung von Übergängen zur Nachhaltigkeit. In: Weimann, J., Hoffmann, A., Hoffmann, S. (Hrsg.), Messung und ökonomische Bewertung von Biodiversität: Mission impossible? Marburg, 235-251.

Lotze-Campen, H. (2003), How to improve the empirical base for integrated global change research? In: IHDP Update Newsletter, 04/2003, p.20.

Lucht, W., Jaeger, C.C. (2001), The sustainability geoscope: a proposal for a global observation instrument for the anthropocene. In: Contributions to Global Change Research: A Report by the German National Committee on Global Change Research, Bonn, 138-144.

Reusswig, F. (2002), Lebensstile und Naturorientierungen. Gesellschaftliche Naturbilder und Einstellungen zum Naturschutz. In: Dieter Rink (Hrsg.): Lebensstile und Nachhaltigkeit. Konzepte, Befunde und Potentiale. Leske + Budrich, Opladen, 156-180.

Reusswig, F. (2004), Naturschutz und Naturbilder in verschiedenen Lebensstilgruppen. In: W. Serbser, H. Inhetveen, F. Reusswig (Hrsg.), Land – Natur – Konsum, Ökom-Verlag, München, 143-176.

Reusswig, F., Gerlinger, K., Edenhofer, O. (2004), Lebensstile und globaler Energieverbrauch. Analyse und Strategieansätze zu einer nachhaltigen Energiestruktur. PIK-Report No. 90 (www.pik-potsdam.de/pik_web/publications/pik_reports/reports/pr.90/pr90.pdf).

Reusswig, F., Lantermann, E.-D., Schuster, K., Schwarzkopf, J. (2003), Lebensstile und Naturschutz. Zur Bedeutung sozialer Typenbildung für eine bessere Verankerung von Ideen und Projekten des Naturschutzes in der Bevölkerung. In: Erdmann, K.-H., Schell, C. (Bearb.), Zukunftsfaktor Natur - Blickpunkt Mensch. Bundesamt für Naturschutz, Bonn/Bad Godesberg, 127-244.

Reusswig, F. (2003), Umweltsoziologie. In: Simonis, U.E. (Hrsg.), Öko-Lexikon, München, 223 f.

Scheffran, J. (2002), Biodiversität, Ökosystemdynamik und nachhaltige Nutzung – Komplexität, Konflikt und Kooperation aus der Modellperspektive. In: M. Hummel, M., Scheffran, J., Simon, H.-R. (Hrsg.), Konfliktfeld Biodiversität, Münster: agenda, 311-375.

Scheffran, J. (2002), Conflict and Cooperation in Energy and Climate Change. The Framework of a Dynamic Game of Power-Value Interaction. In: Holler, M. et al. (Eds.), Power and Fairness, Jahrbuch für Neue Politische Ökonomie, Band 20.

Sprinz, D.F. (2003), Internationale Regime und Institutionen. In: Gunther Hellmann, Klaus Dieter Wolf und Michael Zürn (Hrsg.), Die neuen Internationalen Beziehungen – Forschungsstand und Perspektiven in Deutschland, Nomos Verlag, Baden-Baden, 251-273.

Sprinz, D.F., Bauer, A., Krause, J., Birkel, K., Zondervan, R. (2004), International Environmental Policy, E-Learning Projekt der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft (PolitikON).

Sprinz, D.F., Vaahtoranta, T. (2002), National Self-Interest: A Major Factor in International Environmental Policy Formulation. In: Tolba, M. K. (Hrsg.): Responding to Global Environmental Change, Encyclopedia of Global Environmental Change (Gesamtherausgeber: Ted Munn), Bd. 4, London: Wiley, 323-328.

Sprinz, D.F. (2001), Climate Change After Marrakech: The Role of Europe in the Global Arena. In: German Foreign Policy in Dialogue, Bd. 2 (6), Dezember 2001 (“Editorial: Climate Change After Marrakech:

The Role of Europe in the Global Arena" (6-8), "Germany: European Leadership, Active Climate Policy and Wall-Fall Profits" (13-15).

Sprinz, D.F. (2001), Global Warming (UN Climate Change Convention). In: Jones, R.J.B. (Ed.), Encyclopedia of International Political Economy, Vol. 2, Routledge, London, 610-612.

Sprinz, D.F. (2001), Does Climate Change Lead to Violent Conflict? In: Lozán, J. et al. (Eds.), Climate of the 21st Century: Changes and Risks, Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO, 350-352.

