

Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Klimaschutz und Klimapolitik: Chancen und Herausforderungen

Herausgeber
J.-Fr. Hake / K.L. Hüttner

Klimaschutz und Klimapolitik

J.-Fr. Hake / K.L. Hüttner

Umwelt
Environment

35

Umwelt
Environment



Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 35

Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung und Technologische
Entwicklung

Klimaschutz und Klimapolitik: Chancen und Herausforderungen

Beiträge aus der Forschung

Herausgeber:
Jürgen-Friedrich Hake, Karl Ludwig Hüttner

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 35

ISSN 1433-5530 ISBN 3-89336-327-0

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte Bibliografische Daten sind im Internet
über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Herausgeber und Vertrieb: Forschungszentrum Jülich GmbH
ZENTRALBIBLIOTHEK
D-52425 Jülich
Telefon (02461) 615368 · Telefax (02461) 61-6103
e-mail: zb-publikation@fz-juelich.de
Internet: <http://www.fz-juelich.de/zb>

Umschlaggestaltung: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Druck: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Copyright: Forschungszentrum Jülich 2003

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment Band/Volume 35

ISSN 1433-5530
ISBN 3-89336-327-0

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Vorwort

Klimaschutz stellt eine zentrale Herausforderung für das 21. Jahrhundert dar. Daher ist es das Ziel der 1992 verabschiedeten Klimarahmenkonvention, die Treibhausgas-konzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, auf dem eine gefährliche Störung des Klimasystems verhindert wird während sich Ökosysteme gleichzeitig auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und wirtschaftliche Entwicklung auf einem nachhaltigen Entwicklungspfad fortgeführt wird (Art. 2 KRK).

Seit 1992 sind in der internationalen Klimaschutzforschung und in der internationalen Klimapolitik sowohl inhaltlich als auch institutionell und prozessual erhebliche Fortschritte erzielt worden. So sieht das Kyoto-Protokoll für die Annex B Staaten im internationalen Rahmen erstmals konkrete quantitative Reduktionsziele für Treibhausgase vor. Das Instrumentarium, das eine effiziente Reduktion der Emissionen ermöglichen soll (CDM-Mechanismen) wird schrittweise konkretisiert und sukzessive implementiert. Das Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls steht aufgrund des Ausscherens der USA und der zögernden Haltung Russlands allerdings noch immer aus, während der Verpflichtungszeitraum 2008-2012 immer näher rückt. Gleichzeitig scheint Klimapolitik angesichts anderer politischer Themen mit kurzfristigerem Problem- und Bedrohungspotenzial auf der politischen Tagesordnung generell an Bedeutung zu verlieren, obgleich weltweit Extremwetterereignisse die Verwundbarkeit der modernen Gesellschaft deutlich demonstrieren.

Der folgende Sammelband beinhaltet vor diesem Hintergrund Beiträge, die im Umfeld der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) des Forschungszentrums Jülich (FZJ) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) betriebenen Geschäftsstelle Forschung für den Klimaschutz entstanden sind. Die Geschäftsstelle wurde Ende 1999 eingerichtet, um die Kompetenzen der Großforschungseinrichtungen und speziell des FZJ und der STE u.a. zur Entwicklung eines Klimawirkungsforschungsprogramms zu nutzen. Diese und weitere Aktivitäten der Geschäftsstelle können über die Homepage www.fz-juelich.de/ste/klimaschutz abgefragt werden. Die Aufgaben der Geschäftsstelle bestehen in der Unterstützung des BMBF bei der Entwicklung und Umsetzung von Forschungsprogrammen zur Vermeidung von und Anpassung auf globale Klimaveränderungen, in der Stärkung des Transfers von emissionsmindernden Maßnahmen und Anpassungsmaßnahmen auf unvermeidbare klimatische Veränderungen in politisch-administrative Entscheidungsbildungsprozesse sowie in Beiträgen zur Kapazitätsbildung in Nicht Annex I Staaten.

Thematisch sind die Beiträge in drei Gruppen einzuordnen.

Die Beiträge von Helmut Breitmeier und Michael Zürn sowie von Wolfgang Fischer und Petra Holtrup widmen sich aus sozialwissenschaftlicher Perspektive der Fragestellung von Regimegenese und Regimeeffektivität. Die Autoren des ersten Beitrags gehen allgemein auf den Stand der sozialwissenschaftlichen Forschung zur globalen

II

Klimapolitik ein. Die Autoren des zweiten Beitrags gehen vor diesem theoretischen Hintergrund auf Stärken und Schwächen des Kyoto-Protokolls als elementaren Bestandteil des internationalen Klimaschutzregimes ein.

Die darauffolgenden Beiträge befassen sich aus volkswirtschaftlicher, systemanalytischer und naturwissenschaftlicher Perspektive mit der Entstehung von Treibhausgasemissionen und den Möglichkeiten, ihrer Konzentrationszunahme in der Stratosphäre zu verringern. Im konkreten analysieren Gerhard Voss und Christian Wicenek aus volkswirtschaftlicher Perspektive die Entwicklung und den Stand klimarelevanter Emissionen auf Basis der Auswertung verfügbarer internationaler und nationaler Treibhausgasstatistiken. Aus systemanalytischer Sicht geben Karl Ludwig Hüttner und Gerhard Kolb einen Überblick über den gegenwärtigen technischen Stand nicht-terrestrischer CO₂-Sequestrierung, skizzieren den Forschungsbedarf und gehen der Frage nach, ob CO₂-Sequestrierung mittel- und langfristig als ernsthafte klimapolitische Strategie etabliert werden sollte. Aus naturwissenschaftlicher Sicht befasst sich Frank Sperling mit der Frage, ob biologische Kohlenstoffsinken, die im Rahmen der Klimaschutzverhandlungen kontrovers diskutiert wurden, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und welcher Forschungsbedarf existiert.

Im Rahmen einer Fallstudie zu Indien von Wolfgang-Peter Zingel, Susanne Van Dillen und Manfred Kleemann wird zum Abschluss deutlich, dass insbesondere integrative Ansätze, die die speziellen Bedingungen bevölkerungsreicher Entwicklungsländer berücksichtigen, geeignet sind, eine global nachhaltige Entwicklung zu gewährleisten. Im Rahmen einer global nachhaltigen Entwicklung ist Klimaschutz zwar ein wichtiges aber nicht das einzige Ziel. Dieses vervielfacht die Komplexität und Interessenskonflikte, vor deren Hintergrund erfolgreiche Klimapolitik bestehen muss.

In der Summe dokumentiert sich durch die Beiträge wie vielfältig die Herausforderungen sind, vor denen Klimaschutz derzeit steht. Sie reichen von der Konkretisierung naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Grundsatzfragen über instrumentelle und implementierungsrelevante bis hin zu anwendungsbezogenen technischen Fragestellungen und deren Umsetzung. Neben grundlagenorientierter ist daher auch anwendungsbezogene Klimaschutzforschung disziplinübergreifend und interdisziplinär von zentraler Bedeutung, um der Mehrdimensionalität des Themenfeldes gerecht zu werden, und um die vorhandenen und sich abzeichnenden Chancen für eine nachhaltige Klimapolitik zu nutzen.

Wir bedanken uns bei den Autoren, die die Arbeit der Geschäftsstelle durch die Studien in besonderer Weise unterstützt haben. Wir weisen darauf hin, dass die Autoren für die Inhalte Ihrer Beiträge selbst verantwortlich sind. Die in den Beiträgen enthaltenen Meinungen müssen daher nicht die Position der Geschäftsstelle wiedergeben.

Jülich, Juni 2003

Jürgen-Friedrich Hake, Karl Ludwig Hüttner

INHALT

Die Sozialwissenschaftliche Forschung über die Effektivität der Globalen Klimapolitik -Bestandsaufnahme und Zukunft -	1
H. Breitmeier; M. Zürn	
Klimaschutz in der Sackgasse?.....	25
W. Fischer; P. Holtrup	
Entwicklung und Stand klimarelevanter Emissionen: Auswertung verfügbarer internationaler und nationaler Treibhausgasstatistiken	55
G. Voss; C. Wicenek	
CO ₂ -Sequestrierung: Klimapolitischer Königsweg oder Sackgasse?	103
K. L. Hüttner; G. Kolb	
Leisten Senken einen Beitrag zum Klimaschutz? Ein Überblick über den gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Politik und zukünftigen Forschungsbedarf	127
F. Sperling	
Bestandsaufnahme Indien zu den Themen Nachhaltige Entwicklung – Klimaschutz und Umweltschutz	157
M. Kleemann; W.-P. Zingel; S. van Dillen	

DIE SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG ÜBER DIE EFFEKTIVITÄT DER GLOBALEN KLIMAPOLITIK

- BESTANDSAUFNAHME UND ZUKUNFT¹ -

H. Breitmeier¹, M. Zürn²

*¹) Institut für Politikwissenschaft
Technische Universität Darmstadt
64283 Darmstadt*

E-mail: breit@pg.tu-darmstadt.de

*²) Institut für Interkulturelle und Internationale Studien,
Universität Bremen
28334 Bremen*

E-mail: mizuern@uni-bremen.de

1 Einleitung

Während die Prognosen über die Entwicklung des Erdklimas dramatischer werden, scheint die internationale Klimapolitik auf der Stelle zu treten. Trifft dieser Eindruck zu? Wie kann der Stillstand in der globalen Klimapolitik überwunden und die Effektivität des globalen Klimaregimes erhöht werden? Und wie kann der sozialwissenschaftliche Forschungsstand zur Thematik verbessert werden? Diese Studie ist diesen Fragen gewidmet. Vor dem Hintergrund des sozialwissenschaftlichen Wissensstandes zur Entstehung und zur Effektivität internationaler Umweltregime sollen erstens der Stand der globalen Klimapolitik evaluiert, zweitens Perspektiven einer zukünftigen Klimapolitik entwickelt und drittens sozialwissenschaftliche Forschungsdesiderate identifiziert werden. In einem ersten deskriptiven und bewußt kurz gehaltenen Teil geht es um eine Bilanz der globalen Klimapolitik, um das Erreichte und das, was bisher nicht erreicht worden ist (2). In einem zweiten Schritt sollen dann die institutionellen Merkmale von effektiven internationalen Umweltregimen identifiziert werden, um die Möglichkeiten einer Effektivitätssteigerung des globalen Klimaregimes auszuloten (3). Es schließt sich unmittelbar die Frage an, unter welchen Bedingungen und mit welchen politischen Strategien es möglich ist, institutionelle Rahmenbedingungen für eine effektive globale Umweltpolitik herzustellen (4). Es wird sich zeigen, dass gerade zu der zuletzt genannten Frage der sozialwissenschaftliche Kenntnisstand wenig entwickelt ist, insbesondere was die Identifizierung von erfolgreichen politischen Strategien und Verhandlungstaktiken anbetrifft. Dieser Befund führt unmittelbar zum letzten Abschnitt in dieser Studie, in der sozialwissenschaftliche Forschungsdefizite benannt und einige organisatorische Voraussetzungen für eine erfolgreiche Forschung über internationale Klimapolitik in der Bundesrepublik Deutschland diskutiert werden (5).

¹ Die Studie wurde im Auftrags der Geschäftsstelle Forschung für den Klimaschutz des Forschungszentrums Jülich GmbH erstellt und im März 2002 abgeschlossen.

2 Stand der internationalen Klimapolitik

Vor zehn Jahren wurde auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Juni 1992 die UN-Klimarahmenkonvention unterzeichnet, die bis zum Dezember 2001 von 186 Staaten (einschließlich der Europäischen Union) ratifiziert wurde. Darin wird in Artikel 2 das für die globale Klimapolitik grundlegende Ziel formuliert, langfristig eine "Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird" (BGBl, 1993: 1788). Die Entwicklung internationaler Normen und Regeln zum globalen Klimaschutz folgt damit dem im Umweltvölkerrecht häufig angewandten "framework convention/protocol approach", der u.a. auch die Rechtsentwicklung für die Regime zum Schutz der Ozonschicht, der Biodiversität, zur Bekämpfung der Wüstenbildung, zur Verminderung grenzüberschreitender Luftverschmutzung in Europa, oder bei Meeresumweltregimen wie zum Schutz des Mittelmeeres, der Ostsee und des Schwarzen Meeres bestimmte. Demnach vereinbaren Staaten in einem ersten Schritt in einer Rahmenkonvention zunächst noch wenig spezifizierte Prinzipien und Normen und einigen sich auf die Errichtung programmatischer Aktivitäten, die zur Verbesserung der Wissensgrundlage über Ursache-Wirkungsbeziehungen im Problemfeld führen sollen, welche dann die Grundlage für eine Verbesserung der Regelungsdichte und -scharfe durch die Verabschiedung von weiteren Protokollen, Annexen oder Änderungen bildet.²

Die Klimakonvention stellte also den Ausgangspunkt einer globalen Rechtsentwicklung zum Klimaschutz dar, die mit dem 1997 verabschiedeten Kyoto-Protokoll in der Zwischenzeit deutlich vorangeschritten ist.³ Darin wurden für die in Annex B des Protokolls aufgelisteten Industrieländer erstmals konkrete Maßnahmen zur Reduktion klimarelevanter Spurengase festgelegt. Demnach sollen diese Staaten im Verpflichtungszeitraum zwischen 2008 und 2012 die Gesamtemissionen der Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) um mindestens 5 Prozent reduzieren, wobei für CO₂, CH₄, N₂O das Jahr 1990 als Basisjahr dient. Für SF₆, H-FKW und FKW kann alternativ auch das Jahr 1995 als Basisjahr dienen (Vgl. Oberthür; Ott, 2000). Die politische Bearbeitung der Klimaproblematik ist mit der bevorstehenden Ratifizierung des Kyoto-Protokolls in eine neue Phase getreten. Anlässlich der im Spätsommer 2002 in Johannesburg stattfindenden UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung soll das Protokoll in Kraft treten. Eine Grundvoraussetzung hierfür stellt allerdings die Ratifizierung durch 55 Staaten dar, die mindestens 55 Prozent der CO₂-Emissionen

² Zur Entwicklung und Ausgestaltung des Umweltvölkerrechts vgl. Beyerlin, 2000; Bodansky, 1995; Sands, 1995; Sands; Tarasofsky, 1997; Sands; Tarasofsky; Weiss, 1997; Sand, 1999; Wiener, 1999.

³ Zum Politikentwicklungsprozess des Klimaregimes und der Entwicklung regimespezifischer Normen, Regeln und Verfahren vgl. u.a. Bodansky, 1993; Brauch, 1996; Breitmeier, 1996; Luterbacher; Sprinz, 2001; Oberthür, 1996; Oberthür; Ott, 2000; Ott, 1997.

der Industrieländer auf sich vereinigen müssen. Die bisherige Weigerung der USA, das Kyoto-Protokoll zu ratifizieren, verdeutlicht jedoch, dass selbst die nach Ansicht vieler Beobachter geringen Reduktionsanforderungen des Kyoto-Protokolls nicht gesichert umgesetzt werden können. Die in dem jüngst von den USA vorgelegten nationalen Klimaschutzprogramm enthaltenen unilateralen Ziele zur Verminderung der Emissionen klimarelevanter Spurengase bleiben weit hinter den im Kyoto-Protokoll enthaltenen Regelungen zurück. Das nationale Programm der USA sieht für den Zeitraum zwischen 2002 und 2012 eine Senkung der spezifischen Emissionen pro Bruttoinlandsprodukt um 18 Prozent vor, was nur wenig über dem ohnehin als Folge des technologischen und ökonomischen Strukturwandels erwarteten Effekt einer Steigerung der Energieeffizienz um 15 Prozent liegt. Bei einem durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 3 Prozent pro Jahr werden nach Angaben des Bundesumweltministeriums „die absoluten Emissionen der USA im Jahr 2012 trotz der - Energieeffizienzsteigerungen um 24,5 Prozent über denen von 1990 liegen“ (Trittin, 2002). Diese sich aus den Plänen der jetzigen US-Administration ergebende Entwicklung steht in krassem Widerspruch zu dem von US-Präsident Clinton noch 1997 für die USA akzeptierten Kyoto-Ziel einer Verminderung der Emissionen um 7 Prozent.

Während das Ausscheren der USA aus der von der internationalen Staatengemeinschaft vereinbarten Klimapolitik langfristig die Effektivität der globalen Klimapolitik gefährden kann, so geben die innerhalb des Regimes errichteten institutionellen Mechanismen zur Zielerreichung zumindest zu der Hoffnung Anlass, dass die klimapolitische Kooperation weiter stabilisiert wird. Die im Klimaregime vereinbarten „flexiblen Mechanismen“ ermöglichen den Industrieländern in Zukunft eine gewisse Flexibilität in bezug auf eine relativ kostengünstige Verminderung der Emissionen klimarelevanter Spurengase. Der schon in der Klimakonvention verankerte Mechanismus einer gemeinsamen Umsetzung von Reduktionsverpflichtungen (*Joint Implementation*) wurde im Rahmen des Kyoto-Protokolls weiterentwickelt. Für Industrieländer, die Regelungen zur Verminderung der Emissionen von Treibhausgasen unterworfen sind, besteht damit die Möglichkeit der Durchführung gemeinsamer Projekte. Dieser Mechanismus könnte einzelnen Industrieländern die Möglichkeit einräumen, ihre Reduktionsverpflichtungen teilweise auch durch *Joint Implementation* mit osteuropäischen Ländern zu erzielen. Mit Hilfe des Mechanismus der *Joint Implementation* kann sich ein Industrieland Teile der in einem anderen Industrieland erzielten Emissionsvermindernungen auf sein eigenes Emissionskonto gutschreiben lassen sofern es an Programmen zur Emissionssenkung beteiligt ist. Eine Doppelanrechnung soll nicht möglich sein. Damit wird sichergestellt, dass das Gesamtvolumen des für die Industrieländer angepeilten Reduktionspotenzials unverändert bleibt.

Auch der im Kyoto-Protokoll enthaltene Mechanismus des *Emissionshandels* stellt eine vielversprechende Neuerung in der Klimapolitik dar. Der durch das Protokoll ermöglichte Handel von nicht verbrauchten Emissionsrechten zwischen Industriestaaten ermöglicht es diesen Ländern, die Erfüllung seiner Reduktionsverpflichtungen u.a. auch durch den Zukauf von solchen Emissionsrechten zu gewährleisten. Ei-

ne weitere institutionelle Neuerung stellt der *Clean Development Mechanism* dar. Den Industrieländern bietet dieser Mechanismus die Möglichkeit, Projekte zur Emissionsreduzierung in Entwicklungsländern durchzuführen. Sie können sich die auf diesem relativ kostengünstigen Weg erzielten Emissionsverminderungen auf ihre Reduktionsverpflichtungen anrechnen lassen. Um die Anpassung der Entwicklungsländer an die Folgen des Klimawandels zu erleichtern, den Technologietransfer von Nord nach Süd zu verbessern, und den Strukturwandel in den vom Export fossiler Brennstoffe besonders stark abhängigen Ländern zu intensivieren, haben sich die Vertragsstaaten u.a. auf die Errichtung mehrerer Fonds verständigt, die durch Beiträge der Industrieländer finanziert werden (Breitmeier, 2001).

Insgesamt kann also festgehalten werden, dass die Entwicklung eines internationalen Klimaregimes begonnen hat und dabei auch durchaus neuartige Steuerungsinstrumente berücksichtigt worden sind. Vor dem Hintergrund der Erfahrungen mit dem „framework convention/protocol approach“ berechtigt dies einerseits zu vorsichtigem Optimismus. Arild Underdal (Underdal, 2002b) schreibt in der Ergebniszusammenfassung in der bis dato aufwendigsten Studie über die Effektivität internationaler Umweltregime: „(...) most of these regimes become more effective over time.“ Vieles spricht dafür, dass auch das internationale Klimaregime diesen Weg gehen wird. Andererseits haben sich die Entwicklungsschritte des Klimaregimes bisher sehr langsam und zögerlich vollzogen. Während das Ozonregime schon wenige Jahre nach der Verabschiedung der Wiener Konvention eine hohe Effektivität erreicht hatte, sind seit der Klimarahmenkonvention nunmehr bereits 10 Jahre vergangen, ohne dass von einer nur annäherungsweise ausreichenden Effektivität gesprochen werden kann. Das zwiespältige Ergebnis der bisherigen Klimapolitik wird auch aus der Beurteilung des Kyoto-Protokolls deutlich, die von Sebastian Oberthür und Hermann E. Ott (Oberthür; Ott, 2000) vorgenommen wird. Einerseits weisen die Autoren darauf hin, dass die kurzfristige Umweltwirksamkeit des Kyoto-Protokolls recht begrenzt ist und die für die Industrieländer erzielten Reduktionsverpflichtungen nicht mehr als eine Stabilisierung der Emissionen dieser Länder auf dem Niveau von 1995 darstellen. Durch den klimapolitischen Unilateralismus der USA dürfte die Erreichung dieser ursprünglich entwickelten Ziele noch weit schwieriger werden. Aus einer Gesamtschau bedeutet das Kyoto-Protokoll auch keineswegs eine Trendwende, weil durch die wirtschaftliche Entwicklung der weiterhin von der Emissionskontrolle ausgenommenen Entwicklungsländer die Emissionen klimarelevanter Spurengase im globalen Maßstab weiterhin ansteigen werden. Andererseits kann man den beiden Autoren in ihrer Einschätzung zustimmen, dass „die Umsetzung des Kyoto-Protokolls (...) jedoch zumindest eine eindeutige Abkehr von den aktuellen Emissionstrends bewirken“ würde, und dass der durch die Klimarahmenkonvention und das Kyoto-Protokoll „in Gang gesetzte Prozess eine eigene Dynamik entfalten und damit mittel- und langfristlich doch zu einer stärkeren Treibhausgasreduzierung führen könnte“.

Vor diesem Hintergrund und mit dem bevorstehenden In-Kraft-Treten des Kyoto-Protokolls ergeben sich für die sozialwissenschaftliche Klimaforschung neue Fragestellungen, die insbesondere die Effektivität des globalen Klimaregimes betreffen. Da

die nationale Umsetzung des Kyoto-Protokolls die Entwicklung von Politiken erfordert, die eine große Anzahl von Sektoren und sozialer Lebensbereiche berühren (z.B. Energieversorgung, gesellschaftliche Mobilität, industrielle Produktionsverfahren, Land- und Forstwirtschaft), muss neben der Identifizierung der technisch-wirtschaftlichen Grundlagen dieser Politiken durch die Ingenieurs-, Natur-, und Wirtschaftswissenschaften auch die sozialwissenschaftliche Klimaforschung weiterentwickelt werden, um das Wissen über die gesellschaftlichen und politischen Bedingungen zu entwickeln, das für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Politiken erforderlich ist. Das Zusammenwachsen des sich innerhalb des Klimaregimes, der Europäischen Union und den Nationalstaaten vollziehenden politischen Mehrebenenprozesses erzeugt auch deshalb zusätzlichen sozialwissenschaftlichen Forschungsbedarf, weil die beobachtbare Entgrenzung von Politik neue Bedingungen für die Effektivität des internationalen Regierens schafft, die auch für andere Problemfelder der internationalen Politik maßgebend sind. Je mehr somit die im Rahmen multilateraler Konferenzen geäußerte Forderung nach "global governance" in einzelnen Problemfeldern verwirklicht wird, desto mehr stellen sich in anderen umweltpolitischen Problemfeldern Fragen bezüglich der Effektivität der Problembearbeitung, die bereits jetzt im Kontext der internationalen Klimapolitik bedeutsam sind.

3 Regimeeffektivität und die internationale Klimapolitik

Im folgenden soll in zwei Schritten zunächst eine Bestandsaufnahme der bisherigen Effektivitätsforschung vorgenommen werden. In *Kapitel 3.1* wird beschrieben, welche Dimensionen von Effektivität von der Forschung über internationale Regime unterschieden werden. Daran anschließend wird in *Kapitel 3.2* untersucht, welche institutionellen Merkmale mit einer hohen Regimeeffektivität verbunden sind und inwieweit das internationale Klimaregime derartigen Anforderungen entspricht.

3.1 Regimeeffektivität: Ein schwieriges sozialwissenschaftliches Konzept

Was verstehen wir unter Regimeeffektivität? Welche Schwerpunkte wurden bisher bei der Erforschung von Regimeeffektivität gesetzt? Welche methodischen Probleme sind mit der Analyse von Regimeeffektivität verbunden? Die frühe Regimeforschung konzentrierte sich noch überwiegend darauf, die in der Institution angesiedelten Mechanismen zu identifizieren, die das Verhalten von Staaten in der internationalen Politik gleichsam zivilisieren. Dieses letztlich auf die Frage nach Krieg und Frieden abzielende Effektivitätsverständnis von internationalen Institutionen beruhte auf der Konzeptualisierung von internationalen Regimen als *intervenierenden* Variablen, die eine vermittelnde und zivilisierende Wirkung zwischen einerseits den zugrundeliegenden Machtverteilungen sowie kruden Eigeninteressen der beteiligten staatlichen Akteure und andererseits den politischen Verhaltensweisen sowie "outcomes" in einzelnen Problemfeldern haben (Krasner, 1983). Die Effekte von internationalen Regimen wurden in dieser Forschung insbesondere in der Stabilisierung der Kooperati-

on zwischen Staaten gesehen. Die Effektivität im Sinne der Problemlösung stand nicht im Mittelpunkt des Interesses.

Ein erstes, großes komparatives Forschungsprojekt zu internationalen Umweltregimen folgte in gewisser Hinsicht noch diesem Geist. Die Fallstudien, die in dem von Peter M. Haas, Robert O. Keohane und Marc A. Levy zusammengestellten Sammelband über Regimeeffektivität enthalten sind, analysierten daher noch die von internationalen Institutionen ausgehenden politischen Wirkungen und vernachlässigten hingegen die Identifizierung des Beitrags von Institutionen zur Problemlösung. Die von diesen Autoren identifizierten 3 C's weisen internationalen Institutionen verschiedene Funktionen zu, durch welche die politischen Rahmenbedingungen für die Kooperation zwischen Staaten verbessert werden (Levy; Keohane; Haas, 1993) i) sie befördern die Generierung und Verbreitung von Wissen über Ursache-Wirkungsbeziehungen und erhöhen somit das Problembewusstsein in den Staaten (*concern*); ii) sie legen die völkerrechtliche Grundlage für die Etablierung eines dauerhaften Verhandlungs- und Institutionalisierungsprozesses, der die Kosten für die Bewerktelligung der Kooperation und deren Überwachung senkt (*contractual environment*); iii) sie ermöglichen Finanz-, Technologie-, und Wissenstransfers in kapazitätsarme Länder, um auch dort die Regelbefolgung zu ermöglichen (*capacity-building*).⁴ Während dieses Forschungsprojekt noch weitgehend von der Vorstellung geprägt war, die von einer Institution ausgehenden kooperationsförderlichen Wirkungen freizulegen, beinhaltete das Projekt jedoch bereits Fallstudien (insbesondere die von Ronald B. Mitchell über MARPOL (Mitchell, 1993) und Marc A. Levy über LRTAP (Levy, 1993), die in besonders überzeugender Manier nachweisen konnten, dass das jeweilige Regime tatsächlich zur Emissionsbeschränkung wesentlich beigetragen hat. Gerade die Studien von Levy und Mitchell ebneten somit den Weg für eine sozialwissenschaftliche Forschung über internationaler Umweltregime, die Effektivität im Sinne einer verbesserten Umweltsituation thematisiert.

In der Folge rückte der Begriff der Regimeeffektivität in den Mittelpunkt der Forschung über internationale Umweltregime (vgl. programmatisch Levy; Young; Zürn, 1995). Die neuere Regimeforschung beschäftigte sich mit einer größeren Palette von möglichen Dimensionen der Regimeeffektivität und nahm dabei vermehrt den Kausalzusammenhang zwischen Regimen und den von diesen hervorgerufenen Veränderungen der „outcomes“ in der internationalen Politik in den Blick. Die Fallstudien in dem von Oran R. Young (Young, 1999b) herausgegebenen Sammelband beruhen auf einer Definition des Effektivitätsbegriffs, der sich aus fünf Bestandteilen zusammensetzt und für die weitere Fallstudienforschung einen wichtigen Ausgangspunkt darstellt (Young; Levy, 1999): i) der *Problemlösungsansatz* versucht das Ausmaß zu bestimmen, in welchem ein Regime jene Probleme effektiv bearbeitet, denen es seine Existenz verdankt, ii) unter *rechtlicher Effektivität* wird das Ausmaß der beobachtbaren Einhaltung (compliance) der im Regime enthaltenen Verpflichtungen durch

⁴ Vgl. hierzu auch Keohane; Levy, 1996.

dessen Mitglieder verstanden;⁵ iii) die ökonomische Effektivität misst das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen bzw. die Effizienz des zur Problembearbeitung verwendeten Ressourceneinsatzes; iv) die Dimension der *normativen Effektivität* beleuchtet die Frage nach der Verteilungsgerechtigkeit der innerhalb eines Regimes erfolgenden Werteallokation und nach dem gerechten Zugang zu regimeinternen Entscheidungsprozessen; v) ein *politischer Ansatz* betrachtet internationale Regime als Mechanismen, die zur Überwindung problemfeldspezifischer Kooperationsblockaden dienen und im Ergebnis zu einer Änderung der staatlichen Verhaltensweisen im Politikfeld führen.⁶ Insbesondere zwischen dem Problemlösungsansatz und dem politischen Ansatz von Effektivität bestehen erhebliche Überschneidungen, denn letztlich zielen beide darauf ab, die durch internationale Regime erzeugten Wirkungen bezüglich der Bearbeitung von Problemen in der internationalen Politik zu analysieren.

Mit der Zerlegung des Effektivitätsbegriff in verschiedene Bestandteile wurde deutlich, dass die Forschung den verschiedenen Dimensionen eine sehr ungleichmäßige Aufmerksamkeit geschenkt hat. Im wesentlichen hat sich die empirische Forschung seither auf zwei Effektivitätskonzepte konzentriert. Zum einen gibt es eine Reihe von Studien, die die Regimeeffektivität mit Hilfe eines politischen Ansatzes erforschen. Die Plausibilität dieses Ansatzes ergibt sich primär aus forschungsstrategischen Erwägungen bzw. aus einer Betrachtung der methodischen Probleme, die mit einem reinen *Problemlösungsansatz* verbunden sind. Die in einem Problemfeld beobachtbaren Veränderungen lassen sich nämlich oftmals nur unzureichend den von einer Institution ausgehenden Wirkungen zuschreiben, weil die von einer Institution erzeugten Wirkungen nicht hinreichend von anderen problemimmanenten oder in der sozialen Welt angesiedelten Faktoren unterschieden werden. So beobachtet Jorgen Wettestad (Wettestad, 1999) einerseits zwar teilweise bedeutende Erfolge bei der Verminderung der Emissionen verschiedener grenzüberschreitender Luftschadstoffe im Rahmen des LRTAP-Regimes; andererseits konstatiert er aber auch, dass diese Erfolge für einige Länder teilweise auch auf Prozesse der De-industrialisierung oder des Strukturwandels zurückzuführen sind. Daher wird der im folgenden verwendete Begriff der *Problemlösungseffektivität* im Sinne des beschriebenen politischen Ansatzes verwendet.

Zum anderen gibt es einen wichtigen Zweig in der Forschung, der die *rechtliche Effektivität* thematisiert. Weil sich zwischen der politikwissenschaftlichen Regimeforschung und der völkerrechtlichen Forschung im vergangenen Jahrzehnt eine sehr intensive Kooperation ergab, kann die Dimension der rechtlichen Effektivität auch als Bestandteil einer interdisziplinär ausgerichteten Effektivitätsforschung aufgefasst werden. Die zwischen beiden Disziplinen bestehende interdisziplinäre Zusammenarbeit wurde aus völkerrechtlicher Sicht von Anne-Marie Slaughter, Andrew A. Tulumel-

5 Dabei gilt: Die Einhaltung der Regeln und Normen stellt gleichsam eine notwendige Bedingung für Problemlösungseffektivität dar. Ohne Compliance ist eine Problemlösung unwahrscheinlich. Andererseits ist ein hohes Maß an Regeleinhaltung noch keine Garantie dafür, dass ein zufriedenstellendes Maß an Problemlösungseffektivität erzielt wird.

6 Vgl. auch Young, 1994 und Young, 2001.

lo und Stepan Wood als das Ergebnis der Verrechtlichung der internationalen Politik interpretiert, die letztlich dazu geführt hat, dass Vertreter beider Disziplinen ähnliche Vorstellungen über die jenseits des Nationalstaats sich vollziehenden politischen Prozesse entwickelt haben.⁷

Auf einer detaillierten Darstellung des *ökonomischen* Ansatzes wird im folgenden verzichtet, da die diesbezügliche Beschreibung des Forschungsstands der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung überlassen bleibt.⁸ Aus sozialwissenschaftlicher Perspektive besteht zwar ein großer Bedarf bezüglich der Erforschung der -ökonomischen Effektivität internationaler Umweltkooperation, auch und gerade weil nur auf der Grundlage ökonomischer Modelle bewertet werden kann, inwiefern internationale Institutionen das normative Kriterium der Verteilungsgerechtigkeit erfüllen. Zudem erscheinen Studien, die die Ergebnisse internationaler Umweltregime an normativen Kriterien messen, hochgradig wünschenswert. In der folgenden Darstellung müssen wir uns aber auf die Schwerpunkte der Forschung konzentrieren und können die identifizierten Forschungslücken nur konstatieren.

3.2 Merkmale effektiver internationaler Institutionen und das globale Klimaregime

In diesem Abschnitt geht es nun um die Frage, welche Befunde die beiden wichtigsten Stränge der Forschung über die Effektivität internationaler Regime erbracht haben. Er dient der Identifikation von *institutionellen* Merkmalen hoher Regimeeffektivität und der Klärung der Frage, inwieweit das gegenwärtige Klimaregime solche Merkmale aufweist.⁹

a) Rechtliche Effektivität: Die politikwissenschaftliche Teildisziplin „Internationale Beziehungen“ war lange von einer theoretischen Grundsatzdebatte zwischen Neorealisten und Neoinstitutionalisten über die Frage geprägt, ob internationale Institutionen überhaupt einen eigenständigen Beitrag für die Erzielung von Verhaltensänderungen und politischen Ergebnissen in der internationalen Politik leisten können, oder ob diese nur das Resultat der in der internationalen Politik vorherrschenden Machtkonfiguration sind (Strangem, 1983; Mearsheimer, 1994/95; Keohane; Martin, 1995, Ruggie, 1995). Diese politikwissenschaftliche Debatte bezog sich letztlich darauf, ob internationale Normen trotz der Abwesenheit einer zentralen Durchsetzungsinstanz in der internationalen Politik aus sich heraus Verpflichtungsfähigkeit gegenüber den Staaten entwickelt, die ein hinreichendes Maß an Einhaltung internationaler Rechts-

⁷ Vgl. hierzu auch die Beiträge in dem Sammelband von Goldstein/Kahler/Keohane/Slaughter (2001), die aus politik- und rechtswissenschaftlicher Sicht das Phänomen der Verrechtlichung in der internationalen Politik näher beschreiben.

⁸ Zu einer Bewertung des Kyoto-Protokolls aus ökonomischer Sicht vgl. Nordhaus; Boyer, 2000 und OECD, 1999.

⁹ Die Identifizierung jener institutionellen Mechanismen, durch welche die Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung von Kooperation auf verschiedenen Ebenen des politischen Prozesses ermöglicht wird, stellt generell einen zentralen Bestandteil der modernen Institutionenforschung dar (March; Olsen, 1989; Ostrom, 1990; North, 1990).

normen sicherstellt. Die moderne Völkerrechtsforschung verweist in diesem Zusammenhang darauf, dass internationale Rechtsnormen *per se* eine Sogwirkung in bezug auf die Normbefolgung durch die Staaten entfalten, die - wie Thomas Franck (Franck, 1990) argumentiert - ganz wesentlich vom Charakter dieser Normen selbst abhängt. Allerdings zeigt die jüngere politische Entwicklung, dass der Rückgriff auf solch rechtsimmanente Faktoren bei der Erklärung von "Compliance" dort an Grenzen stößt, wo nationale Interessen bzw. mangelnde Kapazitäten der Normeinhaltung entgegenstehen.

Die neuere "Compliance"-Forschung hat zunächst herausgearbeitet, dass ein auf unterstützende Maßnahmen und Flexibilität aufbauender Management-Ansatz einem auf der bloßen Durchsetzung von Rechtsnormen (z.B. durch Sanktionen oder anderer Zwangsmaßnahmen) beruhenden Ansatz letztlich vorzuziehen ist, weil Nichteinhaltung in der internationalen Umweltpolitik häufig aus mangelnden innerstaatlichen Kapazitäten resultiert (Chayes; Chayes, 1993, Chayes; Chayes; Mitchell, 1998). Im Zuge der zunehmenden Regelungsdichte und -tiefe internationaler Umweltabkommen wurde der Frage Verifikation von *Compliance* zunächst besondere Aufmerksamkeit gewidmet (Fischer, 1990; Efinger; Breitmeier, 1992a und 1992b). Die innerhalb von internationalen Institutionen errichteten Verfahren zur Implementationskontrolle und zum Compliance-Management können dazu beitragen, die zwischen Staaten bestehende Unsicherheit über mögliches *cheating* zu verringern und somit die zwischen Staaten bestehenden Verhaltenserwartungen bezüglich der Einhaltung von Normen stabilisieren (Victor, Raustiala; Skolnikoff, 1998; Brown; Weiss, Jacobsen, 1998). Darüber hinaus zeigen die Fallstudien, die in einem von Robert O. Keohane und Marc A. Levy herausgegebenen Sammelband enthalten sind (Keohane; Levy, 1996), dass der Transfer von Wissen, finanziellen und technologische Kapazitäten vor allem im Nord-Süd-Kontext ein geeignetes Mittel zur Verbesserung innerstaatlicher Problemlösungskapazitäten in Entwicklungsländern darstellt.

Schließlich wird in der modernen Compliance-Forschung außerhalb der Umweltforschung i.e.S. auch auf die Bedeutung eines hohen Grades an Verrechtlichung als institutionelles Merkmal hoher Regimeeffektivität verwiesen. In einem Sonderheft von *International Organization* wird Verrechtlichung als Funktion (i) der Präzision einer Regel, (ii) der mit ihr verbundenen Obligation und (iii) der Delegation von Entscheidungsbefugnissen an internationale Institutionen verstanden (Abbott; Snidal, 2000). In der empirischen Forschung hat sich v.a. der dritte Aspekt als bedeutsam erwiesen. Es spricht vieles dafür, dass die Herausbildung gerichtsförmiger Verfahren jenseits des Nationalstaates zur Beilegung von Streitigkeiten über die angemessene Regelanwendung die Effektivität internationaler Vereinbarungen deutlich erhöht (Keohane; Moravcsik; Slaughter, 2000; Zangl, 2001). Zusätzlich erscheint ein hohes Maß an Einbindung gesellschaftlicher Akteure (Vergesellschaftung der Rechtssubjekte) und nationaler Gerichte (Direktwirkung) in den Politikformulierungsprozess von zentraler Bedeutung (vgl. Zürn; Wolf, 1999; Zürn; Joerges, 2003). Allerdings zeigt sich auch, dass eine hohe und bedingungslose Befolgung internationaler Regeln infolge einer starken Verrechtlichung der Gefahr unterliegt, gesellschaftliche Resen-

timents und nationale Widerstände zu wecken. Ohne eine erhöhte Legitimität internationaler Institutionen sind der Verrechtlichung internationaler Institutionen enge Grenzen gesetzt (Zürn; Neyer, 2003).

b) Politische Effektivität und Problemlösungseffektivität: Einen besonders wichtigen Beitrag zur Erforschung der Effektivität internationaler Umweltregime stellen die in dem von Oran R. Young (Young, 1999b) herausgegebenen Sammelband enthaltenen Einzelfallstudien dar. Diesen liegt ein breit angelegtes Forschungsdesign zugrunde, bei dem insbesondere auf die Ermittlung der Kausalmechanismen oder -pfade abgehoben wird, die via einer Verhaltensänderung beobachtbar sind und durch die Effektivität erst erzeugt wird. Zur Erhellung der Wirkungsweise von internationalen Regimen werden sechs solche Kausalpfade („behavioral pathways“) herausgearbeitet, die die Wirkungsweise inter- und transnationaler Institutionen verständlich machen können. Da das Projekt darauf verzichtet, Hypothesen in bezug auf die relative Relevanz der sechs „behavioral pathways“ zu formulieren bzw. zu testen, hat es eher einen explorativen Charakter. Der Fokus auf Kausalpfade und der damit verbundene Verzicht auf ein hypothesen-testendes Forschungsdesign erscheint zum einen im konkreten Fall plausibel, weil die Zahl der herangezogenen Erklärungsansätze, die zur empirischen Auswertung zur Verfügung stehende Fallzahl um das Doppelte übersteigt. Darüber hinaus konkretisiert sich zum anderen aus dieser ersten empirischen Anwendung des Konzeptes der „behavioral pathways“ erst eine neuartige Forschungsagenda für Regimeeffektivität.

Fünf der sechs identifizierten Kausalpfade beruhen auf der Annahme, dass dem Staat als einheitlichem Akteur in der internationalen Politik besondere Bedeutung zukommt. Zwei dieser fünf staatszentrierten Kausalpfade folgen rationalistischen Grundannahmen. Danach hängt die Effektivität internationaler Regime davon ab, dass sich Verhaltensänderungen in einer Verbesserung der Nutzenfunktion für Regimemitglieder niederschlagen, oder aber dass institutionelle Verifikationsverfahren bereitgestellt werden, die Täuschungsversuche oder Trittbrettfahren erschweren. Drei weitere dieser überwiegend staatszentrierten Ansätze erklären Regimeeffektivität als Folge der Anerkennung der Legitimität von Regimenormen durch Staaten, der von Regimen mitausgelösten Lernprozesse, oder der durch Regime bei Staaten bewirkten Neudefinition von Rollen. Ein weiterer Erklärungsansatz schließlich trägt der Tatsache Rechnung, dass internationales Regieren nicht mehr ausschließlich als Ergebnis eines überwiegend von der Staatenwelt dominierten politischen Prozesses aufgefasst werden kann, sondern dass Regimeeffektivität letztlich auch dadurch beeinflusst wird, dass Regime die Etablierung neuer innerstaatlicher und transnationaler Koalitionen und Netzwerke fördern können, die ihrerseits auf die von Regierungen in Regimen verfolgten Politiken einwirken bzw. auf das Compliance-Verhalten beeinflussen. Für die zukünftige Forschung erwachsen aus diesem Projekt vor allem zwei Aufgaben: Erstens müssen einzelne in diesem Projekt beschriebene Kausalpfade weiterentwickelt werden, die im Rahmen empirischer Fallstudienforschung dann auch einem Hypothesentest unterzogen werden können. Zweitens sollte die Zahl der für die Hypothesenüberprüfung herangezogenen Fälle vergrößert

werden, um die Generalisierbarkeit der überprüften Hypothesen abschätzen zu können.

Die empirische Erforschung der Problemlösungseffektivität internationaler Umweltregime ist mit den in dem Sammelband eines norwegisch-nordamerikanischen Autorenteams um Arild Underdal and Ed Miles publizierten 14 Fallstudien in eine neue Phase getreten, weil damit erstmals Befunde auf der Grundlage einer größeren Anzahl von Fallstudien ermittelt werden konnten, die einem einheitlichen Forschungsdesign folgen (Miles u.a., 2002). Für die Bestimmung der von internationalen Regimen ausgehenden Problemlösungseffektivität wurde zunächst eine Vergleichsbasis festgelegt, gegenüber der das durch internationales Regieren letztlich erzielte Problemlösungsniveau bewertet werden kann. Hierfür bietet Arild Underdal (Underdal, 2002a): in der konzeptionellen Einleitung zu dem Band zwei unterschiedliche Optionen an: i) die Messung des Ausmaßes der durch ein Regime verursachten *relativen Verbesserung* erfolgt dadurch, dass das erzielte Problemlösungsniveau mit dem hypothetischen Zustand der Nicht-Regime-Situation verglichen wird; ii) alternativ hierzu kann das durch ein Regime erzielte aktuelle Problemlösungsniveau auch mit dem möglichen *Pareto-Optimum* konfrontiert werden, das dann erreicht ist, wenn aus zusätzlichen politischen Maßnahmen ein Akteur keinen weiteren Nutzen ziehen kann, ohne dass zumindest ein anderer Akteur schlechter gestellt wird.

Für beide Arten der Bestimmung von Problemlösungseffektivität bestehen Einwände in epistemologischer und methodischer Hinsicht. Bei der Messung der relativen Verbesserung wird entweder der im Problemfeld im Regelfall vorfindbare prekäre Zustand einer bereits eingetretenen Krise als Ausgangsbasis für die weitere Modellierung der hypothetischen Nicht-Regime-Situation genommen, gegenüber der sich die durch Regime erfolgte Problemlösung unter bestimmten Bedingungen einigermaßen gut profilieren kann. Da aber nicht bestimmt wird, wie sich das erzielte Problemlösungsniveau gegenüber einem im Problemfeld eventuell möglichen kollektiven Optimum verhält, können die erzielten Befunde letztlich auch zwiespältig ausfallen. Ein Vergleich mit der Nicht-Regime-Situation mag zwar zu dem Befund führen, dass Regimeeinflüsse signifikante Verbesserungen des Problemlösungsniveaus bewirkt haben; gleichzeitig bleibt jedoch offen, inwiefern die Institution das in der sozialen Welt vorfindbare Potenzial zur Problemlösung tatsächlich ausgenutzt hat. Die Bezugnahme auf das Pareto-Optimum stellt diesbezüglich aus konzeptioneller Sicht den eleganten Ansatz dar. Doch auch das nordamerikanisch-norwegische Autorenteam musste letztlich zugestehen, dass die mit der Bestimmung des Pareto-Optimums verbundenen methodischen Probleme so tiefgreifend sind, dass dieser Ansatz im Kontext der *vergleichenden* Fallstudienforschung wohl kaum Anwendung finden kann. In einer von Carsten Helm und Detlef Sprinz (Helm; Sprinz, 2000) verfassten Studie wird der Versuch unternommen, für das Regime zur Verminderung grenzüberschreitender Luftverschmutzung in Europa länderspezifische Effektivitätswerte auf der Grundlage eines Quotienten zu berechnen, in welchem die Differenz (*AP minus NR*) aus dem aktuell erzielten Problemlösungsniveau (*AP*) und der hypothetischen Nichtregime-Situation (*NR*) durch die Differenz (*CO minus NR*) zwischen

dem kollektiven Optimum (CO) und der hypothetischen Nichtregime-Situation (NR) dividiert wird. Allerdings müssen sich solche zweifellos ambitionierten Studien dem Einwand stellen, ob das in den Sozialwissenschaften verfügbare methodische Reservoir die hierfür erforderliche (Re-)Konstruktion von zwei kontradiktorischen Entwicklungen (Nichtregime-Situation und kollektives Optimum) derzeit überhaupt ermöglicht.¹⁰

Unabhängig von den Schwierigkeiten bei der Bestimmung der erklärenden Variable im Detail zeigen die Untersuchungen des norwegisch-nordamerikanischen Autorenteam sehr eindrücklich, dass die Varianz in der Effektivität internationaler Umweltregime zu einem erheblichen Maß aufgrund der Beschaffenheit des zugrundeliegenden Problems und der *problem-solving-capacity* erklärt wird. Für die Frage nach den institutionellen Merkmalen effektiver Umweltregime sind v.a. zwei Befunde von Interesse. Zum einen zeigen die Autoren, dass das bloße Vorhandensein von formalisierten Verhandlungsstrukturen in internationalen Institutionen über Zeit zu einer Erhöhung der Effektivität der untersuchten Umweltregime geführt hat. Und zum anderen weisen die Autoren nach, dass internationale Umweltregime, die von internationalen Organisationen mit autonomen Kapazitäten begleitet werden, eine höhere Effektivität aufweisen (Underdal, 2002b).

In einem neuen Sonderheft von *International Organization* wird explizit die Frage nach dem „rational design of international institutions“ gefragt (Koremenos; Snidal; Lipson, 2001). In dieser Untersuchung werden nicht nur Umweltregime, sondern auch internationale Regime aus anderen Problemfeldern auf die Frage hin untersucht, ob sie als Ausdruck einer rationalen Institutionengestaltung verstanden werden können. Damit wird zwar nicht direkt nach der Effektivität vorhandener internationaler Regime gefragt, jedoch unmittelbar die Frage nach dem angemessenen *institutional design* aufgeworfen. Die wesentlichen Befunde decken sich zu einem nicht unerheblichen Maße mit denen der bereits diskutierten Studien. Im Mittelpunkt stehen vier institutionelle Merkmale: i) die Mitgliedschaftsregeln; ii) die Anzahl der *issues* die durch ein Regime verregelt werden; iii) die Entscheidungsregeln in den Institutionen und iv) das Ausmaß der Zentralisierung von Regimefunktionen in einer internationalen Organisation. Die Studien zeigen, dass insbesondere bei komplexen Problemlagen, die von einer hohen Ungewissheit und vehementen Verteilungs- und Überwachungsproblemen gekennzeichnet sind, internationale Regime mit starken in-

¹⁰ Es darf allerdings nicht übersehen werden, dass die genannten methodischen Probleme nicht nur in bezug auf die Erforschung von Problemlösungseffektivität zu Tage treten. Durch die Fokussierung der bisherigen Effektivitätsforschung auf diese Dimension wurde der Methodenaspekt zwar nahezu ausschließlich in Verbindung mit der Erforschung der Problemlösungseffektivität diskutiert, doch scheinen derartige Probleme generell aufzutreten. Auch beispielsweise hinsichtlich der Erforschung der normativen Dimension von Effektivität muss davon ausgegangen werden, dass die damit verbundenen methodischen Probleme in gleichem Ausmaß virulent werden. Die Frage nach dem Ausgangspunkt, der den Vergleichsmaßstab für die Bewertung der *Gerechtigkeit* der in einem Problemfeld durch das Regime erzeugten Werteallokation darstellt, stellt sich auch bei dieser Dimension der Effektivität.

internationalen Organisationen in einem relativ breit angelegten Problemfeld entstehen. Diese Befunde sind durchaus kompatibel mit den geschilderten Ergebnisse der Projekte über die institutionellen Merkmale einer hohen Effektivität von internationalen Umweltregime.

In der Zusammenschau können u.E. die folgenden Merkmale von internationalen Umweltregimen mit hoher Effektivität festgehalten werden. Die Liste an institutionellen Merkmalen von effektiven internationalen Regimen ist zunächst rein additiv zu verstehen. Auf die Thematisierung möglicher interaktiver Effekte muss an dieser Stelle verzichtet werden. Einige wenige der genannten institutionellen Merkmale hoher Regimeeffektivität sind nicht unmittelbar anhand von internationalen Umweltregimen, sondern anhand von allgemeinen Studien zur Effektivität internationaler Regime herausgearbeitet worden:

- Effektive internationale Umweltinstitutionen besitzen eigenständige Kapazitäten zur Förderung neuen Wissens und zur Entwicklung von Programmen, die dem Regimezweck dienen.
- Effektive internationale Umweltinstitutionen induzieren Lernprozesse in den nationalen Gesellschaften über das Problem und dessen potentielle Auswirkungen.
- Effektive internationale Umweltinstitutionen stärken die Problemlösungskapazitäten in Ländern mit geringen finanziellen und technologischen Ressourcen sowie fehlender administrativer Kompetenz.
- Effektive internationale Umweltinstitutionen besitzen eigenständige Mechanismen zur Erhebung von Informationen über die Regeleinhaltung.
- Effektive internationale Umweltinstitutionen ermöglichen eine hohe Flexibilität und Adaptionfähigkeit im Umgang mit systematischen Regelverletzungen und bei neuen Problemlagen.
- Effektive internationale Institutionen besitzen eigene gerichtsähnliche Organe und Streitbelegungsmechanismen, in der autonome Personen bzw. Gremien - über die angemessene Regelanwendung entscheiden.
- Effektive internationale Institutionen zeichnen sich weiterhin dadurch aus, dass auch gesellschaftliche Akteure einen Rechtsstatus haben und klageberechtigt sind.
- Effektive internationale Institutionen zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Regeln direkte Rechtswirkung entfalten und vor den nationalen Gerichten eingeklagt werden können.
- Effektive internationale Institutionen binden gesellschaftliche Akteure weitgehend in den Entscheidungsprozess ein und besitzen auch in einer breiteren Öffentlichkeit eine gewisse Legitimität.

- Effektive internationale Umweltinstitutionen stärken transnationale Netzwerke, die unabhängig von den nationalen Regierungen an einer Problemlösung interessiert sind.

Inwieweit entspricht das internationale Klimaregime diesen institutionellen Merkmalen einer hohen Effektivität? Mittels welcher der genannten Maßnahmen könnte die Effektivität des internationalen Klimaregimes gestärkt werden? Die Analyse der Herausbildung und der inhaltlichen Arbeit des Klimaregimes stellten einen wichtigen Schwerpunkt der bisherigen sozialwissenschaftlichen Klimaforschung dar, die diesbezüglich auch einen sehr stark politikberatenden Charakter annahm. Das Klimaregime verfügt über ein breites Repertoire an institutionellen Mechanismen zur Problembearbeitung. Die Grundsatzbeschlüsse der Klimakonvention werden von den Mitgliedsstaaten auf den regelmäßigen Konferenzen der Vertragsparteien getroffen, welche die Richtlinien für die weitere Arbeit des in Bonn angesiedelten Klimasekretariats und für die Nebenorgane vorgibt. Die Errichtung von Regimegremien zur Wissensgenerierung über Ursache-Wirkungsbeziehungen der Klimaproblematik sowie die Umsetzung der politischen Maßnahmen schuf die für die Bearbeitung der Klimaproblematik notwendigen organisatorischen Grundlagen. Den durch die Konvention errichteten Nebenorganen für wissenschaftliche und technische Beratung (*„Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice“*) und für die Durchführung der durch das Regime festgeschriebenen politischen Maßnahmen (*„Subsidiary Body for Implementation“*) wurden im Kyoto-Protokoll komplementäre Organstrukturen an die Seite gestellt. Die Entwicklung eines gemeinsamen methodischen Instrumentariums zur Ermittlung der Emissionen treibhausrelevanter Spurengase und von Veränderungen in den Senken schuf eine wichtige Grundlage, um die von den Mitgliedsstaaten übermittelten Berichte über die auf der nationalen Ebene getroffenen politischen Maßnahmen vergleichbar zu machen. Gerade das in den letzten Jahren in Gang gekommene Berichtswesen schafft bei den einzelnen Staaten oftmals erst eine hinreichende Datengrundlage und trägt somit zur Stimulierung von Lernprozessen über klimarelevante Prozesse auf der nationalen Ebene bei.

Auch der im Klimaregime bereitgestellte Kapazitätentransfer für Länder mit geringen finanziellen und technologischen Ressourcen ist durchaus beachtlich. Die globale Umweltfazilität betreut einen von den Industriestaaten finanzierten Fonds zur Kapazitätssteigerung in Entwicklungsländern. Im Zuge der Konkretisierung des Kyoto-Protokolls wurde von den Industrieländern zudem die Schaffung von zusätzlichen Fonds zugesichert. Mit dem Kyoto-Protokoll wächst nicht nur die Komplexität der Regimeregeln, sondern die aus möglicher Nicht-Einhaltung einzelner Staaten für andere Regimemitglieder resultierenden Kosten und die sich ergebenden Nachteile gewinnen erheblich an Bedeutung. Der im Rahmen des Kyoto-Protokolls errichtete Compliance-Mechanismus sieht konkrete Strafmaßnahmen für den Fall der Nicht-Einhaltung vor. Sollte ein Staat während der Verpflichtungsperiode (2008-2012) mehr als den ihm zustehenden Anteil an Treibhausgasen emittieren, so wird die Menge der unerlaubt freigesetzten Treibhausgase mit dem Faktor 1,3 multipliziert und von dem für die folgende Verpflichtungsperiode zustehenden Emissionskontingent abgezogen.

Diese Beeinträchtigung des zukünftigen Emissionsbudgets kann ein Staat durch den Zukauf von genügend Emissionszertifikaten verhindern. Darüber hinaus sieht der Compliance-Mechanismus des Kyoto-Protokolls zusätzliche Strafmaßnahmen vor.

Die Partizipation zivilgesellschaftlicher Akteure im Verhandlungsprozess wurde bereits frühzeitig sichergestellt, wobei das Klimaregime - dem Beispiel anderer Umweltregime folgend - Nichtregierungsorganisationen eine überwiegend passive Beobachterrolle zuweist und (vor)entscheidende Aushandlungsprozesse oftmals in nichtöffentlichen Runden stattfinden, zu denen nur Staatenvertreter Zugang haben. Da sich eine Reihe von Organen des Klimaregimes regelmäßig mit den verschiedenen naturwissenschaftlichen, technologischen, ökonomischen und politischen Aspekten befasst, stellt das Regime einen Kristallisationspunkt für den globalen Klimadiskurs dar, der auch einen verstärkten Austausch zwischen NGOs und wirtschaftlichen Akteuren ermöglicht hat. Die Stärkung eines an der klimapolitischen Problemlösung interessierten Netzwerkes kann zumindest für den Bereich der in die Erforschung der Ursachen und Wirkungen des anthropogenen Klimawandels eingebundenen Wissenschaftler festgestellt werden. Das *Intergovernmental Panel on Climate Change* und andere diesbezügliche Regimeorgane haben die transnationale Kooperation zwischen Wissenschaftlern verstetigt und intensiviert.

Die größten institutionellen Defizite weist das Klimaregime im Bereich der Verrechtlichung auf. Obgleich die Klimakonvention und das Kyoto-Protokoll Regelungen zur Streitbeilegung enthalten, bleiben die entsprechenden Verfahren zu sehr im Ungewissen. Der mehrstufige Prozess beinhaltet zwar auch die Möglichkeit der Vorlage eines Streitfalls vor dem Internationalen Gerichtshof bzw. die Überweisung eines Streitfalls an eine regimeinterne Schiedskommission, wobei die Beschlüsse der Kommission nur Empfehlungscharakter haben, aber nicht bindend sind (Oberthür, Ott, 2000). Die Anwendbarkeit dieser Form der Streitbeilegung ist aber bis auf weiteres deshalb wesentlich eingeschränkt, weil nur wenige Vertragsparteien ihre Bereitschaft erklärt haben, sich im Streitfall der Entscheidung des IGH oder einer anderen Schiedskommission zu unterwerfen. Vor diesem Hintergrund zeigt sich auch, dass die regimeinterne Verankerung von Klagerechten für Individuen oder gar die Direktwirkung wohl höchstens langfristig verwirklicht werden kann.

Welche Schlussfolgerung können wir somit aus der oben beschriebenen institutionellen Ausgestaltung des Klimaregimes ziehen? Das Klimaregime erfüllt zumindest eine Mehrzahl der von der bisherigen Forschung entwickelten institutionellen Einflussfaktoren für die Effektivität eines Regimes. Die Weiterentwicklung von Verrechtlichungsmechanismen steht zwar noch aus, könnte aber dann verstärkt in den Mittelpunkt der politischen Bearbeitung rücken, wenn die Zahl und Bedeutung der Streitobjekte im Zuge der Implementierung des Emissionshandels und der notwendigen nationalen Umsetzung von Reduktionsverpflichtungen zunimmt. Bis auf weiteres bleibt der klimapolitische Prozess trotz aller Aktivitäten von Nichtregierungsorganisationen

zudem stark von der Staatenwelt dominiert.¹¹ Der Ansatzpunkt für eine Verbesserung der Effektivität der globalen Klimapolitik dürfte für die nächsten Jahre somit primär in der intensivierten Verrechtlichung und Vergesellschaftung des Klimaregimes liegen. Um dies zu ermöglichen und die Industrieländer zum Beitritt und zur Umsetzung der Reduktionsverpflichtungen zu motivieren, müssen aber Einflussfaktoren wirksam werden, die im politischen Prozess selbst angesiedelt sind. Es bleibt somit die Frage, mittels welcher politischer Strategien und Verhandlungstaktiken eine Verbesserung des Klimaregimes erreicht werden kann.

4 Unter welchen Bedingungen kommen effektive internationale Institutionen zustande?

Unter welchen Bedingungen kommen effektive internationale Umweltregime zustande? Wann schaffen Staaten internationale Institutionen mit Merkmalen, die zu einer erhöhten Effektivität führen? Ausgangspunkt ist bei derartigen Überlegungen der Befund, wonach *institutional bargaining* nicht alleine auf der Grundlage egoistisch-nutzenmaximierender Einstellungen von Verhandlungsteilnehmern zum Erfolg führen kann, sondern nur wenn auch die verabschiedeten politischen Maßnahmen von den Teilnehmern als gerecht und als Ergebnis eines fairen Verfahrens empfunden werden. Verteilungsgerechtigkeit und Inklusivität können somit einerseits als notwendige Bedingungen für eine hohe Problemlösungseffektivität angesehen werden. Neben solchen sehr allgemeinen Feststellungen lassen sich eine ganze Reihe von Ursachen für effektive Umweltregime unterscheiden. Es gibt Arbeiten, die eine hegemoniale Machtverteilung im internationalen System als Voraussetzung von Regimeeffektivität ansehen, auf die Bedeutung externer Schocks verweisen oder aber auf die universelle Anerkennung gewisser grundlegender Normen. Die allermeisten dieser Ursachen für effektive Regime liegen allerdings außerhalb des Bereichs, der dem *social engineering* zuzuordnen ist. Das lässt sich beispielhaft an der problem- bzw. situationsstrukturellen Erklärung internationaler Regime verdeutlichen.

Der von der Tübinger Regimeforschergruppe entwickelte problemtypologische Ansatz über *Regimebildung* geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit der Konfliktbearbeitung von gewissen in der sozialen Welt begründeten Eigenschaften eines Problems abhängt, wie z.B. Interessen- und Akteurskonstellationen oder die Bewertung eines Problems durch die Akteure unter dem Aspekt *relativer* oder *absoluter* Gewinne (Efinger; Rittberger; Zürn, 1988; Zürn, 1992). Auch die Erforschung der *Problemlösungseffektivität* widmete sich frühzeitig der Analyse der innerhalb von Problemfeldern vorfindbaren problematischen sozialen Situationen, die von der norwegisch-nordamerikanischen Forschergruppe auf einem Kontinuum angesiedelt werden, das zwischen *political malignancy* (Bösartigkeit) und *political benignness*

¹¹ Zwischen Regierungen bzw. Wirtschafts- und Gesellschaftswelt findet allerdings innerhalb von Projekten zur Implementierung der Ziele des Klimaregimes in Ländern der Dritten Welt und in Osteuropa eine verstärkte Zusammenarbeit statt.

(Gutartigkeit) liegt (Underdal, 2002a; Wæthstad, 1999; vgl. auch Hisschemöller; Gupta, 1999; Young, 1999a). Unter den von dieser Forschergruppe getesteten Hypothesen erwiesen sich besonders solche als tragfähig, die aus spieltheoretischen Ansätzen gewonnen wurden. Demnach herrschen bei einem Zusammenwirken von *political malignancy* und vorherrschender Unsicherheit in der Wissensbasis über das Problem denkbar schlechte Voraussetzungen für effektive Problembearbeitung. Politisch „böartige“ Probleme erfordern überdies die Bereitstellung hoher Problemlösungskapazitäten, von selektiven Anreizen, und die Herstellung von Linkages zu weniger komplizierten „issues“, um ein relativ hohes Maß an Problemlösungseffektivität zu erzielen. Auch im Hinblick auf die Entstehung bestimmter institutioneller Merkmale besitzen problem- und situationsstrukturelle Ansätze eine gewisse Erklärungskraft. Die Notwendigkeit von starken Compliance-Mechanismen ergibt sich nämlich beispielsweise nicht zuletzt aus dem Charakter der problematischen sozialen Situation selbst: Je mehr somit die Eigenschaften eines Problems auf dem oben beschriebenen Kontinuum in Richtung *malignancy* angesiedelt sind, desto mehr besteht ein Bedarf zur Errichtung von Compliance-Mechanismen, durch welche Trittbrettfahren und Täuschung durch Regimemitglieder verhindert wird.

Derartige problem- und situationsstrukturelle Ansätze haben allerdings nur einen beschränkten praxeologischen Wert. Der Schwierigkeitsgrad eines Umweltproblems taugt zwar offensichtlich zur Erklärung der Entstehung und der institutionellen Ausprägung eines Regimes. Es handelt sich aber um eine Ursache, die kaum der politischen Beeinflussbarkeit unterliegt. Das Wissen, dass das Klimaproblem *highly malignant* ist, hilft wenig, wenn es darum geht, politische und institutionelle Strategien zu entwickeln, die eine effektive Lösung versprechen. Mit der sich abzeichnenden Rückkehr der USA zum klimapolitischen Unilateralismus hat sich beispielsweise die im Problemfeld vorfindbare soziale Situation auf dem Kontinuum erneut in Richtung *malignancy* verschoben. Die im Klimaregime etablierten Compliance-Mechanismen stellen bis auf weiteres ein untaugliches Instrument dar, das die USA zur Ratifizierung des Kyoto-Protokolls veranlassen könnte. Vielmehr bedarf es zunächst wohl solcher politischer und institutioneller Antriebskräfte, durch welche in der US-amerikanischen Gesellschaft bzw. der Regierungsadministration ein Präferenzwandel erzeugt wird, der letztlich zu einem Beitritt der USA zum Kyoto-Protokoll führen kann.

Genau in diesem Bereich weist die sozialwissenschaftliche Erforschung der Effektivität internationaler Umweltregime erhebliche Lücken auf. Konstruktivistische Analysen weisen zwar zurecht auf das *framing* eines Problems als problemkonstituierend hin (zuletzt Wendt, 2001). Demnach hängt die Problembeschaffenheit entscheidend davon ab, wie das Problem konstruiert wird. Allerdings fehlen gesicherte Befunde darüber, welches *framing* der internationalen Kooperation und der Problemlösungseffektivität dienlich ist. Es ist gleichfalls unbestritten, dass bestimmte transnationale Expertennetzwerke die innenpolitischen Kräfteverhältnisse und Entscheidungsfindung beeinflussen können. Weshalb aber das transnationale Klimaexpertennetzwerk in Deutschland und in einigen europäischen Ländern einen großen Einfluss hat, in den USA aber nur einen sehr geringen, ist kaum erforscht. Auch der sich in der Groß-

gruppe der ökonomischen Akteure vollziehende Prozess einer Diversifizierung der klimapolitischen Interessenlagen und dessen Auswirkungen auf Koalitionsbildungen und Prozesse der politischen Entscheidungsfindung auf innen- und transnationaler Ebene bedarf vermehrter Aufmerksamkeit durch die sozialwissenschaftliche Klimaforschung. Wir wissen weiterhin sehr wenig, mittels welcher Verhandlungsstrategien kooperationsresistente Partner zum Einlenken gebracht werden können, wenn die Strategie des *linkage* nicht zur Verfügung steht. Kurz und gut: Die Kenntnisse über die Bedingungen, unter denen effektive Regime geschaffen werden können, verweisen bisher primär auf Faktoren, die dem *social engineering* kaum zugänglich sind. Die handlungsrelevante Ursachenforschung ist demgegenüber unterentwickelt.

5 Forschungsdesiderate und organisatorische Vernetzung der sozialwissenschaftlichen Klimaregimeforschung in der Bundesrepublik

Welches Fazit können wir aus den bisher beschriebenen Ergebnissen der Effektivitätsforschung und der sozialwissenschaftlichen Klimaforschung ziehen? Welche Anforderungen ergeben sich daraus für die Entwicklung einer zukünftigen Forschungsagenda? Die Beschäftigung mit der Konzeptualisierung der abhängigen Variablen der Regimeeffektivität hat ergeben, dass die verschiedenen Dimensionen der Problemlösungseffektivität und der rechtlichen und normativen Effektivität von der Forschung bisher ungleichmäßig behandelt wurden. Einerseits wird die Analyse der Problemlösungseffektivität und von Compliance mit dem In-Kraft-Treten des Kyoto-Protokolls noch einmal an Bedeutung gewinnen, weil erst auf der Grundlage des Implementationsverhaltens der Industrieländer bzw. vor dem Hintergrund der weltwirtschaftlichen Entwicklung und der zur Emissionskontrolle zur Verfügung stehenden technischen Potenziale letztlich beurteilt werden kann, in welchem Ausmaß das Kyoto-Protokoll einen Beitrag zur Stabilisierung der Emissionen klimarelevanter Spurengase leistet. Andererseits besteht durch die bisherige Unterbelichtung von *Verteilungsfragen* eine offene Forschungslücke, die nicht nur mit Blick auf die langfristig wachsende Notwendigkeit einer Einbeziehung der Entwicklungsländer in globale Politiken zur Emissionskontrolle geschlossen werden muss, sondern auch im Binnenverhältnis der Industrieländer virulent wird, weil sich zwischen den zur Emissionskontrolle beitragenden Ländern und den USA eine stark asymmetrische Lastenverteilung zu entwickeln droht, die letztlich die effektive Umsetzung des Kyoto-Protokolls beeinträchtigen kann. Weiterhin wurde deutlich, dass inzwischen zwar eine umfangreiche Liste von institutionellen Merkmalen hoher Regimeeffektivität vorliegt, wir aber wenig über die Interaktion dieser Merkmale untereinander wissen. Insbesondere ist aber deutlich geworden, dass auf verschiedenen Ebenen angesiedelte *prozessuale bzw. handlungsrelevante Faktoren* für Regimeeffektivität bisher von der Forschung nur wenig Aufmerksamkeit beigemessen wurde. Die ausstehende Ratifikation des Kyoto-Protokolls durch die USA und die langfristig notwendige Einbeziehung der Schwellen- und Entwicklungsländer in globale Maßnahmen zur Emissionskontrolle werfen die

Frage auf, welche Handlungsmöglichkeiten innerhalb von internationalen Verhandlungsprozessen oder bezüglich der Herbeiführung innerstaatlichen Präferenzwandels bestehen, um durch die Erzeugung größerer Akzeptanz in den USA und anderen Ländern die Regimeeffektivität langfristig zu erhöhen. Gerade in diesem Bereich scheint die Forschung erhebliche Defizite aufzuweisen. Schließlich darf auch nicht übersehen werden, dass die Bestimmung der Effektivität von Regimen nach wie vor mit vielen *methodischen Problemen* verbunden ist, die von der sozialwissenschaftlichen Klimaforschung zukünftig abgearbeitet werden müssen.

Es bleibt die Frage, mittels welcher forschungsorganisatorischer Vorkehrungen eine baldige Behebung der identifizierten Defizite zu erwarten ist. In einem PIK-Report über „Global Change als Herausforderung für die deutsche Politikwissenschaft“ haben Biermann und Dingwerth (Biermann; Dingwerth, 2001) herausgearbeitet, dass die sozialwissenschaftliche Forschung zu globalen Umweltproblemen insbesondere an drei Problemen krankt. Demnach fehlt

- die interdisziplinäre Verkoppelung
- die Einbindung deutscher ForscherInnen in große internationale Forschungsprogramme wie dem „Human Dimensions of Global Change Programme“
- die Organisation der Forschung entlang von theoretischen Konzepten wie dem Syndromansatz oder der Erdsystemanalyse, die es erlauben, über Fachgrenzen hinweg in großen Forschungsgruppen zu kooperieren.

Die Autoren lassen diese Analyse in der Empfehlung münden, eine interdisziplinäre „Weltumweltpolitik-Analyse“ zu begründen. Man kann über die konkreten Empfehlungen dieser Studie schon allein deshalb geteilter Meinung sein, weil der gemeinsame Fokus auf eine Weltumweltpolitik-Analyse Gefahr läuft, Perspektiven zu verengen und wiederum zur deutschen Besonderheit zu werden. Zudem müsste eine Weltumweltpolitik-Analyse, die an der Schnittstelle von traditioneller Politikfeldanalyse, Internationale Beziehungen/Auswärtige Politik und Komparatistik zu verorten wäre, abgesehen von ihrer durchaus erforderlichen globalen Ausrichtung auch der Existenz einer Vielfalt von Problemen Rechnung tragen, die allenfalls bi- oder multilateralen Charakter haben.

Die von den Autoren vorgenommene Defizitanalyse ist aber überzeugend: Im internationalen Vergleich hinkt die interdisziplinäre Bearbeitung der diskutierten Probleme in Deutschland hinterher und die gegenwärtige Forschungsförderung ist in diesem Bereich kaum auf eine Beteiligung an den großen internationalen Programmen ausgerichtet. Um die großen Forschungsaufgaben zu bewältigen, die nach dieser Analyse von vorrangiger Bedeutung sind, wäre die Forschungsorganisation und Vergabe von Forschungsgeldern verstärkt nach den Kriterien der Interdisziplinarität und der Einbindung in internationale Programme auszurichten. Weil die Klimapolitik im europäisch-amerikanischen Verhältnis auf absehbare Zeit wohl eher weiterhin ein konfliktbeladenes Feld bleibt, ergibt sich für die Forschungsförderung innerhalb der Europäischen Union und innerhalb Deutschlands daher die Notwendigkeit, die beste-

henden Rahmenbedingungen und Regeln für die internationale Forschungs Kooperation dahingehend zu ändern, dass die Durchführung von Forschungsprojekten mit amerikanischen Partnern erleichtert wird. Weil der zwischen Europa und den USA bestehende Konflikt über die Klimapolitik nur durch solche Strategien transformiert werden kann, die auf einen Einstellungswandel in der US-Administration und in der amerikanischen Gesellschaft abzielen, kommt gerade der Intensivierung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit eine bedeutende Funktion zu, um die Grundlagen für einen solchen Wandel im vorpolitischen Raum zu legen.

Zu den oben bereits beschriebenen Defiziten der sozialwissenschaftlichen Forschung zu globalen Umweltproblemen kommt indessen zumindest noch ein weiteres hinzu. In der Vergangenheit ist wiederholt bemängelt worden, dass die in der Effektivitätsforschung in der Regel angewandte Fallstudienmethode kaum eine Generalisierbarkeit der theoretischen Befunde ermöglicht. Die Vielzahl der möglichen abhängigen und unabhängigen Variablen, auf welche sich die Effektivitätsforschung stützt, hat die Vergleichbarkeit der Befunde erschwert. Während die von dem norwegisch-nordamerikanischen Autorenteam jüngst vorgelegte vergleichende Studie der Effektivität von 14 Umweltregimen einen ersten wichtigen Schritt darstellt (Miles u.a., 2002), um die theoretischen Befunde auf einer breiteren Fallgrundlage verallgemeinern zu können, wird nach dem nahezu abgeschlossenen Aufbau einer Datenbank über internationale Umweltregime diesbezüglich bald ein weiteres Werkzeug zur Verfügung stehen, das die quantitative Auswertung der Effektivität von 23 internationalen Umweltregimen ermöglicht. Der Aufbau der Regimedatenbank erfolgte im Rahmen eines mehrjährigen deutsch-nordamerikanischen Projektes. Die Codierung der 23 Regimefallstudien, die aus insgesamt 92 Einzelfällen bestehen, wurde von Experten aus mehreren Ländern vorgenommen (Breitmeier; Levy; Young; Zürn, 1996a und 1996b). Während somit aus *problemfeldübergreifender* Perspektive erste Schritte unternommen wurden, um die überwiegend an qualitativen Methoden ausgerichtete Forschung durch den Einsatz quantitativer Methoden zu ergänzen, so besteht aus *problemfeldimmanenter* Perspektive für die sozialwissenschaftliche Klimaforschung eine ähnliche Notwendigkeit. Für je mehr Staaten die Reduktionsverpflichtungen gelten bzw. je mehr Staaten in die unter dem Kyoto-Protokoll etablierten flexiblen Mechanismen einbezogen sind, desto mehr wächst der Bedarf an vergleichenden Länderstudien über die Effektivität der Klimapolitik.