Schwarzkopf, J. (2002), Mountainbiker und Natur(schutz). Naturbilder und Akzeptanz von Naturschutz in einer extremen Zielgruppe. In: Erdmann, K.-H., Schell, C. (Bearb.), Naturschutz und gesellschaftliches Handeln, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

Stoll-Kleemann, S. (2002), Konflikte um Naturschutzgebiete in Deutschland. In: Hummel, M., Scheffran, J., Simon, H.-R. (Hrsg.). Konfliktfeld Biodiversität. Münster: Agenda Verlag, 413-431.

Welp, M. (ed.) 2001. Stakeholder Successes in Global Environmental Management. Report of Workshop. Potsdam, 8 December 2000. PIK report No. 70.

Eingereichte Fachpublikationen

Edenhofer, O, Kemfert, C., Lessmann, K., Grubb M., Koehler J.: Technological Change: Exploring its Implicaton for the Economics of Stabilisation. Insights from the Innovation Modelling Comparison Project. Special Issue The Energy Journal.

Edenhofer, O., Bauer, N., Lessmann K.: Endogenous and Induced Technological Change in the Model MIND. Special Issue The Energy Journal.

Ionescu, C., Klein, R.J.T., Hinkel, J., Kumar, K.S.K., Klein, R.: Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. Environmental Modelling and Assessment.

Klein, R.J.T., E.L. Schipper, E.L., Dessai, S.: Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. Environmental Science and Policy.

Leimbach, M., Edenhofer, O.: Capital mobility and spillovers in a modular approach to multiregion modelling. Journal of Economic Dynamics and Control.

Lotze-Campen, H., Schellnhuber, H.J. (2005), Global environmental change as projected by IPCC and its impact on food availability. In: Schulz, M., Kracht, U. (Eds.), Food and Nutrition Security in the Process of Globalization, New York.

Ochs, A., Sprinz, D.F.: Europa Riding the Hegemon? Transatlantic Climate Policy Relations. In: Bobrow, D. B. (Ed.) Strategies of Resistance: International Challenges to US. Policy Preferences, Pittsburgh, PA, Ridgway Center for International Security Studies.

Sprinz, D.F.: Germany's International Environmental Policy. In: Maull, H.W., Harnisch, S. (Eds.), German Foreign Policy in the 1990s and Beyond, Palgrave, Houndmills, Basingstoke.

Stoll-Kleemann, S. & Welp, M.: An Integrative Theory of Reflexive Dialogues: Implications for Stakeholder Involvement in Knowledge Creation and Natural Resources Management. Public Administration Review.

Welp, M., de la Vega-Leinert, A., Stoll-Kleemann, S., Jaeger, C.C.: Science-based stakeholder dialogues: tools and theories. Global Environmental Change.

Welp, M., Kasemir, B., Jaeger, C.C.: Citizens' Voices in Environmental Policy: The Contribution of Integrated Assessment Focus Groups to Accountable Decision Making. In: Coenen, F.H.J.M. and Paterson, R. (eds.) The Promise and Limits of Participatory Processes for the Quality of Environmentally Related Decision-making. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Beiträge zur öffentlichen Debatte

Edenhofer, O. (2001), Wenn der Golfstrom versiegt. Gegen die Klimakatastrophe hilft kein Abwiegeln – die Menschen müssen endlich Ernst machen mit dem Energiesparen. Süddeutsche Zeitung, 4./5. August 2001.

Edenhofer, O. (2001), Sieben neue Klima-Plagen. Die UN-Forscher malen die Zukunft des Planeten schwarz in schwarz, aber ihre Medizin ist viel zu schwach. Frankfurter Rundschau, 6. März 2001, 32.

Edenhofer, O. (2003*)*, Wege zu einer nachhaltigen Klima- und Energiepolitik. Aus Politik und Zeitgeschichte, B 27, 18-26.

Edenhofer, O., Schellnhuber, H.-J., Bauer, N. (2004), Der Lohn des Mutes. Gestaltungsspielräume für eine internationale Klima- und Energiepolitik. Internationale Politik, 8, 29-38.

Edenhofer*,* O., Schellnhuber, H.-J., Bauer N. (2004), Risks and Opportunities of Planet Protection. Internationale Politik. Transatlantic Edition Vol. 5, 4, 61-68.