6 Literatur

- Abbott, K. W.; Snidal, D. (2000): Hard and Soft Law in International Governance. In: *International Organization* 54, 3, S. 421-456.
- Beyerlin, U. (2000): *Umweltvölkerrecht*. München.
- Biermann, F.; Dingwerth, K. (2001): *Weltumweltpolitik – Global Change als Herausforderung für die deutsche Politikwissenschaft*. Potsdam.

- Bodansky, D. (1993): The United Nations Framework Convention on Climate Change: A Commentary. In: *The Yale Journal of International Law* 18, 2, S. 453-558.
- Bodansky, D. (1995): Customary (and not so Customary) International Environmental Law. In: *Indiana Journal of Global Legal Studies* 3, 1, S. 105-120.
- Brauch, H. G. (Hrsg.) (1996): *Klimapolitik. Naturwissenschaftliche Grundlagen, internationale Regimebildung und Konflikte, ökonomische Analysen sowie nationale Problemerkennung und Politikumsetzung*. Heidelberg.
- Breitmeier, H.; Levy, M. A.; Young, O. R.; Zürn, M. (1996a): *IIASA International Regimes Database - Data Protocol*. Laxenburg.
- Breitmeier, H.; Levy, M. A.; Young, O. R.; Zürn, M. (1996b): *The International Regimes Database as a Tool for the Study of International Cooperation*. Laxenburg.
- Breitmeier, H. (1996): *Wie entstehen globale Umweltregime? Der Konfliktaustrag zum Schutz der Ozonschicht und des globalen Klimas*. Opladen.
- Breitmeier, H. (2001): *Institutionelles Design und effektive Problemlösung zum Schutz der Ozonschicht und des globalen Klimas*. In: ÖSFK (Hrsg): *Die Umwelt, Konfliktbearbeitung und Kooperation*. Münster. S. 50-62.
- Brown Weiss, E.; Jacobson, H. K. (eds.) (1998): *Engaging Countries: Strengthening Compliance with International Environmental Accord*. Cambridge, Mass.
- Bundesgesetzblatt (BGBl) Teil II (1993): *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*, S. 1784-1812.
- Chayes, A.; Chayes, A. H. (1993): *On Compliance*. In: *International Organization* 47, 2, S. 175-205.
- Chayes, A.; Chayes, A. H.; Mitchell, R. B. (1998): *Managing Compliance: A Comparative Perspective*. In: Brown Weiss, E.; Jacobsen, H. K. (eds.): *Engaging Countries: Strengthening Compliance with International Environmental Accords*, Cambridge, Mass., S. 39-62.
- Efinger, M.; Breitmeier, H. (1992a): *Verifying a Convention on Greenhouse Gases: A Game-Theoretic Approach*. In: di Primio, J. C; Stein, G. (eds.): *A Regime to Control Greenhouse Gases. Issues of Verification, Monitoring, Institutions*. Jülich. S. 59-68.
- Efinger, M.; Breitmeier, H. (1992b): *Zur Theorie und Praxis der Verifikation einer globalen Klimakonvention*. Jülich.
- Efinger, M.; Rittberger, V.; Zürn, M. (1988): *Regime in den Ost-West-Beziehungen: Ein Beitrag zur Erforschung der friedlichen Behandlung internationaler Konflikte*. Frankfurt/M.

- Fischer, W. (1990): Die Verifikation internationaler Abkommen über Umwelt- und Ressourcenschutz. Eine vergleichende Analyse zu Instrumenten und Verfahren internationaler Verifikation am Beispiel von dreizehn Abkommen. Jülich.
- Franck, T. M. (1990): *The Power of Legitimacy Among Nations*. Oxford.
- Goldstein, J. L.; Kahler, M.; Keohane, R. O.; Slaughter, A.-M. (eds.) (2001): *Legalization and World Politics*. Cambridge, Mass.
- Haas, P. M.; Keohane, R. O.; Levy, M. A. (eds.) (1993): *Institutions for the Earth. Sources of Effective International Environmental Protection*. Cambridge, Mass.
- Helm, C.; Sprinz, D. (2000): Measuring the Effectiveness of International Environmental Regimes. In: *Journal of Conflict Resolution* 44, 5, S. 630-652.
- Hisschemöller, M.; Gupta, J. (1999): Problem-Solving Through International Environmental Agreements. The Issue of Regime Effectiveness. In: *International Political Science Review* 20, 2, S. 151-174.
- Keohane, R. O.; Levy, M. A. (Hrsg.) (1996): *Institutions for Environmental Aid*. Cambridge, Mass.
- Keohane, R. O.; Martin, L. L. (1995): The Promise of Institutionalist Theory. In: *International Security* 20, 1, S. 39-51.
- Keohane, R. O.; Moravcsik, A.; Slaughter, A.-M. (2000): Legalized Dispute Resolution. Interstate and Transnational. In: *International Organization* 54, 3, S. 457-488.
- Koremenos, B.; Lipson, C.; Snidal, D. (2001): The Rational Design of International Institutions. In: *International Organization* 55, 4, S. 761-799.
- Krasner, S. D. (1983): Structural Causes and Regime Consequences: Regimes as Intervening Variables. In: ders. (ed.): *International Regimes*. Ithaca, S. 1-21.
- Levy, M. A. (1993): European Acid Rain: The Power of Tote-Board Diplomacy. In: Haas, P. M.; Keohane, R. O.; Levy, M. A. (eds.): *Institutions for the Earth. Sources of Effective International Environmental Protection*. Cambridge, Mass., S. 73-132.
- Levy, M. A.; Keohane, R. O.; Haas, P. M. (1993): Improving the Effectiveness of International Environmental Institutions. In: Haas, P. M.; Keohane, R. O.; Levy, M. A. (eds.): *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Environmental Protection*. Cambridge, Mass., S. 397-426.
- Levy, M. A.; Young, O. R.; Zürn, M. (1995): The Study of International Regimes. In: *European Journal of International Relations* 1, 3, S. 267-330.
- Luterbacher, U.; Sprinz, D. F. (Hrsg.) (2001): *International Relations and Global Climate Change*. Cambridge, Mass.

- March, J. G.; Olsen, J. P. (1989): *Rediscovering Institutions. The Organizational Basis of Politics*. New York.
- Mearsheimer, J. J. (1994/95): *The False Promise of International Institutions*. In: *International Security* 19, 3, S. 5-49.
- Miles, E. L.; Underdal, A.; Andresen, S.; Wettestad, J.; Skjaereth, C.; Elaine M. (2002): *Environmental Regime Effectiveness. Confronting Theory with Evidence*. Cambridge, Mass.
- Mitchell, R. B. (1993): *International Oil Pollution of the Oceans*. In: Haas, P. M.; Keohane, R. O.; Levy, M. A. (eds.): *Institutions for the Earth. Sources of Effective International Environmental Protection*. Cambridge, Mass., S. 183-247.
- Nordhaus, W. D.; Boyer, J. (2000): *Warming the World. Economic Models of Global Warming*. Cambridge, Mass.
- North, D. C. (1990): *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge.
- Oberthür, S. (1996): *Politik im Treibhaus. Die Entstehung des internationalen Klimaschutzregimes*. Berlin.
- Oberthür, S.; Ott, H. (2000): *Das Kyoto-Protokoll. Internationale Klimapolitik für das 21. Jahrhundert*. Opladen.
- OECD (1999): *National Climate Policies and the Kyoto-Protocol*. Paris.
- Ostrom, E. (1990): *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge.
- Ott, H. (1997): *Das internationale Regime zum Schutz des Klimas*. In: Gehring, T.; Oberthür, S. (Hrsg.): *Internationale Umweltregime. Umweltschutz durch Verhandlungen und Verträge*. Opladen, S. 201-218.
- Ruggie, J. G. (1995): *The False Premise of Realism*. In: *International Security* 20, 1, S. 62-70.
- Sand, P. (1999): *Transnational Environmental Law. Lessons in Global Change*. London.
- Sands, P. (1995): *Principles of International Environmental Law I. Frameworks, Standards and Implementation*. Manchester.
- Sands, P.; Tarasofsky, R. (eds.) (1997): *Principles of International Environmental Law III. Documents in European Community Environmental Law*. Manchester.
- Sands, P.; Tarasofsky, R.; Weiss, M. (eds.) (1997): *Principles of International Environmental Law II. Documents in International Environmental Law*. Manchester.
- Slaughter, A.-M.; Tulumello, A. A.; Wood, S. (1998): *International Law and International Relations Theory. A New Generation of Interdisciplinary Scholarship*. In: *American Journal of International Law* 92, 3, S. 367-397.

- Strange, S. (1983): *Cave! Hic Dragones. A Critique of Regime Analysis*. In: Krasner, S. D. (ed.): *International Regimes*. Ithaca, S. 337-368.
- Trittin, J. (2002): *Gut gemeint - Neuer US-Klimaschutz bleibt jedoch hinter den europäischen Anstrengungen zurück*. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* vom 5. März 2002.
- Underdal, A. (2002a): *One Question, Two Answers*. In: Miles, E. L.; Underdal, A.; Andresen, S.; Wettestad, J.; Skjaereth, C.; Elaine, M. (eds.): *Environmental Regime Effectiveness. Confronting Theory with Evidence*. Cambridge, Mass., S. 3-59.
- Underdal, A. (2002b): *Conclusions. Patterns of Regime Effectiveness*. In: Miles, E. L.; Underdal, A.; Andresen, S.; Wettestad, J.; Skjaereth, C., Elaine, M. (eds.): *Environmental Regime Effectiveness: Confronting Theory with Evidence*, Cambridge, Mass., S. 433-465.
- Victor, D. G.; Raustiala, K.; Skolnikoff, E. B. (eds.) (1998): *The Implementation and Effectiveness of International Environmental Commitments. Theory and Practice*. Cambridge, Mass.
- Wendt, A. (2001): *Driving with the Rearview Mirror. On the Rational Science of Institutional Design*. In: *International Organization* 55, 4, S. 1019-1049.
- Wettestad, J. (1999): *Designing Effective Environmental Regimes*. Cheltenham.
- Wiener, J. B. (1999): *Global Environmental Regulation. Instrument Choice in Legal Context*. In: *The Yale Law Journal* 108, 4, S. 677-800.
- Young, O. R. (1994): *International Governance. Protecting the Environment in a Stateless Society*. Ithaca.
- Young, O. R. (1999a): *Governance in World Affairs*. Ithaca.
- Young, O. R. (ed.) (1999b): *The Effectiveness of International Environmental Regimes. Causal Connections and Behavioral Mechanisms*. Cambridge, Mass.
- Young, O. R. (2001): *Inferences and Indices. Evaluating the Effectiveness of International Environmental Regimes*. In: *Global Environmental Politics* 1, 1, S. 99-121.
- Young, O. R.; /Levy, M. A: (1999): *The Effectiveness of International Environmental Regimes*. In: Young, O. R. (ed.): *The Effectiveness of International Environmental Regimes. Causal Connections and Behavioral Mechanisms*. Cambridge, Mass, S. 1-32.
- Zangl, B. (2001): *Bringing Courts Back In. Normdurchsetzung im GATT, in der WTO und der EG*. In: *Schweizerische Zeitschrift für Politikwissenschaft* 7, 2, S. 49-80.
- Zürn, M. (1992): *Interessen und Institutionen in der internationalen Politik. Grundlegung und Anwendungen des situationsstrukturellen Ansatzes*. Opladen.

Zürn, M.; Wolf, D. (1999): European Law and International Regimes. The Features of Law Beyond the Nation State. In: *European Law Journal* 5, 3, S. 272-292.

Zürn, M.; Joerges, C. (Hrsg.) (2003): *Compliance in Modern Political Systems*. forthcoming.

Zürn, M.; Neyer, J. (2003): The Conditions of Compliance. In: Zürn, M.; Joerges, C. (Hrsg.): *Compliance in Modern Political Systems*. forthcoming.

KLIMASCHUTZ IN DER SACKASSE?

W. Fischer¹; P. Holtrup²

¹*Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich*

E-mail: wo.fischer@fz-juelich.de

²*Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik e.V. (DGAP)
10787 Berlin*

E-mail: holtrup@dgap.org

The article is focusing on the current crisis of international climate change diplomacy and is discussing options for solution. The first part gives a brief review about the history of the diplomatic process and political answers, with a special focus on the development and shortcomings of the Kyoto-protocol. The article argues that the main pitfalls of the diplomatic process are caused by six major problems, which are inherent of the problem of climate change itself: implementation of adequate politics, complexity of the problem, acceptance of the problem and the proposed politics, the global character of the phenomenon and the general but different threat for states, the effectiveness of proposed political answers and the challenge of the proposed solutions. The authors express a careful pessimism about the success of the chosen protocol strategy. Some lessons could already be learned from the current situation for climate policies: big is not beautiful, keep it small and keep it simple. They argue that it might be too early for accusing the international diplomatic process to enter a dead end road with this strategy, but asked for enforced and urgent research on alternatives. These alternatives should include a broader focus on adaptation strategies and new cooperation models for regional and functional mitigation strategies.

1 Die Wissenschaft warnt

Die im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) versammelten Wissenschaftler erwarten aufgrund von Modellrechnungen, dass die Erhöhung der atmosphärischen Konzentration von Treibhausgasen (THG), hervorgerufen durch anthropogene Emissionen, dazu führen wird, dass die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde ansteigt und dadurch gefährliche Effekte ausgelöst werden.¹ Die Arbeiten des IPCC geben einen breiten wissenschaftlichen Konsens wider, der wenig Raum für Zweifel an den Gefahren lässt, die von dem anthropogenen Treibhauseffekt ausgehen können. Am stärksten betroffen von den Folgen der Klimaverände-

¹Vgl. die politisch einflussreichen Summaries for Policy Makers (SPM) des IPCC: Working Group (WG) I, Climate Change 2001: The Scientific Basis, www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf. Als Synthese der drei aktuellen Berichte der IPCC-WGs: Climate Change 2001: Synthesis Report, www.ipcc.ch/pub/SYRspm.pdf.

rungen werden wahrscheinlich "Entwicklungsländer"² sein. Viele dieser Staaten liegen in ökologisch sensiblen Regionen, sind vielfältigen wirtschaftlichen und sozialen Belastungen ausgesetzt und verfügen über geringe finanzielle und institutionelle Ressourcen, die Voraussetzungen für wirksame Anpassungsmaßnahmen an ein verändertes Klima sind. Unklarheiten bestehen jedoch weiterhin, wie die regionalen Gefährdungen genau aussehen, welche Schäden zu erwarten sind und ob es Staaten geben wird, die von Klimaänderungen profitieren könnten.

Trotz solcher offener Fragen wird vom IPCC, aber auch von anderen internationalen und nationalen Gremien, eine Politik angemahnt, die vorsorgenden Klimaschutz in den Vordergrund stellt:³ Denn alle Maßnahmen zum Abbau der THG-Emissionen, die nicht rasch eingeleitet werden, müssen später unter Zeitdruck nachgeholt werden. Da aber die Konzentration der THG in der Atmosphäre schon gestiegen ist, wird ein anthropogener Treibhauseffekt auch bei intensiver Vorsorge nicht mehr vollständig abzuwenden sein. Die Erforschung und rechtzeitige Umsetzung von Maßnahmen, die eine Anpassung an ein verändertes Klima zum Ziel haben, sind daher ein zweites Gebot vorausschauender Politik.⁴

2 Die Politik reagiert

Die internationale Politik reagierte erstaunlich rasch auf die Warnungen der Klimaforscher. Denn ein Problem, das keine einfache Lösung zulässt und dessen Folgen erst in weiterer Zukunft klar identifizierbar und spürbar werden, findet gewöhnlich keinen Platz auf der politischen Agenda. Jedoch griffen einige Regierungen, auch aus innenpolitischen Motiven, ab Mitte der 80er Jahre die Warnungen von Klimaforschern auf und forcierten die Diskussion. Sie traf in vielen Staaten auf eine politische Stimmung, die für Umweltthemen sehr empfänglich war. Zu Beginn der 90er Jahre begann sich die Maschinerie der internationalen Diplomatie in Gang zu setzen (vgl. Bodansky, 2001). Nach einem von Interessen- und Zielkonflikten zwischen Klimaschützern, Zauderern und (wenigen) Zweiflern gekennzeichneten Verhandlungsprozess unterschrieben 1992 die Staaten während der Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED) eine Klima-Rahmenkonvention (KRK), die am 21. März 1994 in Kraft trat. Die KRK ist Teil einer Strategie für nachhaltige Entwicklung. Sie soll, so der breite Konsens auf der UNCED, das Leitbild für eine globale Ordnung werden, die ökologische, wirtschaftliche, soziale und institutionelle Ziele miteinander versöhnt.⁵ Anfang

² Aus bekannten Gründen ist dieser Begriff genauso unzulänglich wie der des "Südens", den wir synonym verwenden. Dennoch verzichten wir hier auf eine Differenzierung innerhalb dieser Ländegruppe, die divergierende, aber auch starke gemeinsame Interessen und Ziele in der Klimapolitik verfolgt. Für eine Analyse, die einen Blick auf große Trends und Probleme wirft, ist das vertretbar. Gleiches gilt für den Begriff „Norden“.

³ Vgl. SPM WG III Climate Change 2001: Mitigation, www.ipcc.ch/pub/wg3spm.pdf.

⁴ Vgl. SPM WG II Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, www.ipcc.ch/pub/wg2SPMfinal.pdf.

⁵ Zu nachhaltiger Entwicklung vgl. www.un.org/esa/sustdev/.

2003 haben 186 Staaten und die Europäische Union (EU) die KRK ratifiziert.⁶ Auf dieser völkerrechtlichen Grundlage wurde im Dezember 1997 in Japan das Kyoto-Protokoll vereinbart (vgl. Oberthür; Ott, 2000). Jedoch wurden in Kyoto eine Reihe von Fragen im Protokoll nicht geregelt oder zweideutig formuliert, um möglichst vielen Staaten die Zustimmung zu erleichtern. Dazu zählten materielle (inhaltliche), institutionelle und prozessuale Fragen, etwa zur Umsetzung des Protokolls, zu dem Beitrag, den die "flexiblen Kyoto-Mechanismen" (Emissions Trading, Joint Implementation, Clean Development Mechanisms) zum Abbau der Emissionen leisten dürfen, und die Frage, in wieweit der Kohlenstoffspeicher Wald als „Senke“ genutzt werden darf, um Emissionsminderung zu erreichen.⁷ Nach mehreren Verhandlungsrunden gelang es erst auf der 7. Vertragsstaatenkonferenz (COP 7) der KRK in Marrakesch im November 2001, wesentliche Fragen zu klären (vgl. Sach; Reese, 2002). Einige, darunter die zur Implementierungskontrolle (Verifikation der Emissionsentwicklung) und zu Senken, sind noch immer nicht gänzlich geklärt.

Das Kyoto-Protokoll legt erstmals für die "nördlichen" Industriestaaten (Annex I Staaten) individuelle, verbindliche Ziele zur Reduktion bzw. Limitierung der THG-Emissionen fest. Die zu reduzierenden THG umfassen sechs Gase, von denen Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) mit einem Anteil von knapp 80 Prozent am anthropogenen Treibhauseffekt die wichtigsten sind. Dabei ist jedem Land überlassen, welche dieser sechs Gase um wie viel reduziert werden, um das Emissionsziel zu erreichen ("basket" – Ansatz). Damit das Protokoll in Kraft treten kann, muss eine doppelte Mehrheit gefunden werden: Mindestens 55 Mitgliedstaaten der KRK müssen das Protokoll ratifizieren. Darunter müssen sich so viele Annex I Staaten befinden, dass deren Emission mindestens 55 Prozent der anthropogenen CO₂-Emissionen aller dieser Staaten des Jahres 1990 auf sich vereinen.⁸ Dies ist bislang nicht der Fall. Anfang 2003 hatten zwar 100 Staaten und die EU das Protokoll ratifiziert. Sie erreichen aber zusammen erst knapp 44 Prozent der Emissionen. Experten vermuten, das Kyoto-Protokoll könne Anfang 2003 in Kraft treten. Aber schon in der Vergangenheit haben sie sich getäuscht. Der Weltgipfel über nachhaltige Entwicklung in Johannesburg im Sommer 2002,⁹ der anlässlich des zehnten Jahrestages der Rio-Konferenz stattfand, musste, entgegen vielen Erwartungen, ebenso ohne das in Kraft gesetzte Protokoll auskommen wie die COP 8 in Neu Delhi im Oktober 2002. Alle Augen richteten sich deshalb auf Russland, das ratifizieren muss, wenn das Protokoll in Kraft treten soll. Obwohl für das Land der Verkauf von Emissionsrechten (Emission Trading) grundsätzlich attraktiv ist, zögert die russische Regierung: Sie hat zwar angekündigt, das Protokoll werde (demnächst) in die Duma zur Ratifizierung eingebracht. Zweifel daran wollen aber nicht verstummen. Denn innerhalb der Regierung gibt es Divergenzen darüber, ob und wie das Protokoll in die energie- und außenpoli-

⁶ Text der Klimarahmenkonvention: unfccc.int/resource/convkp.html.

⁷ Diese Fragen werden unter der Abkürzung LULUCF (land-use, land-use change and forestry) behandelt.

⁸ Text des Kyoto-Protokolls: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.

⁹ Informationen unter www.weltgipfel2002.de/; www.johannesburgsummit.org/index.html.

tische Strategie des Landes passt. Zudem fehlt auch innerhalb der (von der Administration beherrschten) Duma die Begeisterung für Klimaschutz.

Aber selbst wenn das russische Parlament ratifizieren sollte, wären die Probleme nicht gelöst. Denn die schwierigen Verhandlungen über das Kyoto-Protokoll und seine Präzisierung zeigen das mäßige Interesse einer Reihe von Staaten am Klimaschutz, soweit damit für sie substanzielle Pflichten verbunden sind. Und sie legen Interessengegensätze und weitere Kooperationshindernisse offen (vgl. Luterbacher; Sprinz, 2001). Diese prägen seit Beginn der Verhandlungen die internationale Klimapolitik und haben dazu geführt, dass die ursprünglichen Vereinbarungen von Kyoto in den folgenden Jahren, insbesondere auf der COP in Marrakesch, immer weiter verwässert wurden, um Staaten die Zustimmung abzurufen.

Lässt man die Klimapolitik Revue passieren, zeigt sich ein recht kontinuierliches Bild von den Interessen- und Verhandlungspositionen der Staaten(gruppen). „Bremser“ beim Klimaschutz zählen zumeist auch jetzt noch zu dieser Gruppe, ebenso wie „Vorreiter“ ihre Rolle noch heute spielen. Zwar wechselten vereinzelt Länder ihre Gruppenmitgliedschaft oder setzten neue Akzente und verschoben so die Kräfteverhältnisse in der internationalen Klimapolitik etwas. Von größerem Gewicht aber sind weltpolitische und -wirtschaftliche Umbrüche. Sie lassen dem Klimaschutz, im Gegensatz zur Aufbruchstimmung bis Anfang der 90er Jahre, einen kälteren Wind entgegen wehen: Zwar sind, vor allem durch technologische Innovationen und einige politische Impulse, Schritte zur Begrenzung von THG-Emissionen getan worden. Aber wirtschaftliches Wachstum, Wettbewerb, Strukturwandel, Subventionsabbau, Marktöffnung und das erneute Auftauchen der "sozialen Frage" auch in entwickelten Industriestaaten sind wieder zu vorrangigen Themen nationaler und internationaler Politik geworden. Sie bedrängen die ökologische Dimension nachhaltiger Entwicklung und verweisen auf ein Politikmodell, das ökologischen Problemen eine geringere Bedeutung einräumt und Umwelt- und Klimaschutz nicht als wirklich gleichberechtigte Zielgrößen des politischen und gesellschaftlichen Handelns akzeptiert. Auch stehen die Regierungen nicht unter dem Druck einer aktiven, um das Klima besorgten Bevölkerung. Zwar lassen Umfragen in aller Welt erkennen, dass die Bevölkerung die Gefahren des Treibhauseffektes ernst zu nehmen scheint und Maßnahmen fordert. Da aber Umfragen unverbindlich sind, und das Klimaproblem meist als ein abstraktes Problem wahrgenommen wird, beeinflusst es Präferenzen und Verhalten der meisten Menschen kaum und verliert an Gewicht, wenn es in Konkurrenz zu anderen, konkreten und kurzfristigen Zielen und Interessen gerät. Politische Kräfte, die vom Bürger schon jetzt aktiven, mit Kosten und Verhaltensänderungen verbunden Klimaschutz einfordern, stoßen auf nur sehr begrenzte Zustimmung. Wie die schon lange bekannte Lücke zwischen ökologischer Einstellung und gewohntem Verhalten (vgl. Limbourg, 1999; Diekmann; Preisendörfer, 1992), ein Hemmnis für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen unter mehreren, verkleinert werden kann, bleibt ein wissenschaftliches und praktisches Thema. Forschung und politische Erfahrung gleichermaßen kommen zu der Ansicht, ein eindeutiges "Klimasignal", beispielsweise durch eine weithin wahrnehmbare Umweltkatastrophe, könnte hier einen Durchbruch

bringen und die internationale Kooperation forcieren. Die meisten Experten erwarten ein solches eindeutiges Signal aber vorerst nicht (vgl. Hasselknippe et al, 2001). Versuche, extreme Wetterereignisse als Beweis für die heute schon spürbare Wirkung des anthropogenen Treibhauseffektes anzuführen, entfalten keine dauerhafte Überzeugungskraft, solange die Katastrophen lokal bleiben. Sie sind aus wissenschaftlicher Sicht fragwürdig, da der Beobachtungszeitraum zu kurz ist, um belastbare statistische Aussagen treffen zu können, die eine solche Behauptung stützen.

Die Klimaschutzpolitik operiert also in einem harschen politischen und gesellschaftlichen Umfeld, in dem ihre Ziele und Konzepte weniger Anklang finden als Anfang der 90er Jahre. Auch trägt die Debatte um die neue terroristische Bedrohung dazu bei, Aufmerksamkeit und Ressourcen auf diese unmittelbare Gefährdung der Sicherheit von Staaten und ihren Bürgern zu lenken.

3 Die Bilanz des Klimaschutzes - einige Gewinne und wachsende Verluste

Trotz solcher Hemmnisse und trotz der sich ausbreitenden politischen "Katerstimmung" nach den enttäuschenden Konferenzen der Vertragsstaaten hat die internationale Klimaschutzpolitik seit dem Abschluss der KRK einige Erfolge vorzuweisen. Das ist ihrer politischen und rechtlichen Institutionalisierung auf allen Ebenen der Politik und einer Verwurzelung im Handeln wichtiger gesellschaftlicher Akteure und Nichtregierungsorganisationen zu verdanken. Ganz wesentlich sind Erfolge aber auch das Ergebnis der Politik einiger Staaten, insbesondere aus der EU. Sie haben als Vorreiter und durch Koalitionsbildungen mit Entwicklungsländern sowie durch Kompromisse mit zögernden Staaten den Verhandlungsprozess vorangetrieben und Schritte eingeleitet, die Maßnahmen zum Klimaschutz voranbringen. Gestützt werden sie dabei von Einrichtungen der Vereinten Nationen (UNO), die ihre Ziele durch fachliche und politische Kompetenzen einbringen, aber auch von wissenschaftlichen Gremien und Organisationen. Gemeinsam bilden sie Netzwerke, die versuchen, den Klimaschutz in die politischen und gesellschaftlichen Entscheidungsprozesse auf allen Ebenen einzuführen und ihn dort zu verankern.

Auf dieser Habenseite des Klimaschutzes stehen:

- Mit dem Protokoll von Kyoto wurden erstmals materielle Pflichten zur Emissionsreduktion für Industriestaaten formuliert, die bis zum Jahre 2012 reichen (Ende der 2008 beginnenden Verpflichtungsperiode). Außerdem wurden flexible Instrumente vereinbart, die eine kostengünstigere Umsetzung der Pflichten erleichtern. Von Seiten der Vorreiter gab es einigen Widerstand gegen sie, speziell gegen den Emissionshandel. Sie befürchten, viele Staaten würden sie so umfassend nutzen, dass ihre innerstaatlichen Reduktionsmaßnahmen zu kurz kämen. Zudem würden ihnen Wege geöffnet, um nur scheinbar ihr THG-Emissionen zu reduzieren, indem sie von anderen Staaten Emissionsrechte kaufen, die denen in den Verhandlungen großzügig zugestanden würden (Handel mit "heißer Luft").

Gelingt es jedoch, ein konsensfähiges Handelssystem aufzubauen, das Vorleistungen berücksichtigt und in der Praxis den Ansprüchen gerecht wird, die an flexible Instrumente gestellt werden, ist Emissionshandel nach Meinung nicht nur von Ökonomen ein innovativer, beispielhafter Schritt für internationale Umweltschutzabkommen generell. Zu diesen Instrumenten zählt auch der Clean Development Mechanism, der seit der COP 8 offiziell einsatzbereit ist.¹⁰

- Positiv bewertet werden die Bestrebungen einiger Staaten, ab dem Jahre 2005 über eine Verschärfung der Verpflichtungen für Industriestaaten nach dem Ende der ersten Verpflichtungsperiode 2012 und, möglicherweise, über die erstmalige substanziell Einbeziehung von Entwicklungsländer in einen Pflichtenkatalog zu verhandeln. Damit wird eine zweite Verpflichtungsperiode ("Kyoto Plus") anvisiert, was dem Charakter des Klimaschutzes entsprechen würde. Denn die KRK und das Kyoto-Protokoll werden als Teile eines "dynamischen Klimaschutzregimes" verstanden, das nach dem Modell des Regimes zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht geformt ist und vergleichbar arbeiten soll: Schritt für Schritt werden die Verpflichtungen verschärft, und weitere Staaten werden in das Regime integriert, um ihm eine hohe Wirksamkeit (Effektivität) zu geben. Finanzielle und technologische Anreize dienen dabei oft als Lockmittel.¹¹
- Durch die KRK und das Protokoll hat sich ein institutionelles Gerüst herausgebildet (Tews; Busch; Jörgens, 2002), das gefestigt und ausgebaut wird und das den Klimaschutz auf allen Ebenen der Politik propagiert und umzusetzen versucht.¹² Dazu gehört das Klimasekretariat in Bonn,¹³ dessen personelle Ausstattung, verglichen mit der durchschnittlichen personellen Besetzung anderer Sekretariate globaler Umweltabkommen, großzügig ist. Seine Pendanten hat das Sekretariat mit der großen Zahl von staatlichen Institutionen, die sich auf nationaler Ebene oder in regionaler Kooperation mit Klimaschutz befassen. Die Institutionalisierung des Klimaschutzes folgt dem klassischen Politikzyklus und versetzt das institutionelle Netzwerk in die Lage, auch in stürmischen Zeiten für den Klimaschutz das Thema in politische Prozesse einzuspeisen, um es bei Entscheidungen nicht unberücksichtigt zu lassen.
- Trotz der Lücke zwischen positiver Einstellung zum Klimaschutz und den Vorbehalten hinsichtlich des Handelns ist das Bewusstsein in vielen Staaten für die Klimaproblematik weiterhin hoch. Es gibt dort, neben nationalen Politiken, eine

¹⁰ Er ermöglicht es Industrienationen, mit Entwicklungsländern Projekte durchzuführen, die dort zu einer zusätzlichen Emissionsreduktion führen. Sie können dann auf ihre Verpflichtungen angerechnet werden.

¹¹ Etwa eineinhalb Jahrzehnte nach der Unterzeichnung des Wiener Rahmenabkommens und des Montreal-Protokolls ist die weltweite Produktion von Fluorchlorkohlenwasserstoffen um fast 90 % gesunken. Das Ozonsekretariat beim Umweltprogramm der UNO: www.unep.ch/ozone/index-en.shtml.

¹² Nach einem Beschluss der COP 8 sollen flächendeckend in den Entwicklungsländern solche nationale Stellen eingerichtet werden, die Klimaschutz fördern sollen ("capacity building").

¹³ www.unfccc.int.

wachsende Zahl von Aktivitäten staatlicher Akteure (etwa Bundesstaaten, Städte und Gemeinden), die, z. T. in grenzüberschreitender Kooperation, Klimaschutzpolitik betreiben. Ebenso zahlreich sind die Aktivitäten gesellschaftlicher Gruppen und von Unternehmen, die gleichfalls in transnationalen Verbänden operieren.¹⁴

- Rege wissenschaftliche Aktivitäten bringen neue Einblicke in das Klimasystem, seine Wechselwirkungen mit andern Umweltkompartimenten sowie dem anthropogenen System und Kenntnisse über die Folgen, die von Klimaänderungen ausgehen können.¹⁵ Noch nie zuvor hat sich die Wissenschaft so intensiv in internationaler Kooperation einem Umweltproblem gewidmet.

Trotz einiger Gewinne ist die Bilanz des Klimaschutzes aber bescheiden, die Verluste nehmen zu, und seine Zukunft ist ungewiss. Zu viele Aufgaben stehen noch auf der Soll-Seite, und der Klimaschutz wird mit Problemen und Kooperationshindernissen konfrontiert, deren Lösung noch nicht absehbar ist: Sie betreffen die Probleme der *Implementierung, Komplexität, Akzeptanz, Universalität, der Effektivität* und der *Dimension* des Klimaschutzes. Diese Probleme müssen gelöst werden, um einen weltweiten Klimaschutz zu organisieren, der zumindest die gefährlichsten Auswirkungen von anthropogenen Klimaänderungen abwendet und Spielräume eröffnet, um den Staaten die Anpassung an unabwendbare Klimaänderungen zu ermöglichen.

Alle diese Hindernisse für eine Kooperation sind im Kyoto-Prozess erkennbar, stehen dort mehr oder weniger offen zur Diskussion und werden z.T. sogar durch das Kyoto-Protokoll verschärft. Deshalb wird immer öfter die Frage aufgeworfen, ob das Kyoto-Protokoll geeignet ist, zu einem Klimaschutzregime beizutragen, das drei Kriterien genügt:¹⁶ Es muss, erstens, *effektiv*, also wirksam sein, indem die Emissionen soweit reduziert werden, dass eine gefährliche Störung des Klimasystems ausbleibt. Es muss, zweitens, *effizient* sein, d.h. die Umsetzung der Ziele muss in einer Weise stattfinden, die möglichst geringe volkswirtschaftliche Kosten nach sich zieht. Klimaschutz muss, drittens, in den Staaten und international politisch *konsensfähig* sein, damit sich alle relevanten Länder aktiv und langfristig beteiligen.

Angesichts der oft mäßigen, gelegentlich sogar schwindenden Bereitschaft einer wachsenden Zahl von Staaten, wirksame Maßnahmen zur Emissionsminderung einzuleiten, werden Fragen laut, ob das nicht ein Hinweis darauf sei, dass das Kyoto-Protokoll diese Kriterien nicht erfüllt und keinen Anstoß für ein solches Klimaschutzregime gibt. Und Antworten werden prononcierter: "Kyoto cannot provide an effective framework for an effective climate policy. Its trade-off between environmental integrity and political feasibility is a framework for failure." (Evans, 2002). Eine herrschende Lehre der Klimadiplomatie, die neben Vertretern von Staaten und internationalen Organisationen viele Nichtregierungsorganisationen und Vertreter wissenschaftlicher

¹⁴ Einen Zugang zu solchen Initiativen bietet The International Council for Local Environmental Initiatives, www.iclei.org.

¹⁵ Weiterführend sind die Seiten des Deutschen Klimaforschungsprogramms www.deklm.de.

¹⁶ Sie sind keinesfalls spezifisch für Klimaschutzpolitik, sondern stellen immer den Grundpfeiler erfolgreicher internationaler Umweltpolitik dar.

Gremien umfasst, hält solcher Kritik entgegen, man dürfe nicht das ohnehin schwierige Geschäft der Konsensfindung erschweren und Gegnern des Klimaschutzes die Argumente in die Hand spielen. Zudem fehle es an Alternativen: "In the absence of credible alternatives, the Kyoto Protocol remains the best way to achieve global action on climate change." (Starke, 2002). Auch wenn bei dieser Formulierung etwas Resignation und der Verlust an Illusionen mitschwingt, muss der Hinweis, es fehle an Alternativen zum Vorhandenen, von den Kritikern des Kyoto-Prozesses ernst genommen werden. Nun wird diese Forderung, Alternativen aufzuzeigen, die den Kriterien Effizienz, Effektivität und Konsens genügen, an denen abprallen, die den anthropogenen Treibhauseffekt für ein Hirngespinnst von Modellieren halten oder aus anderen Gründen kein Interesse am Klimaschutz haben und deshalb das Protokoll kritisieren. Ihre Vorschläge werden meist taktischen Charakter haben und sollen Verhandlungen und Konsens erschweren. Aber auch unter denen, die vorsorgenden Klimaschutz wollen, werden Stimmen lauter, die Zweifel am etablierten Prozess äußern und nach Alternativen fragen. Nicht der Ausstieg aus dem Klimaschutz, sondern seine Neuorientierung ist das Ziel, um zu einer Strategie zu gelangen, die noch in einigen Dekaden Bestand hat. Denn Klimaschutz ist eine Aufgabe für das ganze Jahrhundert.

4 Probleme des Klimaschutzes

Um Ideen und Perspektiven für eine langfristige Klimaschutzpolitik zu entwickeln, ist eine nüchterne Bestandsaufnahme der Klimapolitik und des Kyoto-Protokolls als deren operativer Kern geboten. Die sechs Probleme, Implementierung, Komplexität, Akzeptanz, Universalität, Effektivität und Dimension, so unterschiedlich ihre Bedeutung, ihre Zeitskalen und Wechselwirkungen mit anderen Problemfeldern sind, ob sie eher grundlegender Natur oder nur "vertragsimmanent" sind, und ob sie eine mehr oder weniger erkennbare Lösungsperspektiven aufweisen - sie alle tragen dazu bei, dass die Klimaschutzpolitik auf eine Krise zusteuert, die im Verlaufe dieses Jahrzehntes unübersehbar sein wird. Elemente eines solchen Krisenszenario sind der "ungünstigste Fall" und eine "Fortführung des Trends": Im "worst case" bleibt neben den USA auch Russland dem Protokoll fern und es tritt nicht in Kraft - dann müssen die Mitglieder darüber entscheiden, ob sie sich freiwillig an die Pflichten von Kyoto binden oder nach einem neuen Abkommen suchen. Im Falle eines "business as usual" treten die USA und ein oder zwei andere wichtige Staaten dem Kyoto-Protokoll nicht bei, das trotzdem in Kraft ist. Jedoch werden die vereinbarten Klimaschutzziele von vielen Staaten nicht oder nur mit "Rechentricks" erreicht, und die globalen Emissionen steigen, kaum kalkulierbar abgeflacht, weiter. Schärfere Reduktionsziele, die für eine weitere Verpflichtungsphase anvisiert werden, sind nicht konsensfähig oder erscheinen von Beginn an übermäßig ambitioniert, und die Entwicklungsländer lassen sich nicht substantiell einbinden. Da der (erhoffte oder beschworene) globale Konsens fehlt, wird "Durchwursteln" zum Leitbild - man handelt sich von Konferenz zu Konferenz, und der Ertrag wird immer geringer. Niemand wird zu Beginn der neuen Dekade wissen, wie es erfolgversprechend weitergeht. Ob aus solchen Krisen

dann eine Chance für den Klimaschutz erwächst, hängt auch davon ab, ob rechtzeitig neue Wege gesucht und auf ihre Gangbarkeit hin bewertet wurden.

Zu düstere Szenarien? Der nüchterne Blick auf die Probleme des Klimaschutzes zeigt, dass solche Entwicklungen mehr als nur eine ferne Möglichkeit sind.

4.1 Implementierung

Der deklaratorischen Politik einer großen Zahl von Staaten, sich dem Klimaschutz zu verschreiben, folgen meist zu wenige konkrete Schritte (vgl. Date, 2002): Der in der KRK formulierte Aufruf an die einschlägigen Industrieländer, sich zu bemühen, die THG-Emissionen im Jahre 2000 auf das Niveau des Jahres 1990 zurückzuführen, ist weitgehend ungehört verhallt. In den 90er Jahren stiegen die THG-Emissionen (ohne Berücksichtigung von Senken) fast durchweg an (vgl. Ziesing 2002): In den USA um knapp 12 Prozent, in Australien um fast 16 Prozent, in Kanada um 15 Prozent und Japan um 6 Prozent. Lediglich in der EU sanken sie um 3,5 Prozent, fast ausschließlich dank des Emissionsrückgangs in Deutschland (19 Prozent) und in Großbritannien (knapp 13 Prozent).¹⁷ Die wesentlichen Gründe sind die Auswirkungen der deutschen Vereinigung und in Großbritannien die Verdrängung der Steinkohle durch Erdgas. Russland hat einen Rückgang um 35 Prozent zu verzeichnen, eine Folge des wirtschaftlichen Zusammenbruchs. Ähnliches gilt für andere ehemalige Planwirtschaften. Da auch in den Entwicklungsländern, die zu keinen Reduktionen verpflichtet sind, die Emissionen stiegen, wuchs der globale Ausstoß an THG in dem letzten Jahrzehnt um etwa 10 Prozent. Dieser relativ geringe Anstieg ist nur zu einem geringen Teil aktiver Energie- oder Klimaschutzpolitik zu verdanken, sondern neben der schweren Wirtschaftskrise in Asien vor allem ein Nachhall des wirtschaftlichen Zusammenbruchs der Planwirtschaften. Aber auch die Aussichten sind nicht gut. Die Emissionen steigen in den meisten Staaten nur wenig gebremst weiter, und viele Beobachter sind skeptisch, ob selbst die geringen und teilweise nochmals auf der Konferenz in Marrakesch abgeschwächten Reduktionsziele des Kyoto-Protokolls außerhalb der EU erreicht werden. Aber selbst in der Vorreiter-Gemeinschaft ist nur knapp die Hälfte des Weges zu dem Ziel zurückgelegt, die Emissionen gemeinschaftlich um 8 Prozent zu senken. Einige Länder der EU könnten ihre nationalen Ziele verfehlen, so dass Erfolg oder Misserfolg der EU ganz wesentlich von den Emissionsminderungen Großbritanniens und Deutschlands abhängen wird.¹⁸ Auch hier könnten Gefahren drohen: Denn der Abbau der THG-Emissionen ist in Deutschland (bereinigt um Temperatureffekte) fast zum Stillstand gekommen (Ziesing, 2003). An eine weitere „Gefahr“ wagt heute kaum jemand zu denken: Würde Deutschland einen Wachstumspfad beschreiten, wie ihn die USA in den 90er Jahren gingen, sänten die Emis-

¹⁷ Vgl. auch die Zahlen in: Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990-2000 and Inventory Report 2002, http://reports.eea.eu.int/technical_report_2002_75/en.

¹⁸ Vgl. Environmental signals 2002 - Benchmarking the millennium. European Environment Agency, Copenhagen 2002, http://reports.eea.eu.int/environmental_assessment_report_2002_9/en.

sionen von CO₂ nur geringfügig und die Reduktionsziele würden obsolet.¹⁹ Hier ist ein Spannungsverhältnis erkennbar zwischen Wirtschaftswachstum und einer *absoluten* Minderung der CO₂-Emissionen, der nur durch aggressive Effizienzsteigerungen im Energiesektor, eine starke Ausweitung der Nutzung kohlenstoffarmer oder -freier Energiesysteme und die starke Nutzung flexibler Instrumente bzw. von Senken zu bewältigen ist. Dieses Spannungsverhältnis wird von den meisten Staaten wahrgenommen und erklärt teilweise das Zögern, anspruchsvolle THG-Reduktionsvorgaben zu akzeptieren und zu implementieren. Da diese Wachstumsperspektive für Deutschland aber jenseits des Horizonts zu liegen scheint, kann man für die Realisierung des EU-Zieles von Kyoto halbwegs optimistisch sein. Das gilt auch für weitere Industriestaaten, wenn dem Einsatz "flexibler Instrumente", insbesondere dem Emissionshandel, breiter Raum gewährt wird. Emissionshandel könnte sich, neben der Nutzung von Senken, als das Instrument erweisen, doch noch Kyoto zu retten - selbst wenn dann die Gefahr besteht, dass das Protokoll zu einem Teil "heiße Luft" war.

Alle diese Mängel bei der Implementierung von Maßnahmen zum Klimaschutz hinterlassen den Eindruck, dass viele Staaten die Reduktionsverpflichtungen des Protokolls bislang nicht als relevante Orientierungsmarke akzeptieren, auf die hin sich Politik, Gesellschaft und Wirtschaft ausrichten müssen.

4.2 Komplexität

Klimaschutz ist ein komplexes Problem, da soziale und natürliche Umwelt in dichter Interaktion stehen, die nur teilweise verstanden und noch weniger zu steuern ist. Das ist freilich bei einigen anderen Umweltproblemen, etwa der Meeresverschmutzung, ebenso. Zwar wirft das Klimaproblem einige besonders schwierige Probleme auf, aber diese objektive Komplexität ist kein Merkmal, das ausreicht, um die mangelnde Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen zu erklären. Eine andere Form von Komplexität, die zu einem guten Teil ein Ausfluss der bisherigen Klimaschutzpolitik und ihrer konstitutiven Elemente ist, schafft erhebliche Schwierigkeiten: Das Kyoto-Protokoll ist in zahlreichen Verhandlungen hinsichtlich seiner Regelungen und Verfahren (Korb-Ansatz, Einbeziehung von Senken, Methoden der An- und Berechnung von Senken etc.) und bezüglich der organisatorischen Struktur so komplex geworden (vgl. Benedick, 2001), dass eine planbare, überschaubare Steuerung und Weiterentwicklung der Vereinbarungen erschwert wird. Teil dieser Komplexität sind eine Vielzahl von aufgesplitterten Verhandlungen, Gremien, Ausschüssen, deren inhaltliche Verflechtungen und Fortentwicklungen nur schwer nachzuvollziehen und inhaltlich zusammenzubinden sind. Dies führt zu neuen Aktivitäten und Gremien, um hier ein Weiterkommen zu ermöglichen, und endet oft in noch größerer Komplexität. Konferenzbildende Maßnahmen sind ein Resultat. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass dies anders sein würde, wenn über eine zweite Verpflichtungsperiode und eine Einbeziehung von Entwicklungsländern diskutiert oder verhandelt würde. Die institu-

¹⁹ Vgl. das retrospektive Szenario von Voss, 2002.

tionelle Komplexität ist auch ein Ergebnis der verbreiteten Bemühungen von Staaten, kluge Wege zu finden, ihre Verpflichtungen zu reduzieren und der Gegenwehr anderer Länder, die mit nicht weniger klugen Einwänden, mit Forderungen nach tiefergehenden Analysen und der Festlegung weiterer Randbedingungen dieses zu erschweren versuchen. Je differenzierter und komplizierter die Regeln werden, die bei der Erfüllung von Pflichten zu beachten sind, desto größer wird der Aufwand, der betrieben werden muss, um deren tatsächliche Einhaltung zu überwachen und um abzuschätzen, welchen Effekt alles das für den Klimaschutz oder die nationalen Interessen- und Verhandlungspositionen hat. Komplizierte inhaltliche Fragen, zu denen zahlreiche Wissenschaftler bzw. Interessengruppen konsultiert werden müssen, und komplexe organisatorische Abläufe erschweren es den Delegationen, die Folgen wissenschaftlicher Empfehlungen und der Vorschläge diverser Gremien kalkulieren zu können. Nicht selten können die Wissenschaftler zudem die Fragen der Politik aus fachlicher Sicht nicht beantworten, da sie auf die komplexe Materie verweisen müssen, die noch zu erforschen ist. Dies gebiert wiederum neue Ausschüsse, die sich dem Problem zuwenden: Zudem drängt sich der Eindruck auf, dass die Politik versucht, ihre Entscheidungsprobleme an Experten abzuschieben oder offene wissenschaftliche Fragen taktisch so in den Verhandlungsprozess einzuspeisen, dass er im eigenen Interesse beeinflusst wird – die Wissenschaft ist in Gefahr, auch als „Legitimations- und Einflussforschung“ gebraucht zu werden. Über eine Reform der Politikberatung (Heinrichs, 2002) ist auch beim Klimaschutz nachzudenken.

Komplexität erhöht die Kosten, die der Verhandlungsprozess mit sich bringt: Da immer mehr Menschen mit diversen Qualifikationen benötigt werden, ist die Zahl der Teilnehmer von Konferenzen, Fachtagungen etc. auf ein Niveau gestiegen, das die Budgets nationaler und internationaler Akteure erheblich belastet. Oft ist nicht erkennbar, dass mit der größeren Zahl mehr Wissen, eine höheren Qualität der Entscheidungen oder ein gesteigerter Konsens verbunden ist.

Wenn Komplexität also ganz wesentlich ein Ausdruck diverser Versuche zur Verminderung nationaler Verpflichtungen ist, verweist das auf eine mangelnde Akzeptanz der Vereinbarungen zum Klimaschutz.

4.3 Akzeptanz

Auch wenn die Zahl der Industrieländer gering ist, die sich mehr oder weniger offen dagegen aussprechen, die Bestimmungen des Kyoto-Protokolls für sich zu akzeptieren (USA, Australien und zeitweise Kanada, wo vor allem einflussreiche Provinzen Widerstand leisten²⁰), ist die Zahl der Staaten deutlich höher, die auf diversen Wegen versuchen, ihre Verpflichtungen zu reduzieren oder deren Erfüllung einfacher zu gestalten. Die Konferenz in Marrakesch legte davon Zeugnis ab. Marrakesch war ein "Basar" (Benedick, 2001), und dort wurde an vielen Schrauben für eine Reihe von Ländern gedreht, damit sie an Bord des Kyoto-Protokolls blieben. Denn mit dem

²⁰ Mitte Dezember 2002 ratifizierte das kanadische Bundesparlament das Kyoto-Protokoll.

Ausstieg der USA aus dem Protokoll hing seine Inkraftsetzung von der Ratifizierung durch einige Schlüsselstaaten ab. Sie nutzten ihre neugewonnene Macht, um Zugeständnisse zu erzwingen. Zu diesen Ländern zählen Japan, Kanada, Australien und Russland, das die EU zwang, anzudeuten, dass sich einige ihrer Mitgliedsstaaten auf dem Markt für "emission trading" bewegen werden, um ihm etwas Nachfrage einzuhauchen, nachdem der große potenzielle Nachfrager USA abhanden gekommen war. Den Entwicklungsländern gelang es, Versprechungen für zusätzliche Klimaschutzbezogene Hilfen zu bekommen und im wichtigen "Compliance"-System zur Überprüfung der Vertragstreue eine wichtige Rolle spielen zu dürfen, damit sie auf die Umsetzung der Pflichten in den Industriestaaten und auf mögliche Sanktionen bei ihrer Nichterfüllung einen Einfluss nehmen können.²¹ Deshalb beklagt Benedick (Benedick, 2001), dass die USA zu früh ausgestiegen seien: Denn nachdem sie schon in den vorangegangenen Verhandlungsrunden dazu beigetragen hatten, die flexiblen Instrumente und die Einbeziehung der Senken durchzusetzen, hätten sie in Marrakesch die Chance gehabt, wie andere Länder auch, "to negotiate for itself more equitable terms than the original, hastily conceived 1997 protocol", indem "special circumstances" der USA berücksichtigt worden wären. Selbst ein anderes Basisjahr²² hätte man herauschlagen und so die Pflichten für die USA mindern können. Tatsächlich beinhaltet der Kompromiss von Marrakesch wichtige, wenn auch nicht alle zentralen Forderungen, die von den US-Delegationen immer als wesentliche Kriterien genannt wurden, die erfüllt sein müssen, um die Ratifizierung des Protokolls zu rechtfertigen.

Solche Erfahrungen mit dem Kyoto-Protokoll und seinen Bestimmungen lassen erahnen, dass viele Staaten den Pflichten skeptisch gegenüberstehen, sie oft aus nur taktischen Gründen akzeptiert haben und noch weniger geneigt sind, drastische Reduktionen ernsthaft in Erwägung zu ziehen. Das gilt für wichtige politische, gesellschaftliche Akteure und für die meisten Bürger gleichermaßen. Deshalb bleibt es eine bislang ungelöste Aufgabe, eine universelle Zustimmung zu einer Klimaschutzstrategie zu finden, die tiefe Einschnitte bei den THG-Emissionen bewirken soll.

4.4 Universalität

Universeller Klimaschutz muss nicht unbedingt globaler Klimaschutz in dem Sinne sein, dass alle Staaten beteiligt sein müssen. Bei der Reduktion der THG-Emissionen müssen die Staaten mitarbeiten, auf die heute und zukünftig der Löwenanteil der Emissionen entfällt. Zwar gibt es gute wirtschaftliche und politische Gründe, auch die Staaten mit geringeren Emissionen einzubinden. Und mit Blick auf die Folgen von Klimaveränderungen sind viele kleine Staaten als potenziell schwer Betroffene anzuhören und auch bei Anpassungsmaßnahmen aktiv zu unterstützen, et-

²¹ Ein Compliance Committee soll sich u.a. mit Problemen der Umsetzung des Protokolls vor dem Hintergrund drohender Strafen bei Nichterfüllung beschäftigen. Dies wäre ein völkerrechtlich neues Vorgehen im Umweltbereich, dessen praktische Umsetzung und Bewährung aber noch aussteht.

²² Auf ein solches Jahr (1990) werden die Reduktionsverpflichtungen bezogen.

wa durch den "special climate change fund" und den "last developed country fund" im Rahmen der Klimarahmenkonvention sowie den "adaptation fund", der im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingerichtet wurde. Aber mit Blick auf die Universalität der Teilnahme der wichtigsten Emittenten stellen sich zwei Probleme, die sachlich und politisch miteinander verflochten sind: Erstens, die Begrenzung der THG-Emissionen wichtiger Entwicklungsländer als strategische Aufgabe, ohne deren Lösung langfristiger Klimaschutz unmöglich ist; und, zweitens, die Einbindung der USA, ohne deren Beteiligung schon kurz- und mittelfristig jegliches Regelwerk von stark geminderter Bedeutung ist.

Das erste Problem ist bislang im Rahmen der KRK und des Protokolls noch nicht substantiell diskutiert worden: Ob und wie können die Staaten des Südens, insbesondere die großen Emittenten wie China und Indien, in ein Regelwerk einbezogen werden? Wie könnte es aussehen, welche Kriterien werden angewandt, um Pflichten für zumindest einige dieser Länder festzulegen, und nach welchen Kriterien sind sie unter den Entwicklungsländern zu differenzieren? Die Bereitschaft, sich einbinden zu lassen, ist von Seiten der meisten dieser Länder gering oder fehlt ganz, obwohl es ein effektives Klimaschutzregime ohne sie nicht geben kann. Denn ihre Emissionen werden in den nächsten Dekaden stark wachsen und die globale Emissionsbilanz prägen. Bislang steht bei der Gruppe der 77 und China das Ziel im Vordergrund, mittels von Industriestaaten finanzierter Programme einen Zugang zu Technologien zu erhalten, um ihre wirtschaftliche und soziale Entwicklung zu fördern und dabei einige ihrer schwerwiegenden lokalen bzw. regionalen ökologischen Probleme zu mildern. Zu ihnen gehört die "brown cloud",²³ eine gewaltige Wolke aus verschiedenen schädlichen Gasen und Partikeln, die sich über Teile Asiens legt und auch Auswirkungen auf das Klimasystem hat. Mit Programmen, die vor Ort von Nutzen, aber auch aus Sicht der globalen Klimaschutzes sinnvoll sind, soll Entwicklungsländern der Klimaschutz näher gebracht werden. Jedoch müssen sich alle denkbaren Strategien aus der Sicht des Südens daran messen lassen, dass sie wachstumsverträglich sind und die drängenden, z. T spezifischen sozialen, infrastrukturellen und ökologischen Probleme dieser Staaten lösen. Eine solche "mehrfache Dividende"²⁴ zu zahlen, bleibt eine große Herausforderung künftiger Klimaschutzpolitik, die auf der COP 8 explizit in den Kontext nachhaltiger Entwicklung gestellt wurde. In dieser Zusammenführung von Klimaschutz und Nachhaltigkeit zeigt sich, dass Entwicklungsländer genau darauf achten, den Klimaschutz nicht auf Kosten wirtschaftlich-sozialer Entwicklung zu verabsolutieren, sondern ihn als ein Ziel unter mehreren betrachten und sein Gewicht im Entscheidungsprozess relativieren.

Sollte es gelingen, (einige wirtschaftlich fortgeschrittene) Entwicklungsländer zur Limitierung ihrer Emissionen zu verpflichten - was bislang nicht absehbar ist -, wäre

²³ Project Asian Brown Cloud <http://www-c4.ucsd.edu/ProjectABC/>.

²⁴ Chandler et al (Chandler et al., 2002) zeigen, dass Programme, die nachhaltiger Entwicklung, der Verbesserung der Luftqualität und einer sicheren Energieversorgung in Entwicklungsländern dienen, auch den Anstieg der THG-Emission abflachen. Seine Reduktion ist jedoch durch sie nicht zu erwarten.

auch hier ein Vorgehen wahrscheinlich, das die Pflichten für diese Länder vor dem Hintergrund eines globalen Reduktionszieles differenziert und sie mit spezifischen Finanzierungs- und Kooperationsinstrumenten koppelt. Das würde dem Prinzip der "gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verpflichtungen" (Präambel der KRK) Rechnung tragen. Was aber soll das allgemeine und gerechte Prinzip sein, die Pflichten auf die Staaten zu verteilen, kommen sie aus Nord oder Süd? Oder ist ein solches Prinzip überflüssig, und man überlässt es, wie bislang, pragmatisch dem Verhandlungsprozess, hier Resultate zu produzieren? Dagegen ist eingewandt worden, solche Verhandlungen "will remain in their complex morass of horse-trading", der schon das Kyoto-Protokoll verwässerte. Stattdessen sei es sinnvoll, "one standard allocation formula for entitlements" zu nutzen, der die Emissionen nach einem Modell auf Nord und Süd verteilt (Evans, 2002). Jedoch gelingt es nicht, für solche Vorschläge, die die Emissionsrechte an der Bevölkerungszahl, an der wirtschaftlichen Leistung pro Kopf, weiteren sozio-ökonomischen Kriterien oder den historischen Emissionen festmachen wollen (vgl. Baumert et al, 2002), deutlich zu machen, dass sie universelle politische Akzeptanz finden können. So bleibt die Lösung der Frage, ob Entwicklungsländer überhaupt, wann und unter welchen Bedingungen zu welchen Pflichten bereit sind, eine Sollbruchstelle der internationalen Klimaschutzpolitik.

Damit verwoben ist das zweite Problem, die Einbindung der USA. Ohne ihre Beteiligung am Kyoto-Protokoll sind die Forderungen der Entwicklungsländer kaum zu erfüllen, der Norden müsse mit Reduktionen vorangehen, ehe an Pflichten für den Süden zu denken sei. So überrascht es nicht, dass Politiker, Medien, Wissenschaftler und Nichtregierungsorganisationen argumentieren, die Politik der USA-Administration sei das größte Hindernis für einen wirksamen Klimaschutz. Die USA müssten durch Überzeugung, aber auch durch Druck, wieder in Reih und Glied gebracht werden.

Zweifelloos ist wirksamer Klimaschutz ohne die USA nicht möglich. Deshalb müssen Wege gesucht werden, mit den USA zu einer gemeinsamen Strategie zu finden. Wie stehen dafür die Chancen, und welche Gründe gibt es für die Haltung der USA, die sich außerhalb des Kyoto-Protokolls, nicht aber außerhalb der KRK gestellt haben?

Die Administration Bush kehrte im März 2001 offiziell dem Kyoto-Prozess den Rücken. Jedoch war dies keine Zäsur der amerikanischen Klimapolitik. Denn sie weist eine Kontinuität auf, die von nationalen Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren bestimmt wird (Holtrup; 2003; Lee; 2001). Während europäische Staaten versuchen, durch internationale Vereinbarungen nationale Umweltpolitik anzustoßen und die internen Debatten erst dann hitziger und die konkreten Ergebnisse schlechter werden, wenn die Umsetzung ansteht, ist in den USA diese Strategie zum Scheitern verurteilt. Eine Beteiligung der USA an einem Klimaschutzregime hat nur Aussicht auf Erfolg, wenn neben gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen über den anthropogenen

Treibhauseffekt, die nun auch aus der Sicht von Teilen der Administration vorhanden sind,²⁵ weitere Bedingungen erfüllt sind:

- Es gibt eine nationale Strategie des Klimaschutzes, zu der eine Energiestrategie gehört, und ihre Umsetzung bringt nur geringe (gesamtwirtschaftliche) Kosten;
- alle wichtigen Verursacherstaaten sind durch materielle Verpflichtungen eingebunden, auch Emittenten aus dem Süden;
- es gibt effiziente, flexible Mechanismen für die Umsetzung der Pflichten;
- es bestehen gute Aussichten, dass die Pflichten von allen Staaten auch umgesetzt werden und wirksame Verifikationsmaßnahmen vorhanden sind;
- der Widerstand wichtiger Akteure aus Wirtschaft und Gewerkschaften ist gering.

Nur wenn das alles der Fall ist, erscheint die Zustimmung im Kongress möglich. Das Kyoto-Protokoll erfüllt aus Sicht der Administration und des Kongresses eine Reihe dieser Bedingungen jedoch nicht und enthält Elemente, gegen die sich seit Jahren große Teile des Kongresses vehement sträuben: Es wird als ein internationales Abkommen unter der Ägide der UNO wahrgenommen, die als ineffektiv gilt und oft den Interessen der USA entgegenzuarbeiten scheint; das Protokoll gilt von den Interessen der Entwicklungsländer dominiert, die im Kyoto-Prozess mitbestimmen dürfen, aber faktisch keinen Pflichten unterworfen sind; die Umsetzung der Bestimmungen in den USA erscheint zu kostspielig, schädigend für die Wirtschaft, hemmend für die konjunkturelle Entwicklung, belastend für einzelne Industriezweige sowie die Verbraucher und wird darüber hinaus als Einschränkung der nationalen Souveränität wahrgenommen. Zugleich stiegen die Emissionen der USA, angeheizt durch eine gute Konjunktur in den 90er Jahren, weiter und dürften am Ende dieser Dekade ca. 25 Prozent über dem Niveau des Referenzjahres 1990 liegen. Würden die USA ihre Pflichten aus dem Kyoto-Protokoll erfüllen, müssten sie dann nicht 5 Prozent, sondern faktisch ca. 30 Prozent der Emissionen abbauen - eine auch aus Sicht des Kongresses nicht akzeptable Forderung. Ausdruck solcher Perzeptionen sind die Byrd-Hagel-Resolution des Senats vom Juli 1997, die noch vor dem Abschluss des Kyoto-Protokolls im Dezember 1997 dem Vertrag eine einstimmige Absage erteilte und die Knollenberg-Restriktionen, die der Administration Clinton nach 1998 eine Umsetzung des von ihr unterzeichneten Protokolls durch Hintertüren unmöglich machten. Hier zeigt sich eine Besonderheit des politischen Systems der USA: Im Unterschied zu Parlamenten, die nur die Wahl haben, internationale Abkommen, die ihre Regierungen zuvor ausgehandelt haben, zu ratifizieren oder abzulehnen, kann der Kongress an ein Abkommen Zusätze anbringen, die seinen Bestimmungen sogar faktisch entgegenstehen. Zudem ist insbesondere der Senat schon präventiv aktiv

²⁵ Vgl. den U.S. Climate Action Report 2002, der von der US-Umweltbehörde EPA gemäß der KRK routinemäßig an das Klimasekretariat übermittelt und im Nachhinein von Bush nur als ein "report put out by the bureaucracy" abgetan wurde:
<http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/ResourceCenterPublicationsUSClimateActionReport.html>.

und schränkt mit inhaltlichen Vorgaben den Verhandlungsspielraum der Administration ein (vgl. Sprinz; Weiß, 2001). Das Kyoto-Protokoll war im Senat daher schon zu Fall gebracht, als die Clinton-Administration noch verhandelte.

Seitdem haben mehrere Entwicklungen dazu beigetragen, dass einige Abgeordnete im Kongress eine moderatere, offenere Position hinsichtlich des Klimaschutzes einnehmen und beginnen, über nationale Gesetze für bindende US-Klimaschutzziele nachzudenken (vgl. International Herald Tribune v. 16.1.2003; Cochran; Roy, 2001). Gründe liegen darin, dass sich die Bush-Administration zu wenig für Umwelt- und Klimaschutz interessiert, in einigen Umweltbereichen einen Rückwärtsgang einlegt, das Wahlversprechen, CO₂ in die Liste der Schadstoffe aus Kraftwerken aufzunehmen, nicht einlöste, und dass ihre wenigen Vorschläge zum Klimaschutz, die insgesamt eine klare Strategie vermissen lassen, nicht mehr als business-as-usual darstellen.²⁶ Deshalb stieß eine Anfang 2002 von der Administration vorgelegte „Global Climate Change Initiative“ auf deutliche Kritik auch von Seiten des Kongress. Sie setzt bezüglich CO₂ auf freiwillige Selbstverpflichtungen der Wirtschaft, eine Verbesserung der seit 1992 vorhandenen freiwilligen Berichterstattung über Emissionsreduktionen, mehr Forschung, auf Steueranreize für neue Technologien und zielt darauf ab, die CO₂-Emissionen pro Einheit BSP um 18 Prozent während der nächsten zehn Jahre zu reduzieren (carbon intensity). 2012 wird im Lichte der Ergebnisse geprüft, wie es beim Klimaschutz weitergehen soll.²⁷ Zwar gilt auch in den Augen kritischer Experten (Müller, 2002) dieser Ansatz, die Kohlenstoffintensität zu reduzieren, grundsätzlich als geeignet, um deutliche Emissionsreduktionen zu bewirken. Aber die Ziele der Administration sind bescheiden, so dass angesichts des Wirtschaftswachstums ein weiterer absoluter, wenn auch gegenüber dem Trend abgeflachter Anstieg der Emissionen zu erwarten wäre. Statt auf Maßnahmen zur deutlichen Abschwächung des Treibhauseffektes scheint die Administration auf Anpassungsmaßnahmen (Adaptation) an ein verändertes Klima zu setzen. Dabei ist offen gelassen, wie diese Strategie aussieht, welche Erfolge und Gefahren mit ihr verbunden sind. Die Administration hat keine konkreten Vorschläge vorgelegt, und Konzepte für eine nationale Adaptionstrategie sind nicht erkennbar - hier wird ein noch ungedeckter Scheck an die Forschung weitergereicht, mit dem Auftrag ihn einzulösen.²⁸

Hingegen haben positive Erfahrungen bei Kongressmitgliedern Interesse gefunden, die mit freiwilligen Klimaschutzaktivitäten in Gemeinden, Städten, Bundesstaaten und im privaten Sektor, oft durch international agierende Unternehmen, gemacht wurden.²⁹ Solche Aktivitäten erweisen sich als ökonomisch sinnvoll, praktisch umsetzbar

²⁶ Vgl. die Einschätzung des Pew Center on Global Climate Change, www.pewclimate.org.

²⁷ Das DOE (2003) gibt einen kurzen Überblick über diese Politik und speziell die freiwillige Berichterstattung.

²⁸ Vgl. www.usgcrp.gov/usgcrp/Library/nationalassessment/overview.htm (US Global Change Research Program).

²⁹ Vgl. www.pewclimate.org/projects/us_activities2.cfm (Climate Change Activities in the United States).

und konsensfähig. Zwar werden solche Entwicklungen nicht dazu führen, dass der Kongress die Prämissen der amerikanischen Klimaschutzpolitik grundlegend verändert und das Kyoto-Protokoll, dessen Ruf miserabel ist, ratifizieren wird. Aber es gibt Kräfte, die sich bemühen, die Politik der Administration Bush zu korrigieren, die es versäumt, im Klimaschutz das ökologisch Wünschenswerte mit dem in Einklang bringt, das politisch und wirtschaftlich auch im Interesse der USA sinnvoll wäre. Es hängt von der Stärke dieser umweltpolitisch aktiven Kräfte im Kongress und der Mobilisierung gesellschaftlicher Akteure ab, ob sich die USA ein nationales Programm zur Luftreinhaltung geben, das in einem integrierten Ansatz mehrere Substanzen, darunter auch CO₂, einschließt und das deutlich anspruchsvoller und verbindlicher ist als das, was die jetzige Administration anstrebt.³⁰ Allianzen sind möglich, die ganz unterschiedliche Akteure umfassen: Dazu zählen neben traditionellen Klimaschützern aus gesellschaftlichen Gruppen auch Teile der international agierenden Industrien, die erkennen, dass sie in Staaten, die das Kyoto-Protokoll implementieren, in einem "carbon restricted environment" operieren müssen und die für sich Planungssicherheit wollen (z. B. Boeing, BP, Shell, American Electric Power, DuPont); Bundesstaaten, die aus verschiedenen Gründen höhere Umweltstandards erreichen wollen und dabei, wie Kalifornien im Automobilbereich, erstmals CO₂-Emissionen gesetzlich regulieren wollen; auch einige Kongressmitglieder, insbesondere liberale Demokraten, die mit der Präsidentschaftskandidatur liebäugeln, beginnen sich für den Klimaschutz zu erwärmen. Jedoch sollte nicht zu viel erwartet werden: Da nach den Wahlen im November 2002 nun beide Kammern des Kongress eine republikanische Mehrheit haben, bleiben die Umwelt- und Klimaschützer in der Defensive.

Ob sich aus den diversen, räumlich und inhaltlich nicht koordinierten Ansätzen in den nächsten Jahren eine national verbindliche Klimaschutzstrategie der USA entwickelt, ist offen. Will die internationale Klimaschutzpolitik diesen Prozess beeinflussen und die USA wieder näher an den internationalen Klimaschutz heranführen, muss sie zuerst Abschied von Illusionen nehmen: Dazu gehört, auf die USA Druck ausüben zu können, um sie wieder in den Kyoto-Prozess einzubinden. Weder lassen sich die USA beeindrucken, noch gibt es wirksame Druckmittel. Vorstellungen, gegen die USA Handelssanktionen zu verhängen, sind nicht nur weltfremd, sondern sie würden auch gegen Welthandelsrecht verstoßen. Wenig Hoffnung gibt es, dass der Kongress das Kyoto-Protokoll ratifizieren wird. Wahrscheinlich würde auch eine denkbare nationale Strategie außerhalb des Kyoto-Protokolls bleiben.

Welchen Weg eine US-Klimaschutzpolitik aus nationalem Antrieb auch immer nehmen wird - Kräfte von außerhalb müssen einen kooperativen Ansatz wählen, der verstärkt das kontinuierliche Gespräch mit solchen Mitgliedern des Kongresses sucht, die Initiativen zum Klimaschutz gestartet haben³¹ und sich im neuen Kongress poli-

³⁰ Zu den Diskussionen über das "Comprehensive Air Pollution Bill" vgl. New York Times vom 4.6.02, America and warming; ferner Washington Post vom 6.1.03, Warm-up for climate debate.

³¹ Zusammenstellungen finden sich bei Lee et. al. 2001; pewclimate.org/projects/us_activities2.cfm.

tisch zu behaupten versuchen. Zu sehr sind die Regierungen der europäischen Vorreiter auf die Administration fixiert, während die Verbindungen zum Kongress vernachlässigt werden. Dahinter mag die mangelnde Kenntnis des amerikanischen politischen Systems stehen, vielleicht auch die Vorstellung, die Bush-Administration werde ein Veto einlegen, wenn der Kongress sich einigen und eine nationale Gesetzgebung verabschieden sollte, um die THG-Emissionen einzuschränken (etwa durch ein nationales "Cap", unter Nutzung von "Emission Trading"). Beobachter in den USA bezweifeln jedoch, dass der Präsident diese letzte Karte ausspielen würde. Deshalb sollten Kontakte mit den Mitgliedern des Kongresses genutzt werden, um, erstens, ihnen den energiepolitischen, technologischen und ökonomischen Nutzen einer aktiven Klimaschutzstrategie zu verdeutlichen, und, zweitens, mit ihnen eine Strategie zu diskutieren, wie das Kyoto-Protokoll und eine nationale US-Strategie materiell, vielleicht irgendwann auch völkerrechtlich verwoben werden könnten oder ob es ganz neuer Ansätze für den internationalen Klimaschutz bedarf, um Universalität näher zu kommen. Geduld ist dabei von Nöten. Denn die Politik der USA bewegt sich dank der vielfältigen, sich blockierenden "checks and balances" in Politik und Gesellschaft nur langsam, zumindest solange nicht gesellschaftliche Mobilisierung und starke äußere Anstöße wie ein "Klimasignal" ausbleiben.

Insgesamt bestehen unter den jetzigen Randbedingungen schlechte Chancen, dass Universalität im Klimaschutz auf absehbare Zeit erreicht wird, soweit es um materielle, verbindliche Pflichten geht. Weder zeichnet sich eine konsensfähige Einbindung der USA ab, noch gibt es tragfähige Konzepte, Entwicklungsländer zu verpflichten. Das Kyoto-Protokoll ist dabei, sicherlich aus Sicht der USA, ein Hindernis, nicht aber das Modell für weltweiten Klimaschutz.

4.5 Effektivität

Klimaschutz muss wirksam sein, d.h. er muss das Problem, das von anthropogenen Emissionen und ihren Folgen ausgeht, hinlänglich gut lösen. Zu geringe Effektivität ist bei vielen Umweltabkommen endemisch, und es besteht die Befürchtung, dass das auch beim Klimaschutz nicht anders ist. Aber einmal unterstellt, die Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls würden erfüllt und die Emissionen der Industriestaaten im Jahre 2012 lägen ca. 5 Prozent unter dem Niveau von 1990. Das wäre durchaus eine wichtige Nachricht, denn erstmals würden aufgrund *politischer* Vorgaben die Emissionen absolut sinken. Zudem wären die Einsparungen faktisch höher als das, was nominell reduziert würde, da bis 2012 die Emissionen ohne Klimaschutz im Trend weiter gestiegen wären - auch sie würden vermieden. Trotzdem wäre die Effektivität des Protokolls gering, denn eine nennenswerte Dämpfung des anthropogenen Treibhauseffektes wäre selbst dann nicht zu erwarten: Modellrechnungen gehen von einem nur um 0,1 Grad C reduzierten Treibhauseffekt aus. Da aber in Marrakesch das Pflichtheft für einige Staaten dünner geworden ist, wird auch bei vollständiger Implementierung des Kyoto-Protokolls nur eine Reduktion von noch insgesamt 1 - 2 Prozent der Emissionen erreicht. Ein solcher Wert, der in der Schwankungsbreite der Emissionsberechnungen liegt, trägt nichts Kalkulierbares zum Klimaschutz bei. Das

Problem der fehlenden Wirksamkeit des Protokolls kann auch nicht einfach dadurch gelöst werden, dass auf anstehende größere Schritte zu Reduktionsmaßnahmen mit mehr Beteiligten hingewiesen wird (so Grubb; Depledge, 2001). Denn es ist offen, ob es dazu angesichts einer schwindenden Begeisterung für das Kyoto-Protokoll kommen wird und welche Ziele man für künftige Verpflichtungsperioden überhaupt anvisieren kann. Aber selbst wenn es gelänge, diese Hürden zu nehmen und die Diskussionen über eine Verschärfung des Protokolls würden beginnen, wäre ein weiteres Problem des Klimaschutzes nicht gelöst: Effektiven Klimaschutz zu definieren und ihn umzusetzen. Effektiv ist er nur, wenn er gemäß KRK eine *gefährliche* anthropogene Störung des Klimasystems verhindert. Das wirft Fragen auf, die bislang nicht explizit in den Verhandlungen zur Sprache gebracht wurden und auch für Wissenschaftler, die im Rahmen des IPCC dazu arbeiten, (vielleicht zu) harte Nüsse sind: Wann beginnt eine gefährliche Erwärmung der Atmosphäre, wo liegt das Niveau der atmosphärischen Konzentrationen, das nicht überschritten werden darf, weil jenseits Gefahren lauern? Welche Emissionsmenge ist dann noch zulässig? Wo sind die wirtschaftlich trag- und politisch konsensfähigen Kriterien und Wege, um diese verbleibende Menge an noch ungefährlichen Emissionen auf die Staaten zu verteilen? Ob es gelänge, hier zu einem wissenschaftlichen und dann auch noch zu einem politischen Konsens zu finden, steht dahin. Denn "gefährlich" ist kein rein wissenschaftlich ableitbarer, objektiver Begriff, sondern er verweist auf eine Risikobewertung, in die subjektive und gesellschaftliche Wertvorstellungen und Interessen einfließen. Deshalb wurde von einigen Staaten dieses Wort in die KRK eingefügt, um bei Bedarf durch Diskussionen über das "wirkliche Ausmaß" der Gefahr sowie über die Möglichkeit, durch Anpassung an ein verändertes Klima die Gefahren zu minimieren, ihnen zu weitgehende Ziele des Klimaschutzes zu blockieren. So könnte der Versuch, über eine naturwissenschaftliche Diskussion der gefährlichen klimatischen Veränderung zu einem effektiven Klimaschutz zu kommen, sollte er offiziell Gegenstand der Verhandlungen werden, den gesamten Verhandlungsprozess thematisch überladen und hemmen. Aber auch wenn dieser Weg aus taktischen Gründen oder angesichts wissenschaftlicher Unsicherheiten nicht beschritten würde, ist das Problem unstrittig: Soll den schon qualitativ erkennbaren Gefahren der Klimaänderungen ausgewichen werden, erfordert ein effektiver Klimaschutz auf jeden Fall einen weit drastischeren Abbau der THG-Emissionen, als er bislang in den Verhandlungen anvisiert wurde. In der Diskussion sind globale Reduktionsziele, bezogen auf das heutige Niveau, von bis zu 80 Prozent der THG-Emissionen innerhalb von 5 bis 10 Dekaden.³² Wenn sich ein Klimaschutzregime, das diesen Ansprüchen an Effektivität gerecht wird, bislang nicht abzeichnet, liegt das an der Dimension der Herausforderung, die alle bisherigen Ansprüche an eine politische Steuerung des Globus übersteigt.

³² Vgl. Hasselknappe et. al., International views; die EEA spricht von 50 - 70 %, vgl. Environmental signals 2002.

4.6 Dimension

Um das Klimasystem zu schützen, muss es zu einem globalen, revolutionären, politisch gewollten, kooperativ und erfolgreich gesteuerten Abbau der Emissionen kommen. Dabei kommt dem Energiesektor die wichtigste Rolle zu. Klimapolitik ist zum größten Teil Energiepolitik. Bislang gibt es keinerlei Erfahrungen, wie eine solches globales Umsteuern der Energiesysteme vonstatten gehen könnte, und es gibt auch kein Konzept, das plausibel darlegt, mit welchen wirtschaftlichen, technischen und politischen Institutionen und Instrumenten und zu welchen Kosten die immer größer werdende Lücke geschlossen werden kann, die sich zwischen der Zielvorgabe von Klimapolitik und dem globalen Energietrend auftut. So wie es beim IPCC einen breiten Konsens über die Notwendigkeit eines drastischen Abbaus der THG-Emissionen gibt, so herrscht unter den internationalen Energieexperten die Meinung vor, dass die Emissionstrends, zumindest von CO₂, auch für die nächsten Dekaden weiter nach oben zeigen werden (vgl. Kübler, 2002). Zwar reduziert sich die Kohlenstoffintensität der Weltwirtschaft, gemessen in Tonnen CO₂ pro Einheit Bruttosozialprodukt (BSP), pro Jahr geringfügig. Jedoch führt das wachsende globale BSP dazu, dass die Emissionen absolut steigen. Wie diese Lücke zwischen dem Ziel und dem Emissionstrend, der tief in den Lebens- und Produktionsweisen verwurzelt ist, auch nur halbwegs geschlossen werden kann, ist eine bisher unbeantwortete Frage. Auch in Deutschland gibt es keinen vollständigen Konsens, wie eine effektive und effiziente Klimastrategie aussieht, trotz relativ günstiger technischer sowie wirtschaftlicher Randbedingungen und wissenschaftlicher Instrumente, mit deren Hilfe sich konkurrierende Strategien zur Emissionsminderung auf ihre ökologischen, wirtschaftlichen und energietechnischen Auswirkungen hin analysieren und vergleichen lassen (vgl. Wagner; Stein, 1999). Was eine global "nachhaltige Energieversorgung" ausmacht, die neben Klimaschutz auch anderen Zielen gerecht werden muss (vgl. Eich; Hake, 2002), ist weit von einem Konsens entfernt. Energiepolitik, die dem Klimaschutz dienen soll, ist heute oft von politischen Zielen geformt, die in diversen gesellschaftspolitischen, ökonomischen und Einzelinteressen wurzeln und einer volkswirtschaftlich optimalen Reduktion der THG-Emissionen im Wege stehen.

Die Diskussionen über Konzepte, die Zukunft des globalen Energiesystems zu gestalten, sind bereits gut drei Jahrzehnte alt und werden von diversen Problemlagen und Interessen angetrieben. Viele Konzepte treffen sich, meist aus sicherheits- oder umweltpolitischen Gründen, in dem Ziel, den globalen Energieverbrauch zu reduzieren. Bislang ist das nicht ernsthaft versucht worden. Ob es angesichts des Klimaproblems den dafür notwendigen Konsens geben wird, ist alles andere als sicher. Zweifellos haben die KRK und das Kyoto-Protokoll erneut den Blick auf die Dimension der Herausforderung gelenkt. Ob sie einen Beitrag leisten, sie zu bewältigen, wird wegen der in der Klimapolitik politisch gewollten Fokussierung auf wenige Energiesysteme unterschiedlich bewertet. Sicher ist nur: Auch am Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls werden die langfristigen Klimaschutzziele und die globalen Emissionen aus dem Energiesektor weiterhin auseinanderlaufen.

5 Das Kyoto-Protokoll: Eine Sackgasse des Klimaschutzes?

Die jüngste, wenig erfolgreiche COP 8 in Neu Delhi hat mit aller Deutlichkeit die Ratlosigkeit zutage gebracht, wie die internationale Klimaschutzstrategie erfolversprechend vorangebracht werden kann. Auf den vertrauten Wegen der Ausgestaltung von Protokollen haben die Delegierten einige Bereiche weiter verregelt, aber nur wenige Ergebnisse erzielt, die dem Klimaschutz tatsächlich dienen. Sie betreffen vor allem die Klärung technischer Details der flexiblen Mechanismen, von Finanzierungsfragen und die Form der Berichterstattung. Insgesamt sind jedoch die optimistischen Erwartungen, bald ein effektives, politisch akzeptiertes Klimaschutzregime aufbauen zu können, wiederum enttäuscht worden. Katerstimmung macht sich breit. Von den großen Konferenzen wird immer weniger erwartet, dass sie entscheidende politische Impulse geben. Man wird bescheiden. Wenn es zu keinem Rückschritt kommt, gilt dies bereits als Fortschritt,³³ und als der wesentliche Erfolg der COP 8 wird gesehen, dass nun zaghaft mit der Diskussion über die Zeit nach dem jetzigen Protokoll (Kyoto-Plus) begonnen wurde.³⁴ Ob sie mehr substanzielle Ergebnisse bringen wird als die Verhandlungen über das Kyoto-Protokoll, darf angesichts der Erfahrungen der letzten fünf Jahre in Zweifel gezogen werden. Bereits das jetzige Protokoll und seine Umsetzung hinterlassen den Eindruck, die Probleme des Klimaschutzes nicht erfolgreich adressieren zu können. Mit Kyoto Plus könnten sie sich weiter potenzieren. Zudem haben die USA ihre passive Beobachterrolle in den Verhandlungen aufgegeben. Sie bekräftigen nun nicht mehr nur ihre Absage an das Protokoll, sondern versuchen aktiv, seine weitere Entwicklung zu blockieren und andere Staaten davon zu überzeugen, ihrem Beispiel zu folgen. Durch das Forcieren der Debatte über ein Kyoto-Plus wurden außerdem Konfliktlinien zwischen der ohnehin brüchigen Allianz zwischen EU und den Entwicklungsländern deutlich, die sich weiter verschärfen dürften. Während die EU die Dynamik des Klimaregimes erhalten will, fürchten die Entwicklungsländer, mit Reduktionsverpflichtungen konfrontiert zu werden, die ihrem primären Ziel, wirtschaftlich - sozialer Entwicklung, im Wege stehen. Hier kann sich eine schwere Konfrontation entwickeln (vgl. Ott, 2003), die das Potenzial hat, das Klimaschutzregime ins Wanken zu bringen. Ganz generell zeigte sich in Delhi das Auseinanderbrechen vertrauter Verhandlungsgruppen und die Zunahme nationalstaatlicher Partikularinteressen. Auch dies wird die effektive Umsetzung des Protokolls erschweren.

Diese sich abzeichnende Krise der Klimaschutzpolitik bietet jedoch einen Ansatzpunkt, um Ausschau zu halten nach Alternativen.

Vorerst noch vor allem in kleinen Zirkeln und einzelnen Publikationen, wird über die Schwächen des Protokollansatzes diskutiert und nach neuen innovativen Wegen im Klimaschutz gesucht. Evans (Evans, 2002) fasst die acht prominentesten Alternativstrategien zusammen und bewertet sie an den Kriterien der Effektivität und ihrer

³³ Vgl. die Stellungnahme zur COP 8 des Wuppertal-Instituts: www.wupperinst.org/COP8/.

³⁴ Vgl. u.a. Bewertung durch das Pew Center unter http://www.pewclimate.org/cop8/index_c.cfm.

Durchführbarkeit. Darüber hinaus nennt er drei Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit eine Strategie Aussicht auf Erfolg hat: Erstens, die Festlegung einer maximalen atmosphärischen Treibhausgaskonzentration; zweitens, einen vertraglichen Rahmen, der die Emissionsmengen einzelner Staaten festlegt und der sich auf das langfristige Ziel ausrichtet, allen Vertragsstaaten gleiche Emissionsrechte zuzugestehen, und drittens die Vereinbarung eines Zeitplanes zur Umsetzung der Strategie. In den diskutierten Alternativansätzen zu Kyoto dominieren mit unterschiedlicher Gewichtung Konzepte, die sich ausrichten auf die Flexibilisierung von Maßnahmen, den Einsatz ökonomischer Steuerungsmechanismen, die Differenzierung von Klimaschutzstrategien nach einzelnen Sektoren und die Einbindung von Entwicklungsländern. Keiner der analysierten Alternativstrategien erfüllt vollständig den von Evans aufgestellten Kriterienkatalog. Allerdings beinhalten auch Evans Kriterien einer erfolgreichen Klimaschutzpolitik ein fundamentales Defizit. Denn sie stellen bei genauem Hinsehen exakt die Ziele dar, die letztlich durch das Kyoto-Protokoll erreicht werden sollen. Insbesondere bei der Festlegung der Treibhausgasemissionen, der Schaffung eines konstitutionellen Rahmens der gerechten Verteilung globaler Emissionsrechte und -pflichten sowie bei dem verbindlichen Zeitrahmen entzündeten sich die aktuellen politischen Debatten, auch wenn sie sich häufig hinter kleineren Teilgefechten und Scharmützeln über technische Detailfragen der Emissionsberechnung, Implementierung, Finanzierung und Kontrollverfahren verstecken. Die Debatte um Alternativen zum Kyoto-Protokoll zeigt einmal mehr, wie schwierig die Thematik ist, wie hoch die Anforderungen an Politik und Wissenschaft sind, einen Lösungsweg zu entwickeln.

Eines scheint sicher: Konzepte, die sich bei der Lösung eines bestimmten Umweltproblems als erfolgreich erwiesen haben, sind nicht eins zu eins anwendbar auf andere Probleme. Zu speziell, anders oder komplexer ist die Problemstellung, zu einflussreich sind die situativen Handlungsbedingungen. Hat sich der Protokollansatz in einigen Fällen, wie beispielweise beim Schutz der Ozonschicht oder bei einigen regionalen Meeresschutzabkommen, als erfolgreich herausgestellt, ist dies beim Klimaschutz bisher nicht der Fall. Trotzdem gehen die Meinungen darüber auseinander, ob das Kyoto-Protokoll in einer Sackgasse ist. Die engagierten Staaten sehen keine Alternative und fürchten, ohne das Protokoll wieder beim Ausgangspunkt der Verhandlungen und damit wieder am Anfang einer substanziellen Klimaschutzpolitik zu stehen. Zwar bleibt dann immer noch die Klimarahmenkonvention als Grundlage. Sie ist jedoch so vage formuliert, dass sie zwar Orientierungslinien für künftige Strategien liefert, allein aber keine hinreichende rechtlich-materielle Basis bietet.

Nur an der einmal eingeschlagenen Strategie festzuhalten zu wollen, löst aber nicht die Probleme und mindert nicht die Risiken der Strategie. Und die Fixierung auf ein Kyoto-Plus, das in den tradierten Strukturen bleibt, wird den erforderlichen Reformprozess weiter verzögern. Damit wären erneut viel Zeit, Geld und Engagement verbraucht, die effektiver in die Suche nach alternativen Strategien oder zumindest nach Reformen des Klimaschutzprozesses investiert werden könnten.

6 Perspektiven des Klimaschutzes

Welche Strategien und Wege gäbe es, um Klimaschutz konsensfähiger, effektiver und effizienter zu gestalten? Aus den Erfahrungen der letzten 15 Jahre Klimaschutzdiplomatie lassen sich einige Lehren ziehen, die hilfreich sind, um neue Perspektiven zu eröffnen.

Die erste lautet: "groß ist (nicht immer) schön". Obwohl der Klimawandel ein globales Problem ist, muss kritisch darüber diskutiert werden, ob eine Politik erfolgreich sein kann, die auf Lösungen im Rahmen weltweiter Gremien und Abkommen fixiert ist. Nicht zwangsläufig muss die Problem- der Lösungsebene entsprechen. Denn zu kontrovers sind häufig die Interessen der unterschiedlichen Vertragspartner, zu komplex der Verhandlungsgegenstand und zu vielfältig die natürlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten der Staaten. Auch wenn es wünschenswert ist, eine koordinierte globale, völkerrechtlich verankerte Anstrengung aller Staaten zur Bekämpfung des Klimawandels zu erreichen, stehen die Vorzeichen hierfür schlecht. Die Bewegung des Multilateralismus, die Anfang der 90er Jahre einen unerwarteten Aufschwung erlebte, legt derzeit auch im Klimaschutz eine Atempause ein. Die Verabschiedung des Kyoto-Protokolls und seine weitere Verregelung täuschen einen gemeinschaftlichen Willen vor, der in der Realität nicht existiert.

Eine zweite Lehre enthält die Maxime, dass Klimaschutz "einfach und flexibel" sein sollte. Dabei sollten Strategien weniger Gewicht als bisher auf Weltkonferenzen als Ort der politischen Entscheidungen und als Meilensteine des Erfolgs legen. Sie bleiben zwar Foren für Kommunikation und Orientierung. Als Orte, an denen in komplizierten Prozessen und mit komplexen Resultaten der kleinste gemeinsame Nenner für alle Entscheidungen gesucht wird, sind sie für die Bewältigung des Klimaproblems aber nur begrenzt geeignet. Erfolgreicher könnten "coalitions of the willings" sein (Reckemmer, 2002) oder ein „beweglicher Multilateralismus auf mittlerem Niveau“, wie ihn Sachs (Sachs, 2003) propagiert. Im Rahmen solcher Konzepte sind Kooperationen zwischen Staaten und Staatengruppen denkbar, die von dauerhaften, intensiv zusammenarbeitenden Kerngruppen bis hin zu thematisch und zeitlich begrenzten Aktionsprogrammen reichen. Solche Programme müssen nicht auf wenige Staaten begrenzt sein, sondern eine weltweite Mitgliedschaft ist möglich, etwa bei thematisch begrenzten, sektoralen Aktivitäten zum Klimaschutz. Solche Koalitionen könnten auch die Gefahr verringern, bei der Suche nach globalen Konsens im Gestrüpp von Interessen und Strategien zu verheddern, und sie könnten die Komplexität der Vereinbarungen und Programme begrenzen. Klärung bedarf bei solchen Konzepten die rechtliche Seite: Wie sollen bei zunehmender Flexibilisierung der Kooperationsstrukturen, sowohl thematisch als auch in Bezug auf die Teilnehmerzahl, die Implementierungskontrollen aussehen, wie die Emissionsreduktionen verifiziert und auf die Verpflichtungen angerechnet werden? Im Zuge einer Flexibilisierung der Politikstrategien wären verschiedene Grade der Verbindlichkeit von Vereinbarungen denkbar: So ist z.B. eine starke rechtliche Verbindlichkeit notwendig, um Entwicklungsländern die Sicherheit zu geben, dass sie bei Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen

men vom Norden unterstützt werden. Ob diese Verbindlichkeit immer für die Reduktionsziele notwendig ist, sollte hingegen kritisch diskutiert werden. Während die Bereitschaft auch in den Vorreiterstaaten vorhanden zu sein scheint, in einer (erhofften) Kyoto-Plus-Vereinbarung für Entwicklungsländer den Grad und die Verbindlichkeit der Verpflichtung anhand von sozio-ökonomischen Kriterien zu differenzieren, beharren diese Staaten für die hochentwickelten Industriestaaten insgesamt auf der völkerrechtlichen Verbindlichkeit. Hier sollte unvoreingenommen geprüft werden, ob es nicht überall erfolversprechende freiwillige koalitionäre Aktionsprogramme geben kann, die auf völkerrechtliche Verträge verzichten oder ihre Rolle stark begrenzen. Vorbilder gibt es, etwa bei der Kooperation zur Reinhaltung von Flüssen (vgl. Holtrup, 1999).

Eine dritte Lehre lautet: Anpassungsstrategien an einen möglichen (eventuell abrupten) Klimawandel müssen aggressiver als bisher analysiert und vorbereitet werden. Es spricht wenig dafür, dass es gelingt, die Emissionen so abzubauen, wie es die Ergebnisse der Modellrechnungen aus Gründen der Vorsorge nahe legen. Denn trotz erstaunlicher technischer Innovationen weisen weder die technologische Effizienz- und schon gar nicht die gesellschaftlichen Suffizienzstrategien in der realen Welt divergierender Interessen und Ziele die Potenziale zur Emissionsminderung auf, die sie in theoretischen Diskurs entfalten könnten.

Oft ist es leichter, die aktuellen Defizite zu analysieren, als Wege aus der sich abzeichnenden Krise des Klimaschutzes aufzuzeigen. Auch dieser Beitrag macht hier keine Ausnahme. Er hält keine Blaupause zur Lösung der Probleme bereit, sondern kann nur einige Denkanstöße geben und eine offene, sachliche Diskussion über die Zukunft der Klimaschutzpolitik anmahnen. Dafür ist die Zeit überreif.

7 Literatur

- Andresen, S. ;Kolshus, H. H.; Torvanger, A. (2002): The feasibility of ambitious climate agreements: Norway as an early test case. CICERO Working Paper 2002:03. Oslo.
www.cicero.uio.no/publications/detail.asp?publication_id=1959&lang=en.
- Baumert, K. A.; et al (2002): Building on the Kyoto-Protocol: Options for Protecting the Climate. World Resources Institute, Washington DC. www.wri.org.
- Benedick, R. E. (2001): Striking a New Deal on Climate Change, in: Issues in Science and Technology online, Fall 2001. www.nap.edu.
- Bodansky, D. (2001): The history of the global climate change regime. In: Luterbacher, U.; Sprinz, D. F. (eds.), International Relations, S. 23 - 42.
- Chandler, W.; et al (2002): Climate Change Mitigation in Developing Countries: Brazil, China, India, Mexico, South Africa, and Turkey. www.pewclimate.org/projects/dev_mitigation.pdf.

- Cochran, V. A.; Roy, M. (2001): Climate Change Legislation in the United States. In: Claussen, E. et al: Climate Change: science, strategies, & solutions. Leiden, Boston, S. 361-371.
- Date, S. D. (2002): Reading the Weathervane , Worldwatch Paper 160. Washington D.C., August 2002.
- Department of Energy (DOE); Energy Information Administration (2003): Voluntary Reporting of Greenhouse Gases 2001. February 2003.
www.eia.doe.gov/oiaf/1605/vrrpt/inex.html.
- Diekmann, A.; Preisendörfer, P. (1992): "Persönliches Umweltverhalten: Diskrepanzen zwischen Anspruch und Wirklichkeit", in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Vol. 44, 2/1992, S. 226-251.
- Eich, R.; Hake, J.-F. (2002): Nachhaltige Entwicklung und Energieversorgung. In: Stein, G. (Hrsg.): Umwelt und Technik im Gleichklang. Berlin, Heidelberg, New York, S.61-105.
- Evans, A. (2002): Fresh Air? Options for the Future Architecture of international Climate Change Policy. The New Economics Foundation. London.
www.neweconomics.org/uploadstore/pubs/freshair.pdf.
- Grubb, M.; Depledge, J. (2001): Viewpoint: The seven myths of Kyoto, in: Climate Policy, Vol. 2, 1/2001, pp. 269-272.
- Hasselknippe, H. ; et. al. (2001): International views on post-Kyoto climate policy implementation. Final Report. Institute for Environmental Studies (IVM). Amsterdam, November 29, 2001, W-01/22.
- Heinrichs, H. (2002): Politikberatung in der Wissensgesellschaft. Eine Analyse umweltpolitischer Beratungssysteme. Wiesbaden 2002.
- Henry Lee, H.; Cochran, V. A.; Roy, M. (2001): US domestic climate change policy, in: Climate Policy, Vol. 1, 3/2001, pp. 381-395.
- Holtrup, P. (1999): Der Schutz grenzüberschreitender Flüsse in Europa: zur Effektivität internationaler Umweltregime. Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH.
- Holtrup, P. (2003): Rethinking or Business as usual? Die USA und die internationale Umweltpolitik. In: Werner Krell, Jürgen Wilzewski (Hg.): Weltmacht vor neuer Bedrohung. Die Bush-Administration und die US-Außenpolitik nach dem Angriff auf Amerika, i. V..
- Kübler, K. (2002): 10 Jahre Energiepolitik und Klimaschutz: Hic sunt leones!, in: ZfE - Zeitschrift für Energiewirtschaft, Vol. 26, 2/2002, S. 135-142.
- Luterbacher, U.; Sprinz, D. F. (2001) (Eds.): International Relations and Global Climate Change. Cambridge/Mass, London.

- Luterbacher, U.; Sprinz, D. F. (2001): Conclusions. In: Dies. (eds.), *International Relations and Global Climate Change*, S. 297 - 307.
- Limbourg, M. (1999): Vom Umweltbewusstsein zum Umwelthandeln Vortrag bei der Fachkonferenz „Umweltschutz in Essen“ am 6. und 7. Mai 1999. www.uni-essen.de/traffic_education/texte.ml/Umwelt.html.
- Müller, B. (2002): Where justice and realism meet: a climate change solution?, in: *Open Democracy*, July 24, 2002. www.opendemocracy.net/forum/document_details.asp?CatID=99&DocID=1638&DebateID=177.
- Oberthür, S.; Ott, H. E. (2000): *Das Kyoto-Protokoll. Internationale Klimapolitik für das 21. Jahrhundert*. Opladen.
- Ott, H. E. (2003): Warning Signs from Delhi. Troubled Waters Ahead for Global Climate Policy. To be published under the title "Global Climate" in: *Yearbook of International Environmental Law*, Vol. 13 (2002), Oxford University Press 2003.
- Rabe, B. G. (2002): *Greenhouse & Statehouse: The Evolving State Government Role in Climate Change*. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change November 2002. www.pewclimate.org/projects/states_greenhouse.cfm.
- Rechkemmer, A. (2002): Globale Umwelt- und Entwicklungspolitik in der Krise?, *Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP), SWP-Aktuell 44*, Oktober 2002.
- Sach, K.; Reese, M. (2002): Das Kyoto Protokoll nach Bonn und Marrakesch, in: *Zeitschrift für Umweltrecht*, Vol. 13, 2/2002, S. 65-73.
- Sachs, W. (2003): Johannesburg 2002: Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung, in: *Das Magazin*, 14, 1/2003, S. 10-13.
- Schelling, T. (2002): What makes Greenhouse Sense?, in: *Foreign Affairs*, Vol. 81, 3/2002, S. 2-9.
- Sprinz, D. F.; Weiß, M. (2001): Domestic Politics and Global Climate Policy. In: Luterbacher, U.; Sprinz, D.F. (eds.), *International Relations*, S. 67 - 94.
- Starke, L. (ed.) (2002): *State of the World 2002. A Worldwatch Institute Report*. New York, London.
- Tews, K.; Busch, P.-O.; Jörgens, H. (2002): *The diffusion of new environmental policy instruments. FFU-report 01-2002*, Berlin. www.fu-berlin.de/ffu/Publikationen/index.htm.
- Voss, G. (2002): Kyoto und die Folgen: Ist der Emissionshandel eine Lösung? *Mittags-Workshop in der IW-Verbindungsstelle Brüssel*, 26.6.02. Institut der Deutschen Wirtschaft Köln.
- Wagner, H.-F.; Stein, G. (Hrsg.) (1999): *Das IKARUS-Projekt: Klimaschutz in Deutschland. Strategien für 2000 - 2020*. Berlin, Heidelberg, New York.

Ziesing, H.-J. (2003): Nur schwacher Rückgang der CO₂-Emissionen im Jahr 2002
Wochenbericht Nr. 8/2003, Vol. 70, DIW Berlin.

Ziesing, H.-J. (2002): Internationale Klimaschutzpolitik vor großen
Herausforderungen. In: Wochenbericht Nr. 34/2002, Vol. 69, DIW Berlin.

ENTWICKLUNG UND STAND- KLIMARELEVANTER EMISSIONEN - AUSWERTUNG VERFÜGBARER INTERNATIONALER UND NATIONALER TREIBHAUSGASSTATISTIKEN -¹

G. Voss; C. Wicenek

Forschungsstelle Ökonomie/Ökologie

Institut der deutschen Wirtschaft Köln

50968 Köln

E-mail: voss@iwkoeln.de

Zusammenfassung

Klimaschutz gehört zu den zentralen Aufgaben der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung. Klimaschutz ist eine internationale, globale Herausforderung, so dass alle Länder und Ländergruppen ihren Beitrag leisten müssen. Nach Ansicht der Klimaforscher müssen die CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas entstehen und das Klima beeinflussen können, drastisch gesenkt werden.

Zur Überwachung und Dokumentation der Emissionsentwicklungen stehen heute eine Reihe miteinander verknüpfter, aber nicht in jedem Falle kompatibler Datensammlungen zur Verfügung. Zur Beurteilung der Entwicklungen in Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es nur sehr wenige Emissionsdaten, da vor allen Dingen die Industrienationen an dem Prozess der Emissionsminderung teilnehmen und Emissionsinventare nur allmählich auch von den Entwicklungsländern vorgelegt werden. Ausgewertet wurden in der vorliegenden Studie Statistiken der OECD, der IEA, des Klimasekretariats, der Europäischen Kommission, des Umweltbundesamtes, der interministeriellen Arbeitsgruppe Klimaschutz, des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW), des Statistischen Bundesamtes und des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI). Aus diesen Datensammlungen lassen sich folgende Aussagen treffen:

Abgesehen von den Sonderentwicklungen in der ehemaligen UdSSR und den osteuropäischen Transformationsländern und wenigen Ländern der EU, gibt es derzeit keine Region auf der Erde, in der mit einer absoluten, länger anhaltenden Senkung der CO₂-Emissionen gerechnet werden kann. Im Gegenteil, die Emissionen haben fast überall spürbar zugenommen. Die weltweiten CO₂-Emissionen lagen 1998 mit

¹ Die Studie wurde im Auftrag des Forschungszentrums Jülich erstellt und im August 2001 abgeschlossen.

22,7 Milliarden Tonnen CO₂ um 6,7 Prozent über dem Wert von 1990. Allein die OECD-Länder haben ihre Emissionen in diesem Zeitraum sogar um 8,7 Prozent erhöht.

Besonders kräftig zugelegt haben vor allen Dingen die Großemittenten wie die USA und Japan. Die Amerikaner stellen inzwischen knapp ein Viertel der weltweiten CO₂-Emissionen. Geradezu mustergültig ist dagegen die deutsche CO₂-Bilanz. Zwischen 1990 und 1998 sind in Deutschland die CO₂-Emissionen um 11,4 Prozent zurückgegangen. Nach neuesten Erhebungen hat sich diese Entwicklung bis zum Jahr 2000 fortgesetzt, so dass das heutige Emissionsniveau sogar um 15 Prozent unter dem Wert von 1990 liegt. Das nationale Ziel, die CO₂-Emissionen bis 2005 um 25 Prozent einzuschränken, ist damit allerdings noch nicht erreicht.

Vergleichbare Entwicklungen hat es nur noch in drei anderen Ländern Europas gegeben. Dazu gehören Luxemburg (-31,3 Prozent), Großbritannien (- 4,0 Prozent) und die Schweiz (- 0,8 Prozent). Von der absoluten Menge her sind diese Reduktionen allerdings relativ gering. Während in Deutschland die CO₂-Emissionen um 110 Millionen Tonnen zurückgegangen sind, lagen die Reduktionen in Luxemburg bei 3,8 Millionen Tonnen, in der Schweiz bei 0,3 Millionen Tonnen und in Großbritannien bei 23 Millionen Tonnen.

Bei der Gestaltung einer vorsorgenden, nachhaltigen Klimapolitik, die auf einen Ausgleich zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Belangen setzt, kann allerdings das Ziel einer absoluten Senkung der CO₂-Emissionen nicht allein im Vordergrund stehen. Ein wichtiger Maßstab nachhaltiger Entwicklungen ist die Entkopplung der CO₂-Emissionen vom Wirtschaftswachstum. Hier liefern die Statistiken einen positiveren Ausblick: Weltweit haben sich die CO₂-Emissionen je US-Dollar BIP von 1990 bis 1998 um 11,2 Prozent verringert.

Die Kehrseite dieser Entwicklung ist allerdings, dass die spezifischen Verbesserungen nicht ausgereicht haben, um die weltweiten CO₂-Emissionen absolut zu senken. Das hat zwei Gründe:

Zum einen gehen die spezifischen Verbesserungen in vielen Industrieländern noch nicht weit genug. Es gibt noch Spielräume, die ökonomisch und ökologisch ausgeschöpft werden könnten: Gemessen an dem realisierten Entkopplungsgrad ist vor allem in Japan noch Spielraum gegeben. Entsprechend geringe Entkopplungen sind auch in EU-Ländern wie Griechenland, Italien, Spanien zu beobachten.

Zum anderen steigen in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern die Emissionen nicht nur absolut, sondern auch spezifisch. Der wirtschaftliche Aufbau ist dort begleitet von energieintensiven Wachstumsprozessen, so dass die CO₂-Emissionen auch pro Einheit des Sozialproduktes steigen.

Die Nicht OECD-Länder, zu denen die meisten Schwellen- und Entwicklungsländer gehören, können aber nicht über einen Kamm geschoren werden. Insgesamt sind in diesen Ländern die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 1998 mit 4,1 Prozent sogar

langsamer gewachsen als in den OECD-Ländern. Auch die spezifischen Verbesserungen liegen über den Werten der OECD-Länder.

Diese Durchschnittswerte sind aber keinesfalls repräsentativ. Wie unterschiedlich die Entwicklungen laufen können, zeigen allein die Länder China und Indien. China hat durch die gezielte Anwendung moderner Techniken bei der Energienutzung das Wachstum der CO₂-Emissionen durch eine Verbesserung der Energieeffizienz begrenzt. Dagegen verzeichnet Indien drastische Steigerungen der CO₂-Emissionen bei nur geringen Effizienzverbesserungen.

So müssen in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern die Prozesse der Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen erst noch in Gang gebracht werden. Der Schlüssel dafür liegt beim Technologietransfer.

Wäre zwischen 1990 und 1998 weltweit der Entkopplungsgrad zwischen Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen realisiert worden, wie er in Deutschland erreicht wurde, dann könnten die weltweiten CO₂-Emissionen heute um gut 3 Milliarden Tonnen niedriger liegen.

Um zukünftig eine solche globale Entkopplung zu erzielen, besteht heute besonderer Forschungsbedarf bei der Entwicklung von Klimaschutzstrategien, die sowohl Industrie-, wie auch Schwellen- und Entwicklungsländer integrativ berücksichtigen. Ausgangspunkt könnte eine vergleichende Analyse der wichtigsten Bedürfnisfelder in den verschiedenen Ländergruppen sein, wobei Deutschland, China und Indien exemplarisch untersucht werden könnten.

1 Einführung

Klimaschutz gehört zu den globalen umweltpolitischen Aufgaben, für die internationale Lösungen gefunden werden müssen. Ein erster Meilenstein für die internationale Klimaschutzpolitik ist die **Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen**, die im Juni 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet wurde und am 21. März 1994 in Kraft trat. Das allgemeine Ziel der Konvention lautet: „Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau, das gefährliche menschliche Einflüsse auf das Klimasystem verhindert.“ Diese Konvention wurde inzwischen von 166 Staaten unterzeichnet.

Der zweite bedeutende Meilenstein der internationalen Klimapolitik ist das **Protokoll von Kyoto**, das auf der 3. Vertragsstaatenfolgekonferenz der Konvention im japanischen Kyoto am 11. Dezember 1997 verabschiedet wurde. Dieses Protokoll legt genaue Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen fest. Es sieht vor, dass die im Anhang B des Protokolls erwähnten Nationen (Annex B-Staaten) ihre Emissionen von 6 Treibhausgasen und Treibhausgasgruppen (Kohlendioxid [CO₂], Methan [CH₄], Distickstoffmonoxid [N₂O], perfluorierte Kohlenwasserstoffe [HFCs], fluorierte Kohlenwasserstoffe [PFCs] und Schwefelhexafluorid [SF₆]) im Zeitraum von 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent gemessen am Jahr 1990 mindern sollen.

Die im Kyoto-Protokoll neben dem Kohlendioxid genannten anderen Treibhausgase werden zwar in weit geringerer Menge emittiert, sie besitzen aber ein deutlich höheres Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential; GWP) (Tab. 1). Das Kyoto-Protokoll und mit ihm die festgelegten Verpflichtungen treten jedoch erst in Kraft, wenn mindestens 55 Staaten das Protokoll ratifiziert haben, davon so viele Annex-I-Staaten, dass diese mindestens 55 Prozent der Kohlendioxidemissionen der Industrienationen des Jahres 1990 abbilden.

Tabelle 1: Treibhauspotenzial der 6 Kyoto Gas(gruppen)

Treibhausgas	GWP
CO ₂	1
CH ₄ ¹⁾	21
N ₂ O	310
HFCs	140 – 11.700 ²⁾
PFCs	6.500 – 9.200 ²⁾
SF ₆	23.900

¹⁾ Der GWP-Wert von Methan enthält indirekte Effekte der troposphärischen Ozon- und stratosphärischen Wasserdampfbildung; ²⁾ substanzabhängig; Quelle: IPCC, 1995

Bislang haben 84 Staaten das Protokoll unterzeichnet. Ratifiziert wurde es bereits von 60 Staaten. Wann das Protokoll in Kraft treten kann, ist derzeit schwer abzusehen, da sich das emissionsstärkste Land, die USA, noch weigert, konkrete Reduktionsverpflichtungen zu übernehmen. Die USA emittieren 25 Prozent der globalen CO₂-Emissionen.

Als wissenschaftliche Orientierung der internationalen Klimaschutzverhandlungen dienen die Ausarbeitungen des **Intergovernmental Panel on Climate Change** (IPCC). Das IPCC wurde 1988 von der World Meteorological Organization (WMO) und dem United Nations Environment Programme (UNEP) gegründet. Seine Aufgabe ist es, die naturwissenschaftlich-technischen und sozioökonomischen Informationen zusammenzutragen, die zum Verständnis des anthropogenen Einflusses auf das Klima relevant sind.

Besondere politische Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang den Assessment Reports zu, die eine Zusammenfassung der aktuellen Erkenntnisse der drei IPCC-Arbeitsgruppen darstellen. Nach zwei vorangegangenen Reports in den Jahren 1990 und 1995 liegt seit einiger Zeit der Third Assessment Report (TAR) als Entwurf vor. Seine Fertigstellung ist für das Jahr 2001 geplant und stellt eine Synthese der Inhalte dar, die die Arbeitsgruppen des IPCC als Teilreporte zusammengestellt und bereits verabschiedet haben. Zusätzlich erstellten die Arbeitsgruppen für ihren jeweiligen Teilbereich eine Zusammenfassung für Entscheidungsträger (Summary for Policy Makers).

Im folgenden soll eine kurze Übersicht über die Aussagen dieser aktuellen Zusammenfassungen gegeben werden:

Arbeitsgruppe I, zuständig für die naturwissenschaftlichen Aspekte des Klimageschehens und des Klimawandels:

Der Report „Climate Change 2001: The Scientific Basis“, der am 20.01.2001 von der Arbeitsgruppe verabschiedet wurde, stellt fest, dass die verbesserten Klimamodelle einheitlich eine Erwärmung der Welt diagnostizieren, wobei die Temperaturveränderungen schneller zu erwarten sind, als in früheren Reports dargestellt. Weitere Schlüsselaussagen sind: Der größte Teil der in den vergangenen 50 Jahren beobachteten Erwärmung lässt sich auf menschliche Aktivitäten zurückführen. Die Kohlendioxidkonzentration der Atmosphäre hat nach Feststellung des Reports seit Mitte des 18. Jahrhunderts um 31 Prozent zugenommen. Bis 2100 soll die globale Oberflächentemperatur gemessen am Jahr 1990 um 1,4 bis 5,8 °C ansteigen. Zudem sollen die Luftfeuchtigkeit und die Niederschläge zunehmen (vor allem in der Nordhemisphäre) sowie der Meeresspiegel in der Periode von 1990 bis 2100 um 0,09 bis 0,88 Meter ansteigen.

Arbeitsgruppe II, zuständig für die Untersuchung, die Reaktionen des Klimawandels auf Ökosysteme, die menschliche Gesundheit und den sozioökonomischen Sektor:

Der Report „Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability“ wurde am 16.2.2001 von der Arbeitsgruppe II verabschiedet. Der Report stellt fest, dass ein Klimawandel im prognostizierten Umfang möglicherweise zu irreversiblen Veränderungen im großen Maßstab führen könnte. Vor allem werden Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung, die Landökosysteme und die menschliche Gesundheit erwartet.

Weitere Schlüsselaussagen sind: Prognostizierter Rückgang der landwirtschaftlichen Produktivität in Asien und Afrika, Wasserknappheit in einer Reihe von Regionen, härtere Dürren in Südeuropa, Zunahme der Sturmschäden und der Küstenerosion an der Ostküste der USA, Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie etwa Malaria. Die kleinen Inselstaaten wären besonders betroffen. Die Entwicklungsländer würden die größten Schwierigkeiten haben, sich dem Klimawandel anzupassen.

Arbeitsgruppe III, zuständig für die Untersuchung der wissenschaftlichen, technischen, sozialen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einer Minderung des Klimawandels:

Der Teilreport „Climate Change 2001: Mitigation“ wurde von der Arbeitsgruppe am 3.3.2001 verabschiedet. Der Report bewertet zusammenfassend die verschiedenen Optionen der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Bewertet wurden die verfügbaren Technologien zur Emissionskontrolle, die Möglichkeiten der Industrie und des Energiesektors zur Nutzung „sauberer“ Energieträger sowie der Senkenbeitrag von Land- und Forstwirtschaft. Diskutiert werden no-regret-Strategien sowie die Kosten anderer Wege der Emissionsreduktion.

Tabelle 2: Geschätzte Minderungspotenziale der Treibhausgase und Kosten 2010 und 2020¹⁾

Sektor	Emission 1990 [Mill. tC _{eq} /Jahr]	C _{eq} -Wachstumsrate 1990-1995 [%/a]	Reduktionspotenziale 2010 [Mill. tC _{eq} /Jahr]	Reduktionspotenziale 2020 [Mill. tC _{eq} /Jahr]	Minderungskosten [US \$/tC _{eq}]
Gebäude ²⁾	1.646	1,0	700-750	1.000-1.100	Überwiegend wirtschaftliche Maßnahmen
Verkehr	1.078	2,4	100-300	300-700	Nettokosten überwiegend unter 25 USD/tC
Industrie-Energieeffizienz -Material-effizienz	2.293	0,4	300-500 ~200	700-900 ~600	Über die Hälfte der Maßnahmen ist zu negativen Kosten verfügbar, Kosten sind unsicher
Landwirtschaft	1.360-3.040 ³⁾		150-300	350-750	Überwiegend verfügbar zu Kosten < 100 US \$/ tC _{eq}
Abfallwirtschaft	240	1,0	~200	~200	Etwa 75 % des Potenzials ist wirtschaftliche Methanrückgewinnung aus Depo-nien
Energie-wirtschaft ⁴⁾	1.620	1,5	50-150	350-700	Wissenschaftliche Maßnahmen sind verfügbar, viele Optionen liegen < 100 US \$/tC _{eq}

¹⁾ Emissionsabschätzungen für die sechs im Kyoto-Protokoll geregelten THG-Emissionen liegen bei 11.500 – 14.000 * 10⁶ tC_{eq} für 2010 und 12.000 - 16.000 * 10⁶ t C_{eq} für 2020. Die Potenziale berücksichtigen nur Maßnahmen mit Kosten unter 200 US \$/tC_{eq}; ²⁾ Einschließlich der Ausrüstung mit Geräten; ³⁾ Die Bandbreite wird im wesentlichen durch die großen Unsicherheiten bei den CO₂- und N₂O-Emissionen aus Bodenprozessen bedingt; ⁴⁾ Im wesentlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, emissionsarme/-freie Energieträger und CO₂-Lagerung; Quelle: BMU, 2001; IPCC 2001

Gegenstand des Reports ist auch die Frage, wie politische, kulturelle und institutionelle Barrieren im Klimaschutz überwunden werden können. Der Bericht stellt heraus, dass vorsorgender Klimaschutz auf sehr unsicheren wissenschaftlichen Grundlagen aufbauen muss. Gleichwohl stellt der Bericht fest, dass global eine große Zahl kosteneffektiver Lösungen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen existieren (Tab.2).

Die Autoren des Reports betonen, dass die Wahl der Energieträger für die künftige Energieversorgung sowie die Investitionen in den Energiesektor der entscheidende Faktor eines vorsorgenden Klimaschutzes sein muss. Entsprechende technische Lösungen seien allerdings auch in den vergangenen fünf Jahren deutlich schneller voran gekommen, als angenommen. Für die Zukunft misst der Bericht der Effizienz des Endenergieverbrauchs besondere Bedeutung zu, da ihr die Hälfte des Potenzials der Emissionsreduktion zwischen 2010 und 2020 zugeschrieben wird. Betont werden die Potenziale der no-regret-Strategien, bei denen sowohl der Klimaschutz gesteigert als auch Geld eingespart werden kann. Zur Umsetzung bedarf es jedoch nach Feststel-

lung der Arbeitsgruppe sozioökonomischer und institutioneller Veränderungen, die politisch nur schwer durchzusetzen sind.

Neben den Arbeitsgruppen hat das IPCC auch eine **Task Force National Greenhouse Gas Inventories** eingerichtet, die die Treibhausgasinventare aus den nationalen Programmen bearbeitet. Diese vom IPCC aufbereiteten nationalen Daten werden wiederum dem UN-Klimasekretariat zur Verfügung gestellt, das diese Datenbasis zur Kontrolle der Kyoto-Reduktionsverpflichtungen unterhält.

Mit der wachsenden Intensität der Klimaschutzverhandlungen hat auch der Bedarf von detaillierten Treibhausgasstatistiken zugenommen. Das hat zu einer Reihe von Datensammlungen geführt, die im folgenden beschrieben und ausgewertet werden sollen.

Die Datensammlungen sind bezüglich ihres institutionellen Ursprungs eng miteinander verbunden. Denn die Nationalstaaten unterliegen im Rahmen des internationalen Klimaschutzes bestimmten Berichtspflichten gegenüber internationalen Institutionen. Diese Institutionen (OECD/IEA, IPCC, Klimasekretariat, EU-Kommission) sammeln jedoch nicht nur Daten, sondern bereiten diese nach festgelegten Schemata auf, um auch ein Monitoring der Emissionsentwicklung zu gewährleisten.

Innerhalb der Nationalstaaten existieren zudem eine Reihe von Institutionen, die mehr oder weniger offizielle Emissionsstatistiken erarbeiten, die in vielen Fällen in nationale Emissionsberichte aufgenommen werden.

2 Auswertung der internationalen Emissionsstatistik

Eine mehr oder weniger umfassende und konsistente Statistik der weltweiten CO₂-Emission hat die OECD vorgelegt. Diese Statistik, die ausschließlich die Entwicklung der CO₂-Emissionen, die rund 50 Prozent des Treibhauspotenzials stellen, dokumentiert, wird durch die Emissionsdaten des Klimaschutzsekretariats ergänzt. Die Daten des Klimaschutzsekretariats bieten auch einen Überblick über andere klimarelevanten Emissionen. Die EU, die bei den Klimaverhandlungen als Länderblock auftritt, hat inzwischen ein eigenes Berichtssystem aufgebaut, das sich teilweise in die Berichtssysteme der OECD/IEA und des Klimasekretariats einfügt.

2.1 OECD/IEA Statistik

Die OECD bzw. IEA hat im Jahr 2000 eine Datensammlung der Kohlendioxidemissionsentwicklung von 140 Ländern in den Jahren 1971 bis 1998 veröffentlicht (OECD, IEA, 2000). Diese Statistik ist derzeit die umfassendste Quelle für internationale Kohlendioxidemissionsdaten. Die OECD hält sich dabei eng an die offiziellen Methoden des IPCC zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen, betrachtet aber entgegen den Kyoto-Vereinbarungen nicht sechs, sondern nur ein Gas (CO₂), wobei unterstellt

wird, das dieses Gas auch die größte Bedeutung für einen potenziellen Klimawandel besitzt.

Die Abschätzung der Emissionen erfolgt im Rahmen dieser Statistik unter Benutzung der Rechnungen zu den IEA Energiebilanzen sowie den gängigen Methoden und -Emissionsfaktoren, die den „Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories“ entnommen wurden. Obwohl eine enge Zusammenarbeit zwischen IEA und IPCC und damit dem Klimasekretariat existiert, weichen die Daten in Einzelfällen aus verschiedenen Gründen von den Treibhausgasinventaren ab, die diese Staaten dem Klimasekretariat übersandt haben und die diese publiziert. Die Durchschnittsdifferenz bewegt sich im Rahmen von ca. 5 Prozent. Darüber hinaus gehende Abweichungen der IEA Daten von denen des Klimasekretariats werden wie folgt begründet:

- Energieverbrauchsdaten wurden den IEA Energiebilanzen entnommen und können von den Berechnungen des Klimasekretariats abweichen,
- die IEA benutzt durchschnittliche Nettowärmeeinheiten,
- die IEA benutzt Durchschnittsemissionsfaktoren,
- detaillierte Informationen über die Menge des gebundenen Kohlenstoffs liegen der IEA nicht vor,
- die IEA kann Emissionen von Selbstversorgern nicht eindeutig dem Sektor „Industrie“ oder dem Sektor „Sonstige Emittenten“ zuordnen,
- Emissionen militärischen Ursprungs dürfen nach den Inventarrichtlinien statistisch unterschiedlich zugeordnet werden,
- die IEA schließt die Koksverbrennung im Hochofen ein, während die Länder diese Brennstoffnutzung zu den industriellen Prozessen zugeordnet haben können,
- die dem Klimasekretariat übersandten Länderinventare können temperaturbereinigt sein,
- die Sekretariats-Daten können bezüglich des Stromhandels bereinigt sein,
- die Berichtsländer können eine andere Version der Inventarrichtlinien einsetzen und
- die von den Ländern verwendeten Einheiten können von der Vorgabe abweichen.

Die IEA verweist in diesem Zusammenhang und auch in Bezug auf die Qualität der Berichtsdaten auf erheblichen Nachbesserungsbedarf der Länder. Gleichzeitig wird festgestellt, dass zur Vermeidung von Fehlinterpretationen der Einzeldaten eher auf den Emissionstrend zurückgegriffen werden sollte.

In der OECD-Statistik werden erstmalig die CO₂-Emissionen nach zwei Ansätzen veröffentlicht: Dem IPCC Referenzansatz und dem IPCC sektoralen Ansatz, deren Unterschiede nachfolgend erklärt werden sollen:

Der Referenzansatz zielt auf die Feststellung der gesamten durch Brennstoffnutzung verursachten Kohlendioxidemissionen und basiert auf dem Primärenergieverbrauch des einzelnen Landes. Dementsprechend enthalten alle Berechnungen nach dieser Methode auch Kohlendioxidemissionen, die durch Umwandlungsverluste flüchtiger Brennstoffe, z. B. in Raffinerien, letztlich gar nicht entstehen. Damit werden die nationalen Emissionen bei Berechnungen nach diesem Ansatz eher überinterpretiert. Dieser Ansatz lässt jedoch eine schnelle Abschätzung der gesamten nationalen CO₂-Emissionen zu.

Der sektorale Ansatz weist im Gegensatz zum Referenzansatz eine Differenzierung nach einzelnen Emissionssektoren auf. Er wird unter Verwendung der definierten IPCC Quellen/Senken-Kategorien errechnet und dient dem Monitoring und der differenzierten Diskussion in Klimaverhandlungen.

Der sektorale Ansatz berücksichtigt bei der Berechnung der Emissionen nur die Menge der verbrannten Primärenergieträger. Der rohstoffliche Verbrauch von Primärenergieträgern (z. B. Rohöl in der Chemischen Industrie) wird nicht erfasst. Damit kommt es gegenüber dem zuvor genannten Referenzansatz zu Abweichungen. Über diese Abweichungen hinaus sind Wertedifferenzen durch unterschiedliche Zuordnung der Emissionen zu einer Kategorie und dem Grad der Vollständigkeit der Emissionsquellenerfassung möglich.

Für die nachfolgenden Auswertungstabellen sollen die Ergebnisse beider Rechenansätze genutzt werden. Der Schwerpunkt der Betrachtungen liegt dabei auf dem wichtigsten anthropogen emittierten Treibhausgas Kohlendioxid.

Die Tabellen sollen einen Einblick in die Zusammenhänge der bisherigen Treibhausgasemissionsentwicklung gewährleisten. Ihre Kurzinterpretation erfolgt in Abstracts. Soweit nicht anders vermerkt, gehen die Analysen auf das Datenkompendium der IEA zurück und umfassen auch Indien und China, die darüber hinaus in einem separaten Abschnitt nochmals zusammenfassend betrachtet werden sollen. Nach Ansicht der Klimaforscher müssen die CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas entstehen, drastisch reduziert werden. Abgesehen von den Sonderentwicklungen in der ehemaligen UdSSR und den osteuropäischen Transformationsländern gab es jedoch keine Region auf der Erde, in der eine dauerhafte absolute Senkung der Kohlendioxidemissionen erreicht werden konnte. Im Gegenteil: die Emissionen haben fast überall spürbar zugenommen. Sie lagen weltweit 1998 um 6,7 Prozent über dem Wert von 1990.

Tabelle 3: CO₂-Emissionen nach Weltregionen

	1990	1998	Veränderung 1990/1998
	Millionen Tonnen CO ₂		In Prozent
Welt	21.289	22.725	+ 6,7
OECD	11.053	12.016	+ 8,7
- Nord Amerika ¹⁾	5.562	6.243	+ 12,2
- Europa	3.927	3.933	+ 0,2
- Pazifische Region ²⁾	1.563	1.839	+ 17,7
- Afrika	598	728	+ 21,7
- Mittlerer Osten	600	924	+ 54,0
- Übriges Europa ³⁾	442	293	- 33,6
- Ex-UdSSR	3.544	2.206	- 37,7
- Latein Amerika	625	866	+ 38,6
- Asien ⁴⁾	1.399	2.076	+ 48,4
- China	2.356	2.893	+ 21,1

1) Kanada, Mexiko, USA; 2) Australien, Japan, Korea, Neuseeland; 3) Albanien, Bulgarien, Zypern, Gibraltar, Malta, Rumänien; 4) Slowakische Republik, Ex-Jugoslawien; 5) Ohne China und Japan; Quelle: OECD

Tabelle 4: CO₂-Reduktionen in den Transformationsländern

	1990	1998	Veränderung 1990/1998	Veränderung 1990/1998
	Millionen Tonnen CO ₂			Prozent
Ex-UdSSR	3.544	2.206	1.338	- 37,7
Tschechische - Republik	150	120	30	- 19,7
Ungarn	67	57	10	- 15,1
Polen	349	320	29	- 8,1
Albanien	7	1	6	- 78,1
Bulgarien	71	49	22	- 31,8
Rumänien	167	95	72	- 43,2
Slowakische Rep.	54	37	17	- 31,2
Ex-Jugoslawien	137	103	34	- 24,8

Quelle: OECD

Allein die OECD-Länder haben in diesem Zeitraum 8,7 Prozent mehr CO₂ emittiert. Besonders kräftig zugelegt haben die Großverbraucher von fossilen Brennstoffen, die USA und Japan. Die USA sind inzwischen für knapp ein Viertel der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Der wirtschaftliche Zusammenbruch Russlands sowie der mittel- und osteuropäischen Länder hat die CO₂-Emissionen der Welt zwischen 1990 und 1998 um 1,6 Milliarden Tonnen CO₂ reduziert. Es muss allerdings damit gerechnet werden, dass mit einem Anstieg des wirtschaftlichen Wachstums auch die CO₂-Emissionen wieder zunehmen werden. Neben den osteuropäischen Ländern haben von den 38 Staaten, die sich nach dem Kyoto-Protokoll dazu verpflichtet haben, ihre CO₂-Emissionen absolut zu senken, nur noch vier Länder ihren CO₂-Ausstoß verringert. Dazu gehören Deutschland, Luxemburg, Schweiz und Großbritannien. Von den absoluten Mengen her sind die Reduktionen aber sehr unterschiedlich ausgefallen. Während in Deutschland die CO₂-Emissionen um 110 Millionen Tonnen zurückgegangen sind, betrug das Minus in der Schweiz lediglich 0,3, in Luxemburg 3,8 und in Großbritannien 23 Millionen Tonnen. In den Ländern, in denen die Emissionen seit 1990 weiter angestiegen sind, haben sich auch die Reduktionsverpflichtungen, die sich aus dem Kyoto-Protokoll ergeben, erhöht. Weltweit haben sich die CO₂-Emissionen je Dollar Bruttoinlandsprodukt von 1990 bis 1998 um 11,2 Prozent verringert. Trotzdem hat der sparsamere und effizientere Einsatz fossiler Brennstoffe am Kernproblem wenig geändert: Die globalen CO₂-Emissionen sind absolut gesehen gestiegen. Das hat zwei Gründe:

1. Einige Industrieländer tun noch zu wenig. Vor allem Japan und die USA, aber auch EU-Länder wie Griechenland, Italien und Spanien könnten durch modernere Anlagen Brennstoffe sparen – bei gleichem Energie-Output.
2. In den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern steigen die Emissionen nicht nur absolut. Der wirtschaftliche Aufbau ist dort begleitet von energieintensiven Wachstumsprozessen, so dass die CO₂-Emissionen auch pro Einheit des Sozialproduktes ansteigen.

Die Nicht-OECD-Länder können aber nicht über einen Kamm geschoren werden. Insgesamt sind in diesen Ländern die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 1998 mit 4,1 Prozent sogar langsamer gewachsen als in den OECD-Ländern.

Wie unterschiedlich die Entwicklungen laufen können, zeigen China und Indien (siehe Abschnitt 2.2). So müssen in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern die Prozesse der Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen erst noch in Gang gebracht werden. Der Schlüssel dafür liegt beim Technologietransfer. Die CO₂-Emissionen pro Kopf zeigen die Unterschiede im Lebensstandard zwischen den OECD-Ländern und den Schwellen- und Entwicklungsländern. Eine internationale Klimaschutz-Strategie muss sich deshalb auch in entwicklungspolitische Programme einordnen.

Tabelle 5: CO₂-Emissionen in den Annex B Ländern

	1990	1998	Veränderung 1990/1998	Kyoto Ziel	Reduktions- verpflichtung 1998
	Millionen Tonnen CO ₂		Prozent	Prozent	Prozent
Australien	258,7	310,7	+ 20,1	+ 8,0	- 10,1
Belgien	106,2	122,5	+ 15,3	- 7,5	- 19,8
Bulgarien	71,3	48,6	- 31,8	- 8,0	+ 35,0
Kanada	421,3	477,3	+ 13,3	- 6,0	- 17,0
Dänemark	51,0	57,3	+ 12,3	- 21,0	- 29,7
Deutschland	967,2	857,1	- 11,4	- 21,0	- 10,9
Estland	-	15,4	-	- 8,0	-
Europäische - Union	3.151,6	3.170,5	+ 0,6	- 8,0	- 8,5
Finnland	53,4	59,7	+ 11,9	0,0	- 10,6
Frankreich ¹⁾	368,6	375,5	+ 1,9	0,0	- 1,8
Griechenland	69,9	82,6	+ 18,3	+ 25,0	+ 5,8
Großbritannien	572,3	549,5	- 4,0	- 12,5	- 8,9
Irland	32,2	38,4	+ 19,4	+ 13,0	- 5,2
Island	2,0	2,1	+ 5,5	+ 10,0	+ 4,8
Italien	401,6	426,0	+ 6,1	- 6,5	- 11,9
Japan	1.048,5	1.128,3	+ 7,6	- 6,0	- 12,6
Kroatien	-	18,8	-	- 5,0	-
Lettland	-	7,9	-	- 8,0	-
Liechtenstein ¹⁾	-	-	-	-	-
Litauen	-	16,0	-	- 8,0	-
Luxemburg	10,5	7,2	- 31,3	- 28,0	+ 5,0
Monaco ¹⁾	-	-	-	-	-
Neuseeland	24,1	30,5	+ 26,9	0,0	- 21,0
Niederlande	156,8	171,4	+ 9,3	- 6,0	- 14,0
Norwegen	28,5	34,3	+ 20,6	+ 1,0	- 16,1
Österreich	58,8	61,6	+ 4,9	- 13,0	- 17,0
Polen	348,5	320,2	- 8,1	- 6,0	+ 2,3
Portugal	39,9	54,3	+ 36,1	+ 27,0	- 6,7
Rumänien	166,6	94,6	- 43,2	- 8,0	+ 62,0
Russland	-	1.415,8	-	0,0	-
Schweden	51,8	53,5	+ 3,4	+ 4,0	0,7
Schweiz ¹⁾	41,1	40,8	- 0,8	- 8,0	- 7,3
Slowakische - Republik	54,2	37,3	- 31,2	- 8,0	+ 33,7
Slowenien	12,7	15,3	+ 20,7	- 8,0	- 23,6

Spanien	211,6	254,0	+ 20,1	+ 15,0	- 4,2
Tschechien	150,4	120,8	- 19,7	- 8,0	+ 14,5
Ukraine	-	358,8	-	0,0	-
Ungarn	67,6	57,4	- 15,1	- 6,0	+ 10,7
Vereinigte - Staaten	4.843,8	5.409,8	+ 11,7	- 7,0	- 16,7

¹⁾ Emissionen von Liechtenstein sind enthalten in Schweiz und die von Monaco in Frankreich;
Quelle: OECD, 2000

Tabelle 6: CO₂-Emissionen je US-Dollar BIP nach Weltregionen ¹⁾

	1990	1998	Veränderung 1990/1998
	kg CO ₂		Prozent
Welt	0,98	0,87	- 11,2
OECD	0,64	0,58	- 9,4
- Nordamerika	0,87	0,78	- 10,3
- Europa	0,53	0,46	- 13,2
- Pazifische Region	0,44	0,45	+ 2,3
- Afrika	1,28	1,31	+ 2,3
- Mittlerer Osten	1,41	1,73	+ 22,7
- übriges Europa	2,53	1,88	- 25,7
- Ex-UdSSR	3,73	4,17	+ 11,8
- Lateinamerika	0,71	0,74	+ 4,2
- Asien	1,25	1,31	+ 4,8
- China	5,56	3,19	- 42,6

¹⁾ Regionale Gliederung wie in Tabelle 3, Quelle: OECD, 2000

Während der 90er Jahre sind die CO₂-Emissionen vor allen Dingen in der Energiewirtschaft und im Verkehrssektor kräftig angestiegen, während im industriellen Sektor nur noch in den Schwellen- und Entwicklungsländern Zuwächse zu verzeichnen sind. Die internationale Klimaschutzpolitik muss deshalb zwischen Ländern und Ländergruppen differenzieren.

Tabelle 7: CO₂-Emissionen pro Kopf nach Weltregionen ¹⁾

	1990	1998	Veränderung 1990/1998
	Tonnen CO ₂		Prozent
Welt	4,07	3,87	- 4,9
OECD	10,65	10,92	+ 2,5
- Nordamerika	15,44	15,80	+ 2,3
- Europa	8,00	7,71	- 3,6
- Pazifische Region	8,36	9,41	+ 12,6
- Afrika	0,96	0,96	-
- Mittlerer Osten	4,60	5,78	+ 25,7
- übriges Europa	6,78		- 31,9
- Ex-UdSSR	12,26		- 38,3
- Lateinamerika	1,77	2,15	+ 21,5
- Asien	0,88	1,13	+ 28,4
- China	2,09	2,32	+ 11,0

¹⁾ Regionale Gliederung wie in Tabelle 3; Quelle: OECD

Tabelle 8: Sektorale Entwicklung der CO₂-Emissionen nach Weltregionen ¹⁾

	Energiewirt- schaft	Industrie	Verkehr	Sonstige ²⁾
	Veränderung in Prozent 1990/1998			
Welt	+ 19,8	- 9,5	+ 12,0	- 7,3
OECD	+ 15,8	- 6,4	+ 16,8	- 0,7
- Nord Amerika	+ 22,6	- 7,5	+ 15,2	± 0
- Europa	- 1,3	- 7,4	+ 15,4	- 2,6
- Pazifischer Raum	+ 32,2	- 2,3	+ 28,8	+ 4,1
- Afrika	+ 33,6	+ 27,6	+ 18,4	+ 26,2
- Mittlere Osten	+ 57,1	+ 54,6	+ 38,8	+ 37,2
- Übriges Europa	- 25,2	- 50,8	+ 2,6	- 43,1
- Ex-UdSSR	- 26,9	- 56,9	- 48,7	- 33,3
- Lateinamerika	+ 40,2	+ 42,7	+ 44,7	+ 13,6
- Asien	+ 75,7	+ 18,9	+ 62,8	+ 46,4
- China	+ 98,3	- 4,5	+ 65,7	- 27,0

¹⁾ Regionale Gliederung wie Tabelle 3; ²⁾ Einschließlich private Haushalte; Quelle: OECD

Tabelle 9: Entwicklungsmuster der Länder mit tendenzieller Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen

Land	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen je US-Dollar BIP 1990/1998	Entwicklung des Energieverbrauchs 1990/1998	Wachstum des BIP 1990/1998
Prozent				
Trendsetter				
Deutschland	- 11,4	- 22,0	- 3,2	+ 14,8
Polen	- 8,1	- 30,6	+ 3,6	+ 32,5
Korea	- 8,0	- 39,5	- 9,3	+ 51,2
Mitläufer				
Irland	+ 19,4	- 33,8	+ 26,7	+ 78,0
Norwegen	+ 20,6	- 12,0	+ 18,3	+ 33,5
USA	+ 11,7	- 11,5	+ 13,3	+ 26,8
China	+ 21,1	- 42,6	+ 20,9	+ 111,1
Nachzügler				
Indonesien	+ 36,8	- 3,8	+ 24,5	+ 42,8
Argentinien	+ 32,9	- 18,9	+ 38,4	+ 62,8
Syrien	+ 44,5	- 9,6	+ 45,4	+ 59,6
Indien	+ 52,7	- 1,1	+ 32,0	+ 54,7
Chile	+ 68,8	- 6,7	+ 67,8	+ 81,2
Vietnam	+ 83,1	- 1,1	+ 36,5	+ 85,6

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Eine Typisierung der klimarelevanten Entwicklungsprozesse kann nach drei Ländergruppen differenzieren:

- Trendsetter: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 auch zu einem absoluten Rückgang des CO₂-Ausstoßes geführt,
- Mitläufer: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 zu einer Begrenzung des Wachstums der CO₂-Emissionen unter 25 Prozent geführt,
- Nachzügler: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen nicht ausgereicht, um das Wachstum der CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 auf unter 25 Prozent zu begrenzen.

Tabelle 10: Entwicklungsmuster in den Einzelsektoren der Länder mit tendenzieller Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen (Sektoraler Ansatz)

Land	Gesamtemissionen	Energie-wirtschaft	Industrie	Straßen-verkehr	Sonstiger Verkehr	Haus-halte	Sonstige Emitten-ten
	Prozent						
	Trendsetter						
Deutsch-land	- 10,2	- 5,0	- 25,0	+ 11,2	- 40,7	+ 3,8	- 29,9
Polen ¹⁾	- 26,6	- 7,0	- 2,0	+ 24,1	- 81,4	- 49,9	- 46,1
Korea ²⁾	+ 58,9	+ 135,5	- 6,5	+ 69,0	+ 72,6	- 59,7	+ 69,2
	Mitläufer						
Irland	+ 25,3	+ 38,8	- 3,3	+ 76,3	+ 61,8	- 10,3	+ 17,7
Norwegen	+ 29,4	+ 61,5	+ 4,9	+ 22,6	- 11,0	- 31,9	+ 69,9
USA	+ 12,6	+ 16,3	- 9,9	+ 20,1	- 5,1	+ 3,7	- 9,0
China	+ 25,1	+ 92,8	- 4,6	+ 30,6	+ 105,7	- 39,8	+ 2,7
	Nachzügler						
Indonesien	+ 60,0	+ 105,0	+ 22,3	+ 78,3	+ 132,8	+ 67,7	+ 78,7
Argentinien	+ 32,7	+ 35,0	+ 32,2	+ 47,3	+ 113,0	+ 18,4	+ 18,2
Syrien	+ 60,1	+ 86,8	+ 232,8	- 3,7	-	+ 34,0	+ 38,5
Indien	+ 54,3	+ 81,7	+ 20,1	+ 82,7	- 45,7	+ 50,2	+ 374,1
Chile	+ 65,0	+ 177,1	+ 66,0	+ 85,2	+ 45,6	+ 30,1	- 26,8
Vietnam	+ 83,0	+ 94,5	+ 7,5	+ 156,7	+ 120,0	+ 37,7	+ 369,2

¹⁾ Basis statt 1990 1988, ²⁾ CO₂ von Selbstversorgern 1990 übrigen Sektoren zugeschlagen, Ursprungsdaten: OECD, 2000

Nach Länderkategorien fällt die sektorale Entwicklung der CO₂-Emissionen sehr unterschiedlich aus. Die Trendsetter und die Mitläufer haben ihre Emissionen im industriellen Sektor durchweg gesenkt. Überdurchschnittliche Zuwächse sind aber auch in diesen Ländern im Verkehrssektor, insbesondere im Straßenverkehr, zu beobachten. Bei den Nachzüglern steigen die Emissionen in allen Sektoren schnell an. Im Vergleich zu den Trendsettern expandieren die Emissionen besonders rasch, auch in der Energiewirtschaft und im industriellen Sektor. Das zeigt, dass der entwicklungsbedingte Aufholprozess vor allem in den Entwicklungsländern mit energieintensiven Wachstumsprozessen vorhanden ist.

Tabelle 11: CO₂-Emissionen pro Kopf in den Einzelsektoren der Länder mit tendenzieller Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen 1998 (Sektoraler Ansatz)

Land	Gesamtemissionen	Energiewirtschaft	Industrie	Straßenverkehr	Sonstiger Verkehr	Haushalte	Sonstige Emittenten
Tonnen CO ₂ /Einwohner							
Trendsetter							
Deutschland	10,533	3,595	1,628	2,051	0,063	1,622	0,715
Polen	8,112	4,005	1,493	0,664	0,017	0,816	0,532
Korea	7,871	1,830	1,469	1,162	0,429	0,376	1,061
Mitläufer							
Irland	10,221	3,927	1,253	2,210	0,148	1,580	0,951
Norwegen	8,355	0,048	1,643	2,147	0,661	0,217	0,665
USA	20,191	7,594	2,062	5,090	0,990	1,252	0,952
China	2,266	0,920	0,766	0,083	0,095	0,161	0,117
Nachzügler							
Indonesien	1,112	0,240	0,203	0,250	0,028	0,176	0,034
Argentinien	3,590	0,572	0,603	1,066	0,122	0,415	0,301
Syrien	3,248	0,659	0,664	0,236	-	0,137	1,351
Indien	0,892	0,384	0,237	0,111	0,009	0,059	0,005
Chile	3,503	0,941	0,990	0,940	0,088	0,207	0,048
Vietnam	0,430	0,116	0,099	0,127	0,006	0,029	0,047

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Die Unterschiede der Pro-Kopf-Emissionen in den einzelnen Sektoren innerhalb der Länderkategorien geben Hinweise darauf, wo die Emissionen auch zukünftig kräftig ansteigen werden. So bestehen gerade in den bevölkerungsreichsten Ländern China und Indien noch erhebliche Diskrepanzen zu den anderen Staaten der gleichen Kategorie. Die USA haben im Vergleich zu westlichen Industriestaaten die höchsten Pro-Kopf-Emissionen. Eine Betrachtung der zu erwartenden Emissionsentwicklung nach Weltregionen zeigt, dass im Jahr 2020 die Entwicklungsländer die Industriestaaten sowohl bezüglich der jährlichen Steigerungsraten als auch in Bezug auf den Weltanteil an den Gesamtemissionen weit überrunden werden. Ein wirksamer globaler Klimaschutz wird deshalb ohne eine Berücksichtigung der Entwicklungen in den Entwicklungsländern nicht möglich sein.

Tabelle 12: Prognose über die Entwicklung der weltweiten CO₂Emissionen¹⁾ 1997 bis 2020

	CO ₂ -Emissionen		Veränderungen	
	1997	2020	1997-2020	1997-2020
	Mill. t		Mill. t	in Prozent
OECD-Nordamerika	5.948	7.606	1.658	28
OECD-Europa	4.007	4.915	908	23
OECD-Pazifik	1.512	1.777	265	18
Summe OECD	11.467	14.298	2.831	25
Transformationsländer	2.566	3.814	1.248	49
dar.: Russland	1.456	2.041	585	40
Entwicklungsländer	8.528	17.990	9.462	111
darunter				
China	3.162	6.426	3.264	103
Welt insgesamt	22.561	36.102	13.541	60

¹⁾ Ohne internationale Hochseebunkerung, Quelle: IEA, 2000

2.2 Sonderanalyse der Emissionsentwicklung der Länder China und Indien

China und Indien gehören zu den bevölkerungsreichsten Ländern der Erde. Die Entwicklungen in diesen Staaten werden die CO₂-Bilanz der Welt immer mehr bestimmen. Die beiden Länder sind als Schwellen- und Entwicklungsländer aber nicht in die Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls eingebunden. Daten über die CO₂-Emissionen von Schwellen- und Entwicklungsländern gibt es in sehr unterschiedlicher Qualität und Tiefe. Einen Überblick über den Status der nationalen Klimaberichte in den Nicht-Annex-I-Staaten bietet die Homepage des Klimasekretariats.

Mit Stand vom 12. Januar diesen Jahres zeigt sich, dass China und Indien zwar an nationalen Treibhausgasinventaren arbeiten, jedoch bislang keine Datensätze bereitgestellt haben. Die nachfolgende Analyse basiert somit vollständig auf IEA/OECD-Daten.

China

Als bevölkerungsreichstes Land der Erde stellt China mit rund 1,3 Milliarden Einwohnern und einem derzeit noch sehr niedrigen Lebensstandard sowie vergleichsweise schlechten Produktionstechniken ein für die Zukunft klimapolitisch überaus bedeutenden Faktor dar. 1998 betrug der Weltanteil der chinesischen CO₂-Emissionen laut OECD 12,6 Prozent. Doch dieser Anteil könnte sich zukünftig beträchtlich verändern: Die internationale Energieagentur geht davon aus, dass China bis zum Jahr 2020

seine Kohlendioxidemissionen gemessen am Jahr 1997 mehr als verdoppeln wird. (Tab. 12). Damit würde der Weltanteil auf 17,8 Prozent anwachsen.

Ein steigendes Bevölkerungswachstum und ein erhebliches Entwicklungspotenzial der Wirtschaft lässt dieses Szenario realistisch erscheinen. Trotz reglementierender staatlicher Vorgaben zur Geburtenkontrolle wächst die Bevölkerung Chinas weiter an. Allein von 1990 bis 1998 war ein Zuwachs von 9,1 Prozent zu beobachten. Die Bruttowertschöpfung stieg in diesem Zeitraum um 127,1 Prozent. Dabei betrug das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf der Bevölkerung 1998 gerade einmal 3.355 US \$ (in realen Preisen und Wechselkursen von 1990; zum Vergleich: Deutschland 18.085 US \$).

Dominanter Energieträger ist in China die Steinkohle. 1998 wurden 94,3 Prozent der CO₂-Emissionen der Energiewirtschaft, 81,6 Prozent der Industrie und 84,8 Prozent der Haushalte von der Kohle verursacht. Dies dürfte nach den einschlägigen Prognosen der IEA auch zukünftig so bleiben, da China großen Wert auf eine autonome Energieversorgung legt. Öl und Ölfolgeprodukte spielen fast nur im Verkehrssektor eine bedeutendere Rolle, der jedoch nur 8 Prozent Anteil an den Gesamtemissionen besitzt.

Tabelle 13: Entwicklung der sektoralen Kohlendioxidemissionen in China

Sektor	Emissionen 1990 Mill. t	Emissionen 1998 Mill. t	Veränderung 1990/98 in %
Energiewirtschaft	590,86	1139,27	+ 92,8
Industrie	995,37	949,18	- 4,6
Straßenverkehr	78,34	102,35	+ 30,6
sonstiger Verkehr	57,52	118,33	+ 105,7
Haushalte	332,19	200,02	- 39,8
Sonstige Sektoren	140,23	144,04	+ 2,7

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Wie Tabelle 13 zeigt, dominieren bei den absoluten Emissionen die Bereiche Energiewirtschaft und Industrie. Die Emissionen sind in der Energiewirtschaft mit knapp 93 Prozent rasant angestiegen. Hohe Steigerungsraten weisen auch der Verkehrssektor auf, wobei allerdings entgegen dem internationalen Trend nicht der Straßenverkehr sondern der übrige Verkehr (hier meist schienengebunden) überdurchschnittlich wächst. Damit relativiert sich auch die Vision von einer motorisierten chinesischen Gesellschaft nach westlichem Vorbild. Gleichzeitig zeigt sich, dass in China erste Ansätze der Erdgasnutzung für den Fahrzeugbetrieb zu beobachten sind, die zukünftig eine größere Bedeutung erlangen könnten.