Edenhofer, O. (2005), Jenseits von Kyoto. Klimaschutz ohne Wachstumseinbußen ist möglich – wenn man die Marktkräfte zu nutzen weiß. Das M.I.T. – Magazin für Innovation – Technology, 29.

Edenhofer, O. (2005), Die Rolle von Öl und Gas in einer nachhaltigen Energieversorgung. Veröffentlichtes Strategiegespräch zusammen mit Uwe Franke, Vorstandsvorsitzender, Deutsche BP AG, Bochum, Friedemann Müller (Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin) und Fritz Vorholz (Zeit). Energiewirtschaftliche Tagesfragen. März, Heft 3, 146-151.

Edenhofer, O., Held, H., Jaeger C.C. (2002), Langfristige Optionen einer globalen Energie- und Umweltpolitik. In: Hauser, W. (Ed.), Das Experiment mit dem Planeten Erde, Theiss Verlag, Stuttgart.

Hasselmann, K., Schellnhuber, H.J., Edenhofer, O. (2004), Climate Change: complexity in action. Physics-based simulation techniques are helping climatologists predict how economic, political and scientific decisions will influence climate change. Physics world, 31-35.

Jaeger, C.C., Sprinz, D.F., Hasselmann, K. (2003), Wer soll das bezahlen? Finanziellen Schutz vor den Folgen des Klimawandels können Versicherungen nicht allein gewährleisten. Die Zeit, 8, 2003.

Jaeger, C.C. (2002), Die Wege des Wassers. Wer kümmert sich um das globale Wassersystem? In: Jörg Kachelmann (Hrsg.), Die große Flut. Unser Klima, unsere Umwelt, unsere Zukunft, Rowohlt, Reinbek, 233-246.

Jaeger, C.C., Daniel, H., Berz, G., Jischa, M. F. (2002), Risikomanagement als Wirtschaftsfaktor. In: P. Hennicke (Hrsg.), Nachhaltigkeit- ein neues Geschäftsfeld? Forum 2, Jahreskongress des Wissenschaftszentrums NRW, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 65-90.

Jaeger, C.C. (2004), Fünf Optionen einer globalen Energie- und Umweltpolitik, In: Münchener Rück, Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? Münchener Rück, München.

Jaeger, C.C., Cameron, J. (2004), Financial Markets and Climate Change. Discussion paper for the conference on climate change on occasion of the state visit of the British Queen to Germany, Nov. 2004.

Lotze-Campen, H. (2003), Wie gut kennen wir die Wechselwirkung zwischen Mensch und Umwelt? In: Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibnitz e.V. (Hrsg.), Der verschwundene Hering und das Geheimnis des Regenmachers - Umweltforschung in der Leibniz-Gemeinschaft - Qualität und Vielfalt, Bonn, 115-117.

Lotze-Campen, H. (2001), A Sustainability Geoscope: Observing, Understanding and Managing the Sustainability Transition. Workshop Report, Potsdam (www.sustainability-geoscope.net).

Reusswig, F. (2004), Gefährlich, aber vielversprechend: Klima und Konsum. Umwelt & Bildung, 1/2004, 12-13.

Scheffran, J. (2002), Kein Frieden auf dem Erdgipfel? Wissenschaft und Frieden, 3/2002, 44-48.

Welp, M. (2002), Bürgerbeteiligung und Computermodelle verknüpfen. Möglichkeiten eines modellgestützten Managements von Flusseinzugsgebieten. Ökologisches Wirtschaften, 1/2002, 21-22.

Vorträge auf Fachtagungen (Auswahl)

Edenhofer, O., Why do many Economic Models overestimate the Costs of Climate Protection? 16. Juni 2003, Vorlesung am Institut für Wirtschaftsforschung, ETH Zürich.

Edenhofer, O., Is Carbon Capturing and Sequestration an Option to Buy Time? Annual Meeting of the International Workshop, jointly organized by EMF/IEA/IIASA, 24-26 Juni 2003, Laxenburg Austria.

Edenhofer, O., The Costs of Technological Transitions and Climate Change Policy: How Learning-by-Doing and Technological Change influence Mitigation Policy. Tyndall-PIK side event at COP-9 in Milan, 8 December 2003.

Edenhofer, O., Strategien und Gestaltungsspielräume für die internationale Klimaschutzpolitik. Energiewende und Klimaschutz. Neue Märkte, Neue Technologien am 13./14. Februar 2004 in Berling, Deutsches Architekturmuseum. Vortrag am 14. Februar, Anschließend Podiumsdiskussion mit Jürgen Trittin, R. Paschauri und M. Poppe.