Auch die Betrachtung der Sektoren Industrie und Haushalte zeigt ein überraschendes Bild. Entgegen den Prognosen, die mit dem Wirtschaftswachstum einen massi-

ven Emissionsanstieg verbunden, zeigt sich, dass die chinesische Industrie eine deutlich spürbare Minderung ihrer Energieintensität erzielen konnte (Zhang, 2001). Gemessen an dieser Entwicklung hat der industrielle Aufholprozess einen weit geringeren Einfluss auf das Emissionsniveau. Nach einer Analyse der Universität Groningen haben besonders die Branchen Maschinenbau, Eisengewinnung, nichtmetallische Mineralprodukte, Chemische Industrie, Papier, Textil, Nahrungsmittel und Kohlebergbau ihre Energieintensität drastisch gesenkt. Ohne diese Effizienzverbesserungen wäre es zu einem viel größeren Anstieg der CO₂-Emissionen gekommen. Die kumulierten Emissionssteigerungen von 1991 bis 1996 hätten ohne Effizienzverbesserung 1.615,95 Millionen Tonnen betragen. Tatsächlich lagen sie bei nur 807,23 Millionen Tonnen. Diese Entwicklung erklärt auch den Rückgang der chinesischen Kohlendioxidemissionen seit 1996, da sich dieser Prozess verstärkt fortgesetzt hat und zudem im Haushaltsbereich energieeffizientere Techniken zum Einsatz gekommen sind.

Tabelle 14: Anteile der Einzelsektoren an den gesamten Kohlendioxidemissionen Chinas sowie Pro-Kopf-Emissionen 1998

Sektor	Anteil 1990 in Prozent	Anteil 1998 in Prozent	kg CO₂ pro Person 1998
Energiewirtschaft	26,3	40,6	920
Industrie	44,4	33,8	766
Straßenverkehr	3,5	3,6	83
sonstiger Verkehr	2,6	4,3	95
Haushalte	14,8	7,1	161
Sonstige Sektoren	6,3	5,2	177

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Tabelle 14 zeigt ebenfalls die deutliche Effizienzsteigerung der Industrie und der Haushalte, deren Emissionsanteil an den Gesamtemissionen von 1990 bis 1998 um 10,6 Prozentpunkte gesunken ist. Gleichzeitig wuchs die Emissionsbedeutung der Energiewirtschaft und des sonstigen Verkehrs. Gemessen an den Pro-Kopf-Emissionen besitzt China allerdings ein erhebliches Steigerungspotenzial. Sollte China lediglich das Pro-Kopf-Emissionsniveau Polens erreichen, so ist, bei unveränderten Rahmenbedingungen, mit Emissionssteigerungen von über 250 Prozent zu rechnen (vgl. Tab. 11).

Indien

Die Bevölkerung Indiens lag 1998 mit 979,67 Millionen deutlich unter der Bevölkerungszahl Chinas. Gleichzeitig zeigt die indische Gesellschaft jedoch mit 15,3 Prozent im Zeitraum von 1990 bis 1998 ein erheblich stärkeres Wachstum, als die chinesische Gesellschaft. In Indien ist deshalb schon allein aufgrund des Bevölkerungswachstums im Vergleich zu China mit einer stärkeren Zunahme der Kohlendioxidemissionen zu rechnen. 1998 betrug der Weltanteil der indischen Kohlendioxid-

emissionen rund 4 Prozent, jedoch mit steigender Tendenz, da die Gesamtemissionen nicht nur seit 1990 um rund 53 Prozent gestiegen sind, sondern darüber hinaus, anders als in China, auch eine weiter ungebremste Tendenz zeigen.

Indien ist eine Entkopplung von Emissionen und Energieverbrauch bislang nicht ausreichend gelungen. Die Menge an Kohlendioxid, die pro verbrauchter Einheit Primärenergie emittiert wird, stieg im Zeitraum von 1990 bis 1998 sogar um 15,7 Prozent an. Dies zeigt, dass das Wirtschaftswachstum Indiens vor allem mit dem intensiveren Einsatz veralteter Technik erzielt wird.

Tabelle 15: Entwicklung der sektoralen Kohlendioxidemissionen in Indien

Sektor	Emissionen 1990	Emissionen 1998	Veränderung 1990/98 in %
	Mill. t	Mill. t	
Energiewirtschaft	206,88	375,92	+ 81,7
Industrie	193,52	232,49	+ 20,1
Straßenverkehr	59,71	109,11	+ 82,7
sonstiger Verkehr	16,10	8,74	- 45,7
Haushalte	38,77	58,24	+ 50,2
Sonstige Sektoren	0,85	4,03	+ 374,1

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Wie in China zeigt sich auch in Indien ein deutlich steigender Energiebedarf der wachsenden Wirtschaft an der deutlichen Zunahme der Emissionen aus dem Energiesektor (Tab. 15). Drastische Unterschiede bestehen jedoch in den Sektoren Industrie, Verkehr und Haushalte. In der indischen Industrie konnte keine spezifische Emissionsreduktion erzielt werden. Ebenso sind die Haushalte mangels bezahlbarer energiesparender Techniken nicht dazu in der Lage gewesen, eine Steigerung des Lebensstandards an eine Senkung der Emissionen zu koppeln. Vielmehr stiegen die Emissionen des Haushaltssektors im Betrachtungszeitraum um rund 50 Prozent an.

Gravierende Unterschiede sind aber vor allem in der Entwicklung der Emissionen aus dem Verkehrswesen zu beobachten. Anders als in China, wo Straßenverkehrsemissionen gemessen an den Emissionen des sonstigen Verkehrs nur langsam anwachsen, zeigt sich in Indien eher ein Bild nach westlichem Entwicklungsmuster. Während hier die Emissionen des sonstigen Verkehrs deutlich zurückgingen, wuchsen die Emissionen aus dem Straßenverkehr im Betrachtungszeitraum um mehr als 80 Prozent an. Dies lässt darauf schließen, dass in Indien die drastische Individualmotorisierung zu Lasten der Nutzung anderer Verkehrsträger erfolgt und letztlich einen erheblichen Anteil an den Gesamtemissionen einnimmt.

Wie in China entstammt auch in Indien der Hauptanteil der Emissionen der Energiewirtschaft aus Kohle (95,8 %). Auch in der Industrie entstehen mehr als 70 Prozent der Kohlendioxidemissionen aus diesem Energieträger. Im Gegensatz zu chinesi-

schen Haushalten basieren die Emissionen indischer Haushalten zu 98 Prozent aber auf Öl und Ölfolgeprodukten. Der Energieträger Öl spielt insgesamt für Indien eine weit größere Rolle als für China. In Indien betrug der Anteil der durch Ölnutzung verursachten Treibhausgasemissionen an den Gesamtemissionen im Jahr 1998 knapp 27 Prozent, in China etwa 19 Prozent.

Tabelle 16: Anteile der Einzelsektoren an den gesamten Kohlendioxidemissionen Indiens sowie Pro-Kopf-Emissionen 1998

Sektor	Anteil 1990 in %	Anteil 1998 in %	kg CO₂ pro Person 1998
Energiewirtschaft	36,5	43,0	384
Industrie	34,2	26,6	237
Straßenverkehr	10,5	12,5	111
sonstiger Verkehr	2,9	1,0	9
Haushalte	6,9	6,7	59
Sonstige Sektoren	0,1	0,4	5

Ursprungsdaten: OECD, 2000

Überdurchschnittliche Wachstumsraten wiesen zwischen 1990 und 1998 vor allem die Sektoren Energiewirtschaft und Straßenverkehr auf (Tab. 16). 1998 emittierte die Energiewirtschaft fast die Hälfte der gesamten Kohlendioxidemissionen Indiens. Zur Unterstützung der Klimaschutzpolitik Indiens wären hier vor allem effizientere Kraftwerkstechniken erforderlich.

Indien liegt bei den Pro-Kopf-Emissionen im Straßenverkehr rund ein Drittel über den Pro-Kopf-Emissionen des chinesischen Straßenverkehrs. Dagegen liegen die Emissionen pro Einwohner im Haushaltsbereich 63 Prozent unter denen Chinas. Damit verbunden ist, unterstellt man eine nur begrenzte Entkopplung von Emissionen und Lebensstandard, ein erheblich größeres Aufholbedürfnis und damit auch ein überdurchschnittliches zukünftiges Emissionswachstum. Somit ist Indien im Vergleich zu China viel eher ein Land, dessen Wirtschaftswachstum überdurchschnittlich zur globalen Emissionszunahme beitragen wird. Allein von 1990 bis 1998 konnte laut OECD sektorübergreifend bereits eine Zunahme der Pro-Kopf-Emissionen um fast 33 Prozent registriert werden.

Das zukünftige Emissionssteigerungspotenzial wird auch durch einen Vergleich der Bruttowertschöpfung pro Kopf der Bevölkerung sichtbar: Indien lag mit gerade einmal 1.518 US \$ weit hinter China mit 3.355 US \$ (in realen Wechselkursen und Preisen von 1990). Dieser Vergleich ist auch dann noch stichhaltig, wenn berücksichtigt wird, dass in Indien von 1990 bis 1998 eine leichte Entkopplung des Wirtschaftswachstums von den Kohlendioxidemissionen erfolgte (- 1,6%).

2.3 Emissionsdaten des Klimasekretariats

Als geschäftsführendes Organ der Klimarahmenkonvention wurde in Genf das Klimasekretariat eingerichtet, das 1996 nach Bonn umzog. Das Mandat dieses Sekretariats geht auf Artikel 8 der Klimarahmenkonvention zurück. Zu seinen Aufgaben gehören: Die Organisation der Sitzungen der Konventionskörperschaften, die Unterstützung der Länder in der Umsetzung ihrer Zusagen, die Zuarbeit für den Fortgang der Klimaverhandlungen sowie die Koordination der Arbeiten mit anderen Gremien, insbesondere dem IPCC und dem GEF (Global Environment Facility). Darüber hinaus hat das Klimasekretariat die speziellen Aufgaben, offizielle Dokumente der Klimafolgekonferenzen vorzubereiten, einen umfassenden Überblick der nationalen Klimaberichte sicherzustellen und vor allem die Sammlung der nationalen Klimagasinventare durchzuführen und zu aktualisieren.

Diese Daten veröffentlicht das Sekretariat sowohl in Form einer Datenblattsammlung, die von der Sekretariats-Homepage (<http://www.unfccc.de>) heruntergeladen werden kann, als auch in Form einer im Internet recherchierbaren Datenbank. Gemäß den Ergebnissen des Kyoto-Protokolls umfassen diese Datensätze nicht nur das Treibhausgas Kohlendioxid, sondern auch weitere fünf Gase, bzw. Gasgruppen, die durch ihr Treibhausgaspotenzial für einen anthropogenen Klimaeffekt als relevant angesehen werden. Es sind dies zusätzlich: Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (Lachgas; N₂O), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFCs) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Darüber hinaus werden die Emissionen der Ozonvorläufersubstanzen (Kohlenmonoxid [CO], Stickoxide [NO_x] und Kohlenwasserstoffe [NMVOC]) aufgelistet. Ozon, ebenfalls ein potenzielles Treibhausgas, wird nicht direkt emittiert, sondern bildet sich aus Luftsauerstoff und den genannten Substanzen unter Sonneneinstrahlung. Ozon und seine Vorläufer werden jedoch im Rahmen des Kyoto-Protokolls nicht betrachtet, so dass sie auch in die nachfolgende Emissionsanalyse nicht einbezogen werden. Zusätzlich zu diesen Mengenangaben umfasst die Statistik des Klimasekretariats die Schwefeldioxidemissionen (SO₂) der Länder, die durch Aerosolbildung zur Minderung des anthropogenen Treibhauseffektes beitragen können.

Die Daten der Emissionen werden durch die einzelnen Vertragsstaaten gemeldet und vom UN-Klimasekretariat in enger Zusammenarbeit mit dem IPCC veröffentlicht. Allerdings können Zwischen- und Endsummen der Emissionen unter Umständen von der Summe differieren, die sich bei Addition der einzelnen angegebenen Werte eines Landes ergibt. Diese Abweichungen lassen sich auf Rundungen während der Datenverarbeitung, auf die Korrektur von Rechen- und Schreibfehlern sowie auf die Auffüllung von Datenlücken zurückführen.

Die Tabellen enthalten stets die aktuellen Datenangaben; bei einigen Ländern beziehen sich die aktuellen Emissionsinformationen für einen Zeitraum über mehrere Jahre auf verschiedenen Einzelangaben, da jährlich gemeldete Daten nicht notwendigerweise die Daten für zuvor gemeldete Jahre einschließen. In der Konsequenz kön-

nen bei manchen Ländern Inkonsistenzen entstehen oder die Daten der verschiedenen Jahre sind u. U. nicht miteinander vergleichbar.

Tatsächlich ergeben sich bei Durchsicht der Daten erhebliche Berichtslücken, die eine (sektorale) länderübergreifende Auswertung der Emissionen der Kyoto-Gasgruppen erheblich behindern (Klimasekretariat/UNFCCC, 2001c). Diese Lückenhaftigkeit geht auf das derzeit zum Teil noch sehr unbefriedigende Berichtsverhalten der Länder zurück. Hier muss dringend Abhilfe geschaffen werden, soll auch der 6-Gase-Ansatz demnächst in einer konsistenten und auch sektoral gegliederten Statistik als Grundlage weiterer Klimaschutzverhandlungen zur Verfügung stehen. Die derzeit vorliegenden Daten lassen jedoch außerhalb der Statistik für Kohlendioxidemissionen nur schlaglichtartige Betrachtungen einzelner sektoraler Emissionen zu, deren Analyse im Folgenden auch unter Zuhilfenahme einiger OECD-Basisdaten erfolgte. Der 6-Gase-Ansatz reduziert sich damit meist auf die drei Gase CO₂, CH₄ und N₂O.

Gemäß der Fokussierung auf das Interesse am Verhalten der Annex B Länder im Rahmen des Kyoto-Prozesses werden Daten von Schwellen- und Entwicklungsländern nicht aufgeführt. Die dort erfolgende dramatische Entwicklung lässt sich mit dieser Statistik somit nicht abbilden.

Tabelle 17: Aggregierter 6-Gase-Ansatz (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)¹⁾

Land	CO ₂ -Äquivalente 1990 in 1000 Tonnen	CO ₂ -Äquivalente 1998 in 1000 Tonnen	Differenz 1990/98 in Prozent
USA	6.048.786	6.726.997	+ 11,2
Japan	1.213.262	1.330.555 ²⁾	+ 9,7 ³⁾
EU 15 ⁴⁾	4.194.988	4.120.861	- 1,8
Italien	518.502	541.542	+ 4,4
Spanien	305.746	369.856	+ 21,0
Deutschland	1.208.807	1.019.745	- 15,6
Großbritannien	741.489	679.850	- 8,3
Frankreich	553.778	558.726	- 0,9

¹⁾ ohne Emissionen durch Bodennutzungsänderung und Forstwirtschaft; ²⁾ Wert 1997; ³⁾ Differenz 1990/1997; ⁴⁾ ohne Luxemburg; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c

Auch bei Berücksichtigung aller Treibhausgase zeigt sich ein Bild, das sich schon bei der alleinigen Beurteilung der CO₂-Emissionen ergab. Der aggregierte 6-Gase-Ansatz weist die USA und Japan als Emittenten innerhalb der Industrienationen aus, in denen von 1990 bis 1998 erhebliche Emissionszuwächse zu verzeichnen waren. Nur bei einzelnen Treibhausgasgruppen sind Reduktionen erfolgt. Dagegen konnte die EU im gleichen Zeitraum gerade durch das deutsche und britische Klimaschutzengagement die Treibhausgaswirkung ihrer Emissionen reduzieren.

Tabelle 18: Gesamtemissionen von Treibhausgasen nach Ländern und jeweilige Emissionsanteile 1998 (6-Gase-Ansatz, sektoral) ¹⁾

Land	Summe THG in Mill. t CO ₂ - Äquivalenten	CO ₂ - Anteil in %	N ₂ O- Anteil in %	CH ₄ - Anteil in %	HFC- Anteil in %	PFC- Anteil in %	SF ₆ -Anteil in %
USA	6.727	81,4	6,5	9,9	1,4	0,3	0,5
Japan ²⁾	1.331	92,5	1,5	2,2	-	-	3,8
Österreich	80	83,8	2,5	12,5	1,0	0,0	1,3
Belgien	145	84,1	6,9	8,3	0,3	-	0,1
Dänemark	76	78,9	11,8	7,9	0,7	0,0	0,1
Finnland	76	84,2	10,5	5,3	0,3	0,0	0,0
Frankreich	559	73,9	15,0	9,7	0,6	0,3	0,4
Deutschland	1.020	86,9	4,9	7,2	0,4	0,2	0,6
Griechenland	124	80,6	7,3	8,9	3,0	0,0	-
Irland	64	62,5	15,6	21,9	-	-	-
Italien	542	84,7	7,2	7,6	0,3	0,0	0,1
Niederlande	236	76,7	9,3	9,3	2,8	0,9	0,6
Portugal	75	72,0	9,3	18,7	-	-	-
Spanien	370	73,8	11,9	11,9	2,3	0,2	0,1
Schweden	74	77,0	10,8	6,8	1,9	0,0	2,8
Großbritan- nien	680	80,3	8,2	8,1	3,0	0,1	0,2

¹⁾ gerundete Werte; ²⁾ Werte 1997; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c

In allen betrachteten Ländern liegt der Schwerpunkt der Bedeutung der Treibhausgasemissionen beim Kohlendioxid. Dessen Anteil am gesamten Treibhauspotenzial variiert jedoch von Land zu Land. Somit lassen sich neben der generellen Minderung der Kohlendioxidemissionen aus der Tabelle die bevorzugt zu reduzierenden Treibhausgase in den einzelnen Staaten ablesen. Während den fluorierten Gase trotz ihres hohen Treibhausgaspotenzials (vgl. Kapitel 1) kaum eine wesentliche Bedeutung zukommt (soweit aus den lückenhaften Daten abgeleitet werden kann), stellen Methan und Lachgas in einigen Ländern einen erheblichen Anteil an den klimarelevanten Emissionen. So sind es in Irland, Frankreich und den Niederlanden N₂O und in Portugal, Irland und Österreich CH₄, die durch gezielte Maßnahmen besonders reduziert werden sollten.

Methan hat seinen Ursprung vorwiegend in der Landwirtschaft (Nutztierhaltung) und im Abfallsektor (Gärungseffekte/Faulgase) sowie, in geringerem Maße, durch Emissionen aus flüchtigen Brennstoffen. Lachgas entsteht zu einem hohen Anteil ebenfalls in der Landwirtschaft (Bodendüngung) und bei Industrieprozessen (Adipinsäureproduktion), zu einem weit geringeren Anteil im Verkehrsbereich (Katalysatoreinsatz). Damit reduziert sich die Betrachtung der klimapolitisch relevanten Gase auf Kohlendioxid, Methan und Lachgas.

Tabelle 19: Entwicklung der N₂O-Emissionen und der Gesamtproduktion in der Landwirtschaft zwischen 1990 und 1998

Land	Veränderung der landwirtschaftlichen Produktion in %	Veränderung der Emissionen in %	Differenz zwischen Produktions- und Emissionsveränderung in %-punkten
USA	+ 18,8	+ 11,7	+ 7,1
Japan ¹⁾	- 4,5	- 29,6	+ 25,1
Österreich	+ 2,0	- 1,2	+ 3,2
Belgien	+ 11,3 ²⁾	- 0,9	+ 12,2
Dänemark	+ 3,4	- 16,5	+ 19,9
Finnland	- 4,9	- 16,2	+ 11,3
Frankreich	+ 5,9	- 2,5	+ 8,4
Deutschland	- 6,6	- 12,5	+ 5,9
Griechenland	+ 1,8	- 7,2	+ 9,0
Irland	+ 10,0	+ 10,8	- 0,8
Italien	+ 0,7	+ 4,8	- 4,1
Niederlande	- 3,6	+ 16,7	- 20,3
Portugal	- 4,4	- 9,2	+ 4,8
Spanien	+ 6,2	+ 5,0	+ 1,2
Schweden	+ 0,3	- 6,2	+ 6,5
Großbritannien	- 1,7	- 4,7	+ 3,0

¹⁾ Veränderungen 1990/1997; ²⁾ Angabe für Belgien und Luxemburg; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c

In den meisten der betrachteten Länder entwickelten sich die landwirtschaftliche Produktion und die Distickstoffmonoxidemissionen nicht parallel. Meist wuchs die Produktion weit stärker. Spitzenreiter ist hier Japan. Diese Entwicklung ist vermutlich auf den gezielteren Einsatz (Verzicht) auf Dünger zurückzuführen. Lediglich in Irland, Italien und den Niederlanden ist ein entgegengesetzter Trend zu beobachten.

Tabelle 20: Entwicklung der CH₄-Emissionen und der Gesamtproduktion in der Landwirtschaft zwischen 1990 und 1998

Land	Veränderung der landwirtschaftlichen Produktion in %	Veränderung der Emissionen in %	Differenz zwischen Produktions- und Emissionsveränderung in %punkten
USA	+ 18,8	+ 18,4	+ 0,4
Japan ¹⁾	- 4,5	- 6,3	+ 1,8
Österreich	+ 2,0	- 11,7	+ 13,7
Belgien	+ 11,3 ²⁾	- 8,0	+ 19,3
Dänemark	+ 3,4	- 4,8	+ 8,2
Finnland	- 4,9	- 12,2	+ 7,3
Frankreich	+ 5,9	- 5,9	+ 11,8
Deutschland	- 6,6	- 18,2	+ 11,6
Griechenland	+ 1,8	+ 2,9	- 1,1
Irland	+ 10,0	+ 9,7	+ 0,3
Italien	+ 0,7	- 1,9	+ 2,6
Niederlande	- 3,6	- 13,8	+ 17,4
Portugal	- 4,4	- 9,6	+ 5,2
Spanien	+ 6,2	+ 6,3	- 0,1
Schweden	+ 0,3	- 0,1	+ 0,4
Großbritannien	- 1,7	- 4,1	+ 2,4

¹⁾ Veränderung 1990/1997; ²⁾ Angabe für Belgien und Luxemburg; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c

Auch bei den Methanemissionen aus der Landwirtschaft zeigen sich bei fast allen betrachteten Ländern unterschiedliche Entwicklungen von Produktion und Emissionen. Schlusslichter dieser Entwicklung sind Spanien und Griechenland, Spitzenreiter sind Österreich, Belgien und die Niederlande. Auch hier sind vermutlich Veränderungen in der landwirtschaftlichen Struktur und Praxis verantwortlich für diese Entwicklungen.

Tabelle 21: CO₂-Intensität des Transportsektors

Land	kg CO ₂ pro 1000 Lkm 1990	kg CO ₂ pro 1000 Lkm 1998	Differenz 1990/98 in Prozent
USA	137,5	133,1 ¹⁾	- 3,2
Japan	114,7	131,3 ¹⁾	+ 14,8
EU 15 ²⁾	141,6	132,5	- 6,4
Italien	110,8	106,1	- 4,2
Spanien	148,2	128,0	- 13,6
Deutschland	132,8 ³⁾	129,6	- 2,4
Großbritannien	141,2	137,3	- 2,8
Frankreich	137,2	129,9	- 5,3

1) Wert 1997; ²⁾ ohne Luxemburg und Irland; 1998 Schätzung; ³⁾ Wert 1991; Lkm = Leistungskilometer = Summe aus Personen- und Güterverkehrsleistungen; Ursprungsdaten: Klimasekretariat, ECMT „Trends in the Transport Sector 1970 – 1998“, Japan Ministry of Transport, US National Transport Statistics

Bis auf Japan haben alle großen Industrienationen eine Entkopplung der Emissionen des Transportsektors von den Transportleistungen erreichen können. Es zeigt sich eine Tendenz hin zu einem Durchschnittswert von rund 130 kg CO₂ pro 1000 Leistungskilometer, die bei den aktuellen technischen Möglichkeiten und dem vorliegenden Modal Split erreichbar sind.

Tabelle 22: Methanemissionen (CH₄) aus der Abfallwirtschaft

Land	CH ₄ in 1000 Tonnen 1990	CH ₄ in 1000 Tonnen 1998	Differenz 1990/98 in %
USA	10.321	10.431	+ 1,1
Japan	394	364 ¹⁾	- 7,6
EU 15 ²⁾	6.808	5.336	- 21,6
Italien	581	686	+ 18,1
Spanien	491	842	+ 71,5
Deutschland	1.894	794	- 58,1
Großbritannien	1.150	809	- 29,7
Frankreich	820	549	- 33,0

¹⁾ Wert 1997; ²⁾ ohne Luxemburg; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c

Die Entwicklung der Methanemissionen aus der Abfallwirtschaft zeigt deutlich die Einflüsse der unterschiedlichen Methoden der Abfallentsorgung. In vielen europäischen Ländern geht die deponierte und damit Emissionen erzeugende Abfallmenge zurück. In den USA steigen diese Emissionen jedoch noch an, was um so bedenkli-

cher ist, als die USA auch Spitzenreiter der absoluten Methanemissionen aus Abfall sind. Innerhalb des Zeitraums von 1990 bis 1998 hat in fast allen betrachteten Staaten eine Entkopplung zwischen Bruttowertschöpfung und N₂O-Emissionen stattgefunden.

Tabelle 23: Entkopplung von N₂O-Emissionen und Wertschöpfung der industriellen Prozesse in kg Distickstoffmonoxid pro 1000 US \$ BIP

Land	1990 kg/1000 US \$ BIP	1998 kg/ 1000 US \$ BIP	Veränderung in Prozent
USA	0,020	0,013	- 35,0
Japan	0,010	0,011 ¹⁾	+ 10,0
EU 15 ²⁾	0,063	0,035	- 44,4
Italien	0,025	0,019	- 24,0
Frankreich	0,089	0,046	- 48,3
Großbritannien	0,100	0,055	- 45,0
Deutschland	0,063	0,020	- 68,3
Spanien	0,020	0,013	- 35,0

¹⁾ Wert 1997; ²⁾ ohne Luxemburg und Dänemark; Ursprungsdaten: Klimasekretariat (UNFCCC), 2001c; OECD, 2000

2.4 Datenerhebung des EU-Kommission im Rahmen eines EU-Systems zur Beobachtung der Treibhausgasemissionen in der Gemeinschaft

Nach den Entscheidungen 93/389/EWG und 1999/296/EG des Rates muss in der EU ein System zur Beobachtung der Treibhausgasemissionen installiert werden. Dieses System bedingt die Übersendung von nationalen Klimaberichten an die Kommission, die, eng angelehnt an die Konventionen des IPCC, sowohl Emissionsdaten als auch die Beschreibung der aktuellen und zukünftigen Klimaschutzpolitik beinhalten sollen.

Die Beurteilung der Daten im Rahmen des Kommissionsberichtes beruht damit weitgehend auf den Unterlagen der Mitgliedsstaaten, die im Rahmen des Überwachungssystems einzureichen sind sowie auf Unterlagen zu den nationalen Strategien der Klimapolitik und den Mitteilungen der Staaten an das Klimasekretariat. Zusätzlich berücksichtigt der Bericht auch gemeinschaftsübergreifende Emissionsprognosen. Die dem Bericht zu Grunde liegenden Emissionsschätzungen werden mit Unsicherheiten von 2 bis 5 Prozent eingeordnet. Zu EuroStat-Statistiken besteht eine Abweichung von unter 2 Prozent. Die Kommission stellt fest, dass die Verfügbarkeit der Daten zu den bedeutendsten Treibhausgasen ausreichend ist, gleichzeitig bemängelt sie aber die erheblichen Berichtslücken über fluoridierte Gase (PFCs, HFCs und SF₆), über die lediglich zwei Drittel der Staaten Angaben machten. Auch die Quantifizierung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen und forstwirtschaftlicher Maß-

nahmen ist unzureichend. Zudem äußerten sich mehr als die Hälfte der Mitgliedsstaaten nicht über den zu erwartenden Fortschritt ihrer Klimaschutzpolitiken. Aufgrund dieser Lücken schlägt die Kommission vor den Klimaschutz in der EU zu verstärken, um durch eine potenzielle Zielübererfüllung sicher zu gehen, dass das zugesagte Kyoto-Ziel von gemeinschaftsweit minus 8 Prozent bis 2012 auch tatsächlich erreicht ist.

Der politische Druck resultiert aus der Tatsache, dass das Kyoto-Protokoll zwar grundsätzlich eine Aufteilung der Reduktionslasten innerhalb eines Staatenblocks wie der EU erlaubt, die Zulässigkeit der internen Regelung einer Lastverteilung (burden sharing) jedoch von der Erfüllung der Einzelziele abhängig macht. Sollte also nur ein Staat seine burden-sharing Zusage verfehlen, müssen alle Staaten auf nationaler Ebene das zugesagte Gemeinschaftsziel von 8 Prozent Minderung erfüllen. Diese Regelung träfe vor allem die ärmeren EU-Länder, die noch einen erheblichen Nachholbedarf in ihrer wirtschaftlichen Entwicklung haben und deshalb im Rahmen der EU-Lastenverteilung vom Juni 1998 zusätzliche Emissionsmengen eingeräumt bekamen.

Tabelle 24: Treibhausgasemissionen (6-Gase-Ansatz) in der EU 1990 bis 1998 in CO₂-Äquivalenten ¹⁾

Land	1990 Mill. t	1998 Mill. t	Differenz in Prozent
Belgien	136,0	144,6	6,3
Dänemark ²⁾	69,5	75,6	8,7
Deutschland	1201,1	1011,6	- 15,8
Finnland	72,5	76,0	4,7
Frankreich	538,5	543,6	1,0
Griechenland	103,9	119,5	15,0
Großbritannien	727,1	657,7	- 9,5
Irland	53,4	63,7	19,1
Italien	514,6	538,1	4,6
Luxemburg ³⁾	14,1	5,8	- 58,4
Niederlande ²⁾	208,9	225,9	8,2
Österreich	75,4	78,5	4,1
Portugal	62,6	73,7	17,8
Schweden	69,4	70,2	1,2
Spanien	301,9	360,4	19,4
EU 15	4149,5	4045,6	- 2,5

¹⁾ ohne fluorierte Gase und Landnutzungsänderung sowie Forstwirtschaft; ²⁾ Keine Bereinigung Temperaturschwankung und Elektrizitätshandel; ³⁾ Unterschiedliche Berechnungsmethodik für Verkehrssektor; Quelle: EU-Kommission, 2000

Im Rahmen des EU-Burden-Sharings hat vor allem Deutschland einen Großteil der Reduktionslasten der EU übernommen. So entfallen 76 Prozent der bis 2012 zu leis-

tenden Reduktionen auf Deutschland, obwohl es nur zu 29 Prozent an den Gemeinschaftsemissionen beteiligt ist. Darüber hinaus hat sich Deutschland in einer nationalen Selbstverpflichtung dazu bereit erklärt bis zum Jahr 2005 allein die Kohlendioxidemissionen um 25 Prozent zu senken.

Die Treibhausgasemissionen in der EU lagen im Jahr 1998 um 2,5 Prozent unter dem Niveau von 1990. Die positive Entwicklung ist jedoch vorwiegend auf die erheblichen Emissionsminderungen in Deutschland und Großbritannien zurückzuführen. Frankreich und Schweden haben ihre Emissionen in etwa eingehalten, während alle anderen Länder ihre Emissionen deutlich steigerten.

Tabelle 25: Ziele und Stand der Treibhausgasemissionen (6-Gase) in der EU¹⁾

Land	Absolute ursprüngliche Reduktion [Mill. t CO ₂ -Äquivalent] 1990	Absolute Reduktionsverpflichtung 1998 [Mill. t CO ₂ -Äquivalent]	Reduktionsverpflichtung nach EU-burden-sharing in %	Reduktionsverpflichtungsanteil 1998 an Gesamtemissionen in %
Belgien	- 10,2	- 29,0	- 7,5	- 20,1
Dänemark ²⁾	- 14,6	- 20,7	- 21,0	- 27,4
Deutschland	- 252,2	- 62,7	- 21,0	- 6,2
Finnland	0	- 3,5	0	- 4,6
Frankreich	0	- 5,1	0	- 0,9
Griechenland	+ 26,0	+ 10,4	+ 25,0	+ 8,7
Großbritannien	- 90,9	- 21,5	- 12,5	- 3,3
Irland	+ 6,9	- 3,4	+ 13,0	- 5,3
Italien	- 33,4	- 56,9	- 6,5	- 10,6
Luxemburg ³⁾	- 3,9	+ 4,4	- 28,0	+ 75,0
Niederlande ²⁾	-12,5	- 29,5	- 6,0	- 13,1
Österreich	- 9,8	- 12,9	- 13,0	- 16,4
Portugal	+16,9	+ 5,8	+ 27,0	+ 7,9
Schweden	+ 2,8	+ 2,0	+ 4,0	+ 2,8
Spanien	+ 45,3	- 13,3	+ 15,0	- 3,7
EU 15	- 332,0	- 228,1	- 8,0	- 5,6

¹⁾ ohne fluorierte Gase, ohne Landungsnutzungsänderung und Forstwirtschaft ²⁾ Keine Bereinigung der Temperatur und des Elektrizitätshandels ³⁾ Unterschiedliche Berechnungsmethodik im Verkehrssektor, Quelle: EU-Kommission, 2000

Die überwiegende Mehrheit der EU-Mitgliedsstaaten ist weit vom Erreichen ihrer Kyoto-Reduktionsziele entfernt. Das zusätzliche Potenzial, das einigen Ländern eingeräumt wurde, ist weitgehend erschöpft. Bis auf Deutschland, Großbritannien und Luxemburg besteht vielmehr ein Trend zu Emissionssteigerungen. Irland, Spanien und die Niederlande lagen 1998 mehr als 10 Prozentpunkte über ihren Zielkursen im Rahmen des EU-burden-sharing.

Tabelle 26: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der EU nach Sektoren (6-Gas-Ansatz 1990-1998; in Prozent Veränderung)

Land	Energie- wirtschaft	Verarbeitende Industrie	Verkehr	Kleinf Feuerung
Belgien	- 14,4	+ 19,4	+ 20,1	+ 22,3
Dänemark ¹⁾	+ 20,2	+ 4,2	+ 15,6	- 6,7
Deutschland	- 17,9	- 25,0	+ 11,4	- 6,0
Finnland	+ 16,3	+ 8,4	+ 3,4	- 8,8
Frankreich	+ 3,6	+ 0,7	+ 13,8	+ 9,6
Griechenland	+ 15,9	+ 7,0	+ 29,4	+ 30,0
Großbritannien	- 17,1	- 6,3	+ 5,3	+ 5,6
Irland	+ 36,1	+ 2,2	+ 76,8	+ 2,5
Italien	+ 9,2	+ 2,0	+ 15,2	+ 2,4
Luxemburg ²⁾³⁾	- 96,5	- 74,8	- 56,2	+ 49,3
Niederlande ¹⁾	+ 11,3	+ 5,7	+ 21,6	+ 2,1
Österreich	- 5,9	+ 9,6	+ 23,5	+ 11,6
Portugal	+ 17,8	+ 15,1	+ 41,9	+ 34,0
Schweden	+ 9,9	- 6,5	+ 13,3	- 9,9
Spanien	+ 5,9	+ 23,0	+ 35,1	+ 16,7
EU 15	- 6,2	- 5,7	+ 15,3	+ 3,0

¹⁾ Keine Bereinigung der Temperatur und des Elektrizitätshandels, ²⁾ Unterschiedliche Berechnungsmethodik im Verkehrssektor, ³⁾ Aufgrund von nationalen Berechnungsfehlern erscheinen die Zahlenwerte überzeichnet, Luxemburg revidiert zur Zeit seine Schätzungen, Quelle: EU-Kommission, 2000

In sieben Mitgliedsstaaten (Frankreich, Griechenland, Italien, Irland, Niederlande, Portugal und Spanien) ist in allen Sektoren ein Anstieg der Treibhausgasemissionen zu verzeichnen. Die Emissionen im Verkehrssektor sind in 14 Mitgliedsstaaten gestiegen, wobei sie in 7 Staaten (Österreich, Belgien, Griechenland, Irland, Niederlande, Portugal und Spanien) sogar über 20 Prozent Steigerung lagen. Geringere Anstiege waren in der Energiewirtschaft (10 Staaten) und der verarbeitenden Industrie sowie bei Kleinf Feuerungen (je 11 Staaten) festzustellen. Legt man ein business-as-usual-Szenario zugrunde, in dem keine weiteren Maßnahmen zum Klimaschutz getroffen werden, dann wird die EU das Kyoto-Ziel um 1,4 Prozentpunkte verfehlen. Das gilt auch dann, wenn Deutschland seine Verpflichtungen nahezu vollständig und Großbritannien ganz erfüllt. Das unterstreicht, dass in den Mitgliedsstaaten noch erhebliche Anstrengungen unternommen werden müssen, um das Kyoto-Ziel zu erreichen. Wie Tabelle 27 zeigt, reichen die bisher ergriffenen Maßnahmen innerhalb der EU nicht aus, das gemeinsame Kyoto-Ziel zu erfüllen. Deshalb setzen die Staaten auf Maßnahmen, die in Frankreich, Italien und den Niederlanden zur Zielerreichung

und in Deutschland und Großbritannien zur deutlichen Zielübererfüllung führen sollen.

Tabelle 27: Diskrepanz zwischen Verpflichtung nach EU-burden-sharing und den Prognosen bis zum Jahr 2010

Land	EU-burden-sharing Verpflichtung [in Prozent]	Prognose mit B-a-u- Szenario mit vorhandenen Maßnahmen im Jahr 2010 [in Prozent]	Defizit der Emissionsminderung [in Prozentpunkten]
Belgien ¹⁾²⁾	- 7,5	+ 13,5	- 21,0
Dänemark	- 21,0	- 16,5	- 4,0
Deutschland	- 21,0	- 19,1	- 2,0
Finnland	0,0	+ 25,9	- 26,0
Frankreich	0,0	+ 11,2	- 11,0
Griechenland	+ 25,0	+ 29,0	- 4,0
Großbritannien	- 12,5	- 12,6	0,0
Irland	+ 13,0	+ 29,0	- 16,0
Italien	- 6,5	- 0,3	- 6,0
Luxemburg	- 28,0	- 23,4	- 5,0
Niederlande ²⁾	- 6,0	+ 16,6	- 23,0
Österreich	- 13,0	+ 7,7	- 21,0
Portugal	+ 27,0	+ 56,6	- 30,0
Schweden ²⁾	+ 4,0	+ 17,1	- 13,0
Spanien	+ 15,0	+ 18,8	- 4,0
EU 15	- 8,0	- 1,4	- 6,6

1) nur fossile Energieträger berücksichtigt; ²⁾ nicht temperaturbereinigt; Quelle: EU-Kommission, 2000

Allein ein Drittel der Verminderung würde somit auf die letztgenannten beiden Staaten entfallen. Alle anderen Mitgliedsstaaten rechnen offenbar mit dem Erfolg der deutschen und britischen Klimaschutzpolitik, denn bei Ausbleiben der Zielübererfüllungen entstünde ein Defizit von 93 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten gegenüber der EU- Kyoto-Verpflichtung.

Tabelle 28: Vergleich des EU-Defizits im business-as-usual-Szenario mit einem Szenario mit zusätzlichen Maßnahmen

Land	Defizit [Mill. t CO ₂ -Äquivalent]	erwartete Einsparungen durch zusätzliche Maßnahmen [Mill. t CO ₂ -Äquivalent]
Belgien	24,1	nicht quantifiziert
Dänemark	3,4	2,5 bis 4,1
Deutschland	23,0	40,0
Finnland	16,7	nicht quantifiziert
Frankreich	59,1	59,6
Griechenland	4,0	nicht quantifiziert
Großbritannien	- 1,0	65,0
Irland	9,2	-
Italien	33,5	31,7
Luxemburg	0,6	nicht quantifiziert
Niederlande	49,4	50,0
Österreich	15,9	16,0
Portugal	18,9	-
Schweden	9,3	nicht quantifiziert
Spanien	11,6	-
EU 15	277,7	266,0

Quelle: EU-Kommission, 2000

Tabelle 29: Emissionen pro Kopf der Bevölkerung (6-Gase-Ansatz; Tonnen CO₂-Äquivalent pro Person und Jahr)

Land	1990	1998	Differenz in %
Belgien	13,64	14,18	+ 3,96
Dänemark ¹⁾	13,52	14,26	+ 5,47
Deutschland	15,13	12,33	- 18,51
Finnland	14,52	14,76	+ 1,65
Frankreich	9,49	9,24	- 2,63
Griechenland	10,30	11,37	+ 10,39
Großbritannien	12,63	11,10	- 12,11
Irland	15,26	17,17	+ 12,52
Italien	9,07	9,44	+ 4,08
Luxemburg ²⁾	37,16	13,49	- 63,70
Niederlande ¹⁾	13,97	14,39	+ 3,00
Österreich	9,77	9,72	- 0,51
Portugal	6,34	7,38	+ 16,40
Schweden	8,11	7,93	- 2,22
Spanien	7,77	9,15	+ 17,76
EU 15	11,39	10,81	- 5,09

¹⁾ Nicht nach Temperatur und Elektrizitätshandel bereinigt; ²⁾ Reduktion auf teilweise unterschiedliche Rechenmethoden zurückzuführen; Quelle: EU-Kommission, 2000; OECD, 2000

Die Treibhausgasemissionen pro Kopf sind in der EU 15 zwischen 1990 und 1998 um rund 5 Prozent gesunken. Auch diese Reduktion basiert vorwiegend auf den Reduktionen in Deutschland (- 18,5%) und Großbritannien (-12,1%). Bis auf leichte Reduktionen in Schweden, Österreich und Luxemburg stiegen die Pro-Kopf-Emissionen in allen anderen Mitgliedsstaaten an. Hier zeigt sich der deutliche Aufholbedarf einiger EU-Länder im Lebensstandard (Spanien, Portugal, Irland, Griechenland).

Tabelle 30: Entkopplungstendenzen der Treibhausgasemissionen von der Wertschöpfung in kg CO₂-Äquivalenten pro 1000 US \$ BIP¹⁾

Land	1990	1998	Differenz in %
Belgien	796,2	739,3	- 7,14
Dänemark ²⁾	733,1	642,9	- 12,30
Deutschland	929,9	682,0	- 26,66
Finnland	875,0	820,3	- 6,25
Frankreich	533,7	477,3	- 10,57
Griechenland	1026,3	1011,9	- 1,40
Großbritannien	777,0	610,4	- 21,44
Irland	1333,3	893,3	- 33,00
Italien	543,6	518,7	- 4,58
Luxemburg ³⁾	1541,0	430,6	- 72,06
Niederlande ²⁾	842,8	740,2	- 12,17
Österreich	578,0	508,0	- 12,11
Portugal	583,9	567,1	- 2,88
Schweden ³⁾	458,4	427,2	- 6,81
Spanien	636,8	646,2	+ 1,48
EU 15	716,3	607,7	- 15,16

¹⁾ in 1990 Preisen; ²⁾ Nicht nach Temperatur und Elektrizitätshandel bereinigt; ³⁾ Unterschiedliche Berechnungsmethoden; Quelle: EU-Kommission, 2000; OECD, 2000

Bis auf Spanien sind in allen EU-Ländern unterschiedlich starke Tendenzen der Entkopplung von Wertschöpfung und Treibhausgasemissionen zu beobachten. Überdurchschnittlich, gemessen am EU-Durchschnitt 1990/98, fiel diese Entwicklung in Deutschland, Großbritannien, Irland und Luxemburg aus.

3 Treibhausgasemissionsstatistiken für Deutschland

In Deutschland liegen vier übergreifende und offiziell genutzte Treibhausgasstatistiken vor. Sie umfassen die Erhebungen und Ausarbeitungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“, die Datensammlung des Umweltbundesamtes, die Studien des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung und die Erhebungen des

Statistischen Bundesamtes im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Die Interdependenzen der Erhebungen und der den Rechnungen zu Grunde liegenden Daten sind auf der nationalen Ebene besonders groß. Abweichungen durch differente Rechenmodelle oder unterschiedliche statistische Zuordnungen sind jedoch gegeben, bewegen sich aber in tolerablen Grenzen. Eine Ausnahme für offiziell genutzte Emissionsstatistiken stellen die Datenerhebungen des RWI dar, von dem das begleitende Monitoring zur Klimaschutz-Selbstverpflichtung der Deutschen Industrie durchgeführt wird. Hier werden über die Befragung von Verbänden und unter Nutzung und Abgleich offizieller Statistiken die Energieverbräuche und die Produktionsmengen der einzelnen Branchen abgefragt, die dann mit den Selbstverpflichtungen verglichen werden. Seit zwei Jahren erstellt das RWI zusätzlich eine Tabelle, die die im Rahmen der Selbstverpflichtung von der Industrie absolut eingesparten Kohlendioxidemissionen differenziert nach beteiligten Branchen wiedergibt (RWI, 2000). Dem Monitoring einer freiwilligen Klimaschutzselbstverpflichtung der Automobilindustrie dient auch die vom Verband der Automobilindustrie (VDA) geführte Statistik der marktgewichteten Kraftstoffverbräuche von in Deutschland produzierten Pkw und Kombi (VDA, 2001).

Daten des Klimaschutzberichtes 2000 der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2000)

In der Regel werden Daten für die Jahre 1990 bis 1998 berichtet, wobei die Daten der letzten fünf Jahre auf fundierten Schätzungen beruhen; Ausarbeitung und Formulierung gehen dabei eindeutig auf das UBA zurück. Die Daten für die fluorierten Verbindungen werden den neuesten wissenschaftlichen Veröffentlichungen entsprechend ergänzt. Für die Umrechnung wurden die im Second Assessment Report des IPCC für die einzelnen Stoffe veröffentlichten GWP-Werte verwendet.

Daten des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2000)

Werte der „Daten zur Umwelt 2000“ liegen für den Zeitraum von 1990 bis 1999 vor und sind temperaturbereinigt. Alle Emissionsangaben sind Jahresangaben und folgen dem Territorial- und dem Standortprinzip; Vorkettenemissionen werden demzufolge nicht berücksichtigt.

Primäre Grundlage der Emissionsberechnung bildet die jährlich publizierte Energiebilanz (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen), ergänzt um statistische Angaben und zusätzliche notwendige Detailangaben von einzelnen Verbänden. Diese umfangreichen Informationen in Kombination mit Emissionsfaktoren ermöglichen es, eine exakte Emittentengruppen-Abgrenzung in der Emissionsaussage durchzuführen.

Alle Emissionsdaten werden nicht gerundet. Ungenauigkeiten können sich aus der Belastbarkeit der Eingangsgrößen und insbesondere der Emissionsfaktoren ergeben, die das mittlere Emissionsverhalten von Brenn- und Treibstoffen in Anlagen und Motoren sowie der Produktionsprozesse und weiterer Vorgänge kennzeichnen. Das Ausmaß der Unpräzision schwankt dabei sektoral: Am präzisesten sind die verbren-

nungsbedingten Emissionsdaten aus dem stationären Bereich, wohingegen die Daten aus Land- und Abfallwirtschaft als am ungenauesten angegeben werden.

Bis 1994 – und teilweise auch für 1995 – beruhen die veröffentlichten Emissionsdaten auf Berechnungen; ab 1996 konnten mangels Datenbasis nur noch Schätzungen vorgenommen werden. Diese Schätzungen basieren für die energetisch bedingten Emissionen auf im UBA erarbeiteten Annahmen zum emittentengruppen- und brennstoffspezifischen Energieverbrauch und sind daher konservativ, da der technologische Fortschritt nur ungenügend Berücksichtigung findet. Für die übrigen nichtenergetisch bedingten Emissionen wurden bis 1998/99 die veröffentlichten statistischen Angaben verwendet.

Die beschriebene Art der Darstellung wird künftig keine Anwendung mehr finden, da insbesondere durch die Klimarahmenkonvention wesentlich detailliertere Berichtsformate vorgeschrieben sind.

Emissionsdaten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW, 2001)

Daten liegen für die Jahre 1990 bis 2000 vor. Grundlage der Berechnungen der CO₂-Emissionen sind die von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen veröffentlichten Energiebilanzen für Deutschland. Jedoch finden nur energiebedingte Emissionen Berücksichtigung, Emissionen aus industriellen Prozessen – schätzungsweise 25 Mill. Tonnen CO₂-Äquivalente – bleiben außen vor. Gemessen am UBA-Ansatz bestehen Datenabweichungen von durchschnittlich 0,5 bis 0,6 Prozent je nach Jahr aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Modelle. Die Daten liegen sowohl als reale Emissionsdaten als auch temperaturbereinigt vor.

Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (Statistisches Bundesamt, 2000)

Emissionsdaten sind für den Zeitraum 1991 bis 1998 veröffentlicht. Die direkten - Emissionen der einzelnen Wirtschaftsbereiche und der privaten Haushalte werden mit Hilfe spezifischer Emissionskoeffizienten (Datenbasis: UBA), dem Energieverbrauch (Datenbasis: DIW, Energiebilanz) und der ablaufenden Produktionsprozesse ermittelt. Grundlage ist jeweils der emissionsrelevante Energieverbrauch, der nur diejenigen Energieträger umfasst, bei deren Verbrauch unmittelbar Emissionen in die Luft entstehen. Nach der international abgestimmten Systematik des Nationalen Treibhausgas-Inventar, das alle sechs Kyoto-Gase berücksichtigt, hat Deutschland von 1990 bis 1998 seine Treibhausgasemissionen um 15,9 Prozent verringert. Das im Rahmen des EU-burden-sharings vereinbarte Kyoto-Ziel lautet für Deutschland: Verringerung der Treibhausgasemission im Vergleich zu 1990 um 21 Prozent im Zeitraum 2008-2012. Die energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland sind in allen Sektoren, bis auf den Verkehrsbereich zurückgegangen. Die Energieintensität der deutschen Volkswirtschaft ist kontinuierlich zurückgegangen, wobei die Industrie auf überdurchschnittliche Fortschritte verweisen kann.

Tabelle 31: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach dem internationalen Treibhausgasinventar 1990 und 1998¹⁾

	1990	1998	Veränderung 1990/98 in %
	Mill. t CO ₂ -Äquivalente		
Emissionen insgesamt ²⁾	1.176.330	988.852	- 15,9
- Energie	1.037.312	901.461	- 13,1
- Industrielle Prozesse	62.020	45.052	- 27,4
- Landwirtschaft	69.709	59.052	- 15,3
- Landnutzung + Wald	- 33.719	- 33.493	- 0,7
- Abfall	41.008	16.780	- 59,1

¹⁾ Stand Mai 2000; ²⁾ CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆; ³⁾ Einschließlich flüchtige N₂O Quelle: Umweltbundesamt, 2000

Tabelle 32: Energiebedingte CO₂-Emissionen in Deutschland nach Sektoren

	1990 Mill. t CO ₂	1998 Mill. t CO ₂	Veränderung 1990/98 in %
Energiebedingte CO ₂ -Emissionen	986.833	861.130	- 12,7
Darunter			
- Energie-Industrie	412.896	338.912	- 17,9
- Produzierendes Gewerbe	196.457	147.315	- 25,0
- Verkehr	162.281	180.830	+ 11,4
- Sonstige	215.199	194.073	- 9,8

¹⁾ Auf Grundlage des Nationalen Treibhausgas Inventars; Quelle: Umweltbundesamt, 2000

Tabelle 33: Energieintensität ¹⁾

	1960	1970	1980	1990	1991	1999
	Millionen Tonnen SKE ²⁾					
Primärenergieverbrauch	211,5	336,8	390,2	392,2	498,5	484,6
Endenergieverbrauch	145,6	230,3	256,9	253,5	317,9	316,3
	Kilogramm je 1.000 DM reales BIP					
Primärenergieverbrauch	211,5	218,2	193,4	155,6	169,7	147,8
Endenergieverbrauch	145,6	149,0	127,3	100,6	108,2	96,5
Davon						
- Industrie	70,7	58,8	43,7	30,5	31,3	24,6
- Verkehr	22,5	25,5	28,7	28,3	27,6	28,6
- Haushalte	30,4	39,9	34,7	25,1	29,2	28,2
- Sonstige Kleinverbraucher ³⁾	22,0	24,9	21,4	16,6	19,5	15,1

¹⁾ Energieverbrauch je 1.000 DM Bruttoinlandsprodukt in Preisen von 1991, ab 1991 einschließlich neue Bundesländer; ²⁾ Steinkohleeinheiten; ³⁾ Einschließlich militärische Dienststellen

Tabelle 34: Emissionen in Deutschland in absoluten Zahlen sowie die Entwicklungsprognose bis 2005

THG	1990 in 1000 t	2005 in 1000 t	Ziel bzw. Prog- nose 2005 in Prozent	Fehlbetrag 1999 in Prozent- punkten
CO ₂	1.014.500	760.500	- 25	- 9,5
CH ₄	5.571	2.871	- 48	- 12,0
N ₂ O	225	159	- 29	- 1,0
H-Fkw	2,135	14,361	573	538,0
CF ₄	0,224	0,105	- 53	- 29,0
C ₂ F ₆	0,032	0,011	- 66	- 97,0
C ₃ F ₈	0,002	0,008 ¹⁾	300 ¹⁾	-
FKW	0,258	0,281	9	23,0
SF ₆	0,261	0,168	36	- 27,0

¹⁾ 1999; Quelle: BMU, 2000

Trotz der bisherigen erheblichen Anstrengungen zur Verwirklichung des nationalen Klimaschutzziels von 25 Prozent Kohlendioxidemissionsreduktion bis zum Jahr 2005 auf der Basis von 1990 wird Deutschland ohne das Ergreifen weiterer Maßnahmen eine Zielverfehlung von 9,5 Prozent prognostiziert.

Die Emissionsentwicklung in Deutschland zwischen 1990 und 1999 erweist sich für die bedeutendsten Treibhausgase als sektoral sehr unterschiedlich. Drastische CO₂-Reduktionen verwirklichten die Industrie und die Kleinverbraucher, während die Haushalte nur marginal einsparten. Die Emissionen des Verkehrssektors wuchsen sogar um 11 Prozent an. Bei den N₂O-Emissionen konnten die Hauptemittenten Land- und Abfallwirtschaft ihre Emissionen nur eingeschränkt mindern, während dies bei den Methanemissionen bislang umfänglich gelungen ist. Große Erfolge in der N₂O-Reduktion erzielte dagegen die Umstellung industrieller Prozesse. Die Entwicklung der Kohlendioxidemissionen im Verkehr zeigt, dass die größten Steigerungsraten im Straßenverkehr auf die Mobilitätswachse der Jahre 1990 bis 1993 zurückzuführen sind. In den folgenden Jahren entwickelten sich die Emissionen weit moderater. Das Niveau des spezifischen Kohlendioxidausstoßes der verschiedenen Branchen ist, bedingt durch die unterschiedlichen Arbeitsprozesse, sehr heterogen. Innerhalb des Produzierenden Gewerbes ist fast durchgängig ein Rückgang der spezifischen Emissionen festzustellen. Hervorzuheben sind die Chemische Industrie, die Energieversorgung und das Papiergewerbe. Da Emissionsreduktionen im Produzierenden Gewerbe wegen des erreichten hohen technischen Standards nicht nur kostenintensiv, sondern auch technisch schwieriger zu realisieren sind, fiel die Minderungsrate im Produzierenden Gewerbe mit 11,4 Prozent geringer aus, als z. B. in der Land- und Forstwirtschaft (-27,7%) sowie bei den Dienstleistern mit rund 15 Prozent Reduktion.

Tabelle 35: Emissionsentwicklung nach Sektoren und Gasen in Deutschland ohne natürliche Quellen

	CO ₂			N ₂ O			CH ₄		
	1990 Mill. t	1999 ¹⁾ Mill. t	Diff. in Prozent	1990 1000 t	1999 ¹⁾ 1000 t	Diff. in Prozent	1990 1000 t	1999 ¹⁾ 1000 t	Diff. in Prozent
Land- u. Abfallwirtschaft	-	-	-	89	83	- 6,7	3.796	2.262	- 40,4
Produktverwendung	-	-	-	6	6	0	-	-	-
Industrie- prozesse	28	26	- 7,1	82	13	- 84,1	13	4	- 69,2
Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen	-	-	-	-	-	-	1.548	923	- 40,4
Verkehr	172	191	+ 11,0	10	18	+ 80,0	66	21	- 68,2
Haushalt	128	125	- 2,3	4	3	- 25,0	119	44	- 63,0
Kleinverbraucher	76	46	- 39,5	2	1	- 50,0	8	4	- 50,0
Industriefeuerungen	213	144	- 32,4	6	4	- 33,3	12	7	- 41,7
Kraft- u. Heizkraftwerke	397	326	- 17,9	14	12	- 14,3	8	6	- 25,0

¹⁾ vorläufige Daten, Quelle: Umweltbundesamt, 2000

Tabelle 36: Entwicklung der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich Deutschlands

Jahr	Straßenverkehr Mill. t	sonstiger Verkehr ¹⁾ Mill. t
1990	150,8	7,9
1991	154,6	7,5
1992	160,5	7,5
1993	164,4	8,1
1994	160,9	7,9
1995	165,0	7,5
1996 ²⁾	165,0	7,5
1997 ²⁾	165,5	7,9
1998 ²⁾	168,5	7,8
1999 ^{2) 3)}	174,0	-

¹⁾ Ohne internationalen Luftverkehr (80% des in Inland verbrauchten Kerosins); ²⁾ vorläufige Werte; ³⁾ Schätzungen des Umweltbundesamtes; Quelle: DIW, 2000; Umweltbundesamt, 2000

Tabelle 37: Entwicklung und Stand der spezifischen CO₂-Emissionen nach Wirtschaftsbereichen in Deutschland

	kg CO ₂ je DM Bruttowertschöpfung	Veränderung 1991/1998 in Prozent
Land u. Forstwirtschaft	0,21	- 27,7
Produzierendes Gewerbe	0,51	- 11,4
Kohlenbergbau	5,01	+ 10,5
Ernährungsgewerbe	0,23	+ 0,5
Papiergewerbe	0,61	- 9,1
Kohlewirtschaft, Mineralölwirtschaft	4,96	+ 5,5
Chemische Industrie	0,46	- 37,8
Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden	1,19	+ 9,0
Metallerzeugung u. -bearbeitung	2,07	- 3,3
Energieversorgung	4,00	- 18,5
übriges Produzierendes Gewerbe	0,07	- 9,8
Dienstleistungen insgesamt	0,05	- 15,0
Alle Wirtschaftsbereiche	0,19	- 21,2

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2000

Im Vergleich zum international gebräuchlichen Basisjahr 1990 ist es der Industrie im Rahmen ihrer freiwilligen Selbstverpflichtung gelungen, ihren CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 1998 um 46,6 Mill. Tonnen zu verringern. Die größten Beiträge hierzu kamen von der Chemischen Industrie (21,5 Mill. t), der Stahlindustrie (9,6 Mill.) und dem Industriebereich Steine und Erden (7,5 Mill. t). Die Selbstverpflichtung wurde am 9. November 2000 fortgeschrieben und erweitert. Sie umfasst zukünftig die sechs Kyoto-Gasgruppen und zielt bis zum Jahr 2012 auf eine Minderung von 35 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 ab.

Tabelle 38: Selbstverpflichtung der Industrie und absolute CO₂-Minderung Basisjahr bis 1998 in Mill. t CO₂ bereinigt

Sektor	Basisjahr	Minderung			
	1990	1995	1996	1997	1998
Kaliindustrie	4,7	3,1	3,1	3,2	3,2
Zementindustrie ¹⁾	13,0	2,1	2,4	2,7	3,2
Kalkindustrie	3,2	0,3	0,3	0,2	0,3
Fliesen- und Plattenindustrie	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1
Ziegelindustrie	2,4	0,6	0,6	0,6	0,7
Feuerfest-Industrie ^{1) 2)}	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1
Stahlindustrie	69,9	6,6	7,7	8,9	9,6
NE-Metallindustrie	14,6	2,6	2,8	2,8	2,6
Chemische Industrie	65,5	16,1	20,6	19,8	21,5
Papierindustrie	14,4	2,5	3,0	3,5	3,7
Glasindustrie ¹⁾	6,4	1,4	1,3	1,2	1,1
Textilindustrie	5,8	0,3	0,3	0,3	0,3
Zuckerindustrie	2,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Öffentliche Elektrizitätsversorgung ³⁾	0,0	26,0	28,0	30,0	31,0
Insgesamt	203,4	61,6	70,0	73,5	77,6
darunter					
Industrie	203,4	35,6	42,0	43,5	46,6

¹⁾ Basisjahr 1987; ²⁾ Alte Bundesländer; ³⁾ Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden der öffentlichen Elektrizitätsversorgung nur jene CO₂-Minderungen zugerechnet, die aus Effizienzsteigerungen und Substitutionen bei konstanter Erzeugung resultieren. Deshalb werden für das Basisjahr keine absoluten Emissionen ausgewiesen. Quelle: RWI, 2000

Im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung der Automobilindustrie zum Klimaschutz konnte der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkw/Kombis aus deutscher Produktion zwischen 1990 und 2000 um 17,3 Prozent gesenkt werden. Bis zum Jahr 2005 will die Automobilindustrie die zugesagte Minderung von 25 Prozent erreichen.

Tabelle 39: Entwicklung des marktgewichteten Kraftstoffverbrauchs von Pkw/Kombi (ohne Transporter-Kombi) aus deutscher Produktion

Jahr	Verbrauch l/100 km NEFZ ¹⁾	Veränderung gegenüber 1990 in Prozent
1990	8,751	
1991	8,625	-1,4
1992	8,469	-3,2
1993	8,403	-4,0
1994	8,208	-6,2
1995	8,185	-6,5
1996	7,972	-8,9
1997	7,913	-9,6
1998	7,663	-12,4
1999	7,415	-15,3
2000	7,235	-17,3

¹⁾ NEFZ = Neuer europäischer Fahrzyklus; kursiv sind die jeweils aus dem Drittel- Mix umgerechneten Werte angegeben; Quelle: VDA, 2001

4 Resümee

1. Klimaschutz gehört zu den zentralen Aufgaben der Gestaltung einer Nachhaltigen Entwicklung. Klimaschutz ist eine internationale, globale Herausforderung. Für einen vorsorgenden, nachhaltigen Klimaschutz muss die Klima-Rahmenkonvention, die 1992 auf dem UN-Umweltgipfel in Rio de Janeiro verabschiedet und inzwischen von 166 Staaten und der EU unterzeichnet wurde, mit Inhalt und konkreten Absprachen ausgefüllt werden. Dazu wurde 1997 auf der 3. Vertragsstaatenkonferenz das sogenannte Kyoto-Protokoll verabschiedet. Nach diesem Protokoll sollen 38 Industrieländer (Annex B-Länder), die heute fast 60 Prozent der 22,7 Mrd. Tonnen CO₂ der Welt verursachen, ihre Treibhausgasemissionen zwischen 2008 und 2012 im Vergleich zu 1990 um 5,2 Prozent senken.
2. Die internationale Klimapolitik hat sich bisher an den Stellungnahmen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) orientiert. Der vorliegende Third Assessment Report stellt die internationale Klimapolitik vor zusätzliche Herausforderungen. Die Wissenschaftler sprechen von neuen Hinweisen, die belegen, dass der größte Teil der aktuellen und künftig zu erwartenden Erderwärmung auf Aktivitäten der Menschen zurückzuführen seien. Ausschlaggebend dafür sei der Anteil des Kohlendioxids in der Atmosphäre, der in den letzten 250 Jahren um 31 Prozent angestiegen sei. Zudem: Der Temperaturanstieg auf der Erde könnte schneller kommen als erwartet und in den nächsten 100 Jahren mit wenigstens

1,4 bis maximal 5,8 Grad Celsius höher ausfallen als befürchtet. Daran anknüpfend beschreibt das IPCC ein Szenario, das zu schnellem Handeln auffordert: Wenn nichts geschieht, wird die Trinkwasserversorgung, die Landökosysteme und die menschliche Gesundheit möglicherweise irreversibel geschädigt. Weitere Schlüsselaussagen sind: Prognostizierter Rückgang der landwirtschaftlichen Produktivität in Asien und Afrika, Wasserknappheit in einer Reihe von Regionen, härtere Dürren in Südeuropa, Zunahme der Sturmschäden und der Küstenerosion an der Ostküste der USA, Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie etwa Malaria, die kleinen Inselstaaten wären besonders betroffen, Entwicklungsländer würden die größten Schwierigkeiten haben, sich dem Klimawandel anzupassen. Zugleich wird aber auch festgestellt dass zur Klimavorsorge umfangreiche technische Möglichkeiten vorhanden sind.

3. Die bedrohlichen Szenarien des IPCC haben die internationale Klimapolitik in der letzten Zeit allerdings keineswegs zu eindeutigen Maßnahmen und Programmen veranlasst. Der Klimaschutz ist vielmehr in eine neue inhaltliche Diskussionsphase geraten. Das hat zwei Gründe:
 - Zum einen ist eine neue wissenschaftliche Debatte darüber entstanden, ob die CO₂-Emissionen überhaupt die ausschlaggebende Komponente bei der beobachteten Erwärmung der Erde sind.
 - Zum anderen haben die USA erklärt, dass sie eine Klimapolitik auf der Grundlage des Kyoto-Protokolls nicht mittragen wollen.

Dieser inhaltliche Diskussionsstand wiegt schwer, weil die Emissionsentwicklung bezüglich der klimarelevanten Gase keineswegs rückläufig ist. Abgesehen von den Sonderentwicklungen in Russland und den osteuropäischen Transformationsländern gibt es keine Region auf der Erde, in der die Weichen für eine Begrenzung der CO₂-Emissionen im Sinne der Klima-Rahmenkonvention bereits gestellt sind. Im Gegenteil, die Emissionen haben fast überall auch nach der Verabschiedung der Konvention 1992 spürbar zugenommen. Die weltweiten CO₂-Emissionen lagen 1998 mit 22,7 Milliarden Tonnen CO₂ um 5,7 Prozent über dem Wert von 1992. Gemessen am Referenzjahr 1990 des Kyoto-Protokolls haben die Emissionen sogar um 6,7 Prozent zugenommen.

Bei der Entwicklung der CO₂-Emissionen gibt es zwischen den emissionsstarken Ländern und Ländergruppen allerdings große Unterschiede. Auffällig sind die Unterschiede zwischen der EU auf der einen Seite und den drei Ländern USA, Kanada und Japan auf der anderen Seite. Während die EU ihre CO₂-Emissionen fast konstant halten konnte, haben die drei anderen Länder ihre Emissionen spürbar erhöht. Die Emissionssteigerungen liegen sogar über dem Weltdurchschnitt: Kanada verzeichnet von 1990 bis 1998 einen Emissionszuwachs von 13,3 Prozent, die USA von 11,7 Prozent und Japan von 7,6 Prozent.

Neben den osteuropäischen Ländern haben von den 38 Staaten, die nach dem Kyoto-Protokoll ihre CO₂-Emissionen absolut senken müssen, nur vier Länder ihren CO₂-

Ausstoß verringert. Dazu gehören Deutschland (- 11,4 Prozent), Luxemburg (-31,3 Prozent), Schweiz (-0,8 Prozent) und Großbritannien (- 4,0 Prozent).

1. Bei der Gestaltung einer vorsorgenden, nachhaltigen Klimapolitik, die auf einen Ausgleich zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Belangen setzt, kann allerdings das Ziel einer absoluten Senkung der CO₂-Emissionen nicht allein im Vordergrund stehen. Ein wichtigerer Maßstab für den Erfolg einer vorsorgenden Klimapolitik ist die Entkopplung der CO₂-Emissionen von Wirtschaftswachstum. Weltweit haben sich die CO₂-Emissionen je US-Dollar BIP von 1990 bis 1998 um 11,2 Prozent verringert. Diese spezifischen Verbesserungen haben aber nicht ausgereicht, um die weltweiten CO₂-Emissionen absolut zu senken. Das hat zwei Gründe:

- Zum einen gehen die spezifischen Verbesserungen in den Industrieländern nicht weit genug. In vielen Ländern gibt es noch Spielräume, die ökonomisch und ökologisch ausgeschöpft werden können. Hier gibt es weniger technische als vielmehr politische und finanzielle Barrieren abzubauen.
- Zum anderen steigen in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern die Emissionen nicht nur absolut, sondern auch spezifisch. Das heißt, in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern müssen die Prozesse der Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen erst noch in Gang gebracht werden. Strategischer Schlüssel ist in diesem Zusammenhang der Technologietransfer

Zugleich müssen aber auch die regionalen Unterschiede bei den CO₂-Emissionen pro Kopf zu berücksichtigen werden. Die Spanne reicht von 15,8 Tonnen CO₂ pro Kopf in Nordamerika über 7,5 Tonnen CO₂ pro Kopf in der ehemaligen UdSSR bis hin zu 1,1 Tonnen CO₂ pro Kopf in Indien. Die CO₂-Emissionen pro Kopf zeigen die Unterschiede im Lebensstandard zwischen den OECD-Ländern einerseits und den Schwellen- und Entwicklungsländern andererseits auf. Die Internationale Klimapolitik muss sich deshalb auch internationalen Verteilungsprozessen stellen und in eine entsprechende entwicklungspolitische Strategie eingeordnet werden.

- Eine Typisierung der klimarelevanten Entwicklungsprozesse kann nach drei Ländergruppen unterscheiden:
 - Trendsetter: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 auch zu einem absoluten Rückgang des CO₂-Ausstoßes geführt;
 - Mitläufer: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 zu einer Begrenzung des Wachstums der CO₂-Emissionen unter 25 Prozent geführt. Zu diesen Ländern gehören USA, China, Irland, Norwegen;

- Nachzügler: In diesen Ländern hat die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen in den Jahren 1990 bis 1998 nicht ausgereicht, um das Wachstum der CO₂-Emissionen auf unter 25 Prozent zu begrenzen.

In diese Klassifizierung lassen sich auch die sektoralen Entwicklungen einordnen. Die sektorale Betrachtung der weltweiten CO₂-Emissionen zeigt, dass die großen Zuwächse bei den Emissionen in der Energiewirtschaft sowie im Verkehrssektor und den privaten Haushalten liegen. Im industriellen Sektor sind die Emissionen von 1990 bis 1998 um 9,5 Prozent zurückgegangen. Allerdings konzentriert sich der Rückgang der industriellen Emissionen meist auf einzelne Industrieländer. In den Schwellen- und Entwicklungsländern sind in fast allen Sektoren Zuwächse zu verzeichnen (Ausnahme China).

- Es besteht heute besonderer Forschungsbedarf bei der Entwicklung von Klimaschutz-Strategien, die alle drei Ländertypen integrativ berücksichtigen. Das Kyoto-Protokoll beschränkt sich auf die klassischen Industrieländer, ohne die Schwellen- und Entwicklungsländer einzubeziehen. Dem Protokoll liegt die Argumentation zu Grunde, dass die pro Kopf Emissionen der Industrieländer derzeit viel höher sind, als die der anderen Ländergruppen. Deshalb wird den Industrieländern eine Vorreiterrolle im Klimaschutz zugewiesen. Die Emissionsprognosen für die Schwellen- und Entwicklungsländer zeigen jedoch mittelfristig ein drastisches Emissionswachstum, das sich vorwiegend aus dem erheblichen Nachholbedarf dieser Länder beim Lebensstandard ergibt. Forschungen für eine globale, alle Länder und Ländergruppen einbeziehende Klimaschutzvariante sollten deshalb von einem nachfrageorientierten Ansatz ausgehen.

An dem Beispiel Deutschland (Trendsetter), China (Mitläufer) und Indien (Nachzügler) könnte eine entsprechende integrative Strategie beispielhaft entwickelt werden. Ausgangspunkt dafür könnte eine vergleichende Analyse der wichtigsten Bedürfnisfelder (Wohnen, Freizeit, Mobilität, Gesundheit, Ernährung und Information) in diesen Staaten sein. Darauf aufbauend könnten dann differenzierte Strategien und Instrumente entwickelt werden, die auch Mitläufern und Nachzüglern Anreize zur aktiven Teilnahme am globalen Klimaschutz bieten könnten.

5 Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2001): Umwelt Nr. 5/2001, S. 324.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Nationales Klimaschutzprogramm, Fünfter Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“. In: Bundesdrucksache 752/00 vom 13.11.2000. Berlin.

-
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (2000): Wochenbericht 6/2000 vom 10.2.2000. CO₂-Emissionen im Jahre 1999: Rückgang nicht überschätzen. Berlin.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (2001): Wochenbericht 6/2001 vom 8.2.2001. Höhere CO₂-Emission im Jahr 2000. Berlin.
- Klimasekretariat/UNFCCC (2001a): Status of the Preparation of Nations Communications from the Parties not included in the Annex I to the Convention. <http://www.unfccc.int>
- Klimasekretariat/UNFCCC (2001b): The Convention and Kyoto Protocol, <http://www.unfccc.int>
- Klimasekretariat/UNFCCC (2001c): Greenhouse Gas Inventory Database (GHG); <http://ghg.unfccc.int/>.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2000): Bericht gemäß der Entscheidung 1999/296/EG des Rates über ein System zur Beobachtung der Emissionen von CO₂ und anderen Treibhausgasen in der Gemeinschaft. KOM (2000) 749 endg. Brüssel.
- OECD, IEA (2000): CO₂-Emissions from Fuel Combustion 1971-1998. Paris.
- Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI)(2000): Selbstverpflichtung der Industrie und CO₂-Emissionen in Deutschland: Fortschritte in den Jahren 1990 bis 1998. In: RWI-Mitteilungen 2000, 51.Jhg. (2), S. 165. Essen.
- Statistisches Bundesamt (2000): Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2000. FS 19, Reihe 4. Wiesbaden.
- Umweltbundesamt (2000): Daten zur Umwelt – Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000. Berlin.
- Verband der Automobilindustrie e. V.(2001): Marktgewichteter Kraftstoffverbrauch deutscher Pkw/Kombi von 1978 bis 2000; <http://www.vda.de/de/aktuell/kraftstoffverbrauch/marktgewichtet.html>. Frankfurt.
- Zhang, ZhongXiang (2001): Why had the Energy Intensity fallen in China's Industrial Sector in the 1990s? The Relative Importance of Structural Change und Intensity Change. Groningen.

CO₂-SEQUESTIERUNG KLIMAPOLITISCHER KÖNIGSWEG ODER SACKGASSE?

K. L. Huettner, G. Kolb

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung

Forschungszentrum Jülich GmbH

52425 Jülich

E-mail: k.l.huettner@fz-juelich.de; g.kolb@fz-juelich.de

1 Einleitung

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich im Rahmen der Klimarahmenkonvention 1992 dazu verpflichtet, „die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche Störung des Klimasystems verhindert wird (Art. 2 Klimarahmenkonvention). Trotz (vereinzelt) eingeleiteter Klimaschutzprogramme und Politikimplementierungen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen gehen Prognosen von einem im globalen Maßstab anhaltend signifikanten Anteil fossiler Energieträger bei der Energieerzeugung aus. Als Folge dessen werden die weltweiten Treibhausgasemissionen voraussichtlich weiter steigen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie trotz des Einsatzes fossiler Energieträger das stetige Anwachsen der Treibhausgaskonzentration in der Erdatmosphäre vermieden werden kann. Zu den zwei „konventionellen“ Ansätzen zur Reduktion von CO₂-Emissionen, die Erhöhung der Energieeffizienz und die Substitution zugunsten CO₂-neutralerer Energiequellen (Atom-, Solar- und Windenergie, Wasserkraft) kommt unter dem Aspekt, dass gegenwärtige CO₂-Emissionen in der Stratosphäre über einen langen zukünftigen Zeitraum die verstärkte Absorption langwelliger Sonnenstrahlung¹ verursachen, ein dritter Ansatz hinzu: Maßnahmen der CO₂-Sequestrierung. CO₂-Sequestrierung beinhaltet hierbei einerseits Technologien, die CO₂ an dessen Entstehungsorten (z. B. Kraftwerke, Industrieprozesse) abscheiden, gegebenenfalls transportieren und es in nicht-atmosphärischen Senken deponieren, oder CO₂ wieder nutzen und andererseits Prozesse, die die Bindung von CO₂ in terrestrischen Ökosystemen erhöhen (biologische Senken).²

Der Beitrag gibt einen Überblick über die derzeit diskutierten und als praktikabel angesehenen Techniken zur CO₂-Abscheidung aus großen Punktquellen und über die CO₂-Speicherung, skizziert den Forschungsbedarf und leitet Implikationen ab, die

¹ Dieses ist bei weiteren klimarelevanten Gasen von noch größerer Bedeutung und wird im Allgemeinen über das Treibhausgaspotenzial normiert.

² Hierbei handelt es sich freilich nicht um vollends neue Überlegungen. Erste Überlegungen zu CO₂-Speicherung im Ozean erfolgten bereits 1977 (Marchetti, 1977).

aus der Einbindung großtechnischer CO₂-Sequestrierung in die internationale Klimapolitik resultieren können. In diesem Zusammenhang wird ferner angesprochen, welche Bedeutung CO₂-Sequestrierung für die internationale Klimapolitik haben kann.³

2 Technische Optionen zur CO₂-Abscheidung

2.1 Anwendungsbereiche

Der Anwendungsbereich von CO₂-Abscheidetechnologien ist analog zur Reduktionsstrategien klassischer Luftschadstoffe wie SO₂- und NO_x anzusehen. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings darin, dass der Mengenanteil des bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden CO₂ um 1-2 Größenordnungen höher ist als der der erstgenannten Stoffe. Die Anwendungsbereiche für CO₂-Abscheidung entstammen grundsätzlich aus drei potenziellen Quellen:

- Eine Reihe industrieller Prozesse (Stahl- und Zementindustrie, Erdgasförderung) produzieren hochkonzentrierte CO₂- Rauchgasströme als Nebenprodukt. Allerdings ist CO₂ hier mengenbezogen von untergeordneter Bedeutung.
- Fossil-befeuerte Kraftwerke verursachen weltweit mehr als 30% aller CO₂-Emissionen, was sie für CO₂-Abscheidung besonders interessant macht. Die Abscheidungskosten bezogen auf die Basiskosten der Stromerzeugung sind vergleichsweise hoch, was auf die geringen CO₂-Konzentrationen im Abgasstrom zurückzuführen ist. Diese liegen zwischen 3-5% in Gaskraftwerken bzw. 13-15% in Kohlekraftwerken (Herzog, 2001).
- Zukünftige Anwendungsmöglichkeiten für CO₂-Abscheidung können aus der Wasserstoffproduktion kohlenstoffhaltiger Ausgangsbrennstoffe wie Kohle, Biomasse und Erdgas resultieren. Der gewonnene Wasserstoff könnte in Brennstoffzellen und weiteren wasserstoffbasierenden Energietechnologien genutzt werden. Bis diese Technologien ausgereift sind besteht allerdings noch ein großer Forschungsbedarf. Nicht zu unterschätzen sind auch die Kosten bei der Masseneinführung sowie der notwendigen Infrastruktur der auf Wasserstoff basierenden Brennstoffe (Herzog, 2001).

2.2 Technische Konzepte

Derzeit werden insbesondere drei technische Konzepte⁴ zur CO₂-Abscheidung verfolgt:

³ Biologische Senken werden hier nicht eingehender betrachtet. Für eine Diskussion zum Beitrag biologischer Senken zum Klimaschutz, siehe den Beitrag von F. Sperling in diesem Band.

- Post-combustion capture (CO₂-Abscheidung aus dem Abgas)
- Pre-combustion capture (C-Abscheidung vor der Verbrennung)
- Oxyfuels (Verbrennen mit reinem O₂, eventuell „gestreckt“ mit rezykliertem CO₂ oder H₂O)

Nicht jedes der bei diesen Konzepten einsetzbaren Trennverfahren eignet sich für die Abscheidung von CO₂ in einem Kraftwerksprozess, da die für eine Abscheidung notwendigen Parameter (Temperatur, Druck, verschmutzende Rauchgasbestandteile etc.) für die jeweiligen Verfahren nicht erfüllt sind. Mit Ausnahme der Mono-Ethanolamin (MEA) und Methyldiethanolamin (MDEA) Wäscher sowie der kryogenen Trennung, die in einigen ausgewählten Industriebereichen (z.B. Lebensmittelindustrie, CO₂ für die Erdölgewinnung) kommerziell eingesetzt werden, sind CO₂-Abscheidetechnologien noch nicht in großtechnischer Anwendung, sondern befinden sich im Stadium von Modellexperimenten.

2.2.1 Post-combustion capture (CO₂-Abscheidung aus dem Abgas)

Die CO₂-Abtrennung aus dem Rauchgas erfolgt am kalten Ende mittels Gaswäsche. CO₂ (saurer Gas) wird mit Hilfe eines geeigneten Lösungsmittels absorbiert. Dieses wird wiederum durch einen weiteren Prozess aus dem Lösungsmittel entfernt (Regeneration). Das Lösungsmittel wird dem Kreislauf wieder zugeführt.⁵ Das CO₂ ist anschließend zu deponieren

Die Absorption findet in einem Temperaturbereich von etwa 40 Grad Celsius statt, während die Desorption in einem Temperaturbereich von ca. 100 bis 150 Grad abläuft. Etwa ein Dutzend dieser Anlagen wurde weltweit errichtet. Die größte weltweit betriebene CO₂-Kraftwerksabscheideanlage (mit Aminen als Sorbens) erreicht eine Abscheideleistung von 800 t pro Tag (etwa 18 % des täglichen CO₂-Ausstoßes eines Steinkohle-Mittellast-Kraftwerks). Ein weiteres Beispiel für die chemische Absorption auf Basis von Aminen ist das Sleipner-Projekt in Norwegen. Bei Sleipner werden etwa 1 Mio t CO₂ pro Jahr aus dem CO₂-haltigen Roherdgas abgeschieden und in ein salzhaltiges Aquifer unterhalb des Meeresbodens der Nordsee verpresst.

Nachteile bzw. Probleme des Verfahrens sind

- Gastrennung bei großen Volumenströmen in atmosphärischem, mit Stickstoff verdünntem Rauchgas (CO₂-Gehalt: 15 Vol.-%): Verunreinigungen im Rauchgas führen zu einem Rückgang der eigentlichen Absorptionskapazität sowie zu Korrosionserscheinungen und Alterung von Aminen. Großer Entwicklungsbedarf wird hinsichtlich preiswerter und

⁴ Eine viertes Konzept, die CO₂-Rückhaltung in bzw. mittels Brennstoffzellen, die mit Brenngasen fossilen Ursprungs betrieben werden, wird im weiteren nicht betrachtet. Siehe hierzu den Sachstandsbericht von Kolb und Markewitz (Kolb; Markewitz, 2002).

⁵ Bewährtes Lösungsmittel ist MEA. Andere sind Diethanolamin (DEA), MDEA oder ähnliche auf Alkanolaminen basierende Verbindungen.

neuer Sorbentien gesehen, insbesondere mit Blick auf den hohen Energiebedarf der heutigen Prozesse.

Der zentrale Vorteil besteht darin,

dass bis auf die Entnahme von zusätzlichem Anzapfdampf für die Regeneration des Lösungsmittels nicht in den Kraftwerksprozess eingegriffen wird.

Darüber hinaus lässt sich das CO₂ auch durch adsorptive Verfahren (Material: Zeolit) abscheiden. Die Regeneration der Adsorbentien erfolgt hierbei über Druckreduktion (PSA-Pressure Swing Adsorption) oder Temperaturerhöhung (TSA-Temperature Swing Adsorption). Allerdings ist der Desorptionsprozess mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden.

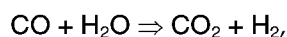
Derzeit gibt es nur kleinere CO₂-Adsorptionsanlagen. Für großtechnische Anwendungen müssten Adsorbentien für höhere Temperaturen entwickelt werden. Darüber hinaus ist die Regenerationsrate heutiger Anlagen sehr schlecht. In diesem Zusammenhang wird die Entwicklung von keramischen Membranen als sehr vielversprechend angesehen. Problematisch scheint hierbei allerdings die Sprödigkeit der Keramiken. Hier versucht man Abhilfe mittels Faserverstärkung zu schaffen (Kolb; Markewitz, 2002).

Bei den Technologien wie membranbasierte Abscheidung, Tieftemperatur-Trennung sowie Adsorption, bei der Molekularsiebe genutzt werden, um CO₂ aus dem Rauchgas abzuscheiden, handelt es sich um neue Prozesse und Ansätze im Erforschungsstadium. Bis dato sind diese Ansätze allerdings noch energieaufwendiger und kostenintensiver als chemische Absorption, teilweise verursacht durch den sehr geringen CO₂ Partialdruck in Rauchgasen.⁶

2.2.2 Pre-combustion capture (C-Abscheidung vor der Verbrennung)

2.2.2.1 Entfernung von CO₂ aus Synthesegasen vor der Verbrennung (mit und ohne CO-Shift)

Kohle wird durch Vergasung bzw. Erdgas durch Dampf-Reformierung in Synthesegas (CO und H₂) umgewandelt. Danach erfolgt durch eine Konvertierung (CO-Shift-Reaktion)



die Umwandlung zu CO₂ und H₂.

Die Abscheidung von CO₂ kann mittels physikalischer Absorption erfolgen. Alternativ ist auch eine Trennung von H₂/CO₂ mittels Membranen möglich. Hierbei sind auch Hybridverfahren denkbar, also eine Kombination aus physikalischer Absorption sowie Membrantrenntechniken. Das wasserstoffreiche Gas wird z.B. in der Brennkammer einer Gasturbine mit Luft verbrannt und das Abgas (N₂, H₂O) in die Atmosphäre ab-

⁶ Ein Überblick findet sich in IEA, 2002.

gegeben. Besonders geeignet ist dieses Verfahren für Kraftwerke mit vorgeschalteter Kohlevergasung und nachgeschalteter Gas- und Dampfturbinenanlagen⁷

Combined Cycle IGCC-Kohlekraftwerke. Die Gastrennung unter erhöhtem Druck ist von Vorteil, weil dadurch der Einsatz physikalischer Absorptionsmittel möglich ist. Diese sind unter den Namen Rectisol, Purisol, Selexol usw. bekannt.

Die wesentlichen Vorteile bei der IGCC-CO₂-Sequestrierung liegt darin, dass der Volumenstrom der Brenngase wesentlich geringer ist als der Volumenstrom der Rauchgase, da keine Verdünnung durch Stickstoff vorliegt. Der Pre-combustion Pfad eröffnet Chancen für die Produktion kommerziell verwertbarer Nebenprodukte. Wasserstoff kann genutzt werden, um eine Wasserstoffwirtschaft zu bedienen.⁸

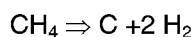
2.2.2.2 Abscheidung von Kohlenstoff aus dem Brennstoff vor der Verbrennung (Hydrocarb)

Die Idee für diesen Prozess stammt von M. Steinberg (Brookhaven National Laboratory) und beruht darauf, den in der Kohle enthaltenen Wasserstoff zu separieren, und anschließend einer Nutzung zuzuführen. Der Prozess, der als Bestandteil einer Wasserstoffwirtschaft konzipiert ist, besteht aus zwei Stufen:

1. In einem Hydro-Pyrolyse-Reaktor wird der Brennstoff exotherm mit Wasserstoff zu einem methanreichen Brenngas vergast.
2. In einem Methanspaltreaktor wird Methan unter Wärmezufuhr zu C (Ruß) und H₂ gespalten.

Eventuell kann dann noch eine Methanolsynthese erfolgen.

Die Energiebilanz dieses Prozesses ist ausgeglichen. Die Produkte der zweiten Reaktion



geben dem Prozess den Namen *Hydrocarb*.

Wird der erzeugte Brennstoff in einem gasgefeuerten Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (Erdgas-GuD) mit einem Wirkungsgrad von 58 % genutzt, so büßt der Wirkungsgrad durch C-Rückhaltung und Methanolsynthese zwischen 24 und 26 %-Punkten ein. Wird direkt ein Synthesegas zur Verstromung erzeugt, liegt der Wirkungsgradverlust zwischen 17 und 23 %-Punkten.

⁷ Diese Kraftwerke werden im englischen als integrated gasification combined cycle plants (IGCC-Kohlekraftwerke) bezeichnet.

⁸ Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die benötigte Infrastruktur bei weitem noch nicht entwickelt ist.

2.2.3 Oxyfuels (Verbrennen mit reinem O_2 , eventuell „gestreckt“ mit CO_2 oder H_2O)

Bei diesem Verfahren wird die Luft in einer Luftzerlegungsanlage (LZA) in O_2 und N_2 getrennt. Die Verbrennung wird anschließend unter Ausschluss von Luftstickstoff durchgeführt. Zur Einstellung der Verbrennungstemperatur wird CO_2 beigemischt bzw. in den Verbrennungsraum zurückgeführt.

Das Abgas besteht aus CO_2 und Wasserdampf, der leicht auskondensiert werden kann. Das restliche CO_2 wird einer Konditionierung bzw. Entsorgung zugeführt. Abhängig vom Stand der Luftzerlegungstechnik könnten die nach diesem Verfahrensschema konzipierten Prozesse hohe Wirkungsgrade bei CO_2 -Rückhaltungsraten (mehr als 90%) erreichen. Für die Verwendung von CO_2 oder H_2O/CO_2 -Gemischen ist allerdings die Konstruktion und Optimierung von Gasturbinen (eine Neuauslegung) erforderlich. Es entstehen fast keine CO_2 -Emissionen außer durch die Lösung von CO_2 in den Kondensaten aus der Rauchgaskühlung und Verdichtung.

Die Verbrennung mit reinem O_2 ist auch für atmosphärische Kesselfeuerungsanlagen anwendbar, da der Dampfkreislauf unberührt bleibt. Lediglich die Wärmeübergangsf Flächen und die Feuerung müssten neu angepasst bzw. ausgelegt werden. Da der Rauchgasstrom mit CO_2 hochangereichert ist, könnten als Abscheidetechniken auch die physikalische Absorption, Membrantechniken sowie kryogene Verfahren zum Einsatz kommen.

Bei Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die mit Synthesegas aus Kohle oder mit Erdgas betrieben werden (MCFC, SOFC) können die Gastrenneigenschaften der Brennstoffzelle ausgenutzt werden. Das der Kathode zugeführte CO_2 reagiert mit Luft zu Karbonat-Ion (CO_3^-), das Kathodenabgas besteht fast nur aus Stickstoff. Das Karbonat-Ion diffundiert durch den Elektrolyten zur Anode, wo es mit Wasserstoff zu H_2O und CO_2 reagiert. Der Anode werden H_2 und CH_4 , CO und H_2O zugeführt. Interne Reformierung und CO-Shift (siehe oben) machen aus Methan und Wasser CO_2 und H_2 . Das Anodenabgas besteht aus H_2O und CO_2 und nicht reagierten Brenngasanteilen (CO , H_2 und CH_4).

2.3 Allgemeine Bewertung der Verfahren

In der technischen Umsetzung an sich sind grundsätzlich nur geringere Probleme zu sehen. Als problematisch erweist sich derzeit, dass der Einsatz von CO_2 -Abscheidung, zwangsläufig mit einer Absenkung des Wirkungsgrades und damit zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch führen. Dieses wiederum läuft den Anforderungen an zukünftige Kraftwerkstechnologien entgegen,

- durch einen höheren Wirkungsgrad die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, und
- durch die Nutzung effizienter Techniken, Ressourcen zu schonen.

In der Summe steht somit zum jetzigen Zeitpunkt der durch die CO₂-Abscheidung intendierten Entlastung der atmosphärischen Senke eine Mehrbelastung der fossilen Quelle gegenüber. Insgesamt bedürfen die Abscheideverfahren daher einer technologischen Weiterentwicklung, um diese Mehrbelastung zu reduzieren und die Abscheidungskosten zu reduzieren. Deutliche Verbesserungen in Bezug auf Energieaufwand und Kosten werden aber von neuen Verfahren und weniger von rein verfahrenstechnischen Verbesserungen erwartet. Kurzfristig ist indessen nicht von dem kommerziellen Einsatz von Abscheidetechnologien auszugehen. Experten wie Neef (Neef, 2002) und Pruschek (Pruschek, 2002) rechnen damit, dass die Abscheidetechnologien erst nach 2020 auf breiter Front einsetzbar sein werden.⁹

3 CO₂-Transport

Bei der Errichtung von Kraftwerken spielt die Frage, ob es in unmittelbarer Nähe eine CO₂-Speicherungsoption gibt, bislang keine Rolle. Abgeschiedenes CO₂ muss bei der vorliegenden geographischen Kraftwerksverteilung auch über längere Distanzen zum Speicherort transportiert werden.

Um CO₂ zu transportieren, wird es nach der Abscheidung zunächst komprimiert, um es in flüssiger Form zu transportieren. Als Transportmedien werden derzeit insbesondere Hochdruckrohrleitungen oder CO₂-Tanker diskutiert. Daneben können zudem CO₂-Tanklastwagen eingesetzt werden, wenn die Errichtung von Rohrleitungen nicht in Erwägung gezogen wird.

Rohrleitungen zum Transport von CO₂ werden bereits seit Anfang der 80er Jahre eingesetzt. Dieser erfolgt im Rahmen der Enhanced Oil Recovery (EOR) im kommerziellen Einsatz.¹⁰ Zusammen existiert weltweit derzeit ein Rohrleitungsnetz über 3000 km Länge. Dieses befindet sich überwiegend in den USA.

Während leitungsgebundener CO₂-Transport zu CO₂-Speicherungsorten derzeit schon in Anwendung ist, ist der CO₂-Transport per Tankschiff zu Speicherungsorten derzeit noch nicht realisiert. Dieses ist auf den geringen Umfang an Sequestrierungsmaßnahmen zurückzuführen. Flüssiges CO₂ (für Nahrungsmittelproduktion) wird in Nordeuropa derzeit in Tankern mit einer Kapazität von 300.000 t transportiert. Es existieren Planungen, die Kapazität der Schiffe auf 1 Million Tonnen zu erhöhen, indem die Schiffe ausschließlich auf den Transport von CO₂ ausgelegt werden. Hierdurch könnten die Transportkosten deutlich gesenkt werden.

⁹ Für den westeuropäischen Kraftwerkspark ist dieser Zeithorizont als problembeladen anzusehen, weil vor dem Jahr 2020 ein Großteil der Kraftwerke aus betriebswirtschaftlichen und technischen Gründen ersetzt werden muss.

¹⁰ Bei EOR, im deutschen als Tertiärförderung bezeichnet, wird ein Gas wie beispielsweise CO₂ in eine Erdöllagerstätte gepresst. Ein Teil des eingepressten Gases wird mit dem Öl wieder hoch gefördert. Dieses CO₂ wird an der Oberfläche wieder abgeschieden und mit weiterem Gas wieder in das Erdölfeld gepumpt. Auf diese Weise wird die Erdölausbeute gesteigert und gleichzeitig ein CO₂-Speicher erschlossen.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass der leitungsgebundene Transport über Pipelines der dominierende Transportweg sein wird. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Errichtung einer zugehörigen Infrastruktur im Vergleich zu leitungsunabhängigen Lösungen, wie sie der Transport mit Tanklastwagen und Tankern darstellen, aufwendig ist. Insofern könnte für eine Interimsphase in den Fällen, in denen CO₂ an entfernte Speicherorte transportiert werden muss, oder die Investitionskosten einer leitungsgebunden Deponierung angesichts der Speicherkapazität des einzelnen Standortes zu gering ist, der Transport mit Tanklastzügen und Tankern eine vernünftige Alternative sein. Grundsätzlich sind die technologischen Herausforderungen der CO₂-Sequestrierung im Bereich des CO₂-Transports am niedrigsten anzusehen.

4 Optionen zur CO₂-Speicherung

Die kommerzielle Nutzung des abgeschiedenen CO₂ ist –entsprechende Reinheit vorausgesetzt– die sinnvollste Verwendungsform, da hierdurch gleichzeitig die durch die Produktion künstlichen CO₂ induzierten Stoffströme vermieden werden. Allerdings ist der mengenmäßige Bedarf an CO₂ bei chemischen Prozessen eher marginal. Er liegt in der Größenordnung von Millionen Tonnen im Vergleich zu Milliarden Tonnen an CO₂, die durch Energieerzeugung auf Basis fossiler Energieträger emittiert werden. Neben biologischen Senken wird für abgeschiedenes CO₂ insbesondere die Speicherung in geologischen Formationen sowie in der Tiefsee diskutiert. Konkret handelt es hierbei um die Speicherung:

- in entleerten Öl- und Gaslagerstätten,
- im tiefen Ozean,
- in nicht-abbaubaren tiefen Kohleflözen (mit Austrieb und Nutzung des Methans: „Enhanced coalbed methane production“ – ECBM)
- in tiefen salzhaltigen Aquiferen sowie
- durch Einpressen in im Betrieb befindliche Öllagerstätten zur gesteigerten Ausbeute von Erdöl (EOR – enhanced oil recovery).

Letzteres wird gegenwärtig bereits durchgeführt. Allerdings sind die potenziellen Speichermengen vergleichsweise gering.

Die weltweiten Kapazitäten möglicher CO₂ Speicher liegen nach Schätzungen auf einem im Vergleich zu den derzeitigen jährlichen CO₂ Emissionen auf einem hohen Niveau (Tabelle 1). Wenn man die derzeitigen weltweiten CO₂-Emissionen pro Jahr in Höhe von rund 7GtC berücksichtigt, wird grundsätzlich das enorme Potenzial der genannten CO₂-Speicherungsoptionen deutlich. Die höchste Speicherkapazität hierbei entfällt auf Ozeane. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich um das theoretisch mögliche Potenzial handelt, das unter großer Unsicherheit abgeschätzt wurde (was die Bandbreite des Potenzials erklärt) und ökologische, ökonomische so-

ziale und völkerrechtliche Restriktionen und Erfolgsbedingungen auf dem derzeitigen Diskussionsniveau nicht einbezieht.

Tabelle 1: Weltweite Kapazität einzelner CO₂-Sequestrierungsoptionen

Sequestrierungsoption	Kapazität Weltweit
Ozean	1000s GtC
Tiefe Salzhaltige Aquifere	100s-1000s GtC
Erschöpfte Erdöl und Erdgaslagerstätten	100s GtC
Nicht-abbaubare Kohleflöze	10s-100s GtC
Terrestrisch	10s GtC
Nutzung	<1 GtC/a

Quelle: Herzog, 2001

4.1 Speicherung in geologischen Formationen

Geologische Senken für CO₂ umfassen erschöpfte Erdöl- und Erdgasvorkommen, nicht-abbaubare Kohleflöze sowie tiefe salzhaltige Aquifere. Diese geologischen Senken sind weltweit vorzufinden. Derzeit existiert allerdings noch keine Quantifizierung, die Aussagen über die mengenmäßige regionale Verteilung der CO₂-Senken zulassen würde. Bei den tiefen salzhaltigen Formationen ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass sie sowohl auf dem Festland als auch auf See zu lokalisieren sind. Während sich somit ein Teil der damit verbundenen CO₂-Senken eindeutig einzelnen Staaten und Regionen zuordnen lässt, ist dieses bei tiefen salzhaltigen Aquiferen, die sich unter dem Meeresboden internationaler Gewässer befinden, nicht der Fall.

Die Techniken der CO₂-Einleitung gehören gegenwärtig zum Stand der Technik. Sie werden beispielsweise im Rahmen der Tertiärförderung angewendet.

Die Speicherung in tiefen salzhaltigen Formationen oder in Erdöl- und Erdgaslagerstätten kann grundsätzlich durch drei Verfahren erreicht werden:

- a) Verdrängung der am ursprünglichen Ort gelagerten Verbindungen durch CO₂
- b) Auflösung von CO₂ in den Verbindungen
- c) Chemische Reaktion von CO₂ mit Mineralien der Gesteinsformation, bei der sich stabile Verbindungen, wie etwa Karbonate bilden.

Der Einsatz der Verfahren ist jeweils abhängig von den spezifischen Bedingungen der jeweiligen geologischen Senke.

4.1.1 Erschöpfte und im Abbau befindliche Erdöl – und Erdgaslagerstätten

In erschöpften Erdöl und Erdgaslagerstätten wird auf kurze Sicht die vielversprechendste landbasierte Speicherungsoption für CO₂ gesehen. Diese Lagerstätten haben über einen langen Zeitraum ihre Eigenschaft gezeigt, unter Druck stehende flüssige Verbindungen einzubinden. Aus diesem Grund kann die Speicherungssicherheit als hoch eingeschätzt werden. Die meisten Erdöl- und Erdgasvorkommen befinden sich allerdings nicht in unmittelbarer Nähe zu punktförmigen CO₂-Emissionsquellen wie Kraftwerken, so dass hohe Investitionen in die Transportinfrastruktur notwendig wird, um CO₂ aus Punktquellen zu geeigneten Speicherplätzen zu transportieren. Aufgegebene und unwirtschaftliche Kohleflöze sind ein weiterer möglicher Speicherort für CO₂. Anders als etwa bei EOR, bei der ein Entweichen von CO₂ theoretisch möglich ist, diffundiert hier das CO₂ durch die Porenstruktur der Kohle, wird adsorbiert und damit dauerhaft gespeichert.¹¹ Das technische Verfahren befindet sich noch im Entwicklungsstadium, es wurde in Pilotprojekten aber bereits durchgeführt.

Im Abbau befindliche Erdöl- und Erdgasvorkommen können ebenfalls als Speicherort verwendet werden. Beispielsweise wird, wie oben angesprochen, CO₂ im Rahmen der Tertiärförderung routinemäßig genutzt. Allerdings ist die CO₂-Menge, die für Tertiärförderung genutzt werden kann, gering im Vergleich zu den gesamten CO₂-Emissionen. Derzeit sind die Abscheidungskosten für CO₂ noch zu hoch, um bei der Tertiärförderung eingesetzt zu werden. Bei technischem Fortschritt in den Abscheidungstechnologien sowie abscheidungsfreundlicheren Rahmenbedingungen, kann dieser derzeitige Kostennachteil aber kompensiert werden. Obwohl die grundlegende Technologie für Tertiärförderung bereits existiert, sind zudem weitere Forschungsbemühungen zur Modifikation der derzeitigen Prozesse notwendig, um eine optimierte CO₂-Speicherung zu ermöglichen.

Insgesamt muss bei der Speicherung sichergestellt werden, dass die unterschiedlichen Speicherungsoptionen effektiv, sicher und umweltverträglich sind. Unter diesem Blickwinkel ist ein besseres Verständnis des Langzeitverhaltens von CO₂ in den unterschiedlichen Speicherungsverfahren notwendig.

Umweltrelevante Einwirkungen bei der Speicherung in erschöpften Erdöl- und Erdgaslagerstätten werden als vergleichsweise unproblematisch angesehen. Weiträumige Umwelteinwirkungen sind nicht anzunehmen. Dagegen stellen Einwirkungen auf die menschliche Gesundheit ein potenzielles Problem dar. Bei einem Verzicht auf zusätzliche Abdichtung kann es lokal zu einem großen Austritt von CO₂ kommen. Dieser wiederum kann zur Luftverdrängung und im schlimmsten Fall zum Tod der im Umkreis des Austrittspunktes befindlichen Lebewesen führen.

4.1.2 Tiefe salzhaltige Aquifere

Die Deponierung von CO₂ muss in durchlässigen wasserführenden Gesteinsschichten stattfinden. Nur diese bieten aufgrund ihrer Durchlässigkeit relevante Speicher-

¹¹ Dieser Prozess ähnelt dem, bei der Aktivkohle Verunreinigungen aus Luft oder aus Wasser filtert.

kapazitäten an. Die Eignung saliner Aquifere für CO₂-Speicherung variiert angesichts unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften recht stark, was Bedingungen an die Einleitungskriterien impliziert. CO₂ sollte grundsätzlich oberhalb des superkritischen Drucks (der superkritische Punkt liegt bei 31°C und 74 bar) und tiefer als achthundert Meter unter der Erdoberfläche gespeichert werden. Auf diesem Druckniveau hat CO₂ typischerweise eine Dichte von 600-800 kg pro qm³. CO₂ tendiert unter diesen Bedingungen weniger stark nach oben zu strömen als Erdgas aber stärker als Erdöl. Die Speicherung in salinen Aquiferen impliziert, dass nicht dieselbe Sicherheit wie bei Erdöl- und Erdgaslagerstätten besteht, bei denen Deckschichten vorliegen, die das CO₂ daran hindern, nach oben zu strömen. Auf der anderen Seite haben saline Aquifere in der Vergangenheit erfolgreich das Durchströmen von Erdöl und Erdgas verhindert. Ein salines Aquifer muss für die CO₂-Speicherung vergleichsweise gute Durchlässigkeit aufweisen, aber in der Durchlässigkeit in obere Gesteinsschichten deutlich begrenzt sein. Ferner muss es eine hinreichende Größe aufweisen, um den Aufbau von Überdruck zu verhindern. Als kommerzielles Vorzeigeprojekt wird in diesem Zusammenhang das Sleipner-Projekt angesehen.¹²

4.1.3 Allgemeine Anmerkungen

Insgesamt wird trotz existierender Technologien zur Speicherung von CO₂ in geologischen Formationen davon ausgegangen, dass eine Reihe weiterer forschungsbezogener Maßnahmen notwendig sind. Diese umfassen in Anlehnung an Herzog (Herzog, 1997):

- Die Durchführung quantitativer Abschätzungen zur Speicherkapazität in erschöpften Erdgas- und Erdölfeldern.
- Die Abschätzung der Charakteristika im Hinblick auf Speichersicherheit erschöpfter Erdgas- und Erdölfelder und damit verbunden ihre Eignung als CO₂-Speicher.
- Die Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der langfristigen Sicherheit und der ökologischen Einwirkungen der Speicherung sowie von Sicherheitsrisiken für unterschiedliche unterirdische Speicheroptionen.
- Die Erprobung von Modifikationen bei Verfahren der EOR, um eine Optimierung der CO₂-Sequestrierung sowie der Erdölausbeute zu erzielen.
- Die Durchführung von theoretischer und experimenteller Grundlagenforschung im Hinblick auf die fluiden, thermischen und geologischen Eigenschaften tiefer salzhaltiger Aquifere, um technische Machbarkeitskriterien zu verfeinern.

¹² Dieses wird von Statoil bei der Erdgasförderung in der Nordsee betrieben. CO₂ wird hier von dem Erdgas durch Absorption auf Basis von flüssigen Aminen getrennt und anschließend in ein salzhaltiges Aquifer 1000 m unter dem Meeresboden geleitet. Eine Kurzbeschreibung des Projekts ist über die Unternehmenswebsite <http://www.statoil.com/> abrufbar.

- Die Durchführung einer umfassenden Bestandsaufnahme auf Basis industrieller und administrativer Daten zu Standorten und den Charakteristika tiefer salzhaltiger Aquifere, die den Machbarkeitskriterien entsprechen
- Durchführung weiterer ökonomischer Analysen zu Anlage- und Betriebskosten der CO₂-Abscheidung, des CO₂-Transports und der CO₂-Speicherung
- Erstellen eines Rahmenkonzepts für Demonstrationsprojekte

Auf einem aggregierten Niveau geht es somit bei der die geologischen CO₂-Sequestrierung um die Maximierung des Sequestrierungspotenzials, um Monitoring und Verifikation sowie um Risikoanalyse und Risikominimierung (IEA, 2002).

4.2 Speicherung im Ozean

Der Ozean stellt die größten Senkenpotenziale für anthropogene Treibhausgasemissionen. Zusammen sind unter natürlichen Bedingungen in Pazifischem, Atlantischen und Indischen Ozean geschätzte 40.000 GtC gespeichert. Demgegenüber beläuft sich mengenmäßig die Bindung von CO₂ in der Erdatmosphäre auf 750 GtC und in der ländlichen Biosphäre auf 2200 GtC. Ohne die CO₂-bindenden Eigenschaften der Ozeane und der terrestrischen Senken wäre die atmosphärische CO₂-Konzentration fast 100 ppm höher als derzeit. Aus diesem Grund haben Ozeane für den globalen Kohlenstoffkreislauf eine wichtige Bedeutung (IPCC, 2001). Die vergleichsweise warmen oberflächennahen Wasserschichten der Ozeane weisen einen hohen CO₂-Sättigungsgrad auf. Die tieferen und damit kälteren Gewässer sind nicht gesättigt und weisen eine hohe CO₂-Bindungskapazität auf. Der Kohlendioxidtransfer von der oberflächennahen Wasserschicht zur Tiefsee ist in der Regel ein langsamer Prozess, der auf natürliche Weise über zwei Mechanismen erfolgt.¹³ Bei der Speicherung von CO₂ zur Entlastung der Erdatmosphäre geht es darum, den langsam verlaufenden biologischen Prozess zu beschleunigen.

Der direkte CO₂-Eintrag stellt das derzeit favorisierte Konzept zur CO₂-Sequestrierung in Ozeanen dar. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen der Dispersion von CO₂ in mittleren Tiefen sowie der Dispersion von CO₂ in Tiefen unterhalb 3000 m. Um Umwelteinwirkungen in den oberflächennahen Gewässern möglichst gering zu halten, muss CO₂ in Tiefen von mindestens 1500 m eingebracht werden. Studien gehen davon aus, dass die Rückhaltezeit für CO₂ bei mehreren hundert Jahren liegt.

Die Dichte von flüssigem CO₂ ist größer als die von Wasser in Tiefen von mehr als 3000 m. Diese Eigenschaft kann dazu genutzt werden, in einer Vertiefung oder einem Graben einen unterseeischen CO₂-Pool zu erzeugen. Die Auflösung von CO₂ in das darüberliegende Meerwasser würde durch CO₂-Hydrate, die eine eisschichtähnliche Kombination von CO₂ und Wasser bilden, deutlich reduziert werden. Derzeit existiert Forschungsbedarf für eine Reihe von durch ozeanbasierter CO₂-Sequestrierung möglicherweise hervorgerufenen Umwelteinwirkungen. Die pH-Werte

¹³ Siehe zu den zwei Mechanismen IEA, 2002.

fallen aufgrund der Reaktion von CO₂ mit Meerwasser. Dieses wirkt sich in erster Linie auf Meeresorganismen wie etwa Plankton und Bakterien aus, die unterhalb von 1000 m angesiedelt sind. Das Ausmaß der Einwirkung hängt von der Änderung des pH-Wertes und der Dauer der Einwirkung ab. Sie kann grundsätzlich durch das gewählte Injektionsverfahren kontrolliert werden. Die derzeitige Datenlage lässt vermuten, dass pH-Änderungen vollständig vermieden werden können, wenn es im Rahmen des Verfahrens gelingt, CO₂ bei der Einleitung in Meerwasser fein auszubreiten. Hierbei stehen zunächst Fragen grundlegender Natur im Mittelpunkt. Standortsspezifische Fragen gewinnen letztlich erst dann an Bedeutung, wenn sich konkrete Projekte im Planungsverfahren befinden.

Aufgrund des derzeitigen Kenntnisstandes sind nach Johnston und Santillo (Johnston; Santillo, 2002) Forschungsaktivitäten zu folgenden Forschungsfeldern von übergeordneter Bedeutung:

- Struktur und Funktionsweise von Tiefseeökosystemen
- Einwirkungen eines reduzierten pH-Werts auf Tiefseeorganismen auf allen Ebenen der biologischen Organisation
- Potenzielle Einwirkungen auf artenreiche Ökosysteme
- Zeitliche und räumliche Ausdehnung einer veränderten pH-Umgebung und dadurch hervorgerufene biologische Einwirkungen
- Identifikation geeigneter Biomarker zur Effektbilanzierung veränderter pH-Werte
- Mögliche Wechselwirkungen der CO₂-Speicherung mit anderen biogeochemikalischen Kreisläufe
- Ökologische Einwirkungen der Karbonatauflösung auf Fauna mit kalkhaltiger Sedimentumgebung
- Ökologische Einwirkungen der Karbonatauflösung auf Mikroflora mit kalkhaltiger Sedimentumgebung
- Additive und synergetische Einwirkungen von Stoffen, die mit abgediehem CO₂ in biologische Systeme eingetragen werden.
- Entwicklung und Validierung angewandeter Modelle
- Standortsspezifische Themenstellungen.

Die Vielzahl unbekannter Determinanten legt nahe, dass derzeit trotz der hohen Speicherkapazität aus dem umweltpolitischen Vorsorgeprinzip keine großflächige CO₂-Sequestrierung im Ozean anvisiert werden sollte, bevor der Kenntnisstand über die Konsequenzen ein ausreichendes Niveau erreicht hat.

Verstärkt wird diese Einschätzung dadurch, dass derzeit völkerrechtlich die CO₂-Sequestrierung im Ozean nicht gedeckt ist. Einschlägige internationale Vereinbarun-

gen sind in diesem Zusammenhang die Klimarahmenkonvention aus dem Jahr 1992 sowie die Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen (sog. Oslo und London Konvention) aus dem Jahr 1972.

Die Bedeutung von Ozeanen für den Klimaschutz wird in Artikel 4, Absatz 1, Satz d der Klimarahmenkonvention explizit angesprochen.¹⁴ Grundsatz 3 der Klimarahmenkonvention fordert die Vertragsstaaten zu Maßnahmen zum Klimaschutz auf.¹⁵ In diesem Zusammenhang ist CO₂-Speicherung in Ozeanen laut Heinrich mit den vorsorgenden Maßnahmen dann kompatibel, wenn sie zu Kosten erfolgt, die vergleichbar zu anderen Maßnahmen sind (Heinrich, 2002). Obgleich derzeit CO₂-Sequestrierung in Ozeanen im Vergleich zu „konventionellen Vermeidungsmethoden“ teuer scheint, ist dieses bei Vorliegen entsprechender Rahmenbedingungen, beispielsweise der Einführung einer CO₂-Steuer nicht mehr zwangsläufig der Fall.

Demgegenüber stehen die Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen. Diese Konventionen verbieten das Einbringen von Abfall in die Ozeane ohne eine vorherige staatliche Genehmigung. 1991 wurde die London Konvention um das Vorsorgeprinzip ergänzt und die Verbringung von radioaktiven und industriellen Abfällen verboten. In dem Anhang, der Stoffe auflistet, die nicht als industrieller Abfall angesehen werden, ist CO₂ nicht enthalten. Auch das Protokoll von 1996 zur London Konvention, in dem die Liste unerlaubter Verbringungsstoffe durch eine „Positivliste“ ersetzt wurde, veränderte den Status von CO₂ nicht. Da es in der Liste nicht aufgeführt ist, ist seine Verbringung in Ozeane durch die Konvention verboten.

Wenn der politische Wille existiert und CO₂-Speicherung in Ozeanen wissenschaftlich gesichert als grundsätzlich umweltverträglich angesehen wird, könnte diese rechtliche Barriere allerdings auf zwei Wegen überwunden werden. Entweder dadurch, dass CO₂ auf die Liste der erlaubten Stoffe aufgenommen wird, oder speziell definiert wird, dass es sich bei CO₂ nicht um industriellen Abfall handelt.

Eine zweite Form der CO₂-Speicherung in Ozeanen stellt die sogenannte indirekte CO₂-Anreicherung dar. Hierbei werden fertilisierend wirkenden Substanzen in den

¹⁴ Hier heißt es „...Promote sustainable management, and promote and cooperate in the conservation and enhancement, as appropriate, of sinks and reservoirs of all greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol, including biomass, forests and oceans as well as other terrestrial, coastal and marine ecosystems“.

¹⁵ Hier heißt es „...The Parties should take precautionary measures to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its adverse effects. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty should not be used as a reason for postponing such measures, taking into account that policies and measures to deal with climate change should be cost-effective so as to ensure global benefits at the lowest possible cost. To achieve this, such policies and measures should take into account different socio-economic contexts, be comprehensive, cover all relevant sources, sinks and reservoirs of greenhouse gases and adaptation, and comprise all economic sectors. Efforts to address climate change may be carried out cooperatively by interested Parties.“

Ozean eingebracht, die zu einer erhöhten Photosyntheseproduktion und dadurch zu einer höheren Kohlenstoffbindung in der Produktionszone der bis zu 200 m tiefen Produktionszone des Epipelagials führt.

Rechtliche Hindernisse existieren insoweit nicht, als CO₂ nicht als Abfallprodukt in den Ozean verbracht wird. Es wäre allenfalls zu prüfen, ob die Verbringung der fertilisierend wirkenden Substanz mit den einschlägigen völkerrechtlichen Bestimmungen kongruent ist. Allerdings bestehen schwerwiegende ökologische Bedenken gegen die indirekte CO₂-Anreicherung, weil sie zu schwerwiegenden und nicht vorhersagbaren Einwirkungen der ozeanischen Ökosysteme führen kann.

Die ökologischen Einwirkungen sind aufgrund weitreichender Interdependenzen noch sehr viel schwieriger abzuschätzen als dies bei der direkten CO₂-Sequestrierung der Fall ist. Als Folge dessen wird diese Speicherungsoption gegenwärtig nicht als ernsthafte Alternative angesehen.

5 Kosten

Die Kosten für CO₂-Sequestrierung setzen sich aus den Kosten für CO₂-Abscheidung, des CO₂-Transports und der CO₂-Speicherung zusammen.¹⁶ Ein Überblick über anfallenden Kosten geben Freund und Davison (Freund; Davison, 2002). Wie anhand Tabelle 1 deutlich wird, sinkt sowohl bei Post-combustion und Pre-combustion der Wirkungsgrad bei der CO₂-Abscheidung zwischen 12,6% und 6,1%. Die Abscheidung führt gleichzeitig zu Mehrkosten in der Spannweite von 940 – 380 \$/kWe.

Tabelle 2: Vergleich von Wirkungsgraden und Anlagekosten bei Kohlekraftwerken. SC steht für sub-critical (170 bar, 535°C), PF steht für pulverised coal fired steam power plant. (Quelle: Freund; Davison, 2002)

Source reference	Post combustion			Pre-combustion		
	PF (SC)	PF (SC)	PF	IGCC (dry feed F-class)	IGCC (slurry, H-class)	IGCC
	12	13	14	12	13	14
Efficiency, % (LHV)						
Without capture	45.6	42.5	41.2	46.3	45.2	42.2
With capture	33.0	30.3	30.9	38.2	38.8	36.1
Capital cost, \$/kWe						
Without capture	1020	1140	1150	1470	1260	1401
With capture	1860	1960	2090	2200	1640	1909
Additional cost of Capture	830	840	940	730	380	508

¹⁶ Die Verdichtung von CO₂, die ebenfalls einen Kostenblock darstellt, wird von der IEA per definitionem in die Abscheidungskosten integriert.

Auch bei Gaskraftwerken sinkt der Wirkungsgrad deutlich. Hiermit einher gehen aber geringere Erhöhungen der Stromgestehungskosten als bei kohlegefeuerten Kraftwerken.

Tabelle 3: Vergleich von Wirkungsgrad und Anlagekosten bei Erdgas-GuD Kraftwerken. Bei Pre-combustion erfolgt die CO₂-Entfernung durch partielle Oxidation oder Dampfreformierung. (Quelle: Freund; Davison; 2002)

	Post combustion		Pre-combustion	
	(F-class)	(F-class)		
Source reference	12	13	14	12
Efficiency, % (LHV)				
Without capture	56.2	55.6	55.0	56
With capture	47.2	43.5	47.8	48
Capital cost, \$/kWe				
Without capture	410	510	542	410
With capture	790	1010	1013	910
Additional cost of Capture	380	500	471	500

Zu den Anlagekosten kommen sowohl bei der CO₂-Abscheidung aus Kohlekraftwerken als auch der CO₂-Abscheidung aus Gaskraftwerken weitere Kosten (Betriebs- und Verwaltungskosten, Roh- und Hilfsstoffe...) hinzu. Diese betragen zwischen 0,17 US-cents/kWh bei IGCC und 0,69 US-cents/kWh bei Post-combustion (Freund; Davison; 2002)

Eine Projektion für das Kostengerüst einer CO₂-Abscheidung für kohle- und gasbeheizte Kraftwerke im Jahr 2012 auf Basis des Jahres 2000 wird von David und Herzog vorgenommen. Sie gehen hierbei von einer deutlichen Verbesserung des Wirkungsgrades und einer entsprechenden Reduktion der Abscheidungskosten aus (David; Herzog, 2000).

Bei der Kostenkalkulation für den CO₂-Transport gilt es Aspekte Rechnung zu tragen, wie etwa der Durchlaufleistung, der Länge, dem Terrain, auf dem die Pipeline verlegt wird, staatlichen Vorschriften, und dem Zustromdruck. Tabelle 4 enthält kalkulierte CO₂-Übertragungskosten in US-\$/tCO₂.

Tabelle 4: Transportkosten beim Einsatz von Pipelines (Quelle: Freund; Davison, 2002)

Throughput	Length of pipeline		Specific cost \$/t/100 km
	100 km	400 km	
0.1 million t/y	13	51	13
5 million t/y	1.1	4.2	1.1
50 million t/y	0.4	2.2	0.4-0.5

Tabelle 5: Kosten bei Tankertransport (Quelle: Freund; Davison, 2002)

Capacity	22 000 m ³
Design temperature	-55°C
Design pressure	6 bar
Distance for shipment	500 km
Speed of tanker	25 km/hr
Loading/discharge times	10/10 hours
Round trip	3 days
Mean sequestration rate	7300 t CO ₂ /d
Cost of tanker	\$50 million

Die Kosten für die Speicherung in geologischen Formationen hängen von dem konkreten Speichertyp (erschöpfte Erdöl- und Erdgaslagerstätten oder nicht-abbaubare Kohleflöze), den jeweiligen physikalischen Eigenschaften, der Speicherkapazität, dem notwendigen Arbeitseinsatz zur Erschließung der Senke, der CO₂-Fließgeschwindigkeit sowie dem Wert des entstehenden Nebenprodukts (beispielsweise verbesserte Ausbeute bei der Erdöl- und Erdgasgewinnung) ab. Schätzungen zu kostenabhängigen Kapazitäten in US-\$/t CO₂ in geologischen Formationen wurden vom IEA Greenhouse Gas R&D durchgeführt. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Kosten für Speicherung in geologischen Formationen gegenüber den Transport- und den Abscheidungskosten eine geringere Rolle spielen. Dieses dürfte auch darauf zurückzuführen sein, dass Faktoren, die die Speicherkosten erhöhen, wie z.B. ordnungsrechtliche Sicherheits- und Umweltauflagen, noch nicht kalkuliert werden können und müssen.

In Einzelfällen wie z.B. der EOR kann die CO₂-Speicherung kostenneutral oder mit negativen Kosten erfolgen, wenn die zusätzliche Erdölgewinnung die Speicherkosten kompensiert oder überkompensiert.

Für die Speicherung in Ozeanen liegt, weil die Speicherungsoption an sich bisher nicht ernsthaft in Erwägung gezogen wurde, nur wenige verlässliche Kostendaten vor. Das IEA R&D Programme führte zu Beginn der 90er Jahre hierzu Berechnungen durch. Ein Hinweis auf die in diesem Zusammenhang aufgestellten Kostenberechnungen sind in Tabelle 6 enthalten. Die Berechnungen gehen bei einer Speichermenge von 19 Mt CO₂/y von originären Speicherkosten in Höhe von 1,1 \$/t CO₂ bei einer Einleitungstiefe von 500 m und Kosten von 5,7 \$/t CO₂ in einer Tiefe von 3000 m aus.¹⁷

Andere Speicherungsoptionen weisen deutlich höhere spezifische CO₂-Abscheidungskosten auf, so dass sie unter reinen Kostenaspekten keine ernsthafte Alternative darstellen.

¹⁷ Wie angesprochen, ist aus ökologischen Gesichtspunkten eine Einleitung in möglichst großer Tiefe anzustreben.

Tabelle 6: Kosten für Speicherung im Ozean (Quelle: Freund, Davison, 2002)

	Injection Depth	
	500m	3000m
Capacity (Mt CO ₂ /y)	19.0	19.0
Pipeline length (km)	100	100
Pipeline cost (\$M)	128	975
Maintenance cost (\$M/y)	3.8	3.8
Power consumption cost (\$M/y)	3.3	3.3
Total cost of storage (\$/t CO ₂)	1.1	5.7

Betrachtet man die Kosten für CO₂-Sequestrierung integrativ, so leitet sich unter Einbeziehung der Speicherung in geologischen Formationen das in Abbildung 1 dargestellte Bild ab.

Die Stromgestehungskosten steigen demnach bei einem Kohlekraftwerk mit Post-combustion Dampfkraftwerk (DKW) um ca. 3,1 US-cents/kWh und bei Pre-combustion (IGCC) um ca. 2,5 US-cents/kWh. Bei einem Erdgaskraftwerk (GuD) steigen die Stromgestehungskosten weniger stark und zwar um ca. 1,3 US-cent/kWh.

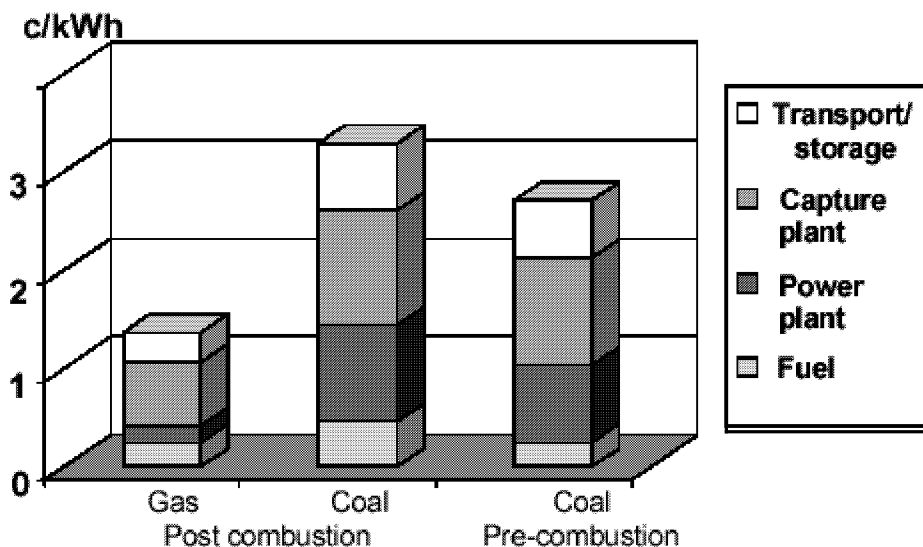


Abbildung 1: CO₂-Sequestrierungskosten in US-c/kWh für unterschiedliche Abscheidungsverfahren. „Power plant“ bezeichnet die Zusatzkosten der Ersatzinvestition sowie die zusätzlichen Kosten für den Brennstoffeinsatz bei gegebener Produktion (aufgrund der Wirkungsgradeinbuße). Bei den Post-combustion Kraftwerken handelt es sich um ein Gas-GuD bzw. ein Kohle-Dampfkraftwerk und bei dem Pre-combustion handelt es sich um ein IGCC-Kohlekraftwerk. (Quelle: Freund; Davison; 2002)

Die höchsten Kostensenkungspotenziale liegen nach herrschender Meinung in der Wirkungsgradverbesserung und in der Reduzierung des Energiebedarfs der CO₂-Abscheidung (Kolb; Markewitz, 2002). Prozessinnovationen und economies of scale

können insgesamt zu einer bedeutenden Kostenreduktion führen (Freund; Davison, 2002).

Unter den gegenwärtigen energiewirtschaftlichen und klimapolitischen Rahmenbedingungen ist CO₂-Sequestrierung allerdings noch eine vergleichsweise teure Maßnahme zur Emissionsreduktion.

6 Internationale Klimapolitik und CO₂-Sequestrierung

CO₂-Sequestrierung ist, wie im Zusammenhang mit der Speicherung von CO₂ im Ozean ausgeführt, grundsätzlich mit der Klimarahmenkonvention vereinbar. Während die Anrechenbarkeit von biologischen Senken im Mittelpunkt kontroverser klimapolitischer Diskussionen steht, hat sich die Diskussion um die Anrechenbarkeit der hier vorgestellten Sequestrierungsoptionen bis dato noch nicht entfacht.¹⁸ Dieses ist insofern nicht verwunderlich, als die dargestellten technologischen Verfahren sich bei weitem noch nicht in großindustrieller Anwendung befinden und große Wissensdefizite im Hinblick auf die ökologischen Implikationen der umfassenden Anwendung der Technik existieren.

Je näher der eigentliche Zielkorridor für die Umsetzung des Kyoto Protokolls rückt, desto deutlicher dürfte werden, dass die bisherige internationale Klimapolitik nur bedingt als erfolgreich bezeichnend werden kann. Treibhausgasreduktionen haben zwar in einzelnen Industrieländern stattgefunden, sie sind allerdings nur teilweise auf „echte“ klimapolitische Maßnahmen zurückzuführen (Siehe hierzu Fischer; Holtrup). Gleichzeitig wird die Ratifikation des Kyoto-Protokolls in hohem Maß von Faktoren determiniert, die außerhalb der Umwelt- und Klimapolitik angesiedelt sind, was sich derzeit für die Zielsetzung der Klimarahmenkonvention als äußerst kontraproduktiv erweist. Dem steht gegenüber, dass es mit dem Kyoto-Protokoll erstmals gelungen ist, auf internationaler Ebene einen breiten maßnahmenorientierten Konsens über die Notwendigkeit von Emissionsreduktionen zu erzielen. In Anbetracht global anwachsender Treibhausgasemissionen wird, weiterer Erkenntnisgewinn hinsichtlich Umweltverträglichkeit sowie Entsorgungssicherheit vorausgesetzt, die klimapolitische Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen der CO₂-Sequestrierung zunehmen.

Hierbei ist wiederum davon auszugehen, dass es in erster Linie die industrialisierten Länder sein werden, die CO₂-Sequestrierung auf die klimapolitische Agenda bringen werden. Derzeit wird an der CO₂-Sequestrierung am konzentriertesten in den USA, Nordeuropa und Japan geforscht und weitaus weniger in den anderen Ländern des asiatischen Kontinents, Südamerika und Australien. Angesichts der Tatsache, dass sich bisher nur die Industrieländer verpflichteten, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren, finden sich Aktivitäten zur CO₂-Reduktion in Entwicklungsländern wie etwa China und Indien, derzeit konsequenterweise nur dann auf der Tagesordnung,

¹⁸ In diesem Kontext enthält das Kyoto Protokoll einen allgemeinen Hinweis auf notwendigen Forschungsbedarf (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>).

wenn es sich um Maßnahmen im Rahmen der Clean Development Mechanisms handelt. Diese sind derzeit für die hier vorgestellte Form der CO₂-Sequestrierung nicht vorgesehen. Da die potenziellen Speicherorte weltweit vorhanden sind, könnte CO₂-Sequestrierung sowohl unter dem derzeitigen Klimaschutzregime als auch unter einem Post-Kyoto Regime an Relevanz gewinnen.¹⁹

Auch wenn die Kosten nicht unterschätzt werden sollten, bietet die Kompatibilität mit den historisch gewachsenen Energieinfrastrukturen die Möglichkeit, CO₂-Emissionen ohne abrupten Systemwechsel zu vermeiden. Industrieländer mit hohem Anteil fossilbefeuerter Kraftwerke können durch CO₂-Sequestrierung eine hohe Reduktion erzielen, ohne mittelfristig die Grundstrukturen ihrer Energieversorgung tiefgreifend ändern zu müssen. CO₂-Sequestrierung ist zudem eine Möglichkeit, um Entwicklungs- und Schwellenländer, deren Energieversorgung auf fossilen Energieträgern beruht, in Emissionsreduktionsstrategien einzubinden. Auch ist mittelfristig eine Einbindung von CO₂-Sequestrierung in Clean Development Mechanisms möglich. So könnte die Sequestrierung dort vorgenommen werden, wo geringere Grenzkosten der Abscheidung vorliegen. Dieses könnte vor dem Hintergrund des fallenden Wirkungsgrades aufgrund der CO₂-Abscheidung insbesondere in Entwicklungsländern, wo ohnehin niedrige Wirkungsgrade vorliegen und somit die spezifischen CO₂-Abscheidungskosten geringer sind, von Bedeutung sein.

Diesen Optionen, die derzeit nur angerissen werden können, steht indes noch vielfältiger Forschungsbedarf entgegen. Zum einen muss ein genaueres Wissen darüber erworben werden, welche Speicherkapazitäten unter ökologischen Gesichtspunkten weltweit vorliegen und wie sie sich regional verteilen. Erst anschließend wäre im politischen Prozess darüber Einigung zu erzielen, bis zu welchem Prozentsatz der gesamten Emissionsreduktionen CO₂-Sequestrierung erfolgen darf. Anschließend wäre der Weg frei für die Implementierung und das Monitoring zugehöriger Maßnahmen. Da es sich hierbei um ein offenes Forschungsfeld handelt, dass die politische Tagesordnung noch nicht erreicht hat, können über den Erfolg²⁰ von CO₂-Sequestrierung nur Spekulationen angestellt werden. Als ein erfolgversprechendes Moment ist sicher zu nennen, dass bis zu dem Zeitpunkt, an dem auf einem erweiterten Erkenntnisniveau über technische, ökonomische, ökologische und rechtliche Möglichkeiten und Grenzen von CO₂-Sequestrierung diskutiert wird, ein breiter Erfahrungsschatz im Bereich der Clean Development Mechanisms sowie dem Monitoring von Klimaschutzmaßnahmen vorliegen werden, die zu einem hohen Grad auch auf CO₂-Sequestrierung übertragen werden können.

¹⁹ Post-Kyoto Regime bezeichnet hier wertneutral den Zeitraum nach der ersten Berichtsperiode, d.h. den Zeitraum ab dem Jahr 2012.

²⁰ Erfolg in dem Sinne, dass CO₂-Sequestrierung auf die politische Tagesordnung kommt, und einen Policy-Zyklus durchläuft. Siehe zum Policy-Zyklus Jänicke, 2000.

Bei der Einbeziehung der CO₂-Sequestrierung in klimapolitische Maßnahmen müssen Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um schädliche Einwirkungen auf Umwelt und Menschen nach dem Stand der Technik auszuschließen. In diesem Zusammenhang wird es bei grundsätzlicher Befürwortung von CO₂-Sequestrierung darauf ankommen, dass bei einzelnen Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wird, die nicht nur formellen Charakter sondern auch fachlichen Charakter besitzt. Hierfür müssten im Vorfeld rechtlich verbindliche Kriterien festgelegt werden, die bei einzelnen Vorhaben einzuhalten sind. Gegebenenfalls könnte auch eine Sozialverträglichkeitsprüfung erwogen werden, wenn die zu erwartenden Umwelteinwirkungen an einem Speicherort auftreten, der durch eine hohe Sensitivität der ansässigen Bevölkerung geprägt ist. Allgemein ist zudem festzustellen, dass es mit der technischen Umsetzung von CO₂-Abscheidung, des CO₂-Transports und der CO₂-Speicherung allein, nicht getan sein wird. Vielmehr wird es begleitender Maßnahmen sowohl ordnungsrechtlicher Natur als auch marktwirtschaftlicher Instrumente bedürfen, um die großtechnische Konkurrenzfähigkeit von CO₂-Sequestrierung sicherzustellen, sowie gleichzeitig deren Sicherheit, Umweltverträglichkeit sowie öffentliche Akzeptanz zu gewährleisten.

7 Schlussfolgerungen

Angesichts weiter anwachsender Treibhausgasemissionen und der mittelfristigen Bindung an die existierenden Energieinfrastrukturen steht der grundsätzlich mögliche Beitrag der CO₂-Sequestrierung zur CO₂-Emissionsminderung außer Frage. Der konkrete Beitrag zur Verringerung der Treibhausgasemissionen ist derzeit allerdings noch nicht absehbar. Hier ist weitergehende Forschung im Hinblick auf Umwelteinwirkungen bei der Ozeanspeicherung sowie der Sicherheit bei geologischer Deponierung und nicht zuletzt im Hinblick auf die öffentliche Akzeptanz von CO₂-Sequestrierung notwendig. Auch die Abscheideverfahren bedürfen technischer Verbesserungen, um die Reduktion des Wirkungsgrades und damit die durch Abscheidung verursachten Zusatzkosten zu minimieren. In Anlehnung an das umweltpolitische Vorsorgeprinzip sollte nicht einseitig auf die (vermeintlichen) ökologischen Vorteile fokussiert werden, sondern in einem ganzheitlichen systemanalytischen Ansatz ökologische, ökonomische und soziale Ein- und Auswirkungen analysiert werden.

Unabhängig hiervon haben CO₂-Abscheidungs- und Speicherungstechnologien den Vorteil, dass sie mit der auf fossilen Primärenergieträgern basierenden und historisch gewachsenen Energieversorgungsinfrastruktur kompatibel sind. Diese Technologien können daher den Transitionspfad zu einer klimaschutzfreundlicheren Energieversorgung flankierend unterstützen, ohne abrupte Systemänderungen notwendig zu machen, die wiederum aus ökonomischen und sozialen Erwägungen als nicht zumutbar gelten könnten. Voraussetzung hierfür ist nach erfolgten weiteren Forschungsanstrengungen und Modellprojekten mittel- und langfristig die Formulierung und Implementierung klimapolitischer Maßnahmen. In diesem Zusammenhang stellt

der für 2005 anvisierte Sonderbericht des IPCC zur CO₂-Sequestrierung einen wichtigen Meilenstein für den Umgang und die zukünftige Bedeutung von CO₂-Sequestrierung dar. Unabhängig von den Ergebnissen ist davor zu warnen, CO₂-Sequestrierung als Trojanisches Pferd zu gebrauchen, um den status quo der derzeitigen fossil dominierten Energieversorgung zu festigen. Dieser Gesichtspunkt darf nicht unterschätzt werden. Grundsätzlich sollten die Problematiken sowohl auf der Quellenseite als auch der Senkenseite zum Anlass genommen werden, das derzeitige Energieversorgungssystem auf „nachhaltige Säulen“ zu stellen. Bei CO₂-Sequestrierung handelt es sich somit um eine additive Möglichkeit, CO₂-Emissionen zu vermeiden, aber nicht um eine langfristige Alternative zum Umbau des Energieversorgungssystems. Durch eine einseitige klimaschutzakzeptable Verlängerung der fossilen Energieversorgung würde man Gefahr laufen, Ressourcen nicht in zukunftsfähige Technologien zu investieren, was wiederum den absehbaren zukünftigen Problemlösungsdruck erhöhen würde.

Aus diesem Grund solle CO₂-Sequestrierung als Komplement eines ganzheitlich angelegten Lösungsansatzes, der den weiteren Ausbau CO₂-neutralerer Energieerzeugungssysteme beinhaltet, angesehen werden. Dann könnte sie langfristig in einer von pragmatischen Gesichtspunkten geprägten Klimapolitik eine flankierende Rolle erhalten. Vor diesem Hintergrund und unter Beachtung dieser Rahmenbedingungen kann vermieden werden, dass CO₂-Sequestrierung sich als klimapolitische Sackgasse erweist. Auf der anderen Seite stellt sich CO₂-Sequestrierung keineswegs als klimapolitischer Königsweg dar, sondern insbesondere vor dem Hintergrund, dass große stationäre Punktquellen nur rund ein Drittel aller CO₂-Emissionen verursachen, lediglich als möglicherweise sehr hilfreiche Maßnahme in einem umfassenden Maßnahmenbündel dar.

8 Literatur

- Benson, S. M.; Myer, L. (2002) : Monitoring to ensure safe and effective geologic sequestration for carbon dioxide. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 137-151.
- Caldera, K. (2002): Monitoring of ocean storage projects. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 153-160.
- Cough, C.; Shackley, S.; Cannell, M. G. R. (2002): Evaluating the options for carbon sequestration. Tyndall Centre for Climate Change Research. Technical Report 2. Norwich.
- David, J.; Herzog, H. (2000): "The Cost of Carbon Capture". Paper presented at the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Cairns, Australia, August 13-August 16.

- Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002.
- Freund, P.; Davison, J. (2002): General overview of costs. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 79-94.
- Gale, J. (2002): Overview of CO₂ emission sources, potential, transport and geographical distribution of storage possibilities. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 15-29.
- Heinrich, J. (2002): Legal Implications of CO₂ Ocean Storage. Working paper. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.
- International Energy Agency Greenhouse Gas R&D Programme (ed.) (2001): CO₂ abatement by use of carbon-rejection processes. Report. Programme number Ph 3/36.
- International Energy Agency (ed.) (2002): Solutions for the 21st Century. Zero Emissions Technologies for Fossil Fuels. Technology Status Report. Paris.
- International Energy Agency Greenhouse Gas R&D Programme (ed.) (2002): Ocean Storage of CO₂. o.O.
- International Energy Agency (ed.) (2002): Beyond Kyoto. Energy Dynamics and climate stabilisation. Paris.
- Office of Science; Office of Fossil Energy; U.S. Department of Energy (ed.) (1999): Carbon Sequestration Research and Development.
www.ornl.gov/carbon_sequestration/
- Herzog, H.; Drake, E.; Adams, E. (1997): CO₂ Capture, Reuse, and Storage Technologies for Mitigating Global Climate Change. A White Paper. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report. A contribution of Working Group I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK), New York.
- Karstad, O. (2002): Geological storage, including costs and risks, in saline aquifers. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 53-60.
- Kolb, G.; Markewitz, P. (2002): Sachstandsbericht zu Technologien auf dem Gebiet der CO₂-Sequestrierung. STE-Preprint 11/2002.
- Jänicke, M. (2000): Umweltpolitik. In: Jänicke, M.; Kunig, P.; Stitzel, M. (Hrsg.): Umweltpolitik. Seite 13-157. Bonn

- Johnston, P.; Santillo, D. (2002): Carbon Capture and Sequestration: Potential Environmental Impacts. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 95-110.
- Marchetti C., 'On geoengineering and the CO₂ problem' Climate Change 1: 59-68, 1977
- Neef, H.-J. (2002): "IEA Zero Emissions Technologies Strategy for Fossil Fuels". Vortrag auf dem Workshop „CO₂-Abscheidung, Verwertung und Endlagerung“, veranstaltet von dem Bundesministerium für Wirtschaft am 03./04.07.2002 in Frankfurt am Main.
- Pruschek, R. (2002): Sachstand in AG 4 "Zukünftige Technologien". Vortrag auf dem Workshop „CO₂-Abscheidung, Verwertung und Endlagerung“, veranstaltet von dem Bundesministerium für Wirtschaft am 03./04.07.2002 in Frankfurt am Main.
- Wildenborg, A.F.B.; van der Meer, L.G.H. (2002): The use of oil, gas and coal fields as CO₂ sinks. In: Energy Research Centre of the Netherlands (ed.) (2002): Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings. Regina, Canada, 18-21 November 2002, pp. 61-67.

LEISTEN SENKEN EINEN BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ? EIN ÜBERBLICK ÜBER DEN GEGENWÄRTIGEN STAND VON WISSENSCHAFT UND POLITIK UND ZUKÜNFTIGEN FORSCHUNGSBEDARF

F. Sperling

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)

Forschungszentrum Jülich GmbH

52425 Jülich

E-mail: ab 01.08.02: fsperling@worldbank.org

1 Einleitung

Der menschliche Einfluss auf das globale Klimasystem wird immer deutlicher. Es bestehen unter Wissenschaftlern kaum noch Zweifel daran, dass die globale Erwärmung hauptsächlich auf die durch menschliche Aktivitäten erhöhten Treibhausgaskonzentrationen zurückzuführen ist. Bereits jetzt lassen sich Auswirkungen regionaler Klimaveränderungen auf physikalische und biologische Systeme in verschiedenen geografischen Breiten erkennen. So sind zum Beispiel die Abnahme der Gletscher- ausdehnung, eine polwärts und in Höhenlagen gerichtete Verschiebung der Ausbreitungsgebiete verschiedener Pflanzen und Tierarten, ein verfrühtes Blühen von Bäumen und Schlüpfen von Insekten und verändertes Brutverhalten von Vögeln zu beobachten. All dies deutet darauf hin, dass sich der Klimawandel bereits auf die Natur auswirkt. Abhängig von der Zunahme und Geschwindigkeit der Erwärmung werden sich die Auswirkungen verstärken.

Der *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, ein zwischenstaatliches Gremium von Wissenschaftlern, das den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse über den Klimawandel zusammenfasst und bewertet, prognostiziert einen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur von 1,4 bis 5,8 °C über den Zeitraum von 1990 bis 2100. Der Klimawandel wird sich besonders auf die Wasserversorgung, Land- und Forstwirtschaft, Küstenregionen, Fischerei, Siedlungsgebiete, Energie und Industrie, Versicherungs- und Finanzdienstleistungen und menschliche Gesundheit auswirken. Die Auswirkungen sind hierbei nicht alle negativ. Vielmehr hängt es von der geografischen Lage, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen und dem Zusammenspiel mit anderen regionalen ökologischen Faktoren ab, inwiefern eine Region vom Klimawandel betroffen ist (IPCC, 2001b).

Entwicklungsländer, die einen Großteil der Weltbevölkerung stellen, werden voraussichtlich besonders die negativen Auswirkungen zu spüren bekommen. So wird sich wahrscheinlich die Wasserknappheit in vielen subtropischen Regionen verstärken,

die bereits heute darunter leiden. Wasserreiche Regionen werden vermehrt Überschwemmungen und Erosionen infolge einer Zunahme intensiver Regenfälle ausgesetzt sein. Tiefliegende Küstengebiete sind von einem Anstieg des Meeresspiegels und einer möglichen Zunahme von Wirbelstürmen betroffen. Die Ausbreitung von klimasensitiven Krankheiten wie Malaria und Cholera ist zu erwarten. Aufgrund der gewöhnlich großen Bedeutung von Landwirtschaft und gleichzeitig geringer Anpassungsfähigkeit sind besonders Entwicklungsländer vom globalen Klimawandel wirtschaftlich betroffen. Industrienationen sind weniger stark vom Klimawandel beeinträchtigt. Zum Beispiel wirkt sich die Erwärmung durch eine verlängerte Anbausaison voraussichtlich positiv auf die landwirtschaftliche Produktivität in einigen Regionen der mittleren Breiten aus. Auch resultiert die starke und differenzierte Wirtschaft und Infrastruktur in Industrienationen in einer besseren Anpassungsfähigkeit als in Entwicklungsländern. Dies setzt jedoch voraus, dass die Klimaerwärmung nicht zu schnell voranschreitet und nicht mehr als nur einige Grad Celsius beträgt, so dass biologische Systeme in der Lage sind sich anzupassen. Je stärker ein nicht-lineares, komplexes System wie das Klimasystem beeinflusst wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass großflächige irreversible Veränderungen und unvorhersehbare Ereignisse auftreten. Eine rasante, extreme Erwärmung könnte zum Beispiel einen Abriss des Golfstroms zur Folge haben und so zu einer Abkühlung führen, deren negative Folgen besonders in Nordeuropa zu spüren wären. Auch könnte die Erwärmung zu einem Auftauen der Permafrostböden führen und dadurch weiteres Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre entlassen, was den globalen Erwärmungsprozess zusätzlich anheizen würde. Die Wahrscheinlichkeit solcher extremen Veränderungen lässt sich schwer quantifizieren, mahnt jedoch zur Vorsicht. Auch sollte berücksichtigt werden, dass die negativen Folgen des Klimawandels in Entwicklungsländern sich destabilisierend auf Volkswirtschaften auswirken könnten. Gesellschaftlicher Druck durch Bevölkerungswachstum, Ressourcenknappheit wird durch klimatische Veränderungen verstärkt und besitzt Konfliktpotenzial, das sich über die betroffene Region hinaus ausbreiten kann.

Die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls würde einen verbindlichen politischen Rahmen für Emissionsreduzierungen in dem Zeitraum von 2008 bis 2012 bedeuten. Es stellt einen ersten konkreten Schritt in Richtung des in der VN Klimarahmenkonvention (UNFCCC) festgelegten Ziels dar, die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine gefährliche anthropogene Einwirkung auf das Klimasystem vermeidet, Ökosystemen genügend Zeit für Anpassung lässt und außerdem gewährleistet, dass die Nahrungsversorgung nicht gefährdet und eine wirtschaftliche Entwicklung in nachhaltiger Weise ermöglicht wird.

Zu einer Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration können zum einen die Entwicklung von CO₂-extensiven und alternative Energietechnologien, Steigerungen der Energieeffizienz und Verbesserung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Treibhausgasreduktionen beitragen und zum anderen sogenannte *End of Pipe*-Lösungen. Zu *End of Pipe* Lösungen gehören alle technischen und durch den

Menschen bewirken ökologischen/biologischen Veränderungen, die der Atmosphäre Treibhausgase entziehen und sie speichern, so dass der Treibhauseffekt verlangsamt wird. In der politischen Diskussion von *End of Pipe*-Maßnahmen spielen besonders biologische Senken eine wichtige Rolle. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid entziehen, über den Photosyntheseprozess in organische Verbindungen umwandeln und speichern. Biologische Senken können zum Beispiel Landvegetation oder Phytoplankton sein. Biologische Senken haben somit das Potenzial nationale und internationale Emissionsreduktionsziele zu unterstützen. Aus diesem Grund entwickelte sich in den vergangenen Jahren eine wissenschaftliche und politische Debatte um die Anrechnungsmöglichkeiten von CO₂ Reduktionen durch biologische Senken auf die Ziele der zu Emissionsreduktionen verpflichteten Vertragsstaaten des Kyoto-Protokolls.

Der Bericht konzentriert sich auf die Klimafunktionen von Waldökosystemen und deren Einbindung in internationale Klimaschutzmassnahmen. Im folgenden soll zunächst ein allgemeiner Überblick über die gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen und den wissenschaftlichen Kenntnisstand gegeben werden. Die Zusammenfassung baut dabei auf die Ergebnissen des IPCC und des Wissenschaftliche Beirats der Bundesregierung (WBGU) auf und untersucht kritisch die sich daraus ergebenden Implikationen für Wissenschaft und politische Umsetzung. Insbesondere soll überprüft werden, ob die Unsicherheiten im gegenwärtigen wissenschaftliche Erkenntnisstand in politischen Strategien über die Einbindung biologischer Systeme in den Klimaschutzbiologische Systeme im Klimawandel entsprechend berücksichtigt werden.

2 Überblick: Der Kohlenstoffkreislauf und die Bedeutung der Wälder

Um das Potenzial terrestrischer biologischer Senken für die Reduktion von Treibhausgasen im Vergleich zu anderen Maßnahmen besser einschätzen zu können, ist es sinnvoll zunächst einen Einblick in den globalen Kohlenstoffkreislauf und die Bedeutung biologischer Senken zu geben.

Die Erde hält circa 10^8 Gt Kohlenstoff (C) (Schlesinger, 1997). Davon befinden sich ungefähr $40 \cdot 10^3$ Gt C in aktiven Pools (Kohlenstoffspeicher), d.h. sie befinden sich über die Atmosphäre, die Biosphäre und die Ozeane miteinander im Austausch (Schlesinger, 1997). Ist die Größe eines aktiven Pools über einen bestimmten Zeitraum konstant, bedeutet dies, dass Zu- und Abfluss von Kohlenstoff sich im Gleichgewicht befinden. Für den Klimawandel sind Veränderungen in C-Pools insofern relevant, da sie über die Austauschprozesse zu einem Anstieg oder zu einer Abnahme der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre führen können.

Menschliche Aktivitäten haben zudem zusätzliche Kohlenstoffspeicher erschlossen, die vorher nicht im Austausch mit der Atmosphäre standen. Dazu zählt vor allem die

Förderung fossiler Brennstoffe. Die förderfähige Menge wird auf $4 \cdot 10^3$ Gt C geschätzt (Schlesinger 1997).

Gegenwärtig beträgt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre 367 ppmv (Cannell, 1996). Sie liegt damit 28% über der Konzentration vor der Industrialisierung. Der jährliche Anstieg liegt bei ungefähr 1,8 ppmv. Ursache hierfür ist, dass der Ausstoß an CO₂ durch Industrie und Landnutzungsänderungen größer ist als Menge CO₂ die zusätzlich durch Ozeane und terrestrische Senken jährlich aufgenommen werden kann.