Edenhofer, O., ESF-CIAM^n Workshop on Community Integrated Assessment Modelling of Climate Policy, Clare College, 24-26 March 2004, Cambridge, UK.

Edenhofer, O., The Role of Agents and Technological Change in Integrated Assessment Models. Foundations, Rationales, and Representations of Human Economic Behavior. Start-up workshop for the research group Theories and Applications of Ecological Economics 22. – 23. April 2004, Hanse-Wissenschafts-Kolleg.

Edenhofer, O., Assessing the Risks and Costs of Climate Protection – A Scientific Challenge, 28 April 2004, European Geoscience Union 1st General Assembly, 25-30 April 2004, Nice, France.

Edenhofer, O., Endogenous Growth, Biased Technological Change and Energy Use. Sustainable Resource Use and Economic Dynamics (SURED), 7-10 June 2004, Ascona/Switzerland.

Edenhofer, O., A regulatory framework for carbon capturing and sequestration within the Post-Kyoto Process. 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, 5-9 September 2004, Vancouver.

Edenhofer, O., Anforderungen des internationalen Klimaschutzes an eine nachhaltige Energieversorgung, Vortrag auf dem Kongress „Energieversorgung der Zukunft – zwischen Klimaschutz und Ökonomie“, am 11. Oktober 2004 mit anschließender Podiumsdiskussion u.a. mit Utz Claasen, C.C. von Weizsäcker und Uwe Franke.

Edenhofer, O., Technological Change: Exploring its Implications for the Economics of Atmospheric Stabilisation. Preliminary Insights from the Innovation Modelling Comparison Project, zusammen mit Claudia Kemfert und Michael Grubb, IPCC Expert Meeting on Emission Scenarios, 12-14 January 2005, Washington DC.

Edenhofer, O., Transformation of the Global Energy System: Costs and Options, European Geosciences Union, General Assembly, 28 April 2005, Vienna.

Edenhofer, O., Solar Energy and Climate Protection, Vortrag auf dem Ersten Berliner Klimagespräch – Solarenergie auf dem Weg in eine nachhaltige Energiezukunft, Donnerstag 12. Mai 2005, Haus der Deutschen Wirtschaft, Berlin, veranstaltet von der Deutschen BP Aktiengesellschaft.

Edenhofer, O., Die Bedeutung von CCS (Carbon Capturing and Sequestration) im Rahmen der internationalen Klimapolitik, BMU-Fachgespräch „Vergleichende Analyse von Maßnahmen zur CO_2-Minderung bei modernen Kraftwerkstechnologien und der Nutzung erneuerbarer Energien im Kontext einer klimaverträglichen Energieversorgung“, 16. Juni 2005.

Edenhofer, O., Hobbes, Machiavelli and Kant Again! – Three Approaches to Climate Policy. Comments to Thomas Rutherford, at “Post 2012 Climate Policy: Architectures and Participation Scenarios”, 20–21 June 2005, Venice.

Jaeger, C.C., Trade-offs in the context of stabilisation. IPCC expert meeting on assessment of and integrated analysis of adaptation and mitigation, 20-22 May 2003, Geneva.

Jaeger, C.C., Hydrogen – A Sustainable Fuel. Moderation des gleichnamigen Panels unter Beteiligung von M. Wallström, Umweltkommissarin der EU, C. Battershell, Director Alternative Fuels bei BP, D. Baldock, Director, Institute for European Environmental Policy, UK, J.B. Sánchez, General Manager, Hynergreen Technologies, und S. Singer, Direktor der Climate Unit, WWF Brüssel; im Rahmen der

EU-Konferenz: The Hydrogen Economy – A Bridge to Sustainable Energy, 14.-16. Juni 2003, Brussels.

Jaeger, C.C., A Modular Modelling Technique. First Workshop on Integrated Climate Models, 30. Sept.-3. Okt. 2003, Triest.

Jaeger, C.C., Climate Change as a Transatlantic Century Challenge. Second High-Level Transatlantic Workshop on Climate Change, Villa Vigoni, 16.-18. Okt. 2003, Como.

Jaeger, C.C., Biewald, A., Managing Climate Risks in the Agicultural Transition, International Workshop on Transition in Agriculture and Sustainable Land Use Pattern, 4-6 December 2003.