In der Atmosphäre befinden sich gegenwärtig etwa 750 Gt C. Davon stehen rund 100 Gt C jährlich im Austausch mit der Landoberfläche, welches einem Anteil von etwa 13 % entspricht. 90 Gt C (12%) wechseln über das Jahr zwischen Atmosphäre und Ozean (Cannell, 1996). Diesem Austauschprozess stehen jährlich 5,5 Gt C Emissionen durch industrielle Aktivitäten und 1,6 Gt C durch Landnutzungsänderungen gegenüber. Von diesen durch den Menschen zusätzlich verursachten rund 7,1 Gt C pro Jahr verbleiben etwa 3,4 Gt C in der Atmosphäre und sind somit für den Anstieg der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration und einem verstärkten Treibhauseffekt mitverantwortlich. Die restlichen 3,7 Gt C werden somit wieder offensichtlich der Atmosphäre entzogen. Mittlerweile ist es relativ sicher, dass etwa $2,0 \pm 0,6$ Gt C jährlich durch den Ozean aufgenommen werden (Siegenthaler; Sarmiento, 1993; Orr, 1993, zitiert in Cannell, 1996). Damit diese Rechnung aufgeht, müsste eine weitere Senke existieren, welche die verbleibenden 1,7 Gt C pro Jahr aufnimmt. Man geht davon aus, dass das terrestrische Ökosystem, insbesondere Wälder, diese Funktion erfüllen. Als Ursache hierfür werden unter anderem ein gesteigertes Wachstum der Vegetation durch den CO₂ Düngungseffekt (*CO₂ fertilization effect*), wachsende Stickstoff-Einträge (*N-Deposition*) und ein Anstieg der Umgebungstemperatur sowie das Nachwachsen und verbesserte Management von Wäldern, insbesondere in den mittleren und höheren Breitengraden angesehen. Auf die Unsicherheiten in diesen Annahmen soll später eingegangen werden.

3 Senken im Kyoto-Protokoll

Die Förderung der Kohlenstoffaufnahme durch biologische Senken zählt zu Landnutzungs-, Landnutzungsänderungs- und Forstwirtschaftsaktivitäten (land use, land use change and forestry, LULUCF). Unter den Begriff LULUCF fallen verschiedene Maßnahmen, welche die Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoffdioxid (und anderen Treibhausgasen) durch biologische Systeme beeinflussen können und welche somit für politische Maßnahmen zur Eindämmung des globalen Klimawandels relevant sind.

Der politische Rahmen für Senken wurde 1997 in Kyoto (COP3¹) erstmals konkretisiert. Zwar war die Rolle von Senken im Kohlenstoffkreislauf und das Potenzial von

¹ COP ist die allgemein benutzte englische Abkürzung für *Conference of Parties*, zu der die Vertragsparteien der VN Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on

Senken zur Reduzierung von Treibhausgasen schon länger diskutiert worden, jedoch gab es, unter anderem aufgrund des geringen Kenntnisstands und damit verbundenen Unsicherheiten, keine klare Ausgangslage für eine politische Entscheidung. Die EU, Japan und viele Entwicklungsländer sprachen sich gegen eine Anrechnung von Senken im ersten Verpflichtungszeitraum aus, während die USA, Kanada, Australien und Neuseeland positiv den Möglichkeiten gegenüberstanden, sich aber noch nicht über den genauen Mechanismus der Anrechnung von Senken auf nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen im Klaren waren. Im Kyoto-Protokoll (KP) schließlich entschied man sich, Senken einzubeziehen (für eine ausführliche Zusammenfassung des Kyoto Protokolls und dessen Vorgeschichte siehe auch Oberthür; Ott, 1999).

So besagt Artikel 3.3., dass nicht nur Veränderungen von Emissionsquellen, sondern auch die Aufnahme von Treibhausgasen durch Senken berücksichtigt werden können, um die Emissionsreduktionsziele zu erreichen. Zwar spielen Landnutzungsänderungen und somit Veränderungen von Senken keine Rolle bei der Berechnung der Emissionen des Basisjahr 1990 (*base year*), jedoch werden bestimmte Aktivitäten im ersten Verpflichtungszeitraum berücksichtigt. Man spricht daher auch von einem Brutto/Netto Anrechnungsansatz (*Gross/net accounting*; vgl. Noble; Scholes, 2001).

Die Aussage von Artikel 3.3 wurde auf COP4 präzisiert: *„the adjustment of a Party's assigned amount shall be equal to verifiable changes in carbon stocks during the period 2008 to 2012 resulting from direct human-induced activities of afforestation, reforestation and deforestation since 1 January 1990. Where the result of this calculation is a net sink, the value shall be added to the Party's assigned amount. Where the result of this calculation is a net emission, this value shall be subtracted from the Party's assigned amount.”*

Australien setzte jedoch durch, dass Emissionen von Landnutzungsänderungen bereits auf das Basisjahr angerechnet werden, falls diese insgesamt die Aufnahme von Treibhausgasen durch Senken und Landnutzungsänderungen übertreffen. Dies bedeutet, dass sich die Basisemissionen des Vergleichsjahres 1990 für Australien und im geringeren Maße für England und Estland erhöhen. Da sich die Emissionsver-

Climate Change, UNFCCC) zählen. Als entscheidungstragende Körperschaft ist die COP dazu befähigt, Protokolle der Konvention per Beschluss anzunehmen und Amendments zu Vertragsbeschlüssen vorzunehmen. Die erste Versammlung der Vertragsstaaten (COP1) fand in Berlin 1995 statt. Treffen erfolgen gewöhnlich jährlich. Eine Ausnahme stellte COP6 dar, die nach Den Haag im Folgejahr 2001 in Bonn (COP6 bis) weitergeführt wurde, wodurch dann mit Marrakesch (COP7) zwei COPs in einem Jahr durchgeführt wurden. Neben den COPs wurden in Verbindung mit der Klimarahmenkonvention zwei Nebenorgane (Subsidiary Bodies) zur Vorbereitung und Unterstützung der Verhandlungen eingerichtet. So unterstützt der Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA) die COP mit Information und Empfehlungen bei technischen Umsetzungsfragen. Der Subsidiary Body for Implementation (SBI) beschäftigt sich mit Fragen zur Umsetzung der Konvention. Die Subsidiary Bodies treffen sich gewöhnlich zweimal im Jahr.

pflichtung als Prozentsatz aus dem Basissatz errechnet, erhöht sich somit der Spielraum für diese Länder (insb. für Australien²).

Nach Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls ist eine Ergänzung der Kategorien menschlicher Aktivitäten, die zu einer Aufnahme von Treibhausgasen führen und angerechnet werden können, möglich. Die Vertragsparteien sind aufgefordert, zusätzliche Daten über ihre Senken und Quellen an SBSTA weiterzuleiten, um den Erkenntnisstand zu verbessern und Unsicherheiten zu reduzieren. COP/MOP soll dann zu gegebenem Zeitpunkt³ entscheiden, welche Aktivitäten in Zukunft zusätzlich angerechnet werden können: „*how, and which, additional human-induced activities related to changes in greenhouse gas emissions and removals in the agricultural soil and the land-use change and forestry categories shall be added to, or subtracted from the assigned amounts for Parties included in Annex I...*“ (Artikel 3.4 des KP).

Auf COP6 einigten sich die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention auf einige weitere Aktivitäten, die im Rahmen von Artikel 3.4. auf die nationalen Emissionsreduktionsverpflichtungen angerechnet werden können. Hierzu zählt unter anderem die Waldnutzung (forest management). Diese Aktivitäten können zu einer bestimmten Menge, die sich von Land zu Land unterscheidet, auf die nationalen Verpflichtungen angerechnet werden. Für die erste Verpflichtungsperiode bleibt es jedem Land selbst überlassen, ob es die Aktivitäten unter Artikel 3.4 anrechnen lassen will oder nicht³. Dabei muss die Entscheidung ob und welche dieser Aktivitäten beim Erstellen der nationalen Emissionsbilanzen zusätzlich herangezogen werden vor Beginn des ersten Verpflichtungsperiode getroffen werden. Dies birgt grundsätzlich das Risiko, dass sich Aktivitäten, die als Kohlenstoffsinken eingeschätzt wurden, wider Erwarten in der Verpflichtungsperiode als Quellen herausstellen (und umgekehrt). Im allgemeinen ist jedoch zu erwarten, dass Vertragsstaaten nur von dieser Regelung Gebrauch machen, wenn eine große Sicherheit besteht, dass die Berücksichtigung dieser Aktivitäten Emissionsreduktionen ergeben. Hierbei ist es wichtig zu bedenken, dass jede weitere angerechnete Senke entsprechend zusätzliche Emissionen fossiler Energieträger erlaubt, da sich die Bezugsmenge eines zur Treibhausgasreduktion verpflichteten Vertragsstaates nicht verändert (siehe zu dieser allgemeinen Problematik auch WBGU, 1998).

² Anmerkung: Während des 16. Treffens der Nebenorgane (Subsidiary Body of Scientific and Technological Advice, SBSTA, Subsidiary Body of Implementation, SBI) der UN Klimarahmenkonvention in Bonn 2002 entschied sich Australien gegen eine Ratifizierung des Kyoto-Protokolls.

³ Interessant ist bei dieser Regel auch, dass Emissionen (debits), die unter Artikel 3.3 innerhalb der Verpflichtungsperiode berücksichtigt werden müssen, mit durch Waldnutzungsaktivitäten (forest management) bewirkten Emissionsreduktionen von bis zu 9,0 MtC pro Jahr kompensiert werden können.

Die Flexibilitätsmechanismen

Ein weiterer Bestandteil des Kyoto-Protokolls (KP) sind die sogenannten Flexibilitätsmechanismen, die einen möglichst kosteneffizienten Klimaschutz fördern sollen. Hierbei handelt es sich um *Emissions Trading* (Art.17), *Joint Implementation* (Art.6) und den *Clean Development Mechanism* (Art. 12). Die beiden letzteren Konzepte sind von weiterer Bedeutung für die Einbindung biologischer Senken in den Klimaschutz.

Sowohl das in Artikel 6 beschriebene und im allgemeinen als *Joint Implementation* (JI) verstandene Konzept als auch das in Artikel 12 entworfene Konzept des *Clean Development Mechanism* (CDM) tragen der Idee Rechnung, dass aufgrund unterschiedlicher Energieeffizienz und Infrastruktur sich die Kosten für Emissionsreduktionen in Ländern unterscheiden, während es für das Klima keine Rolle spielt, wo eine bestimmte Verminderung des Treibhausgasausstoßes durch entsprechende Maßnahmen erreicht wird. So ist es oft kostengünstiger, Projekte in Entwicklungsländern oder Schwellenländern (*Economies in Transition*, EITs) zu finanzieren als in Industrienationen. Ein Grund hierfür ist unter anderem, dass großes Potenzial für eine Steigerung der Energieeffizienz in Entwicklungsländern bereits existiert und entsprechende Technologien nur durch geeignete Finanzierungshilfen übernommen werden muss, während in Industrienationen eine Steigerung der Energieeffizienz oft auch mit der Entwicklung von neuen Technologien und damit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

Artikel 6 beinhaltet die Möglichkeit Emissionsreduktionen, die aus entsprechenden Projektmaßnahmen oder durch Förderung biologischer Senken resultieren, zwischen den in Annex I der VN-Klimarahmenkonvention aufgeführten Vertragsstaaten als sogenannte *Emission Reduction Units* (ERUs) zu transferieren. Nur Industriestaaten und Schwellenländer, die in der Regel nationale Emissionsgrenzen⁴ haben, sind somit bei *Joint Implementation* Aktivitäten involviert. Jede ERU, die in diesem Rahmen transferiert wird, wird von den erlaubten Emissionen des übertragenden Landes abgezogen und zu der Emissionsgrenze des Projekt finanzierenden Landes hinzugerechnet⁵. Es macht es somit schwieriger für das Land, in dem das Projekt durchgeführt wird, das eigene Emissionsziel zu erreichen, da die erlaubten Gesamtemissionen geringer sind. Für das Land, das die ERUs erwirbt, vergrößert sich der Handlungsspielraum, da die Menge der erlaubten Gesamtemissionen sich erhöht. Dadurch bleibt auch die Gesamtzahl der erlaubten Emissionen gleich.

Der *Clean Development Mechanism*, Artikel 12 des KP, ermöglicht eine bi- und multilaterale Zusammenarbeit, die es Industrienationen erlaubt Projekte, die durch die Ak-

⁴ Da sich JI auf Annex I Länder der UNFCCC bezieht, können theoretisch Länder teilnehmen, die nicht das Kyoto Protokoll unterschrieben oder ratifiziert haben. Für diese Länder gäbe es somit keine Emissionslimits. Jedoch sind die praktischen Implikationen kaum bedeutsam (Ott, Oberthür, 1999).

⁵ Nach Artikel 3.10 und 3.11 des Kyoto-Protokolls können erworbene ERUs vollständig auf dem Markt für den Handel mit Emissionszertifikaten (Artikel 17) einfließen.

tivität nachweislich zu einer zusätzlichen Emissionsreduktion führen, in Entwicklungsländern durchzuführen, und sich die entstandenen Emissionsreduktionen dann auf ihre Verpflichtungen (*Certified Emission Reductions, CERs*) anrechnen zu lassen. Entwicklungsländer profitieren durch einen Technologietransfer und zusätzliche Finanzierungsquellen von Projekten. Auch profitiert die Allianz der kleinen Inselstaaten, die sogenannte AOSIS, und die ärmsten Entwicklungsländer von einer Gebühr, die auf die CDM Aktivitäten erhoben wird. Auf der anderen Seite stellen CDM Projekte eine erste Möglichkeit dar, Entwicklungsländer bereits in den Klimaschutz einzubinden, weil diese ansonsten keine Emissionsreduktionsziele in der ersten Verpflichtungsperiode haben.

Zu den LULUCF Aktivitäten, die als CDM Projekte angerechnet werden können, zählen nur Aufforstung und Wiederaufforstung. Für den ersten Verpflichtungszeitraum von 2008-2012 dürfen als CDM Projekte angerechnete LULUCF-Aktivitäten nicht mehr als ein Prozent der Basisjahremissionen (*base year emissions*) einer Vertragspartei, multipliziert mit fünf (da der Verpflichtungszeitraum sich aus fünf Jahren zusammensetzt), ausmachen. Die zukünftige Bedeutung von LULUCF-Aktivitäten soll während den Verhandlungen für weitere Verpflichtungszeiträume bestimmt werden.

Nachdem eine kurze Zusammenfassung der wissenschaftlichen und politischen Grundlagen zum Thema biologische Senken gegeben worden ist, gilt es nun zu untersuchen, wo gegenwärtig die Unsicherheiten im Kenntnisstand liegen und wo Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung bestehen. Insbesondere ist es dabei wichtig die Bedeutung der verschiedenen Kenntnislücken für die Verwirklichung der in der VN-Klimarahmenkonvention umschriebenen Zielen des Klimaschutzes unter Berücksichtigung der Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung einzuschätzen.

4 Grundsätzliche Überlegungen zu Klimaschutzmaßnahmen durch Förderung biologischer Senken

Voraussetzung für einen Beitrag zum Klimaschutz ist, dass biologische Senken im Vergleich zum Basisjahr (Beginn der Emissionsreduktion) zunehmen und die Speicherkapazität über einen längeren Zeitraum erhalten bleibt. Ferner sollte die Förderung biologischer Senken auch unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll erscheinen, d.h. Auswirkungen auf die biologische Artenvielfalt und andere wichtige ökologische Funktionen sollten berücksichtigt werden.

Wichtig sind dabei die technischen und politischen Rahmenbedingungen. Es muss gewährleistet sein, dass der Schutz und die Förderung biologischer Systeme zur Speicherung von Kohlendioxid in ihrem positiven Beitrag überprüfbar sind. Ersetzen die Maßnahmen durch biologische Senken Emissionsreduktionen im technologischen Sektor, sollten diese in ihren positiven Auswirkungen auf das Klimasystem vergleichbar sein, d.h. die temporäre Komponente der Emissionsreduktionen und ihrer Auswirkungen muss bei der Beurteilung berücksichtigt werden. Um dies zu gewährleisten, müssen sowohl die entsprechenden wissenschaftlichen Kenntnisse als

auch politischen Rahmenbedingungen vorhanden sein, die ein rechtlich verbindliches System und die entsprechenden Anreize für eine dauerhafte Speicherung schaffen.

Diese Gesichtspunkte sollen in den folgenden Abschnitten näher untersucht werden. Folgende Fragen gilt es dabei zu beantworten:

- Welche Messverfahren zur Evaluierung der Kohlenstoffsequestrierung durch biologische Senken gibt es? Sind diese vergleichbar? Wo bestehen Unsicherheiten bzw. Einschränkungen bei der Anwendung?
- Welcher natürlichen Variabilität unterliegen die Messwerte? Oder anders formuliert: Unterliegt die Kohlenstoffsequestrierung natürlichen Schwankungen, die von menschlichen Aktivitäten unterschieden werden müssen? Wenn ja, wie beeinflusst der globale Klimawandel die Qualität von Senken? Grundsätzlich gilt es hierbei zu klären: Wo bestehen Unsicherheiten im Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs und was bedeutet das für unser Verständnis der Kohlenstoffsequestrierung durch Senken unter gegenwärtigen und zukünftigen Umweltbedingungen?
- Berücksichtigen gegenwärtig diskutierte Anrechnungsverfahren die bestehenden wissenschaftlichen und technisch-methodischen Unsicherheiten? Welche Anrechnungsverfahren sind wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll? Was sollte bei der Anrechnung von CDM- und JI-Projekten zusätzlich berücksichtigt werden?
- Wie sollten andere ökologische und klimatologische Funktionen von biologischen Senken (speziell von Wäldern) berücksichtigt werden?

Messmethoden

Die Überwachung von Veränderungen von Kohlenstoffspeichern und Treibhausgasemissionen durch Landnutzungsaktivitäten und Veränderungen in der Landnutzung über einen gewissen Zeitraum hinweg kann durch statistische oder geografische Ansätze bzw. deren Kombination erfolgen. Überwachungsmethoden können direkte Messungen, Daten über menschliche Aktivitäten, statistische Modelle, Waldinventare, Techniken der Fernerkundung, Flussmessungen, Bodenproben und ökologische Erfassungen beinhalten (Watson et al., 2000). Diese Methoden variieren jedoch in Präzision, Auflösung und Kosten. Die Überwachungsmethoden sollten gewährleisten, dass eine Vergleichbarkeit in der Bestimmung der zusätzlichen, durch menschliche Aktivitäten bedingten Kohlenstoffaufnahme zwischen unterschiedlichen Ökosystemen, welche im Rahmen des Kyoto-Protokolls zur Bestimmung der Emissionsreduktionen für den Verpflichtungszeitraum eines Landes (Art. 3.3 u. 3.4.) bzw. für Emissionsreduktionsmaßnahmen (Art.6 u.12) qualifiziert sind. Es existieren momentan jedoch keine Richtlinien bezüglich des Präzisionsgrades, mit dem Veränderungen von Kohlenstoffspeichern überprüft werden sollen. In den folgenden Abschnitten sollen die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Messmethoden grundsätzlich besprochen werden.

Zur Bestimmung von Veränderungen der in einem Waldökosystem gespeicherten Kohlenstoffmenge können Forstinventare herangezogen werden oder die Netto-Flussraten der relevanten Treibhausgase in oder aus dem Ökosystem bestimmt werden.

Forstinventare werden grundsätzlich in allen Annex I- Ländern regelmäßig durchgeführt. Sie geben Auskunft über den Zustand von Wäldern. Gewöhnlich beinhaltet dies Information über Fläche, Artzusammensetzung und Alter, sowie Waldzuwachs (*growing stock*) und die jährliche Zuwachsrate (*net annual increment*). Veränderungen des gespeicherten Kohlenstoffs lassen sich aus den erhobenen Daten abschätzen.

Ein grundsätzliches Problem von Waldinventaren ist, dass die für die Erhebung verwendeten Definitionen und auch die Genauigkeit der Datenerfassung zwischen verschiedenen Ländern zum Teil deutlich variieren. Dies schränkt die Vergleichbarkeit der Datensätze erheblich ein. Abgesehen von dieser Tatsache, stellt der zeitliche Rahmen in dem die Inventare durchgeführt werden, ein weiteres Problem dar, das dringend berücksichtigt werden muss. So werden nationale Inventare oft über einen längeren Zeitraum, etwa 10 Jahre durchgeführt (Watson et al., 2000). Die Datenerhebungen finden dabei zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den verschiedenen Regionen statt und sind dementsprechend unterschiedlich aktuell. So könnten nationale Waldinventare auch zum Bestimmen von für Art 3.3 wichtigen Landveränderungen herangezogen werden, jedoch müsste die Durchführung der Inventare entsprechend angepasst werden, um Waldveränderungen rechtzeitig, d.h. während des ersten Verpflichtungszeitraums, genau zu erfassen. Dass Veränderungen mit entsprechender Genauigkeit erfasst werden, setzt somit zwischen den Ländern vereinheitlichte Definitionen und einen entsprechenden Zeitrahmen voraus. Auch weist der LULUCF Special Report des IPCC (Watson et al., 2000) darauf hin, dass gegenwärtige Waldinventare Schwierigkeiten haben, geringfügige Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt von Ökosystemen zu erkennen. Junge Waldstände werden oft nicht vollständig erfasst, da Messungen häufig erst durchgeführt werden, wenn die Bäume eine bestimmte Größe erreicht haben (Standard ist hier der auf Brusthöhe gemessene Stammdurchmesser).

Während Waldinventare Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt erfassen, können durch Messungen der Flussströme neben CO₂ auch Veränderungen anderer Treibhausgase bestimmt werden (Watson et al., 2000). Auf lokaler Ebene (<1 km²) können die Veränderungen der Gaskonzentrationen für einen abgeschlossenen, von der Außenwelt durch einen Kammer abgegrenzten Abschnitt des Ökosystems gemessen und dadurch die Flussströme abgeleitet werden. Diese Technik ist aufwendig, besonders bei einer heterogenen Zusammensetzung des Ökosystems und somit räumlich sehr begrenzt.

Eine alternative Methode hierzu stellt die *Eddy Correlation/Covariance technique* dar, welche die Nettoproduktivität des Ökosystems über den Austausch von CO₂ zwischen dem Ökosystem und der Atmosphäre bestimmt. Diese Messungen können kontinuierlich in einem offen mit der Atmosphäre im Austausch stehenden Ökosy-

stem durchgeführt werden. Gewöhnlich werden die Messungen des Nettokohlenstoffdioxidflusses in oder aus der Atmosphäre über ein Gebiet von 20 ha integriert (Watson et al., 1999). Andere Treibhausgase können mit dieser Methode ebenfalls erfasst werden (Rinne et al., 1999, zitiert in Watson et al., 2000). Die beschränkte Dichte der Messstationen erlaubt gegenwärtig jedoch noch keine statistisch repräsentative Analyse von Gebieten zur genauen Lokalisierung und Größenbestimmung von Kohlenstoffsinken. Gegenwärtig dient die *Eddy Correlation/Covariance technique* daher vornehmlich der Verbesserung des wissenschaftlichen Verständnisses von Austauschprozessen zwischen Landgebieten und Atmosphäre (Watson et al., 2000).

Neben der *Eddy Covariance Technique*, die den Gasaustausch direkt misst, gibt es noch weitere Methoden, die Flussraten von Treibhausgasen indirekt abzuleiten, jedoch soll hierauf nicht weiter eingegangen werden.

Messmethoden von Flussraten über Regionen (z.B. *Convective Boundary Layer Approach*) und Kontinenten sind gegenwärtig Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Jedoch bestehen noch große Unsicherheiten. So ist es zum Beispiel schwierig Flussraten einzelnen Kontinenten zuzuordnen. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten ist nicht zu erwarten, dass Methoden auf dieser Ebene bereits für den ersten Verpflichtungszeitraum praktisch verwertbar sind (Watson et al., 2000).

Bei der Bestimmung von Vegetationszonen, Landveränderungen und Ökosystemproduktivität gewinnt die Fernerkundung durch Satelliten (*Remote Sensing*) zunehmend an Bedeutung. So werden Methoden der Fernerkundung zum Teil bei Waldinventuren genutzt. Grundsätzlich kann Fernerkundung eine Rolle als primäre Datenquelle zur Erfassung von Senken und Quellen oder als ein zusätzliches Mittel zur Verifizierung von *in situ* Messungen spielen. Hierbei müssen jedoch die Grenzen von Fernerkundungsmethoden berücksichtigt werden. Grobe Auflösung von Satellitendaten ($> 1\text{km}^2$) sind nicht geeignet für eine ausreichend genaue Quantifizierung von Veränderungen in der Landbedeckung durch Abholzung und Aufforstung, während dies bei höherer aufgelösten Satellitenbildern grundsätzlich möglich ist (Watson et al., 2000). Jedoch besteht hier die Schwierigkeit Veränderungen natürlichen oder menschlichen Ursachen zuzuordnen. Bei Satellitenmessungen müssen neben den anfallenden Kosten und damit der wirtschaftlichen Rentabilität auch die zunehmenden Datenmengen bei steigender Auflösung in ihrer praktischen Bedeutung berücksichtigt werden (Watson et al., 2000).

Die erläuterten Messmethoden sind von Bedeutung für die Erfassung von Änderungen im Kohlenstoffhaushalt von Wäldern und haben somit direkten Bezug für die unter Artikel 3.3. auf die nationalen Emissionsgrenzen anzurechnenden bzw. abzuziehenden Aufforstungs-, Wiederaufforstungsmaßnahmen und Abholzungsaktivitäten und sind zudem von Bedeutung für die in Artikel Art 6 und Art 12 relevanten Projektaktivitäten. Die einzelnen Messmethoden unterscheiden sich jedoch in ihrer Präzision bei der Erfassung von Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt von Wäldern. Ursachen sind neben dem Stand der wissenschaftlichen Forschung und dem unterschied-

liche Auflösungsgrad bei der Messmethodik auch Kostenfaktoren. Dies schränkt neben der Bestimmung der insgesamt national, erforderlichen Emissionsreduktion für Annex I-Länder unter Art. 3.3 auch die Vergleichbarkeit von Emissionsreduktion durch die Förderung von Senken in CDM/JI-Projekten ein. Eine Folge dieses technischen Spielraums kann eine Verwässerung der Klimaschutzziele sein.

In Bezug auf die Entwicklung von geeigneten Messmethoden sollte auch die Bedeutung des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs berücksichtigt werden. Neben der ober- und unterirdischen Vegetation findet sich Kohlenstoff in der organischen Bodenaufgabe und im Mineralboden. Die Bedeutung von Böden als Kohlenstoffspeicher variiert im allgemeinen mit der geografischen Breite, da sie je nach Vegetationstypus unterschiedlich ist (vgl. Watson et al., 2000, OECD/IEA, 2001). So befinden sich etwa 50 % des terrestrischen Kohlenstoffs auf der Fläche der Annex-I-Staaten, obwohl diese nur etwa ein Drittel der Landoberfläche stellen: In borealen Wäldern sind etwa 84% des Kohlenstoffs im Boden gespeichert, während nur etwa 50 % im Boden tropischer Wälder lagern (WBGU, 1998). Sowohl für die Berechnung der nationalen Emissionen als auch für die Vergleichbarkeit von JI- und CDM-Projekten mit anderen Emissionsreduktionsmaßnahmen sollte der unterschiedlichen Bedeutung des Bodenkohlenstoffs für die Kohlenstoffbilanz eines Ökosystems Beachtung geschenkt werden.

Auch sollte bei der Anwendung von Messmethoden der Zusammenhang von Netto-primärproduktion (*net primary productivity*, NPP), Nettoökosystemproduktion (*net ecosystem productivity*, NEP) und Nettobiomproduktion (*net bio meproductivity*, NBP) beachtet werden und über welche dieser Größen das benutzte Verfahren verlässlich Auskunft geben kann. Veränderungen des in Bäumen gespeicherten Kohlenstoffs können durch Waldinventare erfasst werden, die damit Auskunft über NPP geben. Des weiteren können Stichproben unter Anwendung entsprechender statistischer Methoden Auskunft über Veränderung des Bodenkohlenstoffs geben. Messungen beider Komponenten können somit eine Einschätzung der NEP liefern. Sind die Verfahren aber hauptsächlich direkte *in situ* Messmethoden geben sie nicht unbedingt auch eine vollständige und somit richtige Auskunft über die Nettoproduktivität einer bestimmten Region (NBP). Da es sich bei diesen Methoden um Stichproben handelt, wird ein Gebiet nicht in seiner ganzen Fläche erfasst. Stattdessen werden die Ergebnisse mit Hilfe statistischer Verfahren auf die Gesamtfläche extrapoliert. Dies kann jedoch bedeuten, dass zum Beispiel Waldbrände oder Schädlingsplagen aufgrund von Unkenntnis des Ereignisses oder Datenmangel nicht korrekt erfasst werden. Zusätzlich können auch die verschiedenen Wachstumsstadien in einem Waldgebiet nicht vollständig erfasst sein. Es ist zu erwarten, dass diese Probleme mit zunehmender Größe und Heterogenität des Gebietes zunehmen. Während somit die Nettoökosystemproduktivität grundsätzlich richtig erfasst worden sein mag, ist ein darauf basierende aussagekräftige Extrapolation auf ein größeres Gebiet und damit eine sinnvolle Bestimmung der Nettobiomproduktivität nicht grundsätzlich gewährleistet, da dabei wichtige zusätzliche natürliche und menschliche Einflüsse auf die Kohlenstoffbilanz übersehen werden können (siehe auch Watson et al., 2000).

Natürlich und menschlich bedingte Variabilität des Kohlenstoffkreislaufs

Nicht nur die gemessene Änderungen des Kohlenstoffhaushaltes von Wäldern ist von Bedeutung bei der Bestimmung von Emissionsreduktionen eines Annex I Landes, sondern auch *wie* diese Änderungen zustande gekommen sind. Sowohl die Aufforstungs-, Wiederaufforstungs- und Abholzungsaktivitäten unter Artikel 3.3 als auch zusätzliche Aktivitäten, die unter Artikel 3.4 auf die nationale Emissionsgrenze angerechnet werden können, müssen direkt durch den Menschen bedingt sein (*directly human induced*). Dies bedeutet, dass die Speicherung von Kohlenstoff durch solche Aktivitäten von anderen Ursachen wie natürlichen klimatischen Veränderungen unterschieden werden müssen. Dies gilt auch für CO₂-Düngung und Nährstoffablagerungen (*Nutrient Deposition*), welche durchaus zum Teil indirekt vom Menschen verursacht sein können, aber nicht geltend gemacht werden können, da sie nicht gezielt erfolgten und der Urheber schwer zu lokalisieren ist. Das Konzept einer Trennung von natürlichen und menschlich bedingten Auswirkungen wirft zusätzliche Schwierigkeiten auf, da es nicht wissenschaftlich verankert ist (Watson et al., 2000: „...*the phrase human induced has no scientific meaning*“).

Die Problematik dieser Unterscheidung wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, dass bedeutende zwischenjährliche (*interannual*) Schwankungen in den Langzeit-trends der atmosphärischen Kohlenstoffdioxidkonzentration bestehen. Diese Veränderungen sind unter anderem mit natürlichen Klimaschwankungen verknüpft. Klimaphänomene wie El Nino haben zum Beispiel innerhalb von 5 Jahren und damit über einen der Verpflichtungsperiode (2008-2012) entsprechenden Zeitraum hinweg in den 80er Jahren zu Veränderungen im gespeicherten Kohlenstoff von 4 Gt C geführt. Die Größenordnung dieser Freisetzung wird deutlich, wenn man im Vergleich dazu bedenkt, dass die Gesamtemission der Annex-I-Länder im Jahr 1990 bei etwa 14 Gt C lag (FCCC/CP/98/7/Add.1, zitiert in Oberthür, Ott, 1999). Werden nun biologische Senken und Quellen in den Verpflichtungszeitraum miteinbezogen, müssten solche Schwankungen von menschlich bedingten Ursachen unterschieden werden. Bei *Land Management* Aktivitäten, die unter Artikel 3.4 eventuell Berücksichtigung finden könnten, könnte zusätzlich eine Fläche als Kontrolle ungenutzt belassen werden. Somit könnten die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf den Kohlenstoffhaushalt in einem bewirtschafteten Areal mit der unbewirtschafteten verglichen und dadurch von natürlichen Veränderungen unterschieden werden. Bei Aufforstungsmaßnahmen ist dies schwieriger. Es erscheint unklar, wie zum Beispiel der Effekt steigender CO₂-Konzentration auf die Kohlenstoffspeicherung durch eine Plantage bestimmt werden soll. Ein Vergleich mit einem nicht aufgeforsteten Gebiet macht hier meiner Ansicht nach keinen Sinn, da die Auswirkungen aufgrund der unterschiedlichen Artzusammensetzung nicht vergleichbar sind. Eine Möglichkeit wäre theoretisch eine experimentelle Bestimmung des Kohlenstoffzuwachses unter verschiedenen CO₂-Konzentrationen. Jedoch könnten unter diesem Ansatz andere mögliche natürliche Faktoren nur beschränkt analysiert werden. Sollten Aufforstungsmaßnahmen Mischkulturen beinhalten, würde sich solch ein experimenteller Ansatz noch verkomplizie-

ren. Neben der praktischen Übertragbarkeit sind zudem die möglichen Kosten zu berücksichtigen.

Die Aufnahmerate von Kohlenstoff durch terrestrische Ökosysteme ist variabel. Über den Zeitraum von 1850 bis 1998 stellten terrestrische Ökosysteme laut IPCC eine Netto-Quelle von Kohlenstoffdioxid dar, wenn sie auch im Vergleich zu anderen Quellen vergleichsweise gering war. Innerhalb der letzten beiden Jahrzehnte (1980-1989, 1989-1998) hingegen war die terrestrische Netto-Kohlenstoffaufnahme ungefähr im Gleichgewicht mit den Emissionen, die vor allem durch Landnutzungsänderungen in den Tropen bedingt waren (Watson et al., 2000).

Menschliche Aktivitäten wirken sich auch indirekt auf Senken aus. Beispiele hierfür sind unter anderem die durch den Menschen bedingte CO₂-Düngung und zusätzliche Nährstoffzufuhr sowie klimatische Veränderungen. Da es gegenwärtig nicht möglich ist, die relative Bedeutung dieser verschiedenen Prozesse zu bestimmen, ist die Bestimmung von zukünftigen Trends mit großen Unsicherheiten behaftet. Dies sollte unbedingt bei der Anrechnung von Senken im Rahmen nationaler und internationaler Klimaschutzinitiativen berücksichtigt werden.

Wichtig ist hierbei abzuklären, wie sich zum Beispiel eine fortschreitende globale Erwärmung auf die Qualität von Senken auswirkt. So wirkt sich der Düngungseffekt durch ein erhöhtes Kohlenstoffdioxidangebot unterschiedlich auf die Photosyntheserate je nach Art und auch der Bedeutung anderer Standortfaktoren aus. Tritt nun ein Sättigungseffekt bei einer bestimmten CO₂ Konzentration ein, über den hinaus die Photosyntheserate sich nicht steigern lässt, so kann ein Zunahme der Dissimilation die CO₂-Aufnahme vermindern oder sogar zu einem verstärkten CO₂-Ausstoß führen. Die enzymatischen Reaktionen der Photosynthese sind temperaturabhängig, während bei den photochemischen Reaktionen der Temperatureinfluss gering ist. Die obere Temperaturgrenze (das Temperaturmaximum) der Nettophotosynthese ist artspezifisch und stellt die Temperatur dar, bei der die CO₂-Aufnahme gerade noch die Atmung kompensiert.

Auch beeinflusst die globale Erwärmung die Frequenz und Stärke natürlicher Klimaphänomene. Während es gegenwärtig noch nicht sicher ist, ob die Klimaerwärmung zu einer Häufung von El Nino Ereignissen führt, so ist jedoch eine Verstärkung damit verbundenen Klimaextremata zu erwarten (IPCC, 2001a). Wie bereits erwähnt scheint ein möglicher Zusammenhang zwischen El Nino und der Kohlenstoffaufnahme terrestrische Ökosysteme zu bestehen. Es sollte daher weiter untersucht werden, wie sich klimatische Extremereignisse auf die Qualität von Senken auswirken und wie sich diese Auswirkung geografisch durch den globalen Klimawandel verändern könnte. Es ist zu erwarten, dass Waldökosysteme als Kohlenstoffspeicher unterschiedlich von den durch den Anstieg der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen bedingten klimatischen und ökologischen Veränderungen betroffen sind. Dies wird von der geografischen Region, der Artzusammensetzung und dem Alter des Waldes abhängen. Außerdem wird der Grad der zusätzlichen Umweltbelastung durch lokale Eingriffe des Menschen in das Ökosystem, den Einfluss anderer lokaler

und regionaler Umweltbelastungen (saurer Regen) und globaler Umweltveränderungen (erhöhte UV Strahlung durch Abbau der Ozonschicht) die Stabilität des Ökosystems beeinflussen.

Daraus ergibt sich zunächst die allgemeine Frage, ob die gegenwärtig global angenommene terrestrische Netto-Senke in Zukunft erhalten bleibt. Weiter ist zu erwarten, dass es für bestimmte geografische Regionen und Ökosysteme wahrscheinlicher ist als für andere, dass der gegenwärtig gespeicherter Kohlenstoff frühzeitig re-emittiert wird. Sollte dies der Fall sein, wären bestimmte Regionen und Ökosysteme weniger geeignet für mögliche nationale Maßnahmen unter Artikel 3.4, oder Aufforstungs- und Wiederaufforstungsprojekte unter Artikel 6 (*Joint Implementation*) und Artikel 12 (*Clean Development Mechanism*). Somit wäre es sinnvoll zu bestimmen welche Gebiete und Ökosysteme besonders dem Risiko ausgesetzt sind, dass Kohlenstoff wieder frühzeitig freigesetzt wird.

Vergleichbarkeit von Emissionsreduktionen

LULUCF-Aktivitäten und somit auch die Förderung von biologischen Senken sollten mit anderen Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen vergleichbar sein. Die Steigerung von Energieeffizienz und die Förderung nicht-fossiler Energieträger hat zur Folge, dass die damit verbundene Reduzierung des Kohlenstoffdioxidausstoßes gleichzusetzen ist mit einer entsprechenden Menge fossilen Kohlenstoffs, die nicht in den terrestrischen Kohlenstoffkreislauf eingespeist wird und somit nicht in Verbindung mit der Atmosphäre steht. Eine Förderung von biologischen Senken hingegen bedeutet, dass Kohlenstoff, der bereits durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre gelangt war, der Atmosphäre wieder entzogen wird. Senken sind jedoch in den Kohlenstoffkreislauf eingebunden. Die zusätzliche Speicherung von Kohlenstoff unterliegt somit immer dem Risiko, dass natürlich oder menschlich bedingte Veränderungen wieder zu einer Freisetzung des Kohlenstoffs führen und dadurch der Nutzen für den Klimaschutz wieder mehr oder weniger (je nach Menge und Rate der Re-Emissionen) zunichte gemacht wird. Die vorangegangenen Abschnitte zeigten auf, dass die Kohlenstoffaufnahme durch natürliche Systeme Schwankungen unterliegt. Auch ist gegenwärtig noch nicht geklärt, wie sich die Senkenqualität in Zukunft (auch unter dem Einfluss des globalen Klimawandels und anderen Umweltveränderungen) regional und global entwickeln wird. Dieses Problem (*Issue of Permanence*) wirft die Frage auf, inwiefern und über welchen Zeitraum die Treibhausgasreduzierung durch Senkenaktivitäten mit anderen Maßnahmen vergleichbar ist.

Bisher ist hauptsächlich auf die Reduzierung von Kohlenstoffdioxid eingegangen worden. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls können auch Emissionsreduktionen von Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Fluorkohlenwasserstoffe (FCKWs), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFCs), Schwefelhexafluorid (SF₆) angerechnet. Um beispielsweise Emissionsreduktionen in FCKWs mit Kohlenstoffdioxid vergleichen zu können, wurde das Konzept des *Global Warming Potentials* (GWP) eingeführt.

Der Strahlungsantrieb eines Treibhausgases wird sowohl vom Typus des Gases als auch dessen Verweildauer in der Atmosphäre bestimmt. Man spricht in diesem Zusammenhang von dem *Absolute Global Warming Potential* (AGWP) eines Gases. Das GWP dagegen ist eine relative Größe, das die AGWPs verschiedener Treibhausgase zueinander in Beziehung setzt. Gewöhnlich wird das AGWP von Treibhausgasen mit dem AGWP des Kohlenstoffdioxids, als Bezugsgröße dient, verglichen. Da die Verweildauer der einzelnen Treibhausgase in der Atmosphäre sehr unterschiedlich sein kann, wurde beschlossen, das relative GWP für einen Zeitraum von 100 Jahren zu bestimmen (d.h. der Quotient der für zwei Gase über einen Zeitraum von 100 errechneten Strahlungsantriebe wird bestimmt). Das GWP soll Auskunft über den jeweiligen relativen Beitrag eines Treibhausgases zur der globalen Erwärmung geben. Es hat sich als Konzept in den politischen Verhandlungen etabliert.

Jedoch bestehen weiterhin wissenschaftliche Unsicherheiten in dem Ansatz und Vergleiche, die auf GWP beruhen, sollten dies beachten, um falsche Schlussfolgerungen vor allem bei praktischen Maßnahmen zu vermeiden. Smith und Wigley haben die Auswirkungen des durchschnittlichen globalen Strahlungsantriebs auf die Temperatur und den Anstieg des Meeresspiegels mit Hilfe von Computermodellen verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass über einen relativen kurzen Zeitraum betrachtet, die Auswirkungen gleicher GWPs von CO₂, CH₄ und N₂O bis zu einem gewissen Grad vergleichbar sind. Über längere Zeiträume hinweg sind jedoch deutliche Unterschiede zu beobachten. Neben Unsicherheiten in GWP Werten, sehen Smith and Wigley (Smith; Wigley, 2000a) auch eine Ursache in systematischen Fehlern, die durch mathematische Ungereimtheiten bei der gegenwärtigen Formulierung von GWPs entstehen (vgl. Smith; Wigley, 2000b). Bei Vergleichen von Emissionsreduktionen von bestimmter Dauer sind die Unterschiede grundsätzlich bedingt durch unterschiedliche Verweilzeit von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Entsprechen sich die Emissionsreduktionen relativ aufgrund gleicher GWPs, bedeutet das nicht unbedingt auch, dass die Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt einander entsprechen. Dies erschwert ,zusätzlich zu der unterschiedlichen Dynamik biologischer und menschlicher Systeme, den Vergleich von Emissionsreduktionen durch die Aufnahme von CO₂ Wälder mit industriellen Emissionsreduktionen anderer Treibhausgase.

Zudem muss berücksichtigt werden, dass auch Aufforstungs- und Wiederaufforstungsaktivitäten unter den Artikeln 3.3, 6 und 12 und die mögliche Anrechnung von Landmanagementpraktiken unter Artikel 3.4 nicht nur Auswirkungen auf CO₂ sondern auch auf CH₄ und N₂O haben können. Gegenwärtig bestehen noch Unsicherheiten bezüglich der Auswirkungen von Klimaveränderungen, Landnutzungsänderungen und anderen Eingriffen in terrestrische Ökosystem auf Quellen und Senken von CH₄ (IPCC, 2000). Zwar gibt es keine nennenswerten terrestrischen Senken von N₂O, stattdessen wird das Gas hauptsächlich durch chemische Reaktionen in der Atmosphäre abgebaut, jedoch beeinflusst die Art der Landnutzung die Emissionen aus Böden and damit die Konzentration von N₂O in der Atmosphäre (Kroeze et al., 1999). Der Special Report des IPCC zu LULUCF (IPCC, 2000) macht zudem deut-

lich, dass aufgrund von Datenmangel noch Unklarheiten in der genauen Quantifizierung der N₂O Ströme von Böden und Ozeanen bestehen. Es entstehen dadurch Unsicherheiten in der Bestimmung der Verweildauer des Gases in der Atmosphäre.

Anrechnungsverfahren

Änderungen von Quellen und Senken innerhalb eines Annex-I-Vertragsstaates werden während des Verpflichtungszeitraums nach Artikel 3.3 entsprechend zu den zulässigen Emissionen des Landes addiert oder davon abgezogen. In diesem Zusammenhang weist der WBGU in seinem Gutachten auf Folgendes hin: „Die Verrechnung von terrestrischen Quellen und Senken in Form von Bestandsänderungen in einem 5jährigen Verpflichtungszeitraum berücksichtigt nicht die unterschiedliche zeitliche Dynamik von Kohlenstoffvorräten und –flüssen“ (WBGU, 2000). Erst eine Integration über lange Zeiträume würde nach Einschätzung des WBGU eine Abschätzung der mittleren Senken- und Quellenpotenziale der Ökosysteme ermöglichen. Auch spielt der Bodenkohlenstoff bei der Bilanz eine wichtige Rolle. Berücksichtigt man in der Bilanz bei einem Jungwald beispielsweise nur die oberirdische Biomasse während eines Verpflichtungszeitraums, so wird dieser aufgrund der hohen Nettoprimärproduktion als C-Senke erfasst. Dies ergibt aber unter Umständen ein falsches Bild. Ist der Boden durch vorherige Abholzung oder andere Nutzungsarten entsprechend gestört worden, so wäre es möglich, dass der Abbau von organischer Biomasse zu CO₂ (Bodenatmung) die Fixierung von atmosphärischem Kohlenstoffdioxid übertrifft (WBGU, 2000). Dies bedeutet, dass der Jungwald im Verpflichtungszeitraum in diesem Fall als Senke angerechnet würde, während er tatsächlich eine Quelle darstellt und erst zu einem späterem Zeitpunkt zu einer Senke werden würde. Dieses Beispiel des WBGU verdeutlicht die Bedeutung der Berücksichtigung möglichst aller Komponenten in einem biologischen System und ihrer unterschiedlichen zeitlichen Dimensionen, welche eine Rolle bei der Fixierung und Freisetzung von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen spielen. Die vorangegangenen Abschnitte haben jedoch auch veranschaulicht, dass die unterschiedliche Genauigkeit der Messmethoden im Zusammenhang mit unterschiedlichen Definitionen eine umfassende Buchhaltung von Emissionsreduktionen und Emissionen von biologischen Systemen erschweren.

Grundsätzlich wäre die Speicherung von Kohlenstoff in biologischen Systemen nur dann mit Emissionsreduktionen durch technische Innovation oder Effizienzsteigerung gleichzusetzen, wenn die Maßnahmen ebenfalls zu einem permanenten Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre führen würden. Dies ist jedoch nicht anzunehmen. Zum einen sind biologische Systeme direkt in den Kohlenstoffkreislauf eingebunden, wodurch mit einer Freisetzung von Kohlenstoff in die Atmosphäre durch Veränderung der physikalischen und biologischen Rahmenbedingungen (z.B. Verschiebung der Jahreszeiten, Veränderung der Temperaturbereiche, Regenfallmenge und –häufigkeit, Anstieg der CO₂ Konzentration) bzw. durch Naturkatastrophen (z.B. Brände, Stürme, Dürren) oder direkten menschliche Eingriff (Holzernte) zu irgendeinem Zeitpunkt zu rechnen ist. Des weiteren können andere sozioökonomische Kriterien in der Zukunft zu anderen Landnutzungsformen führen, so dass der langfristige

Erhalt des in biologischen Systemen gespeicherten Kohlenstoffs nicht vollständig garantiert werden kann.

Ein grundsätzliche Möglichkeit diesem Problem zu begegnen, wäre zu fordern, dass Emissionsreduktionen durch biologische Systeme zumindest mit der durchschnittlichen Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre verglichen und im Anrechnungsverfahren entsprechend verrechnet werden. Auch sollten bei der Anrechnung von Emissionsreduktion durch Aufforstungs- und Wiederaufforstungsmaßnahmen im Rahmen von CDM-Projekten die bereits beschriebenen Schwierigkeiten in der Quantifizierung von Emissionen und Emissionsreduktionen durch biologische Systeme berücksichtigt werden. Hier gilt es, zu klären wie sich die verschiedenen Emissionsreduktionsmaßnahmen mit unterschiedlichen Unsicherheitsbereichen in ihrem Beitrag zum Klimaschutz vergleichen lassen.

Neben klimatologischen und ökologischen Gesichtspunkten gilt es auch die wirtschaftlichen Aspekte zu berücksichtigen. Emissionsreduktionen durch biologische Systeme im Rahmen eines CDM-Projektes erfolgen gewöhnlich über einen längerfristigen Zeitraum. Können diese Emissionsreduktionen nun mit den Verpflichtungen eines Vertragsstaates verrechnet werden, so ermöglicht das dem betreffenden Land entsprechend zusätzliche Emissionen in anderen Sektoren. Nun ist zu erwarten, dass der Anteil nicht-fossiler Energieträger und energieeffizienter Technologien in Zukunft zunimmt und billiger wird. Unter der Annahme, dass Kohlenstoffsequestrierung gegenwärtig häufig eine kostengünstige Variante zu technischen Lösungen und dass zukünftige Finanzströme diskontiert werden, ist es somit unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten durchaus wünschenswert, die über den Zeitraum eines CDM-Projektes anfallenden Emissionsreduktionen durch biologische Senken so früh wie möglich zu erhalten. Zu diesen unterschiedlichen Ansätzen und Überlegungen sollen nun verschiedene Anrechnungskonzepte in ihren Grundzügen vorgestellt werden, um dabei die mögliche unterschiedliche Gewichtung ökologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte zu zeigen.

Stock Change Crediting

Emissionsreduktionen und Emissionen durch biologische Systeme die nach Artikel 3.3 im ersten Verpflichtungszeitraum angerechnet werden, können als Nettoänderungen des Kohlenstoffspeichers theoretisch erfasst werden. Unter der Annahme, dass die Biosphäre Kohlenstoff direkt mit der Atmosphäre austauscht, können *Credits* für eine Zunahme und *Debits* für eine Abnahme des Kohlenstoffspeichers vergeben werden. Man spricht bei dieser Methode, die untersucht, wie sich die in einem Ökosystem gespeicherte Menge Kohlenstoff über einen Zeitraum verändert, daher auch von einer *Stock Change Method* (vgl. Meinshausen, 2000 für weitere Erläuterungen). Diese Methode berücksichtigt die Austauschprozesse zwischen Ökosystem und Atmosphäre. Der Verbleib des Kohlenstoffs ist entscheidend in der Anrechnung – Aufnahme und Abgabe von Kohlenstoff werden bilanziert. Dies setzt jedoch voraus, dass ein effizientes Überwachungssystem sowohl für Kohlenstoffsequestrierung als

auch für Emissionen existiert. Um eine Änderungen im Kohlenstoffspeicher biologischer Systeme korrekt zu erfassen, wäre es zudem notwendig, dass aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Dynamik biologischer Quellen und Senken Verpflichtungszeiträume aufeinander folgen (vgl. WBGU, 2000).

Grundsätzlich könnte die *Stock Change Methode* auch in dieser Art und Weise auf CDM Projekte angewendet werden. Jedoch gibt es momentan kein politisches Konzept für solche *Debits* (Graichen, 2002 pers. Kommunikation). Dies würde auch die unterschiedliche Bewertung der *Stock Change Methode* im OECD/IEA-Bericht (OECD; IEA, 2001) zu „Forestry Projects: Permanence, Credit Accounting and Lifetime“ erklären. Hier wird diese Methode als nachteilig für die Umwelt gewertet, wenn dauerhafte (*permanent*) *credits* vergeben werden. Es wird dabei davon ausgegangen, dass nur die Aufnahme von Kohlenstoff, d.h. nur das Wachstum des Kohlenstoffspeichers berücksichtigt wird und nicht Emissionen, welche eine Reduzierung des Kohlenstoffspeichers darstellen würden. Negative Effekte auf die Umwelt würden sich verringern, wenn die *Stock Change-Methode* die Risiken möglicher Re-Emissionen berücksichtigen würde, d.h. der *non-permanence* von Kohlenstoffsequestrierung Rechnung tragen, indem *Credits* nicht dauerhaft oder nur eingeschränkt vergeben würden oder auch Re-Emissionen explizit verrechnet werden müssten. Bevor auf die unterschiedlichen Ansätze zur Berücksichtigung von Risiken näher eingegangen wird, sollen zunächst die verschiedenen allgemeinen Anrechnungsvariationen besprochen werden.

Der eben bereits angesprochene, im OECD/IEA-Bericht kritisierte Ansatz der *Stock Change-Methode* wäre die Bestimmung des *Actual Stock Change*. In diesem Fall würden *Credits* sofort (d.h. jährlich) für die entsprechende Menge des durch die Projektaktivität aufgenommenen Kohlenstoffs vergeben werden. Aufgrund der Vergabe von *permanent credits* (Re-Emissionen haben keinen Effekt für den Projektfinanzier) bestehen bei diesem methodischen Ansatz keine Anreize zur Erhaltung des Kohlenstoffspeichers über den Dauer der Zeitraums hinaus, in der Kohlenstoff im Rahmen der Projektaktivität aufgenommen wird. Da es günstiger ist, viele *Credits* möglichst schnell zu erhalten, könnte dies zudem bedeuten, dass schnell-wachsende Plantagen und Monokulturen aus wirtschaftliche Gründen bevorzugt werden, obwohl unter ökologischen Gesichtspunkten andere Baumarten oder Mischkulturen besser für den Standort geeignet wären (vgl. OECD; IEA, 2001).

Bei dem als *simplified crediting* bezeichneten Anrechnungsschema würden die *Credits* im Gegensatz zur *actual stock change Methode* (bei welcher *Credits* dem Kohlenstoffzuwachs entsprechend anfallen) linear über den Zeitraum von Beginn bis zum Ende der durch das Projekt geförderten Kohlenstoffaufnahme vergeben werden (vgl. OECD;IEA, 2001). Dadurch würden im Vergleich zu der *Actual Stock Change-Methode* mehr *Credits* zu Beginn des Kreditierungszeitraums anfallen (sog. „*front loading*“, OECD;IEA, 2001) und etwas weniger zum Ende, was unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten nützlich ist. Jedoch würden die bereits für *actual stock change* geltenden Nachteile nur noch verstärkt, da ein möglichst steiler linearer Anstieg der

Credits und somit eine schnelle, bedeutende Kohlenstoffsequestrierung wünschenswert ist.

Laut OECD/IEA-Bericht wäre ein positiver Aspekt dieser Methode, dass sich der Messaufwand zur Bestimmung des Kohlenstoffzuwachses deutlich vereinfachen würde. Da es bei der linearen Vergabe von *Credits* reicht die Größe des Kohlenstoffspeichers zu Beginn und Ende des Kreditierungszeitraums zu kennen, müsste dementsprechend auch nur zu diesen Zeitpunkten gemessen werden. Dies ist zwar theoretisch richtig, aber wohl praktisch nicht sinnvoll. Würden Messungen nur am Anfang und Ende des Kreditierungszeitraums durchgeführt, wäre auch der durch das Projekt bedingte Kohlenstoffzuwachs erst nach Abschluss der Messungen bekannt, d.h. *Credits* könnten erst nach Ende des Kreditierungszeitraums vergeben werden. Dies ist unter ökonomischen Gesichtspunkten wenig sinnvoll, wenn man einen Diskontierungsfaktor annimmt, da sich der Netto-Barwert des entsprechenden Projektes verringern würde. Wollte man zu einem früheren Zeitpunkt *Credits* vergeben, wäre dies mit Unsicherheiten behaftet, da der Verlauf der Gerade geschätzt werden müsste. Dies müsste berücksichtigt werden, so dass bei Fehlberechnungen Credits entsprechend später nachgereicht oder abgezogen werden würden. Insofern würde sich das *simplified crediting* Schema verkomplizieren.

Wie der Name andeutet, werden bei der *Average Storage* Methode jährlich *Credits* vergeben, die der durchschnittliche Kohlenstoffaufnahme über einen für das Projekt spezifizierten Zeitraum entsprechen (vgl. Meinshausen, 2000; OECD/IEA, 2001). Eine Wiederfreisetzung des Kohlenstoffs, z.B. nach Ablauf eines Aufforstungsprojekts, wird dabei nicht berücksichtigt. Der Unterschied zwischen dem tatsächlich zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgenommenen Kohlenstoff und der durchschnittlichen Kohlenstoffaufnahme kann dabei beträchtlich sein (OECD/IEA, 2001). Zudem beeinflusst die Wahl des Zeitraums zur Berechnung der durchschnittlichen Kohlenstoffaufnahme die Menge an zu vergebenden *Credits*. Auch diese Methode unterstützt nicht einen langfristigen Erhalt beispielsweise eines Aufforstungsprojekts und ist nur unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll.

Verschiedene Ansätze werden gegenwärtig diskutiert, um längerfristige Projekte mit biologischen Senken zu fördern und Risiken der Re-Emission bei der biologischen Kohlenstoffsequestrierung und -speicherung zu berücksichtigen. Eine Möglichkeit wäre es die durch Kohlenstoffsequestrierung entstandenen *Credits* nur nach einem gewissen Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen (*delayed full crediting*). Dadurch wird ein Anreiz für den längerfristigen Erhalt zum Beispiel eines durch Aufforstungsmaßnahmen entstandenen Waldes geschaffen. Je weiter jedoch die Vergabe der *Credits* verzögert wird, desto geringer ist die Rentabilität des Projekts, da sich der Nettokapitalwert (NPV) reduziert (OECD/IEA, 2001). Auch werden Re-Emissionen nach Vergabe der *Credits* nicht mehr berücksichtigt.

Ein weiterer Ansatz wäre das sogenannte *buffered stock change crediting* (vgl. OECD/IEA, 2001). Hier würde nur ein Teil der durch ein Projekt voraussichtlich induzierten positiven Veränderungen des Kohlenstoffspeichers direkt als *Credits* verge-

ben, der verbleibende Kohlenstoffbetrag würde als Sicherheit (Puffer; *buffer*) bis zu einem späteren Zeitpunkt zurückgehalten. Wie viele *Credits* sofort und wie viele später ausgezahlt werden, kann von dem Grad des spezifischen Risikos für das jeweilige Projekt, dass Kohlenstoff wieder frühzeitig in die Atmosphäre entlassen wird, abhängig gemacht werden (OECD/IEA, 2001). Jedoch existiert hierfür keine klare Methodik und die Größe des Puffers wäre daher voraussichtlich stark von subjektiven Kriterien beeinflusst.

Ein von der EU befürworteter Ansatz ist, dass *Credits* nur temporär, d.h. nur für einen bestimmten Zeitraum vergeben werden. Den Anstoß für ein Anrechnungsverfahren, das auf der Vergabe von *temporary emission credits* (TCERs) beruht, gab der bei der VN-Klimarahmenkonvention eingereichte Vorschlag Kolumbiens (vgl. Colombian Proposal in UNFCCC, 2000). Im Anschluss daran wurden verschiedene Vorschläge bzw. alternative Ansätze entwickelt, die sich damit beschäftigten, wie ein temporäres Anrechnungsschema aussehen könnte und in welchem Zusammenhang es mit permanenten Emissionsreduktionen und damit verknüpften *Credits* stehen sollte. So könnten zum Beispiel *temporary and expiring Credits* vergeben werden (vgl. OECD/IEA, 2001). In diesem Fall würden *Credits* nur für eine bestimmte Dauer vergeben und würden dann verfallen. Da abgelaufene *Credits* zu *Debits* werden, sind weitere Emissionsreduktionen erforderlich. Sollten die *Credits* eines Projektes schneller verfallen als der Kohlenstoff gespeichert bleibt, würde dadurch ein zusätzlich positiver Effekt für das Klima erzielt werden.

Equivalence Crediting

Eine grundsätzliche Alternative zu den bisher angesprochenen methodischen Varianten des *stock change crediting* stellt das *equivalence based crediting* dar. Ausgangspunkt dieses Anrechnungsverfahrens ist, dass die Speicherung von Kohlenstoff mit einer langfristigen Emissionsreduktion vergleichbar (*equivalent*) sein sollte.

Als Grundlage für die Errechnung von *Credits*, die zum Beispiel durch menschlich bedingte, zusätzliche biologische Sequestrierung von Kohlenstoff im Rahmen eines CDM Projekts entstehen, dient die sogenannte Äquivalenzzeit (*equivalence time*). Diese entspricht der Zeitdauer über die Kohlenstoff z.B. durch ein Aufforstungsprojekt in der Biomasse oder Boden gespeichert werden müsste, um einer Emissionsreduktion über einen bestimmten Zeitraum zu entsprechen. Gewöhnlich wird die Äquivalenzzeit beispielsweise von der durchschnittlichen Verweildauer des Kohlenstoffdioxids oder dem, sich über diesen Zeitraum ergebenden Strahlungsantrieb abgeleitet. Aus dieser Zeit kann dann der reziproke Äquivalenzfaktor errechnet werden. Beträgt die *equivalence time* X Jahre, so entspricht der Äquivalenzfaktor $1/X$ Jahre. Nehmen wir nun ein Aufforstungsprojekt an. Das durch Photosynthese der Atmosphäre entzogene CO_2 wird dabei als eine organische Verbindung in Biomasse und Boden gespeichert. Der Kohlenstoff kann nun theoretisch je nach Projektdesign und ökologischen Gegebenheiten für einen Zeitraum gespeichert werden, der entweder a) unterhalb ($X-Y$) oder b) oberhalb ($X+Z$) der *equivalence time* liegt bzw. c) dieser ent-

spricht ($X \pm 0$). In der Praxis sind für die Berechnung gewöhnlich nur a) oder c) interessant. Sollte die *equivalence time* 100 Jahre betragen, entspricht zum Beispiel eine über 40 Jahre gespeicherte Tonne Kohlenstoff (t C), 0,4 t C (= 1 t C*(100-60)), die als permanente Speicherung betrachtet würden. Die über einen Zeitraum von einem Jahr gespeicherten Kohlenstoffmengen K (t C/Jahr), könnten alternativ auch mit dem Äquivalenzfaktor multipliziert und über die Gesamtdauer D der Kohlenstoffspeicherung durch die Projektaktivität aufsummiert werden: $\sum_{t=1}^D K * 1/100$.

In unserem Beispiel würden vierzig Jahre lang 1 t C gespeichert. Da diese pro Jahr $1 \text{ t C} * 0.01 = 0.01 \text{ t C}$ permanenter Kohlenstoffspeicherung bei einer Äquivalenzzeit von 100 Jahren entsprechen würden, ergibt sich nach 40 Jahren wiederum 0.4 tC aus dieser einen Tonne Kohlenstoff die als Credit angerechnet werden könnten. Man spricht bei diesem, praktisch sinnvolleren Ansatz von einem *tonne-year* Approach, da die gespeicherte Kohlenstoffmenge pro Jahr errechnet wird. Entspricht die Speicherdauer der *equivalence time*, so ist der Äquivalenzfaktor eins. Voraussetzung dieses Anrechnungsprinzips ist, dass die Äquivalenzzeit sinnvoll bestimmt wird.

Die "Moura Costa" Methode begründet sich auf dem Konzept des Absolute Global Warming Potentials (AGWP). Eine Zunahme von Treibhausgasen bedeutet eine verstärkte Absorption von infraroter Strahlung, wodurch ein Ungleichgewicht mit der einfallenden Solarstrahlung entsteht. Dieser durch den Ausstoß von Treibhausgasen bedingte Strahlungsantrieb führt zu einer Erwärmung der Troposphäre. Nach der Moura-Costa Methode müsste eine Tonne CO₂ über einen Zeitraum von 55 Jahren in der Biosphäre gespeichert werden, um dem Strahlungsantrieb einer entsprechenden Menge, die zum gleichen Zeitpunkt in die Atmosphäre emittiert wurde, laut seines Global Warming Potentials über einen 100 Jahre Zeitraum entgegenzuwirken. Somit ergibt sich ein Äquivalenzfaktor von $1/55 = 0.0182$. Ein ähnlicher Ansatz wurde auch von Tipper und de Jong (Tipper; de Jong, 1998) postuliert. Die *Lashof Methode* geht hingegen von einer *equivalence time* von 100 Jahren aus, d.h. ein Projekt, das zu einer Kohlenstoffspeicherung von 100 Jahren führen würde, würde die volle Anzahl Credits bekommen. Würde der Kohlenstoff wieder früher in die Atmosphäre freigesetzt, so würde die jährliche Anzahl an gespeichertem Kohlenstoff mit dem Äquivalenzfaktor multipliziert (für weitere Information und Diskussion der Ansätze siehe auch Watson et al., 2000 und Meinshausen, 2000).

Baselines

Während die Maßnahmen unter Art. 3.3 als Veränderung des Kohlenstoffspeichers während des Verpflichtungszeitraums erfasst werden sollen (*Decision 9/CP.4*), erfordern Artikel 6 und 12, dass *Credits*, die auf die Emissionsreduktionsverpflichtungen angerechnet werden können, nur dann vergeben werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass ein Projekt zu Emissionsreduktionen geführt hat, die ohne diese Projektaktivität nicht stattgefunden hätten (*Additionally Requirement*). Dies erfordert, dass eine *baseline* erstellt wird, welche die voraussichtliche Emissionsentwicklung

ohne die Projektaktivität zeigt. Eine *baseline* stellt somit ein Referenzszenario dar, das sich aus Prognosen ergibt, die darlegen, wie sich zum Beispiel der Kohlenstoffspeicher ohne das Projekt (*business as usual*) entwickelt. Denkbar wäre auch die durch Projektaktivität erfolgten Emissionsreduktionen mit Standardpraktiken (*standard management practices/ performance benchmarks*) zu vergleichen (vgl. Watson et al., 2000). Dies würde sich zum Beispiel für die unter Art 3.4 mögliche Anrechnung von Landnutzungspraktiken anbieten. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten ein Referenzszenario zu entwickeln.

Problematisch wird es, sobald das Referenzszenario gewissermaßen spekulativ wird. So wären einheitliche *performance benchmarks* oder *standard management practices* schwierig zu etablieren (vgl. Watson et al., 2000), da, bedingt durch natürliche, kulturelle und sozioökonomische Faktoren, Methoden der Landnutzung regional unterschiedlich sind. Die Standards müssten somit die Eigenheiten einzelner Regionen miteinbeziehen. Es wäre zu erwarten, dass bei einer praktischen Umsetzung Standards stark von politischen Interessen beeinflusst wären und somit eine subjektive Komponente enthielten. Sobald ein entsprechendes Projekt die Umgebung so verändert, dass kein Referenzszenario mehr real existiert, sondern etwa von Trends vorheriger Landnutzung oder auch politischen Absichtserklärungen vor einem Projekt zur Landnutzung abgeleitet werden muss, entsteht ein Spielraum der Klimaschutzziele gefährden könnte. Sollte es später möglich sein, die Vermeidung von Entwaldung im Rahmen eines CDM Projektes zu finanzieren und anrechnen zu lassen, so würden sich die Credits grundsätzlich für die Emissionsreduktionen beispielsweise durch die Vermeidung von Brandrodung auf dem Gebiet ergeben. Die Frage ist nur, hätte die Brandrodung oder die Abholzung des Waldgebietes andernfalls tatsächlich stattgefunden? Dies kann nicht direkt bewiesen werden, sondern nur indirekt zum Beispiel durch Landnutzungstrends abgeleitet werden. Da eine Anrechnung einer großen Menge an Emissionsreduktionen sowohl im Interesse des Käufers (Annex I-Land) als auch des Verkäufers (Entwicklungsland ohne Emissionsbegrenzung) liegt, bietet es sich an eine möglichst steil verlaufendes Referenzszenario darzulegen, d.h. starke Emissionsentwicklung in Abwesenheit eines CDM Projektes, um möglichst viele *Credits* erzeugen zu können. Zusätzlich zu den Unsicherheiten bei der Bestimmung des möglichen gespeicherten bzw. freigesetzten Kohlenstoffs, kommen somit noch die Unsicherheiten bei der Wahl des Referenzszenarios für CDM- und JI-Aktivitäten dazu.

Leakage

Unter *leakage* versteht man mögliche Emissionen oder Emissionsreduktion, die aufgrund der Projektaktivität außerhalb des Projektgebietes auftreten und daher nicht in der Anrechnung berücksichtigt wurden. Meistens ist zu erwarten, dass sich dies negativ auf Emissionsreduktionsmaßnahmen auswirkt. Beispielsweise könnten Klimaschutzmaßnahmen eines Projektes einfach zu einer Verlagerung der Aktivitäten in eine andere Region führen oder die Nachfrage umleiten und dadurch in anderen Gebieten oder Wirtschaftssektoren zu Emissionen führen. *Leakage*-Effekte innerhalb

eines Landes könnten durch ein landesweites Anrechnungsverfahren aufgefangen werden, vorausgesetzt ein entsprechendes landesweites Messverfahren ist realisierbar. Schwierig wird es jedoch, wenn sich aufgrund eines CDM-Projektes Aktivitäten wie Abholzung von einem Land in ein anderes verschieben oder sich Investitionen in andere Regionen verlagern. In diesen Fällen ist eine eindeutige quantitative Zuordnung der Auswirkungen eines spezifischen CDM-Projektes auf Treibhausgasemissionen praktisch unmöglich. Im allgemeinen wird von *leakage*-Effekten im Zusammenhang mit CDM-Projekten gesprochen. Jedoch ist es denkbar, dass auch Aufforstungsmaßnahmen, verringerte Abholzungsraten oder andere Landnutzungspraktiken, die unter den Artikeln 3.3 und 3.4 in die Emissionsbilanzen von Annex I-Ländern einfließen, zu einer verstärkten Nachfrage nach Holzprodukten in Nachbarländern oder Entwicklungsländern (die gegenwärtig keine Begrenzung der Emissionen haben) führen könnten und somit durch die Aktivität unbeabsichtigte Nebeneffekte entstehen, die diesen nationalen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen reduzieren oder sogar umkehren. Zuletzt sollte jedoch auch erwähnt werden, dass es auch positive unbeabsichtigte Nebeneffekte geben könnte. So könnte ein beispielhaftes CDM-Projekt einen positiven *spill-over* Effekt haben und Nachahmer finden, wodurch der Beitrag zum Klimaschutz erhöht werden würde. Erweisen sich Aufforstungsmaßnahmen zum Beispiel auch unter anderen Gesichtspunkten als vorteilhaft (z.B. Schutz vor Erosion) und würden deshalb vermehrt durchgeführt, wäre ein positiver Effekt erzielt worden, der über die eigentliche Intention hinausgeht.

5 Biodiversität, Ökosystemfunktionen und Klimaschutz

In der vorangegangenen Passage ist bereits angeklungen, dass Wälder und Ökosysteme, die im Rahmen des Kyoto Protokolls vorrangig unter den Aspekten der Kohlenstoffsequestrierung und -speicherung betrachtet werden, auch andere wichtige Funktionen erfüllen. Diese im Englischen als *ecosystem services* (vgl. Daily, 1997) bezeichneten Leistungen können von großer ökologischer Bedeutung sein. Es ist gewöhnlich zu erwarten, dass die Anzahl der ökologischen Nischen und der Arten eines Waldes, die einer Wiese oder eines landwirtschaftlich genutzten Gebietes übersteigt. Dies gilt besonders für die, an die Region angepassten, natürlich vorkommenden Waldtypen und Mischkulturen. Somit kann sich eine Förderung von Aufforstungsmaßnahmen und schonenden Waldnutzungsformen positiv auf die Artenvielfalt auswirken. Hierbei spielt auch die Art des Anrechnungsverfahrens eine wichtige Rolle. Werden durch das Anrechnungsverfahren schnellwachsende Plantagen gegenüber artenreicheren, natürlichen, aber langsamer wachsenden Waldtypen bevorzugt, da mehr Credits zu einem früheren Zeitpunkt anfallen, so wären die positiven Auswirkungen auf die Biodiversität vermindert. Die sinnvolle Verknüpfung von Zielen der Klimarahmenkonvention mit den Zielen der Biodiversitätskonvention (*Convention on Biological Diversity*, CBD) wird nun verstärkt bei den Klimaverhandlungen zum Thema und sollte auch weiterhin ein Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Forschung bleiben. Eine verstärkte Verzahnung der Arbeiten des IPCC und des *Millennium Ecosystem Assessment* ist daher wünschenswert und zu begrüßen.

Wälder können darüber hinaus weitere wichtige, in den politischen Verhandlungen aber unberücksichtigte Rolle für das lokale, regionale oder globale Klima haben. Neben ihrer Bedeutung als Kohlenstoffspeicher, wirken Wälder sich auch auf Wolken- und Regenbildung sowie den Albedo der Landoberfläche aus und beeinflussen dadurch das Klima. Hierbei unterscheidet sich aufgrund der unterschiedlichen Waldtypen und Umgebung in den geografischen Breiten die relative Bedeutung der Wälder für diese Parameter.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Dieser allgemeine Überblick zeigt, dass noch bedeutende Unsicherheiten in der Einschätzung von biologischen Senken und bei einer ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Integration von Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen des Kyoto-Protokolls bestehen. Wissenschaftliche Forschung kann weiteren Aufschluss in die dynamischen Prozesse liefern, welche die Kohlenstoffaufnahme und -abgabe biologischer Systeme beeinflussen. Auch kann die Wissenschaft einen Beitrag zu der Verbesserung von Messmethoden liefern, um ein besseres räumliches und zeitliches Erfassen von Veränderungen in Kohlenstoffspeichern zu gewährleisten. Eine Weiterentwicklung von Modellen wird auch genauere Prognosen über das zukünftige Schicksal terrestrischer Senken und den Einfluss lokaler bis globaler Umweltveränderungen erlauben.

Jedoch muss betont werden, dass nicht alle bei der politischen Umsetzung aufgeworfenen Probleme wissenschaftlicher Natur sind. Manche Fragen sind von einem rein wissenschaftlichen Standpunkt nicht lösbar. So ist die Forderung, dass Emissionsreduktionen durch biologische Systeme *directly human-induced* und somit zusätzlich (*additional*) sind, wissenschaftlich schwer zu erfassen. Eine Trennung von natürlichen und menschlich bedingten Auswirkungen auf natürliche System ist oft mit rein wissenschaftlichen Methoden nicht machbar. Es muss somit unterschieden werden zwischen Unsicherheiten, die auf unvollständiger Kenntnis natürlicher Prozesse beruhen, und Unsicherheiten, die auf Konzepten beruhen, welche nicht Bestandteil eines natürlichen Systems, sondern eines künstlichen (menschlichen) Systems sind und somit nicht durch ein verbessertes naturwissenschaftliches Wissen reduziert werden können.

In den vorangegangenen Seiten wurde angedeutet, dass es gegenwärtig noch nicht gesichert ist, ob die global angenommene terrestrische Senke auch in Zukunft erhalten bleibt. Es wird gegenwärtig vorwiegend davon ausgegangen, dass zunächst Kohlenstoff weiter durch die Biosphäre vermehrt aufgenommen als abgegeben wird, jedoch dann Aufnahme und Abgabe sich die Waage halten und die Senke verschwindet. Wann dieser Zeitpunkt oder bei welcher atmosphärischen CO₂ Konzentration diese Wende genau eintreten wird, ist noch mit vielen Fragezeichen versehen. Man kann sich jedoch nicht darauf verlassen, dass das terrestrische Ökosystem unbeschränkt zusätzlich CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen und in Biomasse speichern wird.