Leimbach, M., Equity and Emissions Trading: A Model Analysis. 2nd World Congress of Environmental and Resource Economists, 24-27 June 2002, Monterey, USA.

Leimbach, M., Experiences from module coupling experiments. ESF-CIAMn Workshop on Community Integrated Assessment Modelling of Climate Policy, Clare College 24-26 March 2004, Cambridge, UK

Leimbach, M., Integrierte ökologisch-ökonomische Modelle im Klimaschutz. Sustainability Impact Assessment – Herausforderungen für die ökologisch-ökonomische Modellbildung, Expertenworkshop 7./8. Juni 2004, DIW Berlin.

Leimbach, M., Capital Mobility and Spillovers Within a Modular Approach to Multiregion Modeling. XIII. Annual Conference of the European Environmental and Resource Economists, 25-28 June 2004, Budapest.

Leimbach, M., Edenhofer, O., Capital Mobility and Spillovers Within a Modular Approach to Multiregion Modeling, 11th International Conference on Computing in Economics and Finance, 23-25 June 2005 Washington D.C.

Lotze-Campen, H., Müller, C., Bondeau, A., Smith, P., Lucht, W., Agriculture in a squeeze? – Modelling the combined impacts of rising food demand and climate change on land and water use. Paper presented at an International Workshop on "Transition in Agriculture and Future Land Use Patterns", 1-3 Dec 2003, Wageningen, Netherlands.

Reusswig, F., Public Awareness of Environmental Issues. A Social Science Viewpoint. Side-Event von Going Green CARE INNOVATION, 25. 11. 2002, Wien.

Reusswig, F., Klimawandel und Klimaschutz. Globale Problemlagen und lokale Handlungsmöglichkeiten. Vortrag auf der öffentlichen Anhörung zur Errichtung einer Indoor-Skihalle, Sasbachwalden (Schwarzwald), 26. 4. 2003.

Reusswig, F., Courageous Cowards. Second Order Experiments with the Earth System as Evasive Action for Social and Technological Change? Frühjahrstagung der Sektion „Ökologie & Soziologie" der Deutschen Gesellschaft für Soziologie (DGS), Forschungszentrum Jülich, 16.5.2003.

Reusswig, F., Myths of Nature in Different Lifestyle Contexts. 6th Conference of the European Sociological Association (ESA), Murcia, Spain, 23.-26. September 2003.

Reusswig, F., Lifestyles and Nature Conservation. The Fragmented Sustainability Transition of a Modern Society. Vortrag auf dem Kongress der European Sociological Association (ESA), 25.-28.9. 2003, Murcia, Spanien.

Reusswig, F., Real World Experiments with the Climate System and the Role of Sociology in their Interdisciplinary Assessment. Vortrag auf der Tagung "New Directions in Interdisciplinary Research: A Conference in Real World Experiments." Penn State University, State College, PA, USA, 9.-11. 10. 2003.

Reusswig, F., Lotze-Campen, H., Gerlinger, K., Changing Global Lifestyle and Consumption Patterns: The Case of Energy and Food PERN Workshop "Population, Consumption and the Environment", 19. 10. 2003, Montreal, Canada (www.populationenvironmentresearch.org/papers/Lotze-Campen_ Reusswig_Paper.pdf).

Reusswig, F., Modifications de style de vie et de la consommation – La Rôle de l'Individu. Vortrag auf der Ersten deutsch-französischen Umweltsoziologie-Tagung, 12.-14.2.2004, Strassbourg.

Reusswig, F., Consumer Sovereignty and the Role of Advertising – In Search of a Constructive De-Mystification. Briefing Paper for an International Workshop on „Sustainable Production-Consumption Systems: Research Frontiers", 1-3 October 2004, Chiang Mai, Thailand.

Reusswig, F., Global Consumer Society – On grasping contrasting realities. Briefing Paper for an International Workshop on „Sustainable Production-Consumption Systems: Research Frontiers", 1-3. 10. 2004, Chiang Mai, Thailand.

Sprinz, D.F., Comparing the Climate Regime With Other Global Environmental Accords, Vierte Pan-Europäischen Konferenz für Internationale Beziehungen der Standing Group for International Relations (ECPR), 08. – 10. September 2001, University of Kent, Canterbury, Großbritannien,

Sprinz, D.F., Future Research on the Effectiveness of International Environmental Regimes, Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 7.-8. Dezember 2001, Freie Universtät Berlin, Berlin.