Auch wird der Bestand von Senken regional unterschiedlich sein. Dies hängt unter anderem von der Art des Ökosystems und dem Einfluss lokaler und globaler Umweltveränderungen ab. Es wäre in diesem Zusammenhang sinnvoll, dass Risiko einer Re-Emission gespeicherten Kohlenstoffs für bestimmte Ökosysteme und Regionen zu bestimmen. So ist es beispielsweise denkbar, dass eine Plantage im Rahmen eines CDM Aufforstungsprojektes unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wirtschaftlich günstiger als die Aufforstung mit verschiedenen einheimischen Arten erscheint, da die jährliche Kohlenstoffzuwachsrate der Plantage höher ist und somit mehr Credits frühzeitig zu Verfügung stehen. Jedoch können die einheimischen Arten der Plantage in der Anpassung an der Umgebung überlegen sein, wobei das Risiko durch einen Verlust des gespeicherten Kohlenstoffs vermindert ist. Auch kann das Risiko einer Re-Emission durch entsprechende Wahl des Gebietes zur Durchführung eines CDM Projektes verringert werden. Etwa sollte neben der Wahl geeigneter Baumarten für ein Aufforstungsprojekt überprüft werden, ob das Gebiet durch Naturereignisse (Stürme, Feuer, Dürren) besonders gefährdet ist oder nicht. Ein Berücksichtigung dieser Risiken wäre sowohl bei dem Entwurf des CDM Projektes als auch bei dem Anrechnungsverfahren wünschenswert. Grundsätzlich gilt es anzumerken, dass eine mögliche Re-Emission vor Projektabschluss nie vollständig ausgeschlossen werden kann und die Kohlenstoffspeicherung durch biologische Systeme temporär ist. Der Kohlenstoff wird stets zu einem Zeitpunkt wieder in den Kohlenstoffkreislauf zurückkehren.

Die Anrechnung von biologischen Senken bei Klimaschutzmaßnahmen muss stets als eine Gradwanderung zwischen Unsicherheit und Komplexität verstanden werden. Ein Teil der Unsicherheiten kann durch wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn reduziert werden. Verfeinerte Messmethoden können die verschiedenen biologischen und ökologischen Komponenten sowie die zeitliche und räumliche Dimension besser berücksichtigen. Gleichzeitig wirkt sich aber auch die zunehmende Komplexität auf die Kosten der Datenermittlung aus und verkompliziert die Anrechnungsmodalitäten. Daraus ergibt sich die Frage: Wie viel Unsicherheit in der Bestimmung von biologischen Senken kann toleriert werden, wie viel Komplexität ist notwendig?

Aufgrund des bestehenden Unsicherheiten erscheint eine Beschränkung in der Anrechnung von Emissionsreduktionen durch biologischen Senken auf nationale Verpflichtungen sinnvoll. Die Beschränkung von Aufforstungs- und Wiederaufforstungsaktivitäten im Rahmen von CDM Projekten auf ein Prozent der Basisjahremissionen einer zu Emissionsreduktionen verpflichteten Vertragspartei ist daher wünschenswert. Als Anrechnungsverfahren ist das Schema einer Vergabe von *Credits* als *temporary emissions reductions* zu befürworten, da dies das Risiko einer Re-Emission berücksichtigt und somit Emissionsreduktionen durch biologische Systeme nicht gleichgesetzt werden mit permanenten Emissionsreduktionen durch Energiesparmaßnahmen oder Einsatz nicht-fossiler Energieträger. Die Methode des *equivalence based accounting* trägt zwar der *non-permanence* der Kohlenstoffsequestrierung ebenfalls Rechnung. Jedoch sollte bedacht werden, dass eine Emission auch nach 50 oder 100 Jahren Speicherung in biologischen Systemen stets eine Emission

bleibt (Meinshausen, 2000). Da auch nicht klar ist wie lange die terrestrische Senken Bestand haben, kann nicht gewährleistet werden, dass in der Zukunft gleiche Mengen Kohlenstoff durch biologische Systeme sequestriert werden. Die meisten Emissionsszenarien (vgl. IPCC) gehen davon aus, dass die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre noch für mehrere Jahrzehnte ansteigen werden bevor schließlich ein Wendepunkt eintritt. Sollte nun in der Zukunft der durch Aufforstungsmaßnahmen gespeicherte Kohlenstoff wieder freigesetzt werden, so ist nicht klar ob die zusätzliche Menge Kohlenstoff und die damit bedingte Zunahme des gesamten Strahlungsantriebs dieselben Auswirkungen auf das Klima bei der höheren Treibhausgaskonzentration hat, wie sie heute bei einer niedrigeren Konzentration gehabt hätte (vgl. Meinshausen, 2000). Unter diesen Gesichtspunkten scheint eine temporäre Anrechnung von Emissionsreduktionen sinnvoller, da ein Verfall von *Credits* bei Re-Emission wieder weitere Emissionsreduktionsmaßnahmen erfordert.

Bei den politischen Verhandlungen stand bis jetzt die Klimafunktion der Wälder durch die Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff im Vordergrund. Es sollte jedoch auch die weitere Bedeutung von Wäldern unter anderem für Artenvielfalt, als Erosionsschutz und Wasserspeicher berücksichtigt werden. Wälder allein als Kohlenstoffspeicher anzusehen, würde ihrer Rolle in der Biosphäre nicht gerecht. Dies gilt besonders für den Erhalt der Primärwälder. Vielleicht wäre es sinnvoll langfristig permanente Emissionsreduktionen durch technische Neuerungen und Energiesparmassnahmen von temporären Emissionsreduktionen durch biologische System weiter zu entkoppeln und getrennt zu verrechnen. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang ein verstärkte Verknüpfung der Ziele verschiedener Umweltkonventionen. So könnten Entgelte für die Nutzung bzw. Nichtnutzung von Ökosystemen bezahlt werden. Dabei könnten Kriterien entwickelt werden, die sowohl Wälder nach ihrer Bedeutung für das Klima, biologischen Einzigartigkeit und Artenvielfalt beurteilen. Die Weltgemeinschaft könnte sich dann verpflichten eine Mindestfläche wertvoller Ökosysteme von den entsprechenden Ländern zu pachten, die sich im Gegenzug dafür zu einer Nichtnutzung oder eingeschränkten Nutzung des Gebietes verpflichten. Der Unterschied zum bisherigen Ansatz wäre, dass verschiedene Funktionen der Wälder berücksichtigt werden und somit ein Schutzkonzept für Primärwälder und andere biologisch wichtige Ökosysteme entwickelt werden könnte, dass nicht allein auf Kohlenstoffsequestrierung basiert. Jedoch muss bei allen Ansätzen bedacht werden, dass sie mit Unsicherheiten behaftet sind. Daher sollten technische Emissionsreduktionen und eine nachhaltige, schonende Ressourcennutzung stets Grundlage und Bedingung eines Lösungskonzeptes zum Schutz des Klimas und der Biosphäre sein.

Literatur

- Cannell, M.G.R. (1996): Forests as carbon sinks mitigating the greenhouse effect. *Commonwealth Forestry Review* 75 (1), pp. 92-99.

- Daily, G.C. (1997) Introduction: What are ecosystem services? In: Daily, G.C. (eds.) Nature's services – Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington D.C. pp. 1-10
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (2001a): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Houghton, J.Y., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson). Cambridge.
- IPCC (2001b): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Report. A Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. McCarthy, J.J., Canziani, O.J., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S) Cambridge.
- Noble, I; Scholes, R. J. (2001). Sinks and the Kyoto Protocol. *Climate Policy* 1, pp. 5-25.
- Meinshausen, M. (2000): On the climatic effect of temporary carbon storage and proposals to account for it under the Clean Development Mechanism. MSc.-Dissertation. Environmental Change Institute, Oxford University.
- Myers, N. (1997): The World's forests and their ecosystem services. In: Daily, G.C. (ed.) Nature's services – Societal dependence on natural ecosystems. Washington D.C, pp. 215-237.
- Oberthür S.; Ott, H.E. (1999): The Kyoto Protocol – International climate policy for the 21st century. Berlin.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development); IEA (International Energy Agency) (2001): Forestry Projects: Permanence credit accounting and lifetime. Information Paper.
- Orr, J.C. (1993): Accord between ocean models predicting uptake of anthropogenic CO₂. *Water, Air and Soil Pollution* 70, pp. 465-481.
- Rinne, J.; Delany, A.; Günther, A. (1999): Development of a periodic eddy accumulator: A true eddy accumulation system for biogenic hydrocarbon fluxes. Abstract. *Transactions of the American Geophysical Union* 80(46).
- Schlesinger, W.H. (1997): Biogeochemistry – An analysis of global change. San Diego.
- Siegenthaler, U.; Sarmiento, J.L. (1993): Atmospheric carbon dioxide and the ocean. *Nature* 365, pp. 119-125.
- Smith, S.J.; Wigley, T.M.L. (2000): Global Warming Potentials: 1. Climatic Implications of Emission Reductions. *Climatic Change* 44, pp. 445-457.
- Smith, S.J.; Wigley, T.M.L. (2000a) Global Warming Potentials: 2. Accuracy. *Climatic Change* 44, pp. 459-469.

- Tipper, R.; de Jong, B. (1998): Quantification and regulation of carbon offsets from forestry : comparison of alternative methodologies, with special reference to Chiapas, Mexico. *Commonwealth Forestry Review* 77(3), pp. 219-228.
- Watson, R.T.; Noble, I.R.; Bolin, B.; Ravindranath, N.H.; Verardo, D.J.; Dokken, D.J. (eds.) (2000): Land- use, land-use change and forestry. Special Report. Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). Cambridge.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1998): Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll. Berlin.
- WBGU (2002): Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter. Berlin
- Texte der VN Klimarahmenkonvention sind verfügbar unter <http://www.unfccc.de>

BESTANDSAUFNAHME INDIEN ZU DEN THEMEN NACHHALTIGE ENTWICKLUNG – KLIMASCHUTZ UND UMWELTSCHUTZ

HINTERGRUNDINFORMATION ZUR VORBEREITUNG NEUER FORSCHUNGS- UND DEMONSTRATIONSPROJEKTE IM BEREICH GLOBAL CHANGE

W. P. Zingel¹, S. van Dillen¹, M Kleemann²

¹ *Südasiens-Institut der Universität Heidelberg*

Abt. Internationale Wirtschafts- und Entwicklungspolitik

E-mail: h93@ix.urz.uni-heidelberg.de, vandillen@urz.uni-heidelberg.de

² *Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)*

Forschungszentrum Jülich GmbH

52425, Jülich

E-mail: m.kleemann@fz-juelich.de

1 Einleitung

Als voraussichtlich bald volkreichste Nation der Welt mit schon heute über einer Milliarde Menschen, mit der größten Zahl armer und analphabeter Einwohner, mit einer sich in den letzten Jahren dynamischer entwickelnden Wirtschaft und einem noch rascher ansteigenden Energieverbrauch, ist Indien an erster Stelle zu nennen, wenn nachhaltige Entwicklung, Klima- und Umweltschutz diskutiert werden, und zwar sowohl im Hinblick auf die Ursachen als auch auf die Folgen: Die Grenzen im Westen und Osten durchschneiden die dichtbesiedelten offenen Schwemmlandebenen der Stromsysteme von Indus und Ganges/Brahmaputra; entsprechend gravierend sind die grenzüberschreitenden Umweltprobleme, ganz zu schweigen von denen globaler Art: Klimaveränderungen und ein Ansteigen des Meeresspiegel würden Indien mit seiner schon heute an vielen Standorten unter extremen Bedingungen ausgeübten Landwirtschaft und den vielen tausend Kilometer langen Küsten empfindlich treffen. Die Energieversorgung basiert auf Holz im ländlichen und auf Kohle im industriellen Bereich. Indien ist nicht nur einer der größten Kohleproduzenten sondern auch einer der größten CO₂-Emittenten.

Nach wie vor bestimmt die landwirtschaftliche Produktion das Leben der meisten Menschen im Lande. Bei vorherrschend aridem bis semi-aridem Klima kommt der räumlichen und zeitlichen Verteilung der natürlichen Niederschläge und ihrer direkten und indirekten Nutzung eine zentrale Bedeutung zu. Unsachgemäße Bewässerung über Jahrzehnte hinweg hat zu Versalzung und Versumpfung von Böden in beträchtlichen Ausmaß geführt, Schäden die nur bei größtem Aufwand reversibel sind. Der

Einsatz von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln belastet den Boden. Die einst ausgedehnten Wälder sind an vielen Standorten schon stark reduziert, weil immer neue Flächen gerodet wurden und jetzt landwirtschaftlich genutzt werden; dazu kommt der Holzeinschlag, um Bau- und Brennholz zu gewinnen.

Die Landwirtschaft kann schon lange nicht mehr die nachwachsende Bevölkerung auf dem Lande produktiv beschäftigen. Nicht ohne Grund hat man Konzepte der versteckten Arbeitslosigkeit und der Grenzproduktivität des Faktors Arbeit von Null gerade am Beispiel Indiens diskutiert. Die Urbanisierung hat zwar zu einigen der größten Agglomerationen der Welt geführt; trotzdem liegt der Anteil der städtischen Bevölkerung erst bei einem Drittel. Mit einer weiteren, ganz erheblichen Urbanisierung muss jedoch gerechnet werden. Damit verlagern sich die Probleme einer nachhaltigen Entwicklung in den städtischen Raum. Schon jetzt mangelt es in vielen Stadtteilen an den elementarsten städtischen Diensten mit den bekannten Folgen für die Gesundheit ihrer Einwohner.

Dieser Systemzusammenhang verschärft die sozialen und politischen Spannungen in Indien lokal, regional und gegenüber den Nachbarn. Der Streit mit Pakistan ist besonders brisant, weil sich die beiden Nachbarn nuklear bewaffnet haben; der Streit um gemeinsam genutzte Ressourcen konnte jedoch wirkungsvoll durch den Indus-Wasser-Vertrag von 1960 entschärft werden, der die großen Flüsse des Punjab, die allesamt ihren Oberlauf auf indischen Territorium haben, in der Weise aufteilte, dass jedes Land die ausschließliche Nutzung über drei Flüsse erhielt. Der Vertrag mit Bangladesch über die Nutzung des Ganges-Wassers ist weniger eindeutig und in Bangladesch heftig umstritten. Bangladesch ist aber vorerst nicht in der Lage, sich gegenüber Indien mit weiteren Forderungen durchzusetzen.

In Fragen des Klimaschutzes teilt Indien die meisten Probleme mit seinen Nachbarn und weist zumeist auf seine große Bevölkerungszahl und den geringen Pro-Kopf-Verbrauch an Energie und entsprechend geringe Emissionen. Indien sieht sich aber auch als kommende Industriemacht. Das führt dazu, dass sich Indien gleichermaßen als Entwicklungs- wie Industrieland präsentiert. Dies wurde bei den letzten GATT-Verhandlungen¹ deutlich, als sich Indien letztlich zur Annahme der Vereinbarungen über die WTO² und die TRIPS³ bewog.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Ländern mit niedrigem Einkommen ("Entwicklungsländer") verfügt Indien über vergleichsweise demokratische Strukturen und eine selbstbewusste und kritische Presse. Das Land hat auch eine exzellente Bildungselite und ein ökologisch immer bewusster werdendes Bürgertum. Damit unterscheidet sich Indien von dem ihm wirtschaftlich voraneilenden China.

Für die Forschung ist Indien damit in vielerlei Hinsicht interessant: Es bietet das ganze Spektrum der angesprochenen Themen in geradezu exemplarischer Weise; Lö-

¹ General Agreement on Tariff and Trade

² World Trade Organization

³ Trade related aspects of intellectual property rights

sungsansätze können aber nur im sozialen, wirtschaftlichen und politischen Kontext erarbeitet werden, und zwar in intensivem Dialog mit den indischen Kollegen und der aktiv mit den Fragen beschäftigten Öffentlichkeit. Die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Indien findet schon lange auf hohem Niveau statt, besonders intensiv auf dem Gebiet der Natur- und Ingenieurwissenschaften, aber auch im Bereich der Sozial- und Kulturwissenschaften. So genießt z.B. die deutsche Indologie in Indien ein Ansehen, wie dies für keine andere regional ausgerichtete Disziplin der Fall ist. Damit bestehen gute Voraussetzungen, dass im Dialog Lösungen erarbeitet werden, die den örtlichen Gegebenheiten angemessen und sozial und kulturell akzeptabel sind.

2 Übersicht allgemeiner, ökologisch relevanter Rahmendaten

2.1 Allgemeine politische Rahmenbedingungen

Die größte Demokratie der Welt

Indien ist ein Unionsstaat (*Union of States*, Art. 1 der Verfassung), seit 2000 mit 29 Staaten (Delhi hat einen Sonderstatus) und 6 Territorien (*Union Territories*). Die Parlamente des Bundes und der Staaten werden in allgemeiner, gleicher und geheimer Wahl von der Bevölkerung gewählt, desgleichen die Repräsentanten auf den niedrigeren Verwaltungsebenen. Indien gilt zu Recht als größte Demokratie der Welt: Anders als fast alle anderen sog. Entwicklungsländer hatte Indien immer eine demokratisch gewählte Regierung. Eine Diktatur war Indien nie. Regierungen wurden mehrfach nach demokratischen Wahlen abgelöst; so auch die von Indira Gandhi, die in den siebziger Jahren zwei Jahre lang mit Notstandsgesetzen (*Emergency*) regiert hatte. Durch die im Vergleich zu anderen föderal verfassten Entwicklungsländern stärkere Stellung der mittleren politischen Ebene der Unionsstaaten, eine unabhängige Justiz, eine selbstbewusste Presse und engagierte Bürgerbewegungen, die in Indien auf eine lange und erfolgreiche Arbeit zurückblicken können, sind die Möglichkeiten der Zentralregierung, ja sogar des nationalen Parlamentes, beschnitten. Dies spiegelt sich in der indischen Umweltdebatte wieder, die lebhaft geführt wird und einige Erfolge vorzuweisen hat.

Die autarkistische Politik Indiens

Aus der Erfahrung der Kolonialzeit heraus, an deren Anfang merkantile, und weniger imperiale, Interessen standen, ist die Rückbesinnung auf die eigenen Werte zu verstehen (*Self-reliance*), die zuweilen isolationistische und autarkistische Züge trug (*swaraj*), zumal sich Indiens Hoffnung auf einen Weg der "Dritten Welt" in der Gemeinschaft der Blockfreien Staaten nicht erfüllte. Die Tatsache, dass Indien von einer privaten Handelsgesellschaft (*East India Company*) erobert und ausgeplündert worden war, hilft, die verbreitete Antipathie gegen multinationale Konzerne zu verstehen, die ihren Höhepunkt mit dem Auszug so bekannter Firmen wie Coca Cola und IBM in den siebziger Jahren erreichte. Die Anlehnung an die sozialistischen Staaten, ur-

sprünglich auch an China, erklärt sich aber weniger aus ideologischen Gründen, als aus dem Gefühl der militärischen Bedrohung durch Pakistan, das in den fünfziger und sechziger Jahre ein fester Bestandteil des von den USA angeführten Bündnis-systems des Westens war, und – seit der chinesischen Annexion Tibets – durch China. Nach dem Grenzkrieg mit China 1962, dem indischen Alleingang im Bürgerkrieg im damaligen Ostpakistan und der chinesisch-amerikanischen Annäherung, war Indien jahrzehntelang von Waffenlieferungen der damaligen Sowjetunion abhängig. Abgeschnitten von westlicher Hochtechnologie (*Cocom*-Liste) baute Indien eigene Forschungskapazitäten auf, die es zu einem führenden Land in der Rüstungs-, der Weltraum- und Informationstechnologie gemacht haben.

Armut und Analphabetentum

Diesen Erfolgen stehen Indiens Defizite gerade auf sozialem Gebiet entgegen, so dass man von den "zwei Indien" spricht. Ungeachtet der Tatsache, dass im unabhängigen Indien die ersten Jahrzehnte eine Partei herrschte, die sich als Kämpferin gegen die Armut verstand (und versteht), ist Indien zum Inbegriff eines armen Entwicklungslandes geworden: Nirgendwo sonst gibt es so viele Arme und Analphabeten, kaum irgendwo sind extreme Formen von Armut so augenfällig, und auch pro Kopf gesehen gehört Indien den Sozialindikatoren nach zu den ärmsten und am wenigsten entwickelten Ländern. Nach dem Weltentwicklungsbericht von 1997 betrug 1995 der Anteil der Bevölkerung, der pro Tag mit weniger als 1 \$ pro Kopf auskommen musste 53 %. Die Analphabetenquote belief sich im selben Jahr auf 48 %.

Indiens Stellung in der Region

Damit reduziert sich Indiens Vorbildcharakter für die anderen Länder der Region auf die Erfolge in der Hochtechnologie und in der Rüstung. Indien ist mit den sechs anderen Staaten Südasiens (Pakistan, Bangladesch, Nepal, Sri Lanka, Bhutan, Malediven) in der *South Asian Association for Regional Cooperation* (SAARC) verbunden; die regionale Zusammenarbeit ist aber angesichts der Spannungen zwischen Indien und Pakistan nicht sehr aktiv. Die Tatsache, dass Indien in jeder Hinsicht mehr Gewicht hat als die sechs anderen SAARC-Staaten zusammen, diese keine gemeinsamen Grenzen haben und Indien eine Politik des Bilateralismus verfolgt, schürt die Angst vor dem übermächtigen Nachbarn. Der Warenaustausch innerhalb der SAARC ist nur für die kleineren Nachbarstaaten Indiens bedeutend; der Reiseverkehr zwischen Indien und Pakistan ist auf einen Grenzübergang beschränkt und für die meisten Bewohner praktisch unmöglich. Die Beziehungen zu den Nachbarregionen sind unterschiedlich: Sie sind zu Südwestasien vor allem durch die indischen "Gastarbeiter" in den Staaten rund um den persischen Golf geprägt und zu China noch immer gespannt. Eine Mitgliedschaft Indiens in der *Association of South East Asian Nations* (ASEAN) scheiterte am Desinteresse der südostasiatischen Länder; auch hier herrschen Ressentiments gegenüber Indien, das eine regionale Vorrangstellung beansprucht.

2.2 Bevölkerungsentwicklung

Hohe Wachstumsraten

Die Bevölkerungszahl dürfte im Jahr 2000 die Milliarde überschritten haben. Bei der letzten Volkszählung im Jahr 1991 waren 846 Mio. Einwohner gezählt worden: 51,9 % Männer und 48,1 % Frauen; 36 % der Bevölkerung sind jünger als 15 Jahre. Zwischen 1981 und 1991 stieg die Einwohnerzahl um 163 Mio. bzw. 24 %, etwas langsamer als in der vorangegangenen Dekade. Die jährliche Bevölkerungswachstumsrate dürfte in der ersten Hälfte der 90er Jahre bei 1,81 % liegen und in der zweiten Hälfte auf 1,65 % gefallen sein. Diese immer noch sehr hohe Wachstumsrate bedeutet, dass die indische Bevölkerung derzeit um 16,5 Mio. Menschen jährlich wächst. Das sind rund 20 % der deutschen Bevölkerung.

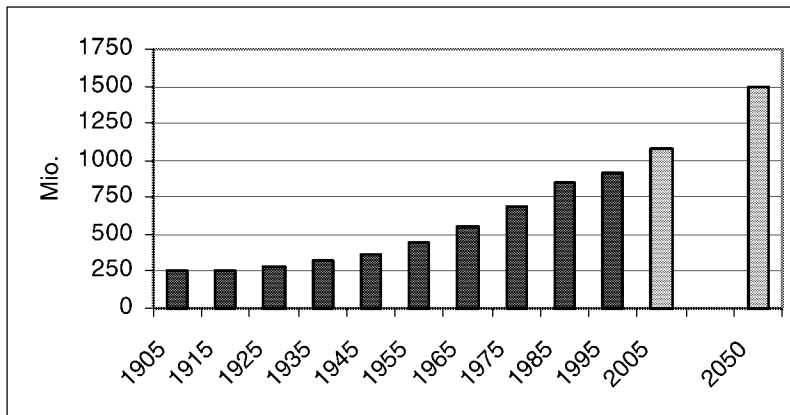


Abbildung 1: Entwicklung der indischen Bevölkerung

Steigende Lebenserwartung

Die Säuglingssterblichkeit ist nach indischen Angaben auf (1998) 69 gestorbene Kinder im ersten Lebensjahr je 1.000 Lebendgeburten gesunken (HDR, 2000); 33 % der Neugeborenen kommen (1990 - 97) mit Untergewicht zur Welt, eine der höchsten Raten international (HDR, 2000). Die Lebenserwartung eines Neugeborenen erhöhte sich von 32 Jahren (1951) auf 63,3 Jahre für Frauen und 62,5 Jahre für Männer (1998); in anderen asiatischen Ländern ist die Lebenserwartung z.T. wesentlich höher, so in China (72,3/68,1) und Sri Lanka (75,6/71,1) (HDR, 2000). In Indien herrscht Männerüberschuss: auf 1.000 Männer kommen (1991) 927 Frauen. In einzelnen Regionen (z.B. Süd-Tamil Nadu) ist dieses Verhältnis jedoch umgekehrt.

Entwicklung von Bevölkerungsdichte und Urbanisierung

Die Bevölkerungsdichte wuchs von 178 Einw./km² (1971) auf 257 im Jahre 1991 und auf etwa 320 zu Beginn des neuen Jahrtausends. Besonders dicht besiedelt sind (1991) Westbengalen mit 766 Einw./km² und Kerala mit 746 Einw./km², in Arunachal

Pradesh sind es nur 10 Einw./km². Die Urbanisierung ist noch niedrig im internationalen Vergleich: 26 % der Einwohner lebten 1991 in den Städten. Für das Jahr 2025 wird erwartet, dass Mumbai (Bombay) mit 33,2 Mio. Einwohnern die größte Stadt der Welt sein wird, auf Platz neun und zehn stünden dann New Delhi mit 21,6 Mio. Einw. und Calcutta mit 21,4 Mio. Einw. (Asian Development Bank nach Sool, 1998-99).

Aus der wachsenden Bevölkerung resultieren die Umweltprobleme

Seit der Unabhängigkeit im Jahre 1947 hat sich die Bevölkerung verdreifacht; in vielen Städten ist die Einwohnerzahl geradezu explodiert. Dies ist nicht zuletzt der Erfolg einer Umweltpolitik, die sich einst – als sie noch nicht diesen Namen trug – auf die Seuchenbekämpfung beschränkte: Die hohen Bevölkerungswachstumsraten sind in Indien ursprünglich die Folge der Senkung der Sterblichkeit (die Nettoeinwanderung dürfte bei Null liegen) und der daraus resultierenden höheren Lebenserwartung. Dazu trugen die Erfolge bei der Bekämpfung der Malaria und die Verbesserung der Hygiene (Cholera) bei.

Aus den wachsenden Bevölkerungszahlen und den gestiegenen Lebensansprüchen resultieren so gut wie alle aktuellen Umweltprobleme direkt und indirekt. Vor allem in den Städten treten bei hohen und wachsenden Bevölkerungsdichten die Umweltprobleme akzentuiert auf; sie bestehen aber ebenso auf dem Lande, wie noch auszuführen sein wird. In den nächsten Jahrzehnten ist mit einem weiteren, wenn auch sich abschwächenden, Bevölkerungszuwachs zu rechnen. So wird die Bevölkerung bis 2050 voraussichtlich auf 1,5 Mrd. ansteigen. Die schon jetzt in den Metropolen bekannten Umweltprobleme werden auch in den heute noch "kleineren" Zentren auftreten; schon jetzt zeichnet sich ab, dass die Städte mittlerer Größe (das können in Indien auch Millionenstädte sein) den höchsten Bevölkerungszuwachs haben werden. Sie verfügen heute oft nur über eine rudimentäre Infrastruktur.

2.3 Geografie und Klima

Das siebtgrößte Land der Erde

Als das der Fläche nach siebtgrößte Land der Erde bildet die Indische Union den Kern des südasiatischen Subkontinents. In der Nord-Süd-Ausdehnung misst es 3.214 km, in der weitesten West-Ost-Erstreckung 2.933 km. Rund 15.000 km Landgrenzen entfallen im Nordwesten auf Pakistan, im Norden auf China, Nepal und Bhutan, im Osten auf Myanmar und Bangladesch. Im Westen bilden das Arabische Meer und im Osten der Golf von Bengalen die etwa 7.500 km langen Meeresküsten des Landes. Im Süden trennt die Palkstraße das indische Festland von Sri Lanka. Die Inselgruppen der Andamanen und Nikobaren im indischen Ozean sowie die Lakkadiven, Minicoy und die Amindiven an der westlichen Malabarküste gehören außerdem zum Staatsgebiet der Indischen Union (Bohle, 1995; Bronger, 1996).



Abbildung 2: Indien

Die Landschaftsräume Indiens

Die Indische Union lässt sich in drei physiogeografische ausgeprägt kontrastierende Großräume gliedern. An die Landschaftsräume der nördlichen, vom Himalaja dominierten Gebirgsumrahmung schließt sich nach Süden die Ganges-Brahmaputra Tiefebene an. Den größten Teil der wie ein Keil in den Indischen Ozean ragenden Halbinsel Indiens nimmt das Dekhan-Hochland ein, welches vom höheren westlichen Randgebirge, den Westghats, nach Osten zu den Ostghats abfällt. Das Dekhan-Plateau besteht aus überwiegend flachwelligen Hochflächen und weiten Mulden und gehört zum erdgeschichtlich ältesten Teil des Subkontinents. Die Reliefverhältnisse prägen auch das hydrografische System. Außer den großen Flüssen Ganges und Brahmaputra, die im Himalaja entspringen, entwässern auch die Flüsse des Dekhan überwiegend nach Osten zum Golf von Bengalen. Außer Narmada und Tapti (Madhya Pradesh) entwässern nur kleinere Flüsse nach Westen zum Arabischen Meer. Die naturräumliche Ausstattung der drei wichtigsten Baueinheiten des indischen Subkontinents ist enorm vielfältig. Diese Vielfalt reicht von einigen der höchsten, vergletscherten Bergregionen der Erde bis zu den tropischen Küstenräumen Keralas, von den amphibische Deltabereichen Bengalens bis hin zu den Trockensteppen der Wüste Tharr. Die Interdependenz von Relief und Klima bestimmen das hochkomplexe landschaftsräumliche Gefüge der Indischen Union und beeinflussen in hohem Maße auch kulturgeografische Merkmale wie z.B. die Landnutzung (Bohle, 1995; Bronger, 1996).

Die Landschaftsräume Indiens

Die Indische Union lässt sich in drei physiogeografische ausgeprägt kontrastierende Großräume gliedern. An die Landschaftsräume der nördlichen, vom Himalaja dominierten Gebirgsumrahmung schließt sich nach Süden die Ganges-Brahmaputra Tiefebene an. Den größten Teil der wie ein Keil in den Indischen Ozean ragenden Halbinsel Indiens nimmt das Dekhan-Hochland ein, welches vom höheren westlichen Randgebirge, den Westghats, nach Osten zu den Ostghats abfällt. Das Dekhan-Plateau besteht aus überwiegend flachwelligen Hochflächen und weiten Mulden und gehört zum erdgeschichtlich ältesten Teil des Subkontinents. Die Reliefverhältnisse prägen auch das hydrografische System. Außer den großen Flüssen Ganges und Brahmaputra, die im Himalaja entspringen, entwässern auch die Flüsse des Dekhan überwiegend nach Osten zum Golf von Bengalen. Außer Narmada und Tapti (Madhya Pradesh) entwässern nur kleinere Flüsse nach Westen zum Arabischen Meer. Die naturräumliche Ausstattung der drei wichtigsten Baueinheiten des indischen Subkontinents ist enorm vielfältig. Diese Vielfalt reicht von einigen der höchsten, vergletscherten Bergregionen der Erde bis zu den tropischen Küstenräumen Keralas, von den amphibische Deltabereichen Bengalens bis hin zu den Trockensteppen der Wüste Tharr. Die Interdependenz von Relief und Klima bestimmen das hochkomplexe landschaftsräumliche Gefüge der Indischen Union und beeinflussen in hohem Maße auch kulturgeografische Merkmale wie z.B. die Landnutzung (Bohle, 1995; Bronger, 1996).

Die wichtigsten Bodentypen

In Hinsicht auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften lassen sich in Indien vor allem drei wichtige Bodentypen unterscheiden. Die überwiegend roten, teils sandigen, teils lehmigen Böden des südlichen Dekhan-Plateaus sind relativ nährstoffarm, reagieren bei ausreichender Mächtigkeit aber positiv auf Bewässerung. Landwirtschaftlich wenig geeignet sind in dieser Gruppe jedoch die Lateritböden, die an den Küsten Keralas, Karnatakas und Orissas sowie im Bereich der Südwestgrenze West-Bengalens und im südöstlichen Tamil Nadu anzutreffen sind. In der westlichen Hälfte des nördlichen Dekhan findet sich ein großer (Regur-)Schwarzerdebereich, der einen weiteren wichtigen Bodentyp darstellt. Diese Böden vulkanischen Ursprungs sind aufgrund ihres hohen Nährstoffgehalts und der hohen Wasserhaltekapazität von großer Bedeutung für den Regenfeldbau, insbesondere von Baumwolle ("black cotton soil"). Die kalkhaltigen, nährstoffreichen und lockeren Alluvialböden stellen den dritten, hinsichtlich seiner Verbreitung und landwirtschaftlichen Produktivität nach wichtigsten Bodentyp dar. Böden diesen Typs bedecken 43% des Landes und bilden die Grundlage für die großen Kornkammern des Landes (Reis, Weizen). Sie finden sich vor allem in den breiten nordindischen Tiefebene, aber auch in den südöstlich gelegenen Deltabereichen einer Reihe größerer und kleinerer Flüsse (z.B. Mahanadi, Godavari, Krishna, Kaveri, Tambraparni) (Bohle, 1995; Bronger, 1996).

Klima

Für die natürliche Vegetation und die Höhe der landwirtschaftlichen Erträge ist in Indien vor allem die Ergiebigkeit der Niederschläge bedeutsam, da die Temperaturen vor allem aufgrund der Höhenlage differieren. Das Klima des indischen Subkontinents ist weitgehend vom Monsun bestimmt, d.h. von einem jahreszeitlichen Wechsel der Regen- und Trockenzeiten. Es stehen sich dabei zwei gegensätzliche Monsunperioden gegenüber. Der Winter- oder Nordostmonsun, der von Januar bis März vom Land zum Meer weht, ist kühl und trocken. Der Sommer- oder Südwestmonsun, der von Juni bis September vom Meer zum Land weht, bringt Regen und Wärme. Zwischen Winter- und Sommermonsun bestehen zwei Übergangszeiten, der Vormonsun mit Hitze im April und Mai, und der Nachmonsun von Oktober bis Dezember. Diese vier Hauptjahreszeiten schwanken von Jahr zu Jahr und sind in ihrer Ausprägung von Geografischer Breite und Relieflage abhängig. Für die indische Landwirtschaft ist der niederschlagsergiebige Südwestmonsun von so großer Bedeutung, dass er oftmals als der eigentliche Monsun bezeichnet wird (Bohle, 1995; Bronger, 1996).

Die Rolle des Monsuns

Der Monsun stellt einen durch das im Frühsommer entstehende südasiatische Hitzetief verursachten Übertritt des südhemisphärischen Südost-Passates über den Äquator auf die Nordhalbkugel dar. Der Südwestmonsun nimmt auf seinem Weg über das Arabische Meer große Mengen an Wasserdampf auf und setzt an der Südküste Indiens Ende Mai/Anfang Juni mit heftigen Wolkenbrüchen und Gewittern ein. Die Monsuntätigkeit verlagert sich dann in Richtung des nördlichen Indiens, wo sie etwa

Mitte Juli ihren Höhepunkt erreicht. In der Sommermonsunzeit finden sich ausgesprochene Trockengebiete im Regenschatten der südlichen West-Ghats (Koromandelküste, Tamil Nadu) sowie im westlichen Rajasthan.

Während sich in Südostindien der Niederschlagsmangel in dieser Zeit eindeutig aus der Relieflage erklärt, liegt die Situation in West-Rajasthan anders. Die Hauptursache der Trockenheit besteht darin, dass die nördlichsten Ausläufer des Monsun sehr wenig Feuchtigkeit mitführen und damit ein geringes Niederschlagspotenzial haben. Diese Teile der Monsunströmung nähert sich Indien nicht wie im Süden über das warme Arabische Meer an, sondern auf dem Landweg über Ostafrika und das südliche Arabien.

Der Nachmonsun (Monsunumkehr) setzt ein, wenn das südasiatische Hitzetief durch die Abkühlung der Landmasse an Einfluss verliert. Der folgende Nordostmonsun ist Teil der allgemeinen Passat-Zirkulation und führt, wie bereits erwähnt, überwiegend trockene Kontinentalluft mit sich. Der Nachmonsun beginnt im nördlichen Indien Anfang September und erreicht das südliche Indien Mitte Oktober. In dieser Zeit herrscht fast überall in Indien Trockenheit vor. Nur an der südostindischen Koromandelküste (Tamil Nadu) kommt es hauptsächlich aufgrund zyklonaler Störungen, aber auch durch den Stau effekt der West-Ghats zu erheblichen Niederschlägen - die Wintermonsunströmung, die über den Golf von Bengalen kommend auf das südlichste Indien trifft, führt hier noch vergleichsweise viel Feuchtigkeit mit sich (Bohle, 1995; Bronger, 1996).

Über dem indischen Subkontinent bildet sich, bedingt durch die räumlich-zeitliche Differenzierung des Monsuns, durch dessen starke Variabilität von Jahr zu Jahr sowie durch die unterschiedlichen Bedingungen des Reliefs ein hochdifferenziertes und kleinräumiges Muster unterschiedlicher Niederschlagsverhältnisse heraus. Die starken Schwankungen in den Niederschlagsverhältnissen stellen das wohl gravierendste Problem der indischen Landwirtschaft dar, welchem vor allem mit dem Ausbau der künstlichen Bewässerung entgegengetreten wird.

2.4 Wirtschaftsentwicklung

Indien ist immer noch Agrarland

Nach den 1991 begonnenen Wirtschaftsreformen sah es ein paar Jahre so aus, als habe Indien die Zeit der "Hinduwachstumsrate" von 3,5 v.H. endgültig überwunden und sei auf dem Wege, ein neues Schwellenland zu werden. Daran knüpfen sich auch Befürchtungen vor Umweltbelastungen in entsprechender Höhe. Tatsächlich ist Indien nach wie vor ein Agrarland, produziert aber auch eine breite Palette von industriell gefertigten Konsum- und Investitionsgütern und verfügt über eine leistungsfähige Nuklear-, Rüstungs- und Weltraumtechnologie.

Tabelle 1: Indien. Wirtschaftliches Wachstum

Plan / Jahr		Volkseinkommen	Pro-Kopf-Einkommen	Landwirts.-Produktion	Nahrungs.-produktion	Energieerzeugung
1.	1951-56	3,7	1,8	4,2	5,2	10,4
2.	1956-61	4,1	2,1	4,3	3,9	13,3
3.	1961-66	2,4	0,2	- 1,1	- 2,2	12,9
	1966-69	3,7	1,5	6,3	8,8	12,0
4.	1969-74	3,3	1,0	3,0	2,5	7,1
5.	1974-79	5,0	2,7	4,3	5,3	8,7
	1979-80	- 6,0	- 8,2	- 15,5	- 18,2	2,4
6.	1980-85	5,4	3,2	6,0	6,3	8,5
7.	1985-90	5,7	3,6	4,2	3,6	9,6
	1990-92	2,6	0,6	0,1	- 0,4	8,1
8.	1992-97	5,8	4,1	3,0	2,1	5,5
	1997-98	4,9	3,1	-5,9	- 3,1	6,6
Plan / Jahr		Industrieprod.	Bahfracht	(M3) ⁴	Bankeinlagen	Bankkredit
1.	1951-56	7,5	4,5	2,2	3,7	7,4
2.	1956-61	6,6	6,2	5,3	12,8	12,1
3.	1961-66	9,0	5,4	9,1	11,1	11,7
	1966-69	1,6	0,2	10,6	13,7	14,1
4.	1969-74	4,5	- 1,8	15,5	18,5	16,9
5.	1974-79	5,9	4,1	17,9	21,7	19,2
	1979-80	1,1	- 2,5	17,4	17,6	21,0
6.	1980-85	6,4	4,1	16,7	17,9	17,8
7.	1985-90	8,5	4,8	17,5	18,2	15,7
	1990-92	4,4	3,8	17,2	17,6	11,3
8.	1992-97	6,8	2,7	19,8	13,0	12,4
	1997-98	6,5	5,2	17,9	18,9	15,6
Plan / Jahr		Exporte	Importe	Beschäftigung OS	Arbeitslose	Großhandelspreise
1.	1951-56	1,0	3,8	.	16,4	- 3,6 3,62,7
2.	1956-61	2,2	11,8	.	18,5	6,3
3.	1961-66	4,9	4,7	6,0	10,5	5,8
	1966-69	19,9	13,1	0,9	5,3	8,1
4.	1969-74	13,6	11,7	3,0	22,5	9,0
5.	1974-79	18,3	19,5	2,6	9,2	6,3
	1979-80	12,1	34,2	1,9	13,1	17,1
6.	1980-85	13,0	13,9	2,0	10,5	9,7
7.	1985-90	19,8	16,0	1,4	1,4	6,7
	1990-92	26,5	16,6	1,6	5,2	12,0
8.	1992-97	17,2	17,0	0,6	0,7	6,6
	1997-98	6,3	9,1	0,7	4,5	4,8

Quelle: Statistical outline of India 1998-99, pp. 9-10; Anmerkung: OS = Organised sector

4 M3: Eine in Fachkreisen übliche Definition der Geldmenge, auch als "broad money" bezeichnet; lt. Economic Survey 1998-99, Appendix S-56: Aggregate Monetary Resources" = Currency with the public+Demand deposits with banks+time deposits with banks+other deposits with Reserve Bank of India

Zu den zehn höchstindustrialisierten Ländern, wie häufig behauptet wird, zählt Indien aber nicht; es wäre 1999 an 14. Stelle einzuordnen (WDR, 2000/2001; Fischer Weltalmanach, 2001; Statistical Outline of India, 1998-99). Die Landwirtschaft stellt noch immer das Rückgrat der indischen Volkswirtschaft dar, verliert aber ständig gegenüber der Industrie und den Dienstleistungen an Bedeutung. Sie erwirtschaftet weniger als ein Drittel des BIP, aber immer noch leben drei Viertel der Bevölkerung direkt oder indirekt von ihr; und obgleich mit dem Einsatz von Hochleistungssorten und chemischen Düngemitteln auf bewässerten Feldern die Modernisierung des Agrarsektors vorangetrieben wird, sind zwei Drittel der kultivierten Fläche abhängig von den Monsunregen und dienen häufig der Subsistenz.

Indiens Wirtschaftsleistung im internationalen Vergleich

Mit einem BSP von (1999) 442 Mrd. US\$ ist die Wirtschaftsleistung Indiens weniger als halb so groß wie die Chinas, aber größer als die der Russischen Föderation und rangiert international an 11. Stelle (unter Einschluss von Taiwan an 12. Stelle). Pro Kopf der Bevölkerung sind es aber nur US\$ 450 und Rang 162; berücksichtigt man die unterschiedliche Kaufkraft steht Indien mit 2.149 PPP\$ (purchasing power parity) auch nur auf Platz 153, weit hinter China (Rang 128) und Russland (Rang 80) (WDR 2000/2001). Die relative Einkommensverteilung ist bei einem Gini-Koeffizienten (sozial statistisches Verteilungsmaß) von 37,8 der Deutschlands (30,0) oder der USA (40,8) nicht unähnlich (WDR, 2000/2001). Der vielzitierte indische Mittelstand umfasst nur nach indischen Maßstäben 250 Millionen; gemessen am Lebensstandard der westeuropäischen Mittelschicht ist seine Zahl eher in der Größenordnung von 20 Millionen zu suchen.

Handel und Schulden

Als Handelsnation hat Indien eine weit geringere Bedeutung als vor einem halben Jahrhundert. Die Folgen jahrzehntelanger Isolierung lassen sich nur langsam überwinden und auch heute sind die Vorteile einer stärkeren Integration in den Welthandel und den internationalen Kapitalverkehr in Indien umstritten. Die Exporte (Waren 1998: 33,2 Mrd. US\$) sind zwar in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen (1990: 18,0 Mrd. US\$), sind aber nur ein Sechstel so hoch wie die Chinas. Im Gegensatz zu den meisten Entwicklungsländern kann Indien den größten Teil seiner Importe mit den Exporterlösen (1998: 42,7 Mrd. US\$) finanzieren (WDR, 2000/2001); die internationale Verschuldung ist mit (1998) 98 Mrd. US\$ erträglich und nur gering ansteigend (1990: 84 Mrd. US\$). Dank der meist günstigen Konditionen (lange Laufzeiten, niedrige Zinsen, Regierungsdarlehen) beträgt der Gegenwartswert der Schulden laut Weltbank nur 20 v.H. des BIP (China 15 v.H., Russland 62 v.H.) (WDR, 2000/2001). Die laufende Hilfe betrug im Jahr 1998 nur 2 US\$ pro Kopf der Bevölkerung und 0,4 v.H. des BIP; kaum ein Land erhält (relativ) weniger Auslandshilfe. Indiens Anziehungskraft für ausländisches Kapital hat wieder abgenommen und erreicht mit (1998) 2,6 Mrd. US\$ auch nicht annäherungsweise an die Chinas (43,8 Mrd. US\$) heran (WDR, 2000/2001).

Die neue Softwareindustrie

Der größte Erfolg des letzten Jahrzehnts war die Softwareindustrie. Auf dem Gebiet der Programmentwicklung ist Indien zu einem der größten Exporteure international geworden. Die Erlöse aus dem Software-Export haben traditionelle Exportbranchen (Schmuck, Textilien, Tourismus) von Platz Eins als Devisenquelle verdrängt. Entwicklungspolitisch wichtig ist die Tatsache, dass es sich hierbei um inländische Wertschöpfung handelt, die nur wenige Devisenausgaben für die Einfuhr von Anlagen und Materialien erfordert (ZINGEL, 2000). Und umweltpolitisch ist sie doppelt segensreich, da die Produktion nicht nur so gut wie keine natürlichen Ressourcen verbraucht, sondern auch eine neue kapitalkräftige und politisch einflussreiche Führungsschicht hervorbringt, die sich ökologischen Einsichten nicht verschließen, wie dies in Indien bei den Betreibern der "alten Industrien" oft der Fall ist. Letztere erlangten mit dem Unfall im Chemiewerk in Bhopal, der zur einer der größten industriellen Umweltkatastrophen weltweit wurde, traurige Berühmtheit. Dennoch ist Indien noch immer Dienstleistungsimporteur: Die Dienstleistungsexporte (1998: 11,1 Mrd. US\$) reichen noch nicht an die Dienstleistungsimporte (14,2 Mrd. US\$) heran, erreichen aber immerhin ein Drittel des Wertes der Warenexporte (WDR, 2000/2001).

Wachstumsaussichten

Dem Londoner *Economist* zu Folge [Jan. 2001] ist auch für das kommende Jahr mit einem Anhalten des wirtschaftlichen Wachstums von zur Zeit 6,1 % zu rechnen (The Economist, Jan 27, 2001). Damit steht Indien international mit an der Spitze der Erwartungen. Derart günstige Prognosen für die indische Wirtschaft gehen von der Prämisse aus, dass die indische Regierung weiter auf Reformkurs bleibt, bzw. auf ihn zurückkehrt. Noch befindet sich ein großer Teil der Industrie und weiterer Wirtschaftszweige in staatlichem Besitz. Für eine Befreiung der Wirtschaft aus ihrer "Selbstfesselung" (WIEMANN, 1988) reicht die Übertragung der Eigentumstitel in private Hände nicht aus. Dazu bedarf es weitreichender Deregulierung, Reformen des Insolvenzrechts, und der Erarbeitung sozialverträglicher Lösungen des verbreiteten Überbesatzes an Arbeitskräften.

Veränderung der Nachfrage

Der mit dem wirtschaftlichen Wachstum einhergehende steigende Ressourcenverbrauch wird vor allem im Energiebereich erwartet. In Folge des erwarteten Pro-Kopf-Einkommens wird sich aber auch die Struktur der Nachfrage ändern. Schon jetzt lässt sich beobachten, dass der Verbrauch an tierischen Nahrungsmitteln kräftig ansteigt, so bei Molkereiprodukten und vor allem bei Fleisch. Nach Angaben der FAO hat sich der Verbrauch seit den sechziger Jahren fast verdreifacht; dabei fällt auf, dass die Angaben für frühere Jahre wesentlich höher liegen als in älteren Quellen (FAO, 1979). Dies würde auf eine systematische Unterschätzung des Fleischverbrauchs über lange Jahre hinweg deuten. Dies mag ein Einzelfall sein, da die indische Statistik allgemein dafür gerühmt wird, besser zu sein als in anderen Ländern mit niedrigem Einkommen; es muss aber immer damit gerechnet werden, dass Zah-

lenangaben, sowohl offizieller als auch privater Stellen, zuweilen eher die Erwartungen als die Ergebnisse systematischer Ermittlung wiedergeben.

3 Ressourcennutzung und Umweltauswirkungen

3.1 Landnutzung, Wasser, Urbanisierung und Verkehr

3.1.1 Landnutzung

Die flächenmäßig wichtigste Landnutzungskategorie in Indien entfällt auf die Landwirtschaft. Ihr Anteil an der Gesamtfläche des Landes wuchs von 42% im Jahr 1950/51 auf 47% im Jahr 1993/94 (vgl. Tabelle 2). Die zweitgrößte Kategorie entfällt mit 22.5% im Jahr 1993/94 auf Waldflächen, deren Anteil seit 1950/51 scheinbar sogar stärker gewachsen ist, als der der Landwirtschaft (TERI, 1998).

Tabelle 2: Indien: Wandel des Landnutzungsmusters

		1950/51	1960/61	1970/71	1980/81	1990/9 1	1993/9 4
gesamte geografische Fläche	Mha	328,7	328,7	328,7	328,7	328,7	328,7
gesamte nutzbare Fläche	Mha	284,3	298,5	303,8	304,2	304,9	304,9
Wald	%	14,2	18,1	21,0	22,2	22,2	22,4
nicht-landwirtschaftliche Nutzung	%	3,3	4,8	5,4	6,5	6,9	7,2
nicht kultivierbares Land	%	13,4	12,0	9,3	6,6	6,4	6,2
anderes nicht kultiviertes Land	%	17,4	12,6	11,5	10,6	9,9	9,6
Brachland	%	9,9	7,6	6,4	7,9	7,7	7,9
landwirtschaftlich genutztes Land	%	41,8	44,6	46,2	46,0	46,9	46,6
Land							

Quelle: Agricultural Statistics at a Glance, Ministry of Agriculture, March 1997

Waldnutzung

Wald ist in Indien in dreierlei Hinsicht bedeutsam. Neben seiner ökologischen Funktion, z.B. als Wasserspeicher, Erosions- und Überschwemmungsschutz, Rückzugsgebiet für Tiere und Pflanzen, CO₂-Senke, etc., spielt er – in einem *subsistenzorientierten* Sinne – eine wichtige Rolle für die Lebensabsicherung vieler Gruppen. Von den etwa 100 Mio. als "forest dweller" bezeichneten Menschen sind etwa 50% Angehörige ethnischer Minderheiten. Wald versorgt sie nicht nur mit Feuerholz, Nahrung und Viehfutter, sondern ermöglicht auch den Handel mit Nichtholz-Waldprodukten (Heilpflanzen, Honig, Tendu-Blätter, etc.). Holzprodukte sind darüber hinaus eine wichtige vermarktete Ressource für den Staat, aber auch für private Parteien (Bauholz, Papierindustrie, Nicht-Holz-Waldprodukte) (CSE, 1999; Kumar et al., 2000). Die wichtigsten Ursachen für die Degradation der indischen Wälder sind damit auch schon genannt. Kommerzieller Nutzholzeinschlag, ökologisch bedenkliche Planta-

genwirtschaft (z.B. Eukalyptus, Tee, etc.), die übermäßige Entnahme von Feuerholz, Futtermaterial und Nischholz-Waldprodukten (subsistenz- und marktorientiert). Der Druck auf die knappe Ressource Wald wird weiterhin erhöht durch nur z.T. kontrollierte landwirtschaftliche Inwertsetzung ehemaliger Waldflächen sowie durch die damit verbundene Zunahme des Viehbestandes (TERI, 1998). Hinsichtlich des Viehbestandes ist anzumerken, dass gerade die Ziegenhaltung der Baum- und Strauchvegetation bekanntermaßen sehr abträglich ist. Die Zahl der Ziegen hat sich in Indien jedoch von ca. 60 Mio. im Jahr 1961 auf geschätzte 123 Mio. im Jahr 2000 verdoppelt. Viehhaltung stellt einen wichtigen Bestandteil der Lebensabsicherung vieler Menschen gerade in den peripheren, ländlichen Regionen dar. Ziegen sind dabei speziell bei Armutgruppen sehr verbreitet. Es gibt eine Reihe von Projekten und Programmen im Bereich des partizipativen Ressourcenmanagements, die u.a. darauf abzielen, Ziegen durch "verträglichere" Haustiere (Wasserbüffel) zu ersetzen (CSE, 1999).

Regionale Verteilung des Waldes

Der Waldbestand in Indien (517.000 km²) ist regional stark konzentriert. Etwa 50% aller als "forest area" ausgewiesenen Flächen befinden sich in den fünf Bundesstaaten Madhya Pradesh, Arunachal Pradesh, Andhra Pradesh, Orissa und Maharashtra (Abbildung 3). Die auf den ersten Blick erfreuliche Zuwachsrate des Waldlandes seit der Unabhängigkeit gibt jedoch keinen Hinweis auf die Qualität dieses Waldlandes, oder gar auf den Zustand des Primärwaldbestandes in Indien. Bei dem in den Statistiken unter "Forest" aufgeführten Land handelt es sich zu einem guten Teil um unterschiedlich degradierten Sekundärwald und offene Buschvegetation. Die Angaben verschiedener Organisationen und Institutionen wie der FAO oder FSI (Forest Survey of India) variieren zum Teil erheblich. Fest steht, dass der Anteil der nicht degradierten Wälder seit 1950 weiter zurückgegangen ist. Gegenwärtig wird die Fläche des als "dense forest" bezeichneten Waldes, je nach Quelle, auf zwischen 4,5-11% des gesamten als "forest" klassifizierten Waldbestandes geschätzt (Kumar et al., 2000; CSE, 1999). Die indische Forstpolitik

Die indische Forstpolitik hat sich bis in die jüngere Vergangenheit hinein sehr stark an den Praktiken und Prinzipien des späten 19. Jahrhunderts orientiert. Diese waren vor allem auf die staatlich überwachte Produktion von Nutzholz und die Verhinderung illegalen Einschlags ausgerichtet. Während der Kolonialzeit lag die Zuständigkeit im Bereich der Forstwirtschaft zunächst bei der Zentralregierung und wurde erst 1935 an die Provinzen übertragen. Seit 1976 ist die Zusammenarbeit von Zentralregierung und Bundesländern im Bereich der Forstwirtschaft in der Verfassung verankert (42. Amendment).

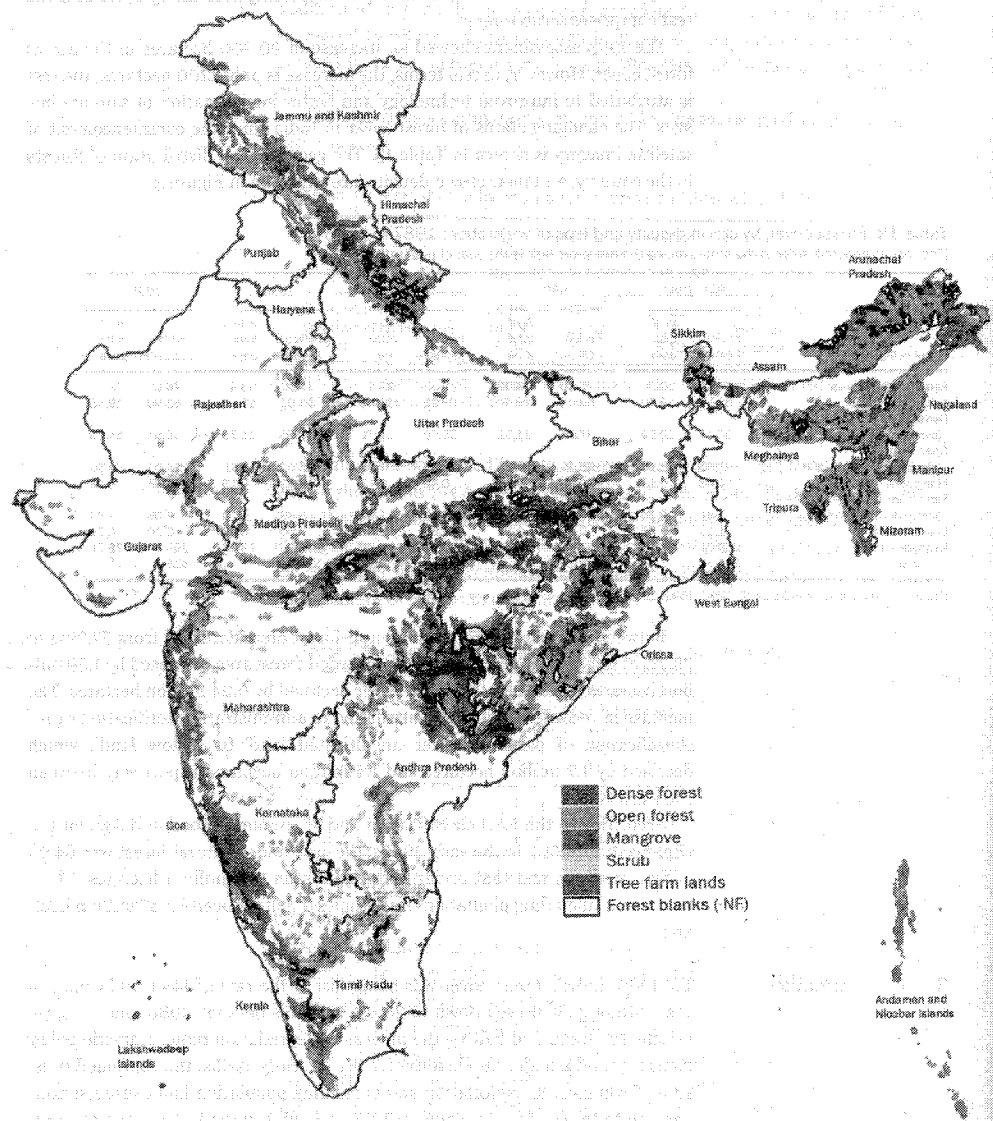


Abbildung 3: Regionale Verteilung des Waldes (Quelle TERI 1998)

Die Zentralregierung legt dabei die Grundlinien der Politik fest, ihr Einfluss auf die Umsetzung hält sich jedoch – nicht zuletzt bedingt durch finanzielle Zurückhaltung – in Grenzen. Eine grundsätzliche Wende in der indischen Forstpolitik brachte erst der *Forest Conservation Act* aus dem Jahr 1988. Hier wurde der Erhaltung des Waldes als ökologisch bedeutsamer Ressource erstmals Priorität über die wirtschaftliche Nutzung eingeräumt. Trotz ihrer Befugnisse haben bisher nur wenige Länder eine eigene Forstpolitik entworfen. Zumindest auf dem Papier folgen sie daher den Richtlinien der zentralstaatlich formulierten Forstpolitik aus dem Jahr 1988 (*Forest Conservation Act*).

Ein Umdenken dokumentiert sich auch darin, dass sich die Zahl der Nationalparks und Naturschutzgebiete seit den 70er Jahren erheblich vergrößert hat. Die für diese Zwecke ausgewiesene Fläche wuchs von 2,5 Mio. ha auf etwa 15 Mio. ha im Jahr 1997 an. Die Wendung im Jahr 1988 ebnete auch den Weg für die Implementierung des *Joint Forest Managements* (JFM), das eine partizipative Nutzung der Waldländer vorsieht. Viele Bundesländer führen inzwischen Programme durch, in denen die Beteiligung lokaler Gruppen bei der Nutzung und Erhaltung des Waldes eine wichtige Rolle spielen (Kumar et al., 2000).

Weitere Entwaldung

Die offiziellen, zum Zustand der indischen Wälder und der Waldnutzung vorliegenden Daten und Statistiken sind heterogen. Ebenso kann die Forstpolitik und ihre Implementierung nicht auf Gesamtindien bezogen beurteilt werden, sondern erfordert nicht zuletzt aufgrund der nicht klar definierten Zuständigkeitsbereiche Analysen auf der Ebene der einzelnen Bundesländer. Anlass zu Optimismus in bezug auf zukünftige Entwicklungen ist jedoch nicht gegeben (CSE, 1999; Kumar et al., 2000). Derzeit beläuft sich die jährliche Waldvernichtung auf 0,6 % des Bestandes.

Die weitere, zu erwartende Degradierung des Waldbestandes wird sich sowohl auf ökologische wie auch auf ökonomische Zusammenhänge nachhaltig negativ auswirken. In der Landwirtschaft hängen Probleme der Wasserverfügbarkeit und der Bodendegradation z.B. unmittelbar mit dem Vegetations-, und dabei vor allem dem Waldbestand zusammen. Neben ihrer klimarelevanten Funktion als CO₂-Senken bergen die noch existierenden, nicht-degradierten Wälder außerdem ein hohes Potenzial an Biodiversität, die zunehmend als wirtschaftlich bedeutende Ressource erkannt wird. Diese Wahrnehmung hat vor allem in den 90er Jahren dazu beigetragen, die Degradation der Waldländer auch in der indischen Öffentlichkeit verstärkt zu problematisieren (CSE, 1999; Kumar et al., 2000; TERI, 1998).

Landwirtschaft

In der Landwirtschaft ist zunächst einmal festzustellen, dass Indien, ohne die produktionstechnischen Erfolge der Grünen Revolution, in den letzten Jahrzehnten mit Sicherheit von schweren Hungersnöten heimgesucht worden wäre. Die Getreideproduktion stieg aber von nur 82 Mio. Tonnen im Jahr 1960/61 über 108 Mio. Tonnen 1970 auf den Stand von 203 Mio. Tonnen im Jahr 1998/99 an (vgl. Abbildung 4).

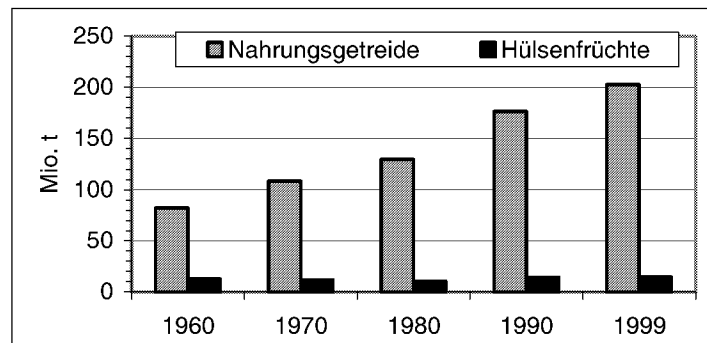


Abbildung 4: Produktion von Getreide und Hülsenfrüchten; Quelle: Economic Survey, 1999/2000; CSI, 1999

Die Nahrungsmittelproduktion hat bisher mit dem Wachstum der indischen Bevölkerung mitgehalten, die Pro-Kopf-Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln hat sich deutlich erhöht. Die Grüne Revolution hat jedoch die Anbaumuster erheblich verändert. Die Produktion und Pro-Kopf-Verfügbarkeit der als Eiweißlieferanten besonders wichtigen Hülsenfrüchte z.B. stagnierte bzw. ging sogar deutlich zurück (vgl. Abbildung 5).

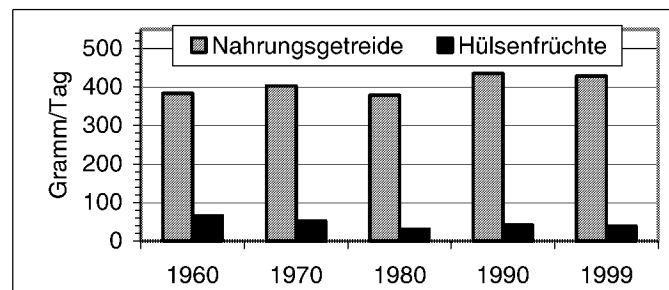


Abbildung 5: Pro-Kopf-Verfügbarkeit; Quelle: Economic Survey, 1999/2000; CSI, 1999

Die Flächenerträge sind in den letzten 40 Jahren kontinuierlich gestiegen (außer Hülsenfrüchte). Der größte Flächenertragszuwachs konnte beim Weizen erzielt werden: von nur 851 kg pro Hektar 1960/61 wurde die Produktion auf 2583 kg im Jahr 1998/99 mehr als verdreifacht (vgl. Abbildung 6). Trotz dieser Erfolge muss jedoch befürchtet werden, dass die Grüne Revolution in Indien an Grenzen stößt. Ungeachtet der steigenden Düngerverwendung und des leicht rückläufigen, aber immer noch hohen Pestizideinsatzes gehen seit den 90er Jahren die Zunahmen der Flächenerträge leicht zurück. Die Entwicklung der Dünger- und Pestizidverbräuche ist in Abbildung 7 dargestellt. Obwohl sich der Flächenertrag von 1960 bis heute für Nahrungsgetreide insgesamt nur etwa verdoppelt hat, ist der Düngerverbrauch im gleichen Zeitraum von 0,3 Mio. t auf 19,1 Mio. t vergrößert, d.h. er ist fast um das Siebzigfache gestiegen. Der Pestizideinsatz, der von 8,6 Tsd. t (1960) bis 1990 auf 75 Tsd. T gestiegen ist, geht langsam zurück.

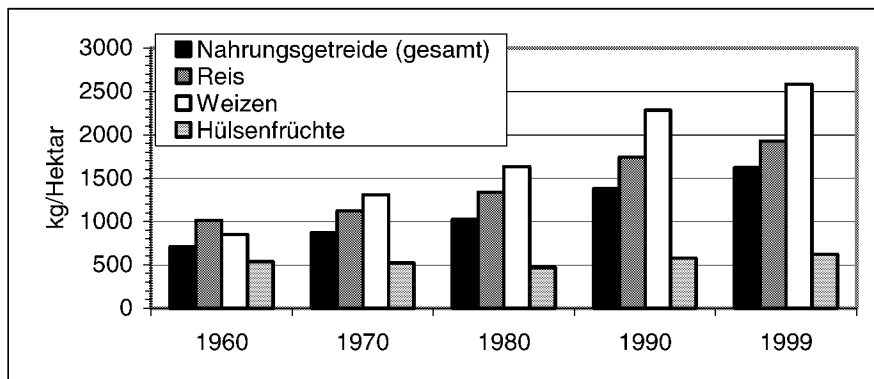


Abbildung 6: Entwicklung der Flächenerträge; Quelle: Economic Survey, 1999/2000

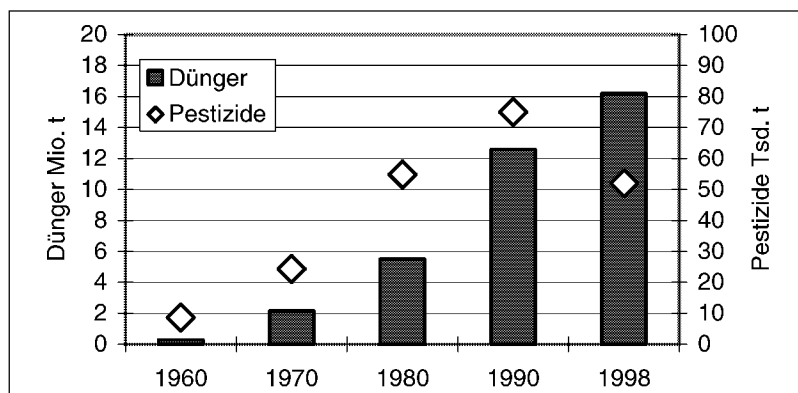


Abbildung 7: Entwicklung des Dünger- und Pestizidverbrauchs; Quelle: Economic Survey, 1999/2000; CSI, 1999)

Grüne Revolution und Bewässerung

Die Grüne Revolution hängt ganz besonders von der mengenmäßigen Versorgung und zeitlichen Verteilung des wichtigsten Produktionsfaktors, Wasser, ab. Dies wird sehr deutlich, wenn man die räumliche Verteilung der Kerngebiete der Grünen Revolution in Indien betrachtet. Sie liegen vor allem in der Ganges- und Brahmaputra-Flussebene im Norden des Landes, und in den Flussbecken und Deltabereichen der Dekhan-Halbinsel (Krishna, Godavari, Kaveri, etc.). Die mangelnde Verfügbarkeit von Wasser wird in der Zukunft der wohl wichtigste Faktor sein, der einer Ausweitung der Grünen Revolution in Indien im Wege steht (vgl. Kapitel 3.1.2; Bohle, 1999; CSE, 1999; IDR, 1999; Mahapatra, 1999). Die Agrarentwicklungsstrategie der Grünen Revolution hat im Verlauf der letzten 30 Jahre zu einer systematischen Vernachlässigung der Landwirtschaft in den wenig bewässerten und Regenfeldbau-Regionen des Landes geführt (Dandekar, 1994).

Erhebliche Bodendegradierung durch Bewässerung und Abholzung

Während sich die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche in Indien seit 1961 nur von 174 Mio. Hektar auf 180 Mio. Hektar 1998 vergrößerte, konnten die Bewässerungsflächen im gleichen Zeitraum von knapp 25 Mio. Hektar auf nahezu 60 Mio. Hektar ausgeweitet werden. Aus ökologischer Sicht hat diese Ausweitung der intensiven Bewässerungslandwirtschaft einen hohen Preis. Nach Angabe des unabhängigen Tata Energy Research Institute ist inzwischen mehr als die Hälfte aller Böden in Indien degradiert (TERI, 1998). Die Gefahr, kulturfähige Böden durch Versalzung zu verlieren, besteht im Zusammenhang mit künstlicher Bewässerung besonders in den trockenen und dürregefährdeten Regionen. Hier wird bedingt durch hohe Verdunstungsraten häufig stärker salzhaltiges Wasser aus Entwässerungskanälen und versalztes Oberflächen- und Grundwasser zur Bewässerung verwendet, was den für eine dauerhaft funktionierende Bewässerung benötigten Abfluss überschüssiger Salze durch Entwässerung nicht mehr gewährleistet. Degradation durch Vernässung und Übernutzung des Bodens sind andere, verbreitete Probleme der Bewässerungslandwirtschaft. Bodendegradation wird jedoch nicht nur durch landwirtschaftliche Inwertsetzung hervorgerufen. Vor allem in den indischen Gebirgsregionen (Himalaja, Ost- und West-Ghats) spielt die Abholzung der Wälder, sei es in Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Nutzung oder nicht (z.B. *shifting cultivation*), eine entscheidende Rolle. In den Küstengebieten sind die mit Salzwasser für die Krabbenzucht (*shrimps*) gefluteten Flächen für die Landwirtschaft langfristig verloren.

3.1.2 Wasser

Das Angebot von Grund- und Oberflächenwasser

Indien erhält durchschnittlich 4.000 km^3 (4.000 Mrd. m^3) Jahresniederschlag, der sich allerdings auf die Zeit des Südwestmonsuns (Juni-September) konzentriert (vgl. Kapitel 2.3). Von diesem Wasser fließen etwa 1.150 km^3 oberflächlich ab, während 500 km^3 zur Auffüllung des Grundwasserspiegels beitragen. Das den Menschen zur Verfügung stehende Wasser setzt sich in Indien zu 60% aus Oberflächen- und zu 40% aus Grundwasser zusammen. Etwa 80% des häuslichen Wasserbedarfs wird in Indien aus Grundwasser gedeckt (UNICEF, 1998). Die jährliche Pro-Kopf Verfügbarkeit von Wasser liegt nach Schätzung der Central Water Commission bei 1.250 m^3 (CWC, 1999; TERI, 1998). Diese theoretische Durchschnittszahl ist aber irreführend, weil in vielen ausgedehnten Regionen dieses Wasser gar nicht verfügbar ist. Folgende Tabelle gibt den Wasserverbrauch in Indien und den geschätzten Bedarf bis 2025 wieder:

Tabelle 3: Wasserverbrauch in Indien und geschätzter Bedarf bis 2025

Sektor	1990		2007		2025	
	Verbrauch Mrd. m ³	Verbrauch %	Verbrauch Mrd. m ³	Zunahme %	Verbrauch Mrd. m ³	Zunahme %
Landwirtschaft	460	83,6%	820	78%	1090	137%
Industrie	15	2,5%	30	100%	120	700%
Energieerzeugung	19	3,4%	27	42%	40	110%
Haushaltssektor	25	4,5%	48	96%	65	160%
andere	33	6,0%	40	21%	47	43%
gesamt	552	100%	967	75%	1362	147%
Anteil am Niederschlag	13,8%		24,2%		34,5%	

Quelle: The Hindu Survey of Agriculture 1997; nach Bohle, 1999

Beschränkte Verfügbarkeit von sauberem Trinkwasser und sanitären Einrichtungen

Die wahrscheinlich größte unmittelbare Bedrohung der Volksgesundheit in sowohl den ländlichen als auch den städtischen Bereichen des heutigen Indien ist der fehlende Zugang zu sauberem Trinkwasser und angemessenen sanitären Einrichtungen für einen großen Teil der Bevölkerung. Im Jahr 1993 hatten etwa 84% der Menschen im städtischen Raum und 78% der Menschen im ländlichen Raum Zugang zu einer gesicherten Trinkwasserversorgung. Adäquate sanitäre Einrichtungen standen nur 50% der Menschen in den Städten und sogar nur etwa 3,5% der Menschen auf dem Lande zur Verfügung (IDR, 1999; UNDP, 2001).

Wassernutzung

Gegenwärtig werden bereits mehr als 85% der verfügbaren Wasserressourcen von der Landwirtschaft in Anspruch genommen. Absolut gesehen wird der höchste Wasserbedarf zwar auch zukünftig in der Landwirtschaft zu verzeichnen sein, die relativ höchste Zuwachsrates an Verbrauch ist jedoch im industriellen Bereich zu erwarten. Natürlich ist auch im häuslichen Bereich, dabei vor allem in den Städten, mit einer Verdopplung bis Verdreifachung des Wasserbedarfs zu rechnen (vgl. 5; IDR, 1999; TERI, 1998; UNDP, 2001; CSE, 1999; DTE, 2000; etc.). Nach Tabelle 3.1.2 wird sich der gesamte Bedarf von 2000 bis 2025 verdoppeln.

Der Grundwasserspiegel sinkt dramatisch

Während auf ganz Indien bezogen nur etwa 32% des tatsächlich zur Verfügung stehenden Grundwassers verwendet wird, ist in einigen Staaten und Regionen des Landes schon heute eine extrem hohe Grundwasserentnahme zu verzeichnen. Dies hängt vor allem mit den Erfordernissen der Grünen Revolution zusammen, deren Erfolg unmittelbar von dem Ausbau der künstlichen Bewässerung abhängt (vgl. Kapitel 3.1.1). In Staaten wie Punjab, Haryana, Gujarat und Tamil Nadu ist der Grundwasserspiegel daher in diesem Zusammenhang inzwischen z.T. dramatisch abgesunken. In weiten Regionen Haryanas und Gujarats werden Grundwasserabsenkungen

von etwa 50 cm pro Jahr gemessen, ebenfalls in Gujarat (Mehsana Distrikt) und in Teilen Tamil Nadus (Coimbatore Distrikt) sind einige Aquifers permanent trocken gefallen (DTE, 1999; TERI, 1998). In den städtischen Bereichen ist die Absenkung des Grundwasserspiegels z.T. noch extremer. So lag die geschätzte Grundwasserabsenkung z.B. in Ahmedabad in den 80er Jahren zwischen 200 und 250 cm pro Jahr (IDR, 1999).