Sprinz, D.F., Global Climate Policy: Will Bonn Save Kyoto?, Deutsches Institut für Japanforschung, 20. September 2001, Tokyo, Japan.

Sprinz, D.F., Global Climate Policy: Central Issues and Future Research, National Institute for Environmental Studies, 18. September 2001, Tsukuba, Japan.

Sprinz, D.F., Political Science: Assessing the Effect of International Treaties, Vortrag im Rahmen der Konferenz „Nicht nur reden… Tun Sie Es!" über bilaterale Zusammenarbeit Deutschland-Norwegen, 5.-6. Februar 2002, Holemkollen Park Hotel Rica, Oslo, Norwegen.

Sprinz, D.F., The Kyoto Protocol: Lessons Learned and What to Do?! Vortrag im Rahmen der Konferenz "Climate Policy as a Transatlantic Issue," 05. Juni 2002, Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik, Berlin.Sprinz, D.F., Global Environmental Regimes: An Overview, Mitarbeitertagung der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 20. August 2002, Gustav-Stresemann-Institut, Bonn.

Sprinz, D.F., The Quantitative Analysis of International Environmental Policy, Annual Convention of the International Studies Association, 25 February – 01 March 2003, Portland, OR.

Sprinz, D.F., Commentary & Extensions: Sugiyama's "Orchestra of Treaties". Conference "Post-2012 Climate Policy Options: European Perspectives," Hamburg Institute for International Economics, Hamburg, Germany, 4-5 Sept. 2003.

Sprinz, D.F., Absolute Effectiveness – The Triad of Domestic, European and International Actors, 45. Jahrestagung der International Studies Association, 17. – 20. März 2004, Le Centre Sheraton, Montreal, Québec, Kanada.

Sprinz, D.F., The Study of Non-Regimes, Roundtable aus Anlaß der 45. Jahrestagung der International Studies Association, 17.-20. März 2004, Montreal, Québec, Kanada.

Sprinz, D.F., Methods of Inquiry in International Relations: Research and Teaching, Co-Chair und Teilnehmer am Roundtable aus Anlaß der 45. Jahrestagung der International Studies Association, 17.-20. März 2004, Montreal, Québec, Kanada.

Sprinz, D.F., Europa Riding the Hegemon? Transatlantic Climate Policy Relations, Workshops zu "Challenges to American Hegemony", 11.-12. September 2004, Ridgway Center for International Security Studies, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA, & 2004 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 3.-4. December 2004, Berlin.

10. Workshops und Konferenzen

Workshops (Auswahl, vgl. auch Abschnitt 3)

- Stakeholder Successes in Global Environmental Management, 8. Dezember 2000, Potsdam.
- A Sustainability Geoscope – Observing, Understanding and Managing the Sustainability Transition, Internationaler Geoskop-Workshop, Oktober 2001, Berlin.
- Alliances for the Sustainability Transition: The European Climate Forum, 3/4. Oktober 2001, First Sustainability Days, Potsdam.
- Transformation of the Energy System, 30. Februar 2002, Hamburg.
- Roads to a Zero Emission Society, 4.-5. April 2002, Villigen, Schweiz.
- Sustainable Technologies for the 21st Century, 12.-13. Dezember 2002, Oldenburg.
- How to improve the empirical base for integrated global change research?, Geoskop-Session beim Open Meeting on Human Dimensions of Global Environmental Change, Montreal, 16.-18. Oktober, 2003.
- Investment Security for Renewable Energy, Side Event auf "Renewables 2004", 2. Juni 2004, Bonn.
- Creating Opportunities for SMEs: Sustainable Energy Accelerator, Side Event auf "Renewables 2004", 3. Juni 2004, Bonn.
- Financial Markets and Climate Change, Workshop im Rahmen der Konferenz "Climate Change: Meeting the Challenge Together", 3. November 2004, Berlin.

Konferenzen (vgl. auch Abschnitt 3)

- Climate Change and Paths to Sustainability, 14./15. November 2002, Berlin.
- The biofuel directive: potential for climate protection? ECF-Jahreskonferenz, 8.-10. September 2003, Norwich, UK.
- Key Vulnerable Regions and Climate Change: Identifying thresholds for impacts and adaptaion in relation to Article 2 of the UNFCCC, 27.-30. Oktober 2004, Beijing.
- The Role of Europe in Integrated Climate Policy, Abschlusskonferenz des EUROPA-Projekts, 21. Dezember 2004, Amsterdam.