Pestizide, Dünger und Abfall belasten das Grundwasser

Nicht nur die unkontrollierte Wasserentnahme und die damit verbundene Grundwasserabsenkung sind in Hinsicht auf die Trinkwasserversorgung problematisch. Auch der oben bereits erwähnte rapide steigende Pestizid- und Düngemiteleininsatz in der Landwirtschaft, die Einleitung ungeklärter industrieller und städtischer Abwässer sowie die ungeordnete Deponierung von Hausmüll belasten zunehmend das Grund- und Oberflächenwasser. Die Schere zwischen der Verfügbarkeit und dem Bedarf an Trinkwasser wird sich in Zukunft weiter öffnen. (vgl. 5; IDR, 1999; UNDP, 2001; Mahapatra; Tiwari, 1999; CSI, 1999).

Wassermanagement zielt nicht auf Nachhaltigkeit

Wassermanagement in Indien ist ein komplexer und nicht zuletzt ein aufgrund seiner für weite Bereiche der Wirtschaft vitalen Bedeutung äußerst sensibler Bereich. Trotz zunehmender Knappheit und Verschlechterung der Qualität wird Wasser auch von großen landwirtschaftlichen und industriellen Nutzern weitgehend als frei verfügbares Gut betrachtet und nicht als eine produktive Ressource, aus deren Gebrauch ökonomische Wertschöpfung resultiert. Die Bemühungen der indischen Bundesstaaten und der Unionsregierung zielen bisher mehr auf die immer intensivere Ausbeutung bestehender Wasserreserven, als auf die effektive Nutzung, Aspekte der Verteilungsgerechtigkeit und des nachhaltigen Ressourcen-Managements ab. Große Probleme bestehen auch in den Küstengewässern, von denen vor allem Konflikte durch das Nebeneinander unterschiedlicher Produktionsweisen/-systeme (Kleinfischer, Trawler, Fangschiffe), Überfischung aber z.B. auch die Ausweitung der ökologisch bedenklichen Garnelenzucht zu nennen sind (Weber, 1997a).

3.1.3 *Urbanisierung*

Indien hat seit der Unabhängigkeit ein rapides Städtewachstum erlebt. Der Anteil der städtischen Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung lag 1961 (1981) bei etwa 20% (26%). Bis 2011 wird der Anteil auf 37 % ansteigen. Die Zahl der Metropolen (= Städte mit mehr als 1 Mio. Einwohnern) wuchs zwischen 1951 und 1991 von 5 auf 23 an. Der Trend zur Land-Stadt-Wanderung ist in Indien nach wie vor deutlich vorhanden, obgleich die Bedeutung dieses Prozesses für die Urbanisierung insgesamt abgenommen hat (Kundu, 2000). Wie in vielen sog. Entwicklungsländern ist auch in Indien die Frage der Metropolisierung ursächlich eng mit den Problemen des ländlichen Raumes verflochten. Aus der Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes und einer nachhaltigen Entwicklung sind Probleme des städtischen Wohnens, des Verkehrs-

/Transportsystems, der Luftverschmutzung, der Wasserversorgung und der Müllentsorgung als besonders kritische Begleiterscheinungen des rasch fortschreitenden Metropolisierungsprozesses anzusehen.

Entwicklung der Slums

Millionen von Städtern leben in Elendsvierteln (*Slums*) unter primitivsten Verhältnissen. Ihre Zahl wird in Zukunft steigen. Nach Tabelle 4 hat sich die Anzahl der Slumbewohner in den letzten 20 Jahren fast verdoppelt. Obgleich *Slum* ein Oberbegriff für eine Reihe sehr verschiedenartiger, informeller städtischer Siedlungen ist, ist diesen Wohnbezirken in aller Regel eine ausgesprochen unzureichende Infrastruktur gemein (Trinkwasser, sanitäre Einrichtungen).

Tabelle 4: Tatsächliche und geschätzte Slum-Bevölkerung der 23 größten Städten

1981			1991			2001		
Total Mio.	Slum Mio.	Anteil Slum in %	Total Mio.	Slum Mio.	Anteil Slum in %	Total Mio.	Slum Mio.	Anteil Slum in %
51.6	14.8	28.7	71,0	18.9	26.6	96.6	25.4	26,3

Quelle: CSE, 1999

Das Straßen- und Verkehrsnetz in den Städten

Die Entwicklung des städtischen Straßen- und Verkehrsnetzes konnte mit dem Bevölkerungswachstum und der damit verbundenen Zunahme des Fahrzeugbestandes nicht schritthalten. Staus und verstopfte Straßen sind in fast allen indischen Städten an der Tagesordnung. In Mumbai (Bombay) hat sich die Durchschnittsgeschwindigkeit eines sich im Verkehr bewegenden Fahrzeugs von 38 km/h im Jahr 1961 auf 15 - 20 km/h im Jahr 1993/94 gesenkt (IDR, 1999). Der Anteil der öffentlichen Verkehrsmittel (i.e. überwiegend Busse) am städtischen Gesamtverkehrsaufkommen nimmt kontinuierlich ab (1980 46%, 1990 30%). In den vier größten Metropolen des Landes wird der Anteil individueller Transportmittel inzwischen auf etwa 83% (52% Zweiräder, 31% Autos) des Verkehrsaufkommens geschätzt.

Unzureichende Massentransportmittel

In den Metropolen Indiens gibt es verschiedene Ansätze, den städtischen Verkehr durch den verstärkten Einsatz von Massen-Transportmitteln zu entlasten. So hat z.B. Mumbai (Bombay) schon lange ein ausgedehntes Schnellbahnnetz, welches sogar die entfernteren Vororte im Takt an die Stadtzentren anschließt. In den Hauptstoßzeiten ist es allerdings hoffnungslos überlastet. Calcutta verfügt über eine funktionierende U-Bahn, deren Reichweite und damit ihr Nutzen als Massentransportmittel allerdings sehr begrenzt ist. Die Straßenbahn, die in Calcutta bereits 1873 als Pferdebahn gegründet wurde, soll wegen Unwirtschaftlichkeit eingestellt werden - sowohl das Schienennetz wie auch der Fahrzeugbestand sind hoffnungslos veraltet. In Chennai (Madras) wurde vor einigen Jahren eine Schienen-Hochbahn eingeweiht,

die sich vor allem entlang alter, innerstädtischer Wasserwege bewegt. Wie im Falle der U-Bahn in Calcutta ist die Streckenabdeckung bisher jedoch unzureichend. Der Ausbau alternativer Verkehrssysteme ist in indischen Städten mit vielen, nicht nur technischen und raumplanerischen Problemen (Slum-Räumungen, etc.) verbunden. So sind z.B. die hohen Investitionskosten nicht über die Fahrpreise zu decken. Bei der Fahrpreisgestaltung muss berücksichtigt werden, dass selbst geringfügig höhere Entgelte, als sie z.B. für Busse üblich sind, Transportmittel für die Armutgruppen unerschwinglich machen.

Gefährliche Luftverschmutzung in den Städten

In hohem Maße verbunden mit der Verkehrsentwicklung ist das Problem extremer Luftverschmutzung sowohl in den Metropolen wie auch in vielen kleineren Städten Indiens. Diese Verschmutzung ist nicht nur klimarelevant, sie verursacht auch direkte Kosten z.B. in Zusammenhang mit vielfältigen Gesundheitsschäden, Gebäudeschäden und Vegetationsrückgang. Die in vielen indischen Städten gemessenen Schadstoffkonzentrationen überschreiten bei weitem die von der WHO (Weltgesundheitsorganisation) festgelegten Grenzwerte (vgl. Tabelle 5). Besonders die Werte für Staub liegen dabei drei- bis fünfmal höher (z.T. noch mehr) als die WHO-Standards (IDR, 1999).

Eine Studie nur für den Großraum Delhi schätzt die volkswirtschaftlichen Kosten der durch die Luftverschmutzung verursachten Gesundheitsschäden auf 1168 Mio. Rupies pro Jahr, oder 50 Mio. DM pro Jahr (NEERI, 1998). Im 9. Fünfjahresplan (1997-2002) wird die durch den Straßenverkehr verursachte Luftverschmutzung in den Metropolen als ein besonders dringliches Problem mit hohem Handlungsbedarf erkannt (9. Fünfjahresplan, Kapitel 7, Absatz 1.20). Es wird u.a. darauf verwiesen, dass bereits bestehende Umweltschutzbestimmungen stärker durchzusetzen seien (vgl. Kapitel 4.3).

Dramatische Wasserknappheit in den Städten

Die Wasserversorgung gilt in Indien – wie überall in Asien – als eines der brisantesten Probleme der nahen Zukunft (CSE, 1997; Hoffmann, 1997). Die großen Städte Indiens sind bereits dabei zu verdursten - dies trifft jedenfalls auf die dort lebenden Armutgruppen zu. In Neu-Delhi z.B. verbrauchten Mitte der 90er Jahre die 17 Fünf-Sterne-Hotels der Stadt mehr Trinkwasser als rund 1 Mio. Slumbewohner zusammen. Könnten diese Menschen ihre Rechte einfordern, würde sich der städtische Wasserbedarf dramatisch erhöhen (Bohle, 1999; Shankar et al., 1994).

Tabelle 5: Luftverschmutzung in indischen Städten 1998 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁵

Stadt	Staub			SO ₂			NO _x		
	R	C	I	R	C	I	R	C	I
CPCB Standard	140	140	360	60	60	80	60	60	80
WHO Grenzwert	75	75	75	50	50	50			
Delhi	284	272	305	15.2	17.4	18.6	22.4	37.3	37.5
Mumbai	340	NA	308	40.7	NA	39.1	24.9	NA	30.4
Howarah	469	570	835	12.1	53.4	46.7	37.6	4.7	67.7
Chennai	60	156	85	9.2	10.0	11.0	8.1	16.9	6.8
Hyderabad	129	187	100	6.5	7.1	6.0	23.3	48.0	15.7
Ahmedabad	293	550	305	9.0	19.3	27.9	17.7	30.9	29.4
Cochin	133	131	116	8.8	9.8	10.5	13.8	19.9	9.9
Nagpur	236	157	162	4.7	5.7	4.0	20.0	15.5	9.2
Jaipur	207	226	302	6.8	6.4	7.5	10.6	9.9	11.7
Kanpur	433	495	451	15.9	18.6	17.1	15.6	18.3	17.1

Source: Central Pollution Control Board (CPCB), National Environmental Engineering Research Institute (NEERI).

Weber legt am Beispiel der chronisch von Wasserknappheit bedrohten südindischen Metropole Chennai (Madras) dar, dass nicht nur Niederschlagsdefizite sondern vor allem auch infrastrukturelle und stadtplanerische Defizite mittel- und längerfristig zu einer bedrohlichen Verknappung von Trinkwasser führen. Der Ausbau des Trinkwasserversorgungssystems konnte mit dem dramatischen Wachstum der Metropole, deren Einwohnerzahl seit den 40er Jahren von knapp einer auf fast 5 Mio. angewachsen ist, nicht Schritt halten. Die alten Reservoirs, angelegt zwischen 1872 und 1944, reichen längst nicht mehr aus. Stauteiche und Seen, die noch vor wenigen Jahren zu Wasserreservoirs hätten ausgebaut werden können, sind inzwischen längst von den Randgebieten der Stadt verschluckt worden. Die fortschreitende Versiegelung der Landschaft trägt weiterhin dazu bei, dass sich die Grundwasserreserven während der Regenzeit kaum noch regenerieren können. Ein Großteil des Niederschlagswassers läuft oberflächlich in den Golf von Bengalen ab (Weber, 1997b).

⁵ R = Grenzwert in Wohngebieten, C = Grenzwert in Gewerbegebieten, I = Grenzwert in Industriegebieten

Aufgrund der veralteten Infrastruktur, eines ruinösen Preissystems und verbreiteter Korruption erreicht nur ein Teil des Wassers die Verbraucher, für die nur geringe Anreize für eine sparsame Verwendung besteht. Von der Menge des pro Kopf bereitgestellten Wassers ausgehend, dürfte es in den meisten Städten nicht die extreme Wasserknappheit geben, die dort in vielen Stadtteilen zu beobachten ist. Ob Verfügungs- oder Verteilungsproblem, die zunehmende Verknappung des städtischen Trinkwassers trifft zuerst und am schlimmsten gerade die Angehörigen von Armutsgruppen. Von diesen Menschen, deren gesundheitliche Voraussetzungen oft ohnehin bereits schlecht sind, wird dann vielfach Wasser konsumiert, das den grundlegendsten Sicherheitsstandards nicht entspricht. Die gesundheitlichen Auswirkungen und damit auch die volkswirtschaftlichen Konsequenzen (Verlust von Humankapital) sind längerfristig kaum abzuschätzen (UNFPA, 1997; Hoffmann, 1997).

Die Städte ertrinken im Müll

In Indien fallen geschätzt etwa 25 Millionen Tonnen Hausmüll (*Municipal Solid Waste*) pro Jahr an, von denen etwa ein Viertel alleine auf die vier Metropolen Delhi, Calcutta, Mumbai (Bombay) und Chennai (Madras) entfallen. Dieser "Hausmüll" ist sehr heterogen und schließt u.a. infektiöse Krankenhausabfälle, Schlachtabfälle und verschiedene, nicht recyclebare giftige organische und nicht-organische Substanzen ein. Die städtische Abfallentsorgung ist daher aus der Sicht des Umwelt- und Gesundheitsschutzes ein überaus kritischer Bereich. Probleme liegen vor allem im Entsorgungsdienst, einem Mangel an sicheren Deponieräumen und der Problemmüllbehandlung wie z.B. Batterien etc. (CSE, 1999; DTE, 2000; IDR, 1999; Köberlein, 1998; TERI, 1998). Nach einer Studie von Trettin (1999) können z.B. in Calcutta nur geschätzte 70% des anfallenden Hausmülls durch den täglich operierenden kommunalen Entsorgungsdienst erfasst werden. Weitere 10% der Abfälle, dabei vor allem Wertstoffe, werden von Privatunternehmen erfasst. Die verbleibenden 20% werden nicht entsorgt und lagern in Straßen, Parks, Teichen und Kanälen, ein Umstand der aus hygienischer Sicht besonders während der Regenzeit große Gefahren bewirkt. Im Bereich der städtischen Abfallwirtschaft und besonders der Wertstoffeffassung spielt der informelle Sektor eine entscheidende Rolle. Hier finden sich Potenziale, die bei entsprechender Einbeziehung das Entsorgungsproblem der großen Städte entschärfen könnten (Trettin, 1999; vgl. auch Köberlein, 2001 für Delhi).

3.1.4 Verkehr

Das indische Eisenbahnnetz

Bei ihrem Abzug hinterließ die britische Kolonialregierung ein relativ gut entwickeltes, wengleich wenig verzweigtes Transportsystem in Form eines Eisenbahnnetzes. Seit der Unabhängigkeit fällt die Indian Railways unter die Zuständigkeit der Unionsregierung, die dem Ausbau und der Instandhaltung der Eisenbahn in verschiedenen Begründungszusammenhängen stets hohe Priorität einräumte. Die *Indian Railways* ist der größte Arbeitgeber des Landes und beschäftigt gegenwärtig etwa 1,6 Mio. Menschen (Economic Survey, 1999/2000). Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Leis-

tungsfähigkeit der Eisenbahn als einem der wichtigsten Transportmittel im Güter und Personenverkehr:

Tabelle 6: Transportleistung der indischen Eisenbahn 1998-99

1	Kohletransporte	Mio. t	209
2	Transport sonstiger Güter	Mio. t	221
3	Netto-Tonnenkilometer	Mrd. tkm	282 ¹⁾
4	Tonnenkilometer per Waggon und Tag	tkm/d	1.894
5	Personenkilometer	Mrd. Pkm	404 ²⁾

Quelle: Economic Survey 1999/2000, Chapter 9, Table 9.6; ¹⁾ Zum Vergleich: Bundesbahn 1998 rund 74 Mrd. tkm; ²⁾ Zum Vergleich: Bundesbahn 1998 rund 63 Mrd. Pkm

Das Eisenbahnnetz war an den Bedürfnissen der britischen Kolonialmacht orientiert und verband vor allem die großen städtischen Zentren, sowie Hinterland und Hafenstädte miteinander. Seit der Unabhängigkeit wurde das Schienennetz von 53.600 km 1950/51 auf fast 63.000 km im Jahr 1998/99 erweitert. Etwa 18% dieser Strecke sind bis heute elektrifiziert. Die drei verschiedenen Spurbreiten, ein Erbe aus der Kolonialzeit, werden gegenwärtig auf Breitspur vereinheitlicht. Mehr als 60% des Schienennetzes entsprechen inzwischen dieser Spurweite. Im Jahr 1998/99 wurden z.B. 693 km umgewandelt. Das Streckennetz ist weitgehend eingleisig, was seine Kapazitäten entscheidend beschränkt und z.B. auch zu den häufigen Verspätungen beiträgt. Auch hieran wird jedoch gearbeitet. Die folgende Tabelle 7 zeigt die im 9. Fünfjahresplan formulierten Zielvorgaben hinsichtlich des Bahnausbaus.

Tabelle 7: Ziele des 9. Fünfjahresplanes für den Zeitraum 1997-2002

Track renewal	13.922 km
Railway electrification	2.334 km
New lines	819 km
Doubling	2.500 km
Gauge conversion	3.710 km
Rolling stock acquisition	
Locomotive (No.)	
Electric	851
Diesel	785
Wagon procurement (No.)	136.000
EMUs/MEMUs/DMUs (No.)	1.973
Other conventional coaches (No.)	10.909

Im Zuge der Wirtschaftsreformen gerät der Staatsbetrieb Indian Railways immer stärker unter Druck. Die zunehmend schärfere Konkurrenz der Straße als Personen- und Gütertransportweg machen eine umfassende Modernisierung der Indian Rail-

ways notwendig. Die Erhöhung der Effizienz durch eine angemessene Personalpolitik, die weitere Computerisierung des Güter- und Personenverkehrs, sowie die damit verbundene Verbesserung der Sicherheits- und Komfortstandards sind dabei die vorrangigen Aufgaben.

Aus Sicht des Klima- und Umweltschutzes erscheint es unbedingt ratsam, die indische Regierung in ihren Bemühungen zu unterstützen, den Schienenverkehr als eine Alternative zu dem z.T. chaotisch ausufernden Straßenverkehr zu erhalten und auszubauen. Die Indian Railways transportiert täglich etwa 11 Mio. Menschen. Ihr Problem besteht darin, nicht nur ein kommerziell rentables Unternehmen sein zu müssen, sondern auch eine besonders wichtige öffentliche Dienstleistung bereitzustellen. Die Aufrechterhaltung der Infrastruktur wird damit zum Hauptproblem des Unternehmens Eisenbahn. Eine Privatisierung in diesem Bereich wird diskutiert. Es wurden inzwischen einige Bereiche identifiziert - wie z.B. den Ausbau der Anschlüsse des Eisenbahnnetzes an die Seehäfen - in denen private Beteiligungen angestrebt werden (Economic Survey, 1999; GOI, 1998; Confederation of Indian Industry, 2000).

Das Straßensystem

Entsprechend der Haupteisenbahnlinien entwickelte sich auch das Straßensystem. Während der britischen Kolonialzeit wurden die vier großen Städte Calcutta, Delhi, Bombay (Mumbai) und Madras (Chennai) trapezförmig miteinander verbunden. An dieses "Rückgrat des indischen Straßensystems" gliederte sich in der Folge das ganze übrige Straßennetz an (vgl. Bronger, 1996). Wichtige Verbindungen, wie z.B. die Mittelachse Delhi-Agra-Nagpur-Hyderabad-Bangalore, wurden z.T. erst nach der Unabhängigkeit fertiggestellt. Das Gesamtstraßennetz wuchs zwischen 1950/51 von 400.000 km auf 1,2 Mio. km im Jahr 1970/71 an. 1990/91 gab es bereits mehr als 2 Mio. km Straßen, davon etwa die Hälfte unbefestigt. Im Jahr 1995/96 betrug die Gesamtlänge der indischen Straßen insgesamt 3,3 Mio. km. Die Zuwachsrate der 90er Jahre ist beträchtlich, wenngleich immer noch nur knapp die Hälfte aller Straßen (1,5 Mio. km) befestigt ist (Economic Survey, 1999/2000).

Der Straßenbau liegt zu einem Teil in den Händen der Bundesregierung (National Highways, 1996/97 etwa 34 Mio. km) und ist zum anderen Teil Ländersache. Die Länder sind zuständig für alle übrigen Straßen, d.h. sowohl für die noch relativ gut befestigten State Highways (1995/96 etwa 135 Mio. km) wie auch für das weite Netz der vor allem im ländlichen Raum oft unbefestigten Landstraßen. Wie bei der Eisenbahn existieren auch beim Ausbau des Straßennetzes große regionale Unterschiede in der Ausstattung gerade mit befestigten Straßen. Während in Bundesstaaten wie Punjab, Haryana, Kerala oder auch Tamil Nadu inzwischen die meisten Gemeinden an das Straßennetz angeschlossen sind, bestehen in Staaten wie Madhya Pradesh, Bihar oder Orissa noch erhebliche Defizite.

Der schlechte Zustand der Straßen

Der Bau und die Instandhaltung von Straßen sind in Indien mit erheblichen Problemen verbunden. Von den National Highways einmal abgesehen sind viele Straßen

nicht ganzjährig befahrbar und werden in der Monsunzeit oft stark beschädigt. Die extremen Wasserstandsschwankungen in den Deltabereichen der großen Flüsse z.B. in Tamil Nadu, Andhra Pradesh oder Orissa - machen Straßen und Brückenbau teuer und aufwendig. Im Zuge der Wirtschaftsreformen werden von der Unions- wie auch von den Länderregierungen seit 1995 private Investitionen im Straßenbaubereich gefördert (Economic Survey, 1999/2000; GOI, 1998).

Informationen zu Verkehrsaufkommen und Fahrzeugbestand wurden bereits in Kapitel 3.1.3 gegeben. Noch handelt es sich bei den Kraftfahrzeugen meist um Zweiräder. Die Motorisierung großen Stils steht Indien noch bevor. Dafür ist das Straßensystem noch ganz und gar nicht geeignet. Neben den mit dem Straßenbau und Verkehrsaufkommen verbundenen Umweltproblemen (Luftverschmutzung, Bodenversiegelung) dürfen hier auch die dramatisch steigende Zahl schwerer Verkehrsunfälle nicht unberücksichtigt bleiben. Allein die Zahl der Verkehrstoten stieg von 24.600 im Jahr 1980 auf 58.000 im Jahr 1998 (Government of India, Motor Transport Statistics of India, verschiedene Jahre).

Die rasante Entwicklung des Fahrzeugbestandes

Zwischen 1950 und 1996/97 hat sich der Fahrzeugbestand in Indien von 0.3 Mio. auf mehr als 37 Mio. erhöht (Economic Survey, 1999/2000; IDR, 1999). Die Wachstumsraten der letzten Jahre beliefen sich auf 12 % pro Jahr, was einer Verdoppelung des Fahrzeugbestandes in nur 6 Jahren entspricht.

Tabelle 8: Entwicklung des indischen Kraftfahrzeugbestandes (in 1000)

Fahrzeugart	1949	1971	1993	1996/97
Busse	29	94	354	488
LKW	74	343	1538	2260
PKW*	159	682	3194	-
Motorräder	28	576	15421	-
Übrige**	9	170	2764	-
Gesamt	299	1865	23271	37231

* einschließlich Traktoren, "three-wheeler" usw.; ** einschließlich Taxis; Quelle: Economic Survey, versch. Jahre

Die 1991 eingeleiteten Wirtschaftsreformen haben einen starken Wachstumsschub in der Autoindustrie und besonders im Personenwagensektor ausgelöst, der bis heute anhält (IDR, 1999). Die meisten Fahrzeuge werden, entsprechend des zum ländlichen Raum bestehenden Kaufkraftgefälles im städtischen Raum zum Einsatz kommen. Die Infrastruktur der indischen Städte ist auf diese rapide Entwicklung des Verkehrsaufkommens nicht eingerichtet. Weil die Fernstraßen bevorzugt ausgebaut wurden, sank der Anteil der städtischen Straßen am gesamtindischen Straßennetz von 8% im Jahr 1971 auf 6% im Jahr 1996. Allein die vier größten Metropolen des

Landes sind heute jedoch mit mehr als 33% des Gesamtverkehrsaufkommens belastet (IDR, 1999; UNDP, 2001).

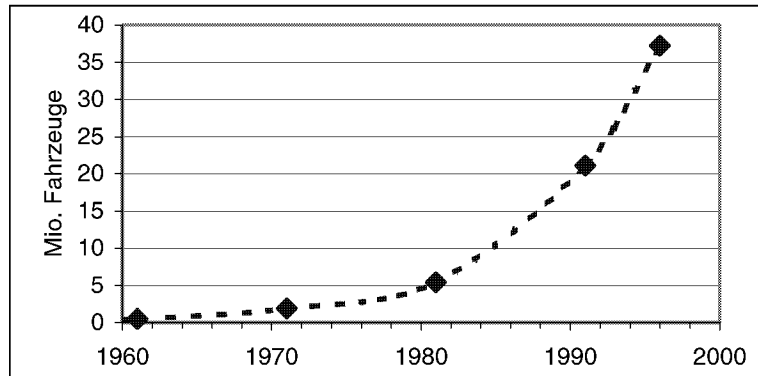


Abbildung 8: Entwicklung des Fahrzeugbestandes

Geringe Bedeutung des Schiffsverkehrs

Zum Schiffsverkehr ist zu sagen, dass Indien, trotz seiner langen Küstenlinie, nie eine der großen Seefahrernationen war. Die seefahrerischen Aktivitäten beschränkten sich, von einigen historischen Episoden abgesehen, auf die Küstenschifffahrt. Trotz seiner großen Flüsse ist auch die indische Fluss-Schifffahrt von geringer Bedeutung. Jahreszeitlich bedingte Unterschiede im Wasserstand (bei einem Max/Min-Verhältnis von 20:1 und mehr) machen die Nutzung für einen ganzjährigen Schiffsverkehr unmöglich. Mit dem Bau der Eisenbahn ab Mitte des 19. Jahrhunderts verlor auch die traditionelle indische Küstenschifffahrt an Bedeutung. Heute verfügt Indien über 11 Seehäfen und 148 kleinere Häfen. Mumbai (Bombay) ist zwar der z.Zt. größte Handelshafen Indiens, gehört jedoch nicht einmal unter die 50 größten Häfen der Welt; meist werden die Container in Singapur oder Dubai umgeladen. Der Güterumschlag der 11 großen Handelshäfen betrug 1998/99 insgesamt fast 252 Mio. t. Davon entfielen 107 Mio. t auf Ölprodukte, 34 Mio. t auf Erze und 39 Mio. t auf Kohle (Economic Survey, 1999/2000).

Die Produktivität indischer Seehäfen liegt bisher noch deutlich niedriger als die anderer asiatischer Länder. Dieser Entwicklung soll jedoch entgegengesteuert werden. Nicht nur die Kapazitäten für den internationalen Seehandel sollen erweitert, sondern auch die binnensorientierte Küstenschifffahrt in einer integrierten Herangehensweise wiederbelebt werden. Die Entwicklung und der Ausbau kleinerer, binnensorientierter Häfen liegt im Verantwortungsbereich der Länder. Im Falle der großen See- und Handelshäfen kooperieren Union und Länder, wobei zunehmend auch private Investitionen eine Rolle spielen. Vor allem in Andhra Pradesh, Gujarat und Maharashtra werden gegenwärtig ehrgeizige Projekte unter starker Beteiligung privater Investitionen vorangetrieben. Die indische Regierung erwägt gegenwärtig, Infrastrukturmaßnahmen im Hafenbereich von Unternehmen ohne indische Beteiligung durchführen zu lassen (Economic Survey, 1999/2000; GOI, 1998).

Flugverkehr

Der Flugverkehr wurde 1953 nationalisiert. *Air India* übernahm dabei den internationalen, und *Indian Airlines* den nationalen und regionalen Flugverkehr. Im Jahr 1998/99 bestanden die Flotten der *Air India* und *Indian Airlines* aus 26 resp. 53 Flugzeugen. Der Anzahl der beförderten Passagiere stieg bei *Air India* von 2.1 Mio. 1990/91 auf 3.1 Mio. im Jahr 1998/99 an. Die Passagierzahlen der *Indian Airlines* stagnierten in dieser Phase bzw. gingen sogar leicht zurück, was vor allem auf eine ganze Reihe neuer, privater Anbieter zurückzuführen ist, die sich seit 1991 im Inlandsbereich etabliert haben. In einer Rede am 19.1. dieses Jahres, anlässlich des Baubeginns des neuen internationalen Flughafens in Bangalore (Karnataka), hat Premierminister Vajpayee die Regierungen der Bundesstaaten ausdrücklich aufgefordert, private Beteiligungen beim Ausbau der Infrastruktur des Landes nicht nur im Flugverkehr in Zukunft stärker zu fördern. Um die Eisenbahn als Alternative im innerindischen Verkehr zum Flugverkehr aufrecht zu halten, hat man Hochgeschwindigkeitszüge auf den Fernstrecken eingerichtet (z.B. Delhi-Mumbai, Delhi-Calcutta), die ihre hohen Tempi aber nur zum Preis der Sicherheit und zu Lasten des Personennah- und Güterverkehrs halten können.

3.2 Energiewirtschaft, Rohstoffe, Emissionssituation

3.2.1 Energiewirtschaft

Die Struktur des Primärenergieverbrauchs

Die Energieversorgung wurde von der Regierung als einer der größten Engpässe der industriellen Entwicklung erkannt; die Nutzung der einheimischen Kohle und Wasserkraft ließ eine übergroße Abhängigkeit von Öl-Importen vermeiden: nach UN-Angaben (Tabelle 3.2.1) wurde der Primärenergiebedarf 1996 wie folgt gedeckt:

- 50 % durch Kohle,
- 19 % durch Erdöl,
- 7 % durch Erdgas,
- 2 % durch Wasserkraft, Kernenergie und
- 21 % durch traditionelle, nicht-kommerzielle Energieträger.

Kohle ist der weitaus wichtigste Energieträger, der auch in der Vergangenheit rund die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs abgedeckt hat. Zwei Drittel der Kohle werden derzeit in der Stromerzeugung eingesetzt und der Rest in der Industrie, wobei die Stahlindustrie mit 13 % an der Spitze steht. Ein erheblicher Teil der energiebedingten Umweltbelastung geht auf die Nutzung dieses Energieträgers zurück. Außerdem verursacht Kohle rund 70% der CO₂ Emissionen Indiens. Es wird erwartet, dass der Kohleverbrauch auch in Zukunft weiter stark ansteigen wird, da es die einzige Energiequelle ist, die in ausreichend großen Mengen im Land vorhanden ist. Ein

relativ geringer Anteil an importierter, hochwertiger Koks Kohle geht ebenfalls überwiegend in die Stahlproduktion (10 Mio. t, 1996/97).

Der indische Kohlebergbau wurde 1973-74 verstaatlicht. Gegenwärtig werden etwa 90% der Kohle durch die Coal India Ltd. (CIL) und ihre Tochterunternehmen gefördert und aufbereitet (EIA, 2000). Im Zuge der Wirtschaftsreformen werden jedoch zunehmend private Beteiligungen in diesem Sektor gesucht. Die Tatsache, dass die indische Energieversorgung in einem hohen Maße von der relativ "schmutzigen" einheimischen Kohle abhängt, macht die Entwicklung und Installation von Clean Coal Technology (CCT) aus der Sicht des Klima- und Umweltschutzes zu einer Priorität (vgl. Kapitel 3.2.2).

Gas hat die stärksten Zuwachsraten zu verzeichnen. Der Verbrauch hat sich in den letzten 10 Jahren mehr als vervierfacht. Für die nächsten Jahre wird erwartet, dass der Gasverbrauch mit 10 bis 12% jährlich wächst. Im Gegensatz zu seinen Nachbarn Pakistan und Bangladesch stellt Erdgas keine Alternative für Indien zur Kohle dar. Die Elektrizitätswirtschaft und die Düngemittelindustrie sind z.Zt. die Hauptabnehmer von Erdgas (IDR, 1999).

Erdöl hat seinen Beitrag zur Versorgung in den letzten 10 Jahren etwa verdoppelt. Eine der Hauptursachen für diesen Anstieg ist die starke Zunahme des Fahrzeugbestandes, der fast die Hälfte des Erdöls in Form von Benzin und Dieselkraftstoff verbraucht. Der Rest geht in die Industrie (Schwer- und Leichtöle) und in den Haushaltsbereich (Kerosin für Kocher und Lampen). Die zwölf Raffinerien sind voll ausgelastet: 1995/96 wurden 55 Mio. t verarbeitet.

Traditionelle Energieträger in Form von Dung, Holz und sonstiger Biomasse behalten weiterhin ihre sehr wichtige Rolle bei der Versorgung der ländlichen Haushalte. Der absolute Verbrauch nimmt sogar noch leicht zu, wie Tabelle 9 zeigt. Der in den Haushalten in jedem Jahr verbrannte Dung hat einen Brennwert von 35 Mio. t Kohle. Aus Gründen des Umweltschutzes wird ein verringerter Einsatz traditioneller Energieformen wie z.B. Brennholz angestrebt. Nicht eingerechnet in die Zahlen der Tabelle 3.2.1 ist die Leistung der 80 Mio. Zugtiere in der Landwirtschaft, mit denen immer noch 80 % der Arbeiten verrichtet werden. Sie ist - nach indischen Angaben - mit 80 GW zu veranschlagen und entspricht fast der Leistung aller indischen Kraftwerke. Die häufig verwendete Unterscheidung von kommerziellen und nicht-kommerziellen Energieträgern ist aber wenig hilfreich, wenn man bedenkt, dass die „nicht-kommerziellen“ oder „traditionellen“ Brennstoffe wie Holz, Dung und Reisig an vielen Orten traditionell gehandelt werden und die „kommerziellen“ Energieträger staatlicher Regulierung unterliegen und in vielen Fällen weit unter den Gestehungskosten, im Falle des elektrischen Stroms vielfach auch unentgeltlich, abgegeben werden.

Tabelle 9: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern in PJ

Jahr	Kohle	Erdöl	Erdgas	Primär-Elektrizität	Traditionelle Energie	Insgesamt
1988	4.698	1.729	260	276	2553	9516
1989	5.042	1.910	316	277	2.640	10.185
1990	5.257	1.914	389	330	2.727	10.617
1991	5.672	2.049	438	328	2.814	11.301
1992	5.950	2.179	456	329	2.882	11.795
1993	6.281	2.264	460	318	2.877	12.200
1994	6.662	2.424	664	365	2.925	13.041
1995	6.948	2.507	718	354	3.065	13.593
1996	7.474	2.873	1.021	358	3.158	14.884

Quellen: 1990: UN energy statistics yearbook 1993, tab. 4. - 1991-1992: Dito 1994, tab 4. - 1993-1996: Dito 1998, tab. 4.

Erneuerbare Energien: Erfolge können auf dem Gebiet der Nutzung erneuerbarer Ressourcen (nicht traditionell) vorgewiesen werden: Bis 1996 wurden 2,36 Mio. Biogasanlagen installiert; sie sparen über 5 Mio. t Brennholz. 23 Mio. verbesserte *chulhas* (Feuerstellen) erlauben die Einsparung von jeweils bis zu 700 kg Brennholz pro Feuerstelle jährlich. Dazu kommen mehrere hunderttausend Solarkocher und eine Reihe von Dörfern erhielten eine photoelektrische Straßenbeleuchtung.

Pro-Kopf- Verbrauch

Der indische Pro-Kopf-Energieverbrauch (kommerziell+nichtkommerziell) war 1996 mit 16 GJ einer der niedrigsten der Welt. Der Verbrauch an kommerzieller Energie lag sogar nur bei 12 GJ pro Kopf. Zum Vergleich: China 25 GJ/Kopf und Deutschland 172 GJ/Kopf. Der mehr als zehnmal höhere Pro-Kopf-Verbrauch der Industrieländer wird von indischen Politikern immer wieder als Argument für die Verantwortung der Industrieländer beim Klimaschutz verwendet. Wie Abbildung 9 zeigt, hat sich der Pro-Kopf-Verbrauch trotz des hohen Bevölkerungswachstums in den letzten 20 Jahren von 5 GJ/Kopf auf 12 GJ/Kopf vergrößert.

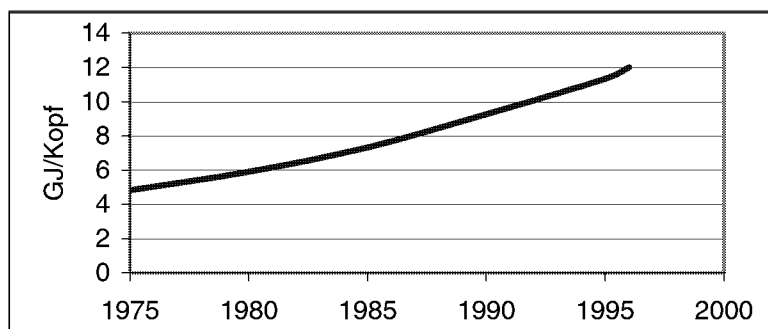


Abbildung 9: Pro-Kopf-Verbrauch an kommerzieller Primärenergie

Produktion, Import, Export und Verbrauch

Der kommerzielle Energieverbrauch verdoppelt sich etwa alle 10 bis 11 Jahre (vgl. Tabelle 10). Diesen Verbräuchen steht eine deutlich niedrigere inländische Produktion gegenüber.

Tabelle 10: Bilanz der kommerziellen Energie (alle Energieträger)

Jahr	Produktion	Import	Export	Bunker	Verbrauch
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
1975	2549	671	12	23	2930
1980	3311	961	3	32	4073
1985	5303	844	103	26	5626
1990	7179	1304	18	38	7882
1991	7765	1480	18	35	8468
1992	7823	1902	18	38	8907
1993	8058	1960	18	35	9317
1994	8731	1995	3	26	10109
1995	9112	2162	3	26	10519
1996	9962	2549	23	29	11720

Quellen: 1975: Statistical yearbook for Asia and the Pacific 1985. - 1980-85: UN energy statistics year book 1990, tab. 1. - 1990: Dito 1993, tab 1. - 1991-1992: Dito 1994, tab. 1. - 1993-1996: Dito 1998.

Die größer werdende Versorgungslücke muss durch immer höhere Importe ausgeglichen werden. Im Zeitraum von 1975 bis 1996 hat sich der Umfang der Importe fast vervierfacht, trotzdem beträgt die Importabhängigkeit der indischen Energiewirtschaft nur 22%. Der Mangel an Devisen verbietet Importe in größerem Stil.

Indiens schnell wachsende Wirtschaft verursacht einen ebenso schnell wachsenden Energiebedarf. Energieengpässe waren immer schon ein Hindernis für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes. Die Projektionen in Abbildung 10 zeigen, dass die Energieproduktion auch in Zukunft weit hinter dem Bedarf zurückbleiben wird (vgl. 9. Fünfjahresplan 1997-2000; IDR, 1999; TERI, 1998).

Die Bilanzen der Hauptenergieträger Kohle, Öl und Gas sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Bei den geringen Kohleimporten in Tabelle 11 dürfte es sich um spezielle Qualitäten und Koks handeln. Die Exporte sind alle praktisch vernachlässigbar klein. Beim Erdgas wird die gesamte Produktion im Land verbraucht. Völlig anders stellt sich die Situation beim Erdöl dar. Hier ist die heimische Produktion aufgrund der begrenzten Vorräte praktisch konstant geblieben. Der erhöhte Bedarf insbesondere im Verkehrssektor kann nur durch einen steigenden Import gedeckt werden. Inzwischen hat die importierte Menge das gleiche Volumen erreicht wie die heimische Produktion, was wesentlich zum Handelsdefizit beiträgt. Um die Abhängigkeit vom Ausland zu senken, versucht die indische Regierung durch massive Investitionen (geplant waren nach dem 9. Fünfjahresplan etwa 24 Mrd. US\$ für den Zeitraum 1997-2000) nicht nur die inländische Ölförderung zu steigern, sondern auch die Be-

teilung indischer Unternehmen an der Erschließung anderer, im asiatischen Raum gelegenen Ölfelder zu erhöhen. Der Anteil des durch private Unternehmen in Indien geförderten Öls ist bisher gering. Bis auf geringe Mengen von elektrischem Strom aus Nepal und vor allem Bhutan bezieht Indien seine Energieimporte vor allem in Form von Rohöl und Kohle über See.

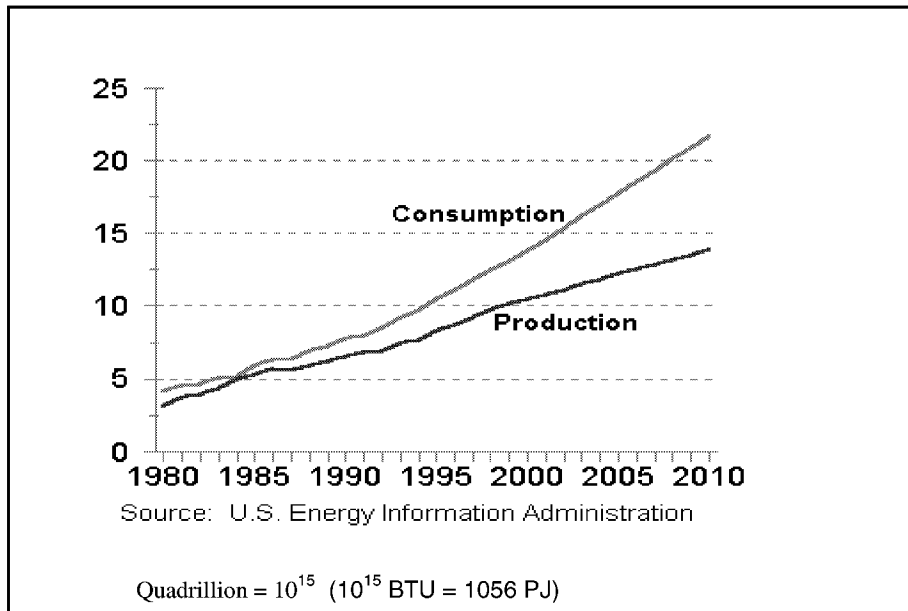


Abbildung 10: Entwicklung von Verbrauch und Produktion

Indiens Energiereserven

In ihrem Infrastruktur-Bericht (1996) schätzt die ind. Regierung die Energiereserven wie folgt:

- Stein- und Braunkohle 206 Mrd. t
- Erdöl 775 Mio. t
- Erdgas 686 Mrd. m³
- Wasserkraftpotenzial 84 GW (andere Quellen nennen abweichende Schätzungen), mit einer "sicheren" Leistung von 442 Mrd. kWh jährlich.

Mit den Produktionsraten von 1996 ergeben sich folgende statische Reichweiten:

- Kohle 720 Jahre
- Erdöl 23 Jahre
- Erdgas 27 Jahre

Da der Verbrauch weiter steigt, dürften die Reserven, sofern keine neuen Lagerstätten gefunden werden, in wesentlich kürzerer Zeit erschöpft sein.

Tabelle 11: Energiebilanzen: Kohle, Erdgas, Mineralöl

Energieträger	Produktion	Import	Export	Verbrauch
Kohle^a (in Mio. t)				
1989	199	4,2	0,2	203
1990	202	5,2	0,1	209
1991	227	5,5	0,1	226
1992	234	6,4	0,1	237
1993	246	6,3	0,1	251
1994	255	7,9	0,1	265
1995	266	9,0	0,1	275
1996	286	9,7	0,1	297
Erdgas (in PJ)				
1989	316	-	-	316
1990	388	-	-	388
1991	438	-	-	438
1992	456	-	-	456
1993	460	-	-	460
1994	664	-	-	664
1995	718	-	-	718
1996	1021	-	-	1021
Mineralöl¹⁾ (Mio. t)				
1989	33,6	18,9	-	51,7
1990	33,3	20,8	-	51,8
1991	31,0	21,8	-	51,3
1992	28,0	30,0	-	57,0
1993	26,5	30,3	0	56,3
1994	30,9	27,9	0	58,1
1995	32,2	30,0	0	62,7
1996	33,2	32,8	0	66,0

Anmerkungen: ¹⁾ Die Differenzen zwischen Produktion, Ein- und Ausfuhr und Verbrauch ergeben sich durch die Brennstoffaufnahme von Schiffen und Flugzeugen (Bunker). Die Angaben der Quellen sind nicht immer konsistent; *Quellen*: 1989-90: UN statistical yearbook for Asia and the Pacific 26.1994. - 1991-92: UN Energy statistics yearbook 1994. tab. 6, tab. 14, tab. 28. - 1993-96: Dito 1998. tab. 6, tab. 14, tab. 28.

Der Elektrizitätssektor

Die Kapazität der Elektrizitätswerke betrug 1996 rund 94,5 GW, davon 83,3 GW in den Versorgungsbetrieben. Seit Beginn der 80er Jahren wurde die Kapazität der Wärmekraftwerke (60,1 GW) mehr als verdreifacht und die der Wasserkraftwerke (21,0 GW) verdoppelt; der Anteil der Kernkraftwerke (2,2 GW) spielt nach wie vor keine große Rolle. 11,2 GW sind außerhalb der Versorgungsbetriebe installiert. Die Kraftwerke sind im Schnitt zu 60 % ausgelastet. Der Ausbau der Kraftwerke hinkt hinter den Plänen zurück - z. T. wegen des politischen Widerstands gegen das Engagement ausländischer Betreiber (Enron in Maharashtra). 86 % der 0,6 Mio. Dörfer wurden bis 1996 an das Elektrizitätsnetz angeschlossen. Das bedeutet aber keines-

wegs, dass dort auch alle Häuser angeschlossen sind. Problematisch ist in den meisten Gebieten die notorisch unzuverlässige Versorgung. Extreme Spannungsschwankungen und Stromabschaltungen sind an der Tagesordnung, auch dort, wo die Nenn-Leistung der Systeme weit über der Spitzenlast liegen.

Tabelle 12: Elektrizität: Produktion, Außenhandel und Verbrauch

	Wasser- kraft Mrd. KWh	Wärme- Kraft Mrd. KWh	Gesamt Mrd. KWh	Ausfuhr Mio. KWh	Einfuhr Mrd. KWh	Ver- brauch Mrd. KWh	Pro Kopf KWh / Kopf
1976	34,8	57,5	95,6	8	0,03	95,6	155
1980	46,6	69,7	119	5	0,04	119	177
1985	58,0	126	188	4	0,08	188	246
1990	71,7	212	289	64	1,44	291	342
1991	72,8	237	316	53	1,51	317	366
1992	69,9	256	333	146	1,35	334	378
1993	70,5	280	356	101	1,55	358	398
1994	82,7	298	386	57	1,49	387	424
1995	72,6	336	417	50	1,56	419	451
1996	73,5	351	432	50	1,63	434	459

Anmerkung: Elektrizitätserzeugung insgesamt einschließlich Kernkraft und Geowärme.
Quelle: 1976-1985: Statistical yearbook for Asia and the Pacific 1986-87. - 1990: UN energy statistics yearbook 1993, tab. 34, tab. 35. - 1991-1992: Dito 1994, tab. 34, tab. 35. - 1993-1996: Dito 1998, tab. 34, tab. 35. - Eigene Berechnungen.

Mangelnde Wartung und Stromdiebstahl werden als Gründe genannt; der Verdacht liegt nahe, dass Produktions- und Absatzzahlen die tatsächlichen Verhältnisse nur ungenau wiedergeben.

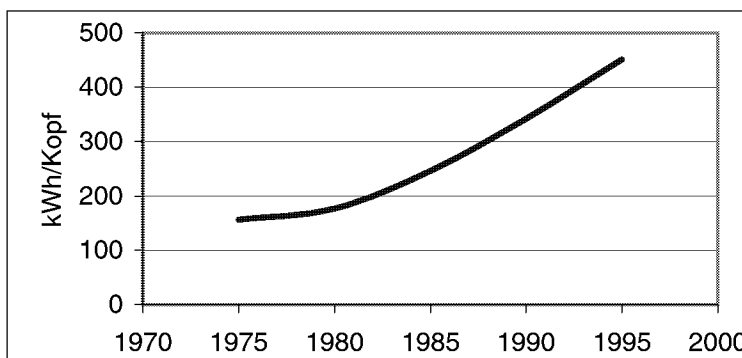


Abbildung 11: Entwicklung der Pro-Kopf-Erzeugung von Elektrizität

Abbildung 11 zeigt, dass der Pro-Kopf-Stromverbrauch von 100 kWh im Jahre 1975 auf 420 kWh im Jahre 1995 gestiegen ist. Der Pro-Kopf-Verbrauch betrug im gleichen Jahr in Deutschland 5680 kWh.

Der Beitrag der Kernenergie

Im Energiesektor setzt die indische Regierung neben dem weiteren Ausbau der Kohle- und Erdölförderung und einer stärkeren Nutzung von Erdgas und (in geringerem Maße) Wasserkraft, vor allem auf Kernenergie. Indien verfügt über ausreichende Uranvorkommen, um die erste Ausbauphase seines 10.000 MW Kernenergie-Entwicklungsprogramms unabhängig von Importen aus dem Ausland durchführen zu können. Die Vorkommen des in Reaktoren vom Typ des Brütters verwendbare Thorium werden auf 363.000 t geschätzt, eine Kapazität, mit der etwa 900.000 Mrd. kWh Elektrizität erzeugt werden können. Die Entwicklung der Erzeugung ist in Tabelle 13 zusammengestellt. Bezogen auf die Gesamterzeugung beträgt der Beitrag knapp 2%.

Tabelle 13: Strom aus Kernkraftwerken

Jahr	Mrd. kWh
1989	7,34
1990	6,14
1991	5,52
1992	6,73
1993	5,39
1994	5,65
1995	7,89
1996	8,00

Quellen: 1989: Statistical yearbook for Asia and the Pacific 1991. - 1990: UN energy statistics yearbook 1993, tab. 34. - 1991-1992: Dito 1994, tab. 34. - 1993-1996: Dito 1994, tab. 34.

Erzeugung mit Windenergieanlagen

Energiegewinnung aus sog. erneuerbaren Energieträgern wie Wind und Solarenergie spielt bisher zwar in Hinsicht auf die Gesamtenergieproduktion nur eine marginale Rolle, gewinnt aber - nicht zuletzt durch die wachsende Bereitschaft des Auslandes auf diesem Gebiet zu kooperieren – zusehend an Bedeutung .

Hinsichtlich der installierten Kapazitäten für Windenergie ist Indien führend unter den sog. Entwicklungsländern. Weltweit steht Indien mit 850 MW an vierter Stelle hinter Deutschland, den USA und Dänemark (EIA, 2000). Die Aussagekraft eines *rankings* auf der Basis (absoluter) Output-Angaben ist aber gering, wenn man die sehr unterschiedliche Größe dieser Länder berücksichtigt. Die Windenergieanlagen sind in Indien bisher räumlich stark konzentriert, und zwar besonders in Tamil Nadu und Gujarat.

Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2010

Nach Einschätzung verschiedener Prognosen wird der Primärenergieverbrauch in Indien bis 2010 mit durchschnittlich 5% pro Jahr wachsen und die Stromerzeugung mit rund 6% pro Jahr. Das bedeutet, dass der Primärenergieverbrauch von 11.720 PJ im Jahre 1996 auf bis 23.000 PJ im Jahre 2010 ansteigen wird und die Stromerzeugung von 432 Mrd. kWh auf 980 Mrd. kWh. Diese Wachstumsraten bedeuten, dass Indien in den nächsten 12 Jahren soviel Energie mehr nutzen wird wie Deutschland derzeit insgesamt verbraucht.

Im Energiesektor wird versucht, folgende Maßnahmen umzusetzen: eine rationellere Energieverwendung in allen Erzeugungs- und Nutzungsbereichen, eine verstärkte Nutzung regenerativer Energiequellen und eine Ausweitung der Kraft-Wärmekopplung (KWK). Dies erfordert auf jeden Fall auch erhebliche Anstrengungen im Bereich der technologischen Forschung und Entwicklung. Darüber hinaus soll insbesondere im Stromsektor die Privatisierung weiter getrieben werden, das Tarifsysteem marktgerechter gestaltet werden und die Genehmigungsverfahren vereinfacht werden. Es zeigt sich aber, dass die geplanten Reformen bisher noch keine ausreichenden Fortschritte gemacht haben.

Trotzdem wird Indien ohne Zweifel auch in der Zukunft mit erheblichen Energieengpässen zu kämpfen haben. Auch wenn sich das Land bemüht, den einheimischen Anteil primärer Ressourcen bei der Energiegewinnung zu erhöhen, wird es noch stärker als bisher von Importen abhängig sein (TERI, 1998; IDR, 1999; EIA, 2000).

3.2.2 Rohstoffe

Vorkommen und Fördermengen

Indien verfügt über ausgedehnte Rohstoffvorkommen. Neben Kohle, Öl und Erdgas finden sich hier die größten Eisenerzvorkommen der Welt (geschätzte 20 Mrd. Tonnen), aber z.B. auch Manganerze, Bauxit, Titan, Kupfer, Blei, Zink, Glimmer und Thorium.

Indien hat reichhaltige Reserven (*recoverable reserves*) an Eisenerz (1996: 9,8 Mrd. t), das zum größten Teil exportiert wird, und an Bauxit (2,3 Mrd. t), was zu ehrgeizigen Plänen zum Ausbau der Aluminiumindustrie geführt hat. Beträchtlich sind auch die Vorkommen an Kohle (Kokskohle 3,7 Mrd. t, sonstige Kohle 46,4 Mrd. t), Manganerz (65,5 Mrd. t), Kupfer (3,5 Mio. t), Zink (5,9 Mrd. t) und seltenen Erden. Ferner befindet sich in Indien das größte derzeit bekannte Lager von Thoriumoxid, einem wichtigen Ausgangsmaterial für radioaktive Brennstoffe. Für den Außenhandel sind neben Kohle, Eisen und Bauxit vor allem Mangan, Chrom, Titan und Antimon von Bedeutung; das Land ist der Hauptanbieter von Glimmer auf dem Weltmarkt. Ferner werden Erdöl, Zink, Blei, Phosphat, Feldspat, Baryt, Kyanit, Sillimanit, Asbest, Korund, Gold, Silber und Edelsteine gefördert.

Fördermengen 1997/98 (1996/97) in Mio. t: Steinkohle 298 (286); Rohöl 34 (33); Erdgas 24,7 Mrd. m³ (22,7 Mrd. m³), Bauxit 6,0 (6,0); Chromerz 1,4 (1,5); Kupfererz 4,5 (3,9); Eisenerz 73 (68); Manganerz 1,6 (1,9); Kalkstein 107 (104), Gips 2,1 (2,2),

Glimmer 1.700 t (1.900 t), Bleikonzentrate 0,06 (0,06), Zinkkonzentrat 0,29 (0,28), Gold 2.547 kg (2.710 kg). 1995/96 wurden 20,6 Mio. m³ Erdgas genutzt, bei einer Förderung von 22,3 m³, die übrigen 7,5 % wurden abgefackelt, dies ist ein Fortschritt gegenüber den siebziger Jahren als noch weniger als die Hälfte der Förderung genutzt wurde (Statistical Outline of India, 1998-99).

Stein- und Braunkohlereserven

Indien verfügt über ausgedehnte Stein- und Braunkohlereserven. (Weit!) Hinter China und den USA ist Indien weltweit der drittgrößte Kohleproduzent. Indiens Kohlereserven werden auf etwa 206 Mrd. Tonnen geschätzt. Die Hauptlagerstätten (70% der Gesamtreserven, Steinkohle) befinden sich in den östlichen Bundesstaaten Bihar, West-Bengalen und Orissa (Chota Nagpur), und zu etwa 20% in Madhya Pradesh. Die Hauptförderung stellt das Damodar-Gebiet nordwestlich von Calcutta. Hier liegen auch die Hauptreserven der in Indien knappen Kokskohle (in räumlicher Nähe dazu befinden sich wichtige Erzvorkommen in Süd-Bihar und Nordwest-Orissa).

Die wichtigsten Braunkohlevorkommen liegen in Tamil Nadu (Neyveli). Die Qualität der in Indien geförderten Kohle ist zumeist niedrig. Vor allem der Aschegehalt liegt bei Werten zwischen 24-50% sehr hoch. Die Abbaubedingungen sind jedoch relativ günstig. Die Kohle liegt aber meist oberflächennah, dazu in mächtigen, relativ ungestörten Flözen. Ein Großteil der Kohle wird im Tagebau gewonnen. Die räumliche Konzentration der Kohlevorkommen in Indien macht für die meisten Teile des Landes lange Transportwege notwendig, was häufig zu Schwierigkeiten bei der Belieferung der Wärmekraftwerke und Industrien führt. Etwa 50% des Güterverkehrs der Indian Railways entfallen z.B. auf den Kohletransport.

Erdölreserven

Die indischen Erdölreserven werden mit 4 Mrd. t, die gewinnbaren Reserven mit 775 Mio. t angegeben. Die älteste Erdölproduktionsstätte liegt in Assam, wo bereits seit 1883 gefördert wird. Erst seit 1960 wurde die Produktion auf Gujarat erweitert. Die jüngsten, aber ergiebigsten Erdölvorkommen befinden sich im Schelfgebiet des Golf von Cambay, wo seit 1975 150 km nordwestlich von Mumbai (Bombay) große Lagerstätten erbohrt wurden. Aus dieser Offshore-Produktion stammt etwa zwei Drittel der nationalen Förderung. Angetrieben durch die drastische Verteuerung des Rohöls 1979/80, ist Indien in der ersten Hälfte der 80er Jahre eine Verdreifachung der heimischen Erdölförderung von 10 Mio. t 30 Mio. t gelungen. Seit 1985 stagniert die Fördermenge jedoch bei ca. 33 Mio. t, z.T. sogar darunter (1993/94: 27 Mio. t).

Umwelt- und Lebensraumzerstörung durch Rohstoffabbau

Der Abbau von Kohle und Erzen ist nicht nur mit schwerwiegenden Umwelt-, sondern auch mit erheblichen gesellschaftlichen Problemen verbunden (Landverbrauch, Wasser- und Bodenverseuchung, etc.), die Hauptlagerstätten dieser Rohstoffe sind darüber hinaus in den überwiegend von Angehörigen ethnischer Minderheiten (Sammelbegriff: Adivasi) bewohnten Regionen des Landes zu finden (z.B. Chota Nagpur Plateau). Umweltzerstörung und Umsiedlungsmaßnahmen bedrohen massiv

das Überleben vieler Adivasi-Gruppen. Ihre oft nicht juristisch "legalisierten" Landrechte werden systematisch missachtet und ihre Anliegen den Interessen der nationalen und seit 1993 auch internationalen Bergbauindustrie geopfert. Der z.B. in der Chota Nagpur-Region schon seit langem massiv organisierte Widerstand der Betroffenen – Indien hat eine kritische Öffentlichkeit und eine ausgezeichnete, freie Presse – gipfelt in der Forderung nach einem unabhängigen Territorium. Im Zusammenhang mit einem überwiegend exportorientierten Bauxit-Abbau (Aluminiumindustrie) kommt es z.B. im südlichen Orissa (Kashipur Region) seit 1993 mit dem Eintritt scharf konkurrierender privater und z.T. ausländischer Unternehmen immer wieder zu sogar gewaltsamen Auseinandersetzungen mit der einheimischen Bevölkerung, die zuletzt sogar Tote forderte. In der indischen Öffentlichkeit wurde aus diesem Anlass nicht zum ersten mal darüber debattiert, ob der Grad der "Entwicklung" eines Landes wirklich nur an Außenhandelsbilanzen oder nicht doch auch daran zu messen ist, in welchem Ausmaß die Rechte und der natürliche Lebensraum seiner Bewohner geschützt werden (Muralidharan, 2001; Patnaik, 2001).

3.2.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Verglichen mit Industrieländern hat Indien eine schlechte Energieeffizienz: So wurden 1996 mit jedem Kilogramm Mineralöläquivalent nur 0,80 US\$ BIP erwirtschaftet gegenüber 0,60 US\$ im Jahre 1980; immerhin etwas mehr als in China, das seine Effizienz aber dramatisch gesteigert hat (von 0,30 US\$ auf 0,70 US\$), und besser als in Russland (unverändert 0,50 US\$) (WDI, 1999). Entsprechend belegt Indien einen der vordersten Plätze international bei der Emission von Kohlendioxid mit (1996) 997 Mio. t; mehr sind es nur in den USA, China (3.364 Mio. t), Russland (1.580 Mio. t) und Japan. Deutschland liegt mit 924 Mio. t (1996) geringfügig niedriger als Indien. Gegenüber 1980 hat sich die emittierte Menge in Indien verdreifacht (1980: 347 Mio. t). Pro Kopf wurden 1996 emittiert in:

- Indien 1,1 t
- China 3,7 t
- Russland 10,7 t
- Deutschland 11;0 t
- USA 20;0 t.

Gemessen an der Kohlendioxidemission wird in Indien die Wirtschaftsleistung teuer erkaufte, nämlich mit 2,8 kg je US\$ BIP, mehr als in jedem anderen größeren Staat außer Russland (4,7 kg). (WDI, 1999).

Die gesamte CO₂ Emission wird sich in Indien proportional zum erwarteten Primärenergieanstieg vergrößern, d.h. es erfolgt eine Verdopplung in den nächsten 10 Jahren.

3.3 Gefährdungspotenziale durch Klimaänderung in Indien

Auch wenn sich mit Klimamodellen noch keine eindeutigen regionalen Wirkungsmuster berechnen lassen, so lassen sich doch konditionale Aussagen über die Wirkung von Klimaänderungen für Indien treffen.

Meeresspiegelanstieg

Die in diesem Zusammenhang meist an erster Stelle genannte Wirkung einer allgemeinen Erwärmung auf die Höhe des Meeresspiegels stellt für Indien nur in den Küstenregionen ein ernsthaftes Problem dar. Auch dort, wo das Gelände in der Nähe der Küsten ansteigt, ist der Küstensaum meist dicht besiedelt; unmittelbar an der Küste liegen auch einige der größten Städte des Landes. In den Mündungsgebieten der großen Flüsse würden sich auch bei geringfügigen Änderungen des Wasserspiegels erhebliche Auswirkungen auf die Fluss- und Küstenfischerei ergeben, insbesondere in Gebieten, deren Ökosystem auf den Gezeitenwechsel ausgerichtet ist.

Dürren

Eine Veränderung der Niederschlagsmengen, -zeiten und -wahrscheinlichkeiten wären vor allem in den trocken-heißen Gebieten von größter Wirkung. In den letzten Jahren wurde eine besorgniserregende Zunahme von Waldbränden, z.B. im westlichen Himalaja, beobachtet. Indien ist in den letzten Jahrzehnten von schweren Dürren überregionalen Ausmaßes verschont geblieben. Die Dürre von 1987 betraf nur einen Teil des Landes und konnte mit staatlichem Einsatz in ihren Folgen gemildert werden. Indien hat, aus den Erfahrungen der großen Missernten in den vierziger und sechziger Jahre heraus und aus politischen Gründen, eine aktive Agrarpreispolitik betrieben und große Getreidevorräte angelegt, die über kleinere, auch mehrjährige Ernteeinbrüche, hinweg helfen können. Das würde aber nicht ausreichen, wenn es durch (regionale) Klimaänderungen zu kontinuierlichen Ernteeinbrüchen käme. Selbst wenn es gelänge, die regionale Anbaustruktur ernteneutral an die geänderten Bedingungen anzupassen, so wären doch soziale Probleme größten Ausmaßes zu lösen. In Indien werden deshalb immer wieder andere Vorschläge diskutiert, nämlich nicht die regionale Produktionsstruktur mehr an die natürlichen Gegebenheiten anzupassen, d.h. die Produktion von Produkten mit hohen Ansprüchen an die Bewässerung dort zu konzentrieren, wo das meiste Wasser zur Verfügung steht, sondern das Wasser großräumig der demographischen Verteilung entsprechend zu verteilen. Ein solcher (alter) Plan sieht vor, das im Himalaja reichlich vorhandene Wasser durch technisch aufwendige Bauten bis auf den Dekhan und bis in den Süden des Landes zu befördern.

Verbreitung von Krankheitserregern

Ein wesentlicher Aspekt ist epidemiologischer Art, da schon geringe klimatische Änderungen die Verbreitung von verschiedenen Krankheitserregern beeinflussen, und zwar für Mensch, Tier und Pflanze. Hier lässt sich ein Gefährdungspotenzial erahnen, das alle anderen weit übertreffen könnte.

4 Die indische Umweltpolitik

4.1 Was will die indische Umweltpolitik?

Wie in anderen Ländern, kann man auch in Indien nicht von einer monolithischen nationalen Umweltpolitik sprechen. Auch in Indien können die eingangs genannten Begriffe nachhaltige Entwicklung, Klimaschutz und Umweltschutz nicht synonym verstanden werden. Eine genauere Differenzierung erfordert eine systematische Sichtung des umfangreichen Materials. Hier können nur einige erste Eindrücke wiedergegeben werden.

Bewertung der Nachhaltigkeit in Indien

Der Begriff der Nachhaltigkeit (*Sustainability*) wurde in Indien bereits in den achtziger Jahren intensiv diskutiert, vor allem im Hinblick auf die Land- und Forstwirtschaft und die Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe. Nach einer Studie der Yale Universität rangiert Indien bei einem Vergleich der Nachhaltigkeit (*Environmental Sustainability*) in 122 Ländern an 93. Stelle, weit hinter Russland (33. Stelle), aber noch vor China (108. Stelle). Der methodische Ansatz ist allerdings umstritten (*The Economist*, Jan 27, 2001).

Nach einer Umfrage von Environics International, Toronto, bezeichneten nur 17 % der Befragten in Mumbai (Bombay) und – als international schlechtestes Ergebnis der Umfrage – nur 7 % in Delhi die Qualität ihrer Umwelt als gut (Press Release, Dec 22, 2000). In einer anderen Umfrage (*The Economist*, Jan 27, 2001) gaben 65 % der Befragten in Indien an, dass sie bereit wären 10 % mehr für Benzin auszugeben, wenn damit die Luftverschmutzung verringert würde, gegenüber nur 45 % in China und 32 % in Russland. Die Hälfte der Befragten in Indien – und China – sagten, dass sie bereit wären 10 % für ein "grüneres" Reinigungsmittel auszugeben; auf ihre Ausgabengewohnheiten angesprochen sagten allerdings nur etwa 30 % (China 50 %), dass sie in der Vergangenheit ein Produkt aus Gründen des Umweltschutzes vermieden, oder seine Vermeidung erwogen hätten (*The Economist*, Jan 6, 2000).

Einschätzung des Produktionsfaktors Boden und Wasser

Die Erkenntnis, dass der Produktionsfaktor Boden ohne hinreichende Regeneration eine schnell erschöpfliche Ressource sein kann, war in Indien auch vor der Ankunft der Europäer bekannt. Entsprechend hatten sich lokale Regelungen für den Feldumtrieb (Wanderfeldbau), Rodungstechniken und Viehbesatz herausgebildet, die aber nur dann konsequent befolgt wurden, wenn dies die politischen und sozialen Bedingungen zuließ. Gerade die Kolonialmacht ist dafür verantwortlich zu machen, dass traditionelle Rechtssysteme von fremden Konzepten abgelöst wurden, die zudem den Zielen einer europäischen Handelsgesellschaft zu dienen hatten. In diese Tradition stellten sich später die britische Krone und – nach der Unabhängigkeit – der indische Staat (Zingel, 1995).

Nicht minder wichtig für die Landwirtschaft ist der Produktionsfaktor Wasser, bei dem seit den großen Kanalbauten der Kolonialzeit qualitative Probleme (Versalzung) zu den schon immer drängenden quantitativen Problemen kamen. Jüngeren Datums sind die qualitativen und quantitativen Probleme der Trinkwasserversorgung (vgl. Kap. 3.1.1, 3.1.2). Die hier auftretenden Probleme, einschließlich der nicht nur in Indien zu befürchtenden natürlichen Vorkommen von Arsen im Grundwasser, sind allerdings z.T. weniger eine Frage der Nachhaltigkeit als der Organisation.

Sorge um den Erhalt der Wälder

Die Sorge um den Erhalt der Wälder führte in Indien zu international beachteten Aktionen. In den siebziger Jahren wurde allgemein mit Bestürzung das rasante Tempo der Abholzung der Himalaja-Wälder beobachtet und Prognosen aufgestellt, dass bis zur Jahrtausendwende diese Wälder vollständig abgeholzt sein würden (Zingel 1998). Als Folge wurde vor allem eine Zunahme der Überschwemmungen am Unterlauf der großen Flüsse (Bangladesch) und massive Erosion befürchtet.

Die lokalen Aktionen in Indien hatten aber vor allem wirtschaftliche, politische und kulturelle Gründe: Auf Grund des beschriebenen Rechtsverständnisses der Regierung sah sich diese als Eigentümerin der Wälder, die sie zum Abholzen an (auswärtige) Kontraktoren freigab oder aber von einer landwirtschaftlichen Nutzung ausschloss, jeweils zum Nachteil der lokalen Bevölkerung, die ihrerseits traditionelle Eigentums- und/oder Nutzungsrechte beansprucht (vgl. Kapitel 3.1.1).

Diesen Aktionen kam und kommt aber auch eminent politische Bedeutung zu, da sie Gelegenheit boten, den verbreiteten Unmut an einer wenig bürgernahen, zentralistischen Regierung zu artikulieren. Dabei geht es nicht nur um handfeste politische und wirtschaftliche Interessen, sondern um die kulturelle Identität, die vor allem in den Stammesgebieten durch die Aneignung (und Veräußerung) der Lebensräume ihrer Bevölkerung durch den Staat bedroht ist. Dass im Herbst 2000 drei der größten Unionsstaaten geteilt wurden und drei neue Unionsstaaten (Uttaranchal, Jharkand und Chattisgarh) gebildet wurden, ist nicht zuletzt ein Ergebnis derartiger Bürgerbewegungen.

Geringes Interesse an Klimaschutz

Beim Klimaschutz ist die Situation völlig anders. Die eigene Bedrohung durch weltweite Klimaänderungen wird nicht in dem Maße empfunden, wie etwa in den Malediven und in Bangladesch. Auch wenn die durch einen Anstieg des Meeresspiegels bedrohten Küstengebiete vielleicht so groß sind, wie die der beiden genannten Nachbarstaaten, so machen sie doch nur einen kleinen Teil Indiens aus.

Größere Sorgen macht man sich in Indien über eine Beeinflussung des Monsuns, von dem die Landwirtschaft des Landes, und damit die Existenzgrundlage eines großen Teils der Bevölkerung abhängt (vgl. Kapitel 2.3). Tatsächlich findet um diesen Bereich aber nur wenig öffentliche Diskussion statt. Die Situation ist passend charakterisiert durch eine Bemerkung von Susanne Jacobson (1998): „A lack of domestic debate on climate change, the ad-hoc style in the Indian bureaucracy's preparations

and its tendency to rely heavily on a domestic scientific community which caters primarily to foreign concerns leaves the Indian government poorly prepared for creating a bargaining room for its national interest. India is left merely to respond to the agendas on climatic change of politicians, researchers and industrial interests of the North.”

Zuständigkeit der Unionsstaaten

Auf dieser Basis ist die Frage nach den Akteuren der indischen Umweltpolitik zu stellen. Eingangs wurde bereits auf die föderale Struktur des Landes hingewiesen; die Unionsstaaten sind für den Umweltschutz weitestgehend zuständig; de facto liegen aber die wichtigsten Kompetenzen bei der finanziell dominierenden Unionsregierung. Genauer gesagt: Die Unionsstaaten sind von der Zentralregierung unabhängiger als die Teilgebiete in den meisten anderen, föderalen Entwicklungsländern, aber weniger als etwa die deutschen Bundesländer, die schweizerischen Kantone oder die Staaten der USA. Besonders schwach sind die Kompetenzen auf der Ebene der für die Durchführung wichtigen lokalen Behörden der Städte und Gemeinden. Innerhalb der Unionsregierung sind eine ganze Reihe von Ministerien und Behörden zuständig, mit wechselnden Aufgaben und unterschiedlichem Gewicht im Zeitablauf.

Umweltschutz in den Fünfjahresplänen

Die dominierende Rolle, die der Staat seit der Unabhängigkeit im Wirtschaftsleben spielt, findet sichtbaren Ausdruck in den Fünfjahres- und Jahresplänen seit 1951. Die einst allmächtige Planungskommission hat im Zuge der Wirtschaftsreformen zwar an Gewicht verloren, der Fünfjahresplan bleibt aber weiterhin ein zentrales Dokument. Er dient zur Bestandsaufnahme des Erreichten, als Programm der Regierung und nicht zuletzt als Ausdruck ihrer Erwartungen. Der aktuelle 9. Fünfjahresplan (1997-2002) wurde noch von der Vorgänger-Regierung verabschiedet; allerdings verfügt die Bürokratie über großen Gestaltungsspielraum, so dass dieser Plan immer noch als relevant angesehen werden kann.

Im 9. Fünfjahresplan wird zum Ausdruck gebracht, dass die indische Regierung die Erhaltung und den Schutz der Umwelt als eine notwendige Voraussetzung für den ökonomischen und sozialen Fortschritt des Landes betrachtet (Kap. 8). Als zentrales Element wird dabei immer wieder die Mobilisierung und Einbindung der Bevölkerung in die auf verschiedenen Ebenen durchzuführenden Projekte und Programme genannt. Diese Programme sind aufgeteilt in:

- *Issue-Specific Programmes [z.B. Probleme der Einbeziehung der lokalen Bevölkerung, Information, Aufklärung, Monitoring],*
- *Area-Specific Programmes [National River Conservation Programme([NRCP, dazu gehört der Ganga Action Plan]],*
- *Industrial Pollution Control and Prevention Projects, Common Effluent Treatment Plants (CEPT),*
- *Himalayan Ecosystem and Biodiversity Protection, etc. und*

- *Sector-Specific Programmes [Stärkung des Central Pollution Control Boards, Industrial Pollution Control and Prevention Projects, Environmental Statistics and Mapping, etc].*

Einige der wichtigsten Planungselemente und Zielvorstellungen der indischen Regierung, wie sie in den beiden letzten Fünfjahresplänen formuliert wurden, sind im folgenden kurz skizziert.

Das *Central Pollution Control Board* (CPCB) - mit dem ihm auf Bundesstaatenebene angeschlossenen *State Pollution Control Boards* – ist insbesondere für die Kontrolle der Wasser- und Luftverschmutzung zuständig. Das CPCB hat die Aufgabe, die bestehenden Umweltgesetze durchzusetzen und die Arbeit der *State Pollution Control Boards* zu überwachen. Die zentralen Gesetzesvorlagen hierfür sind:

- Water (Prevention and Control of Pollution) Act 1974
- Air (Prevention and Control of Pollution) Act 1981
- Environmental Protection Act 1986

In der 8. Planperiode werden in diesem Zusammenhang z.B. Erfolge hinsichtlich der verstärkten Kontrolle umweltverschmutzender Betriebe und Industrien durch die Durchsetzung der Berichts- und Anzeigepflicht unter dem *Environment Protection Act* 1986 genannt. Ebenso wurden die Umweltstandards in den Bereichen Handwerk und Kleinindustrie besonders durch Aufklärungs- und Schulungsmaßnahmen verbessert. Auch wurden Anstrengungen im Bereich umweltrelevanter Raumplanung unternommen. Ergänzend wurde mit Unterstützung der **Weltbank** seit 1991, gestaffelt in zwei Phasen, ein *Industrial Pollution Control Project* gestartet, das finanzielle, institutionelle und technische Komponenten hat. Das Projekt sollte 1999 abgeschlossen werden.

Vor allem seit Mitte der 80er Jahre wurden auch botanische und zoologische Bestandsaufnahmen vorangetrieben (*Botanical Survey of India* [BSI], *Zoological Survey of India* [ZSI], etc.). Der 9. Fünfjahresplan betont, dass Indien die in Rio verabschiedete *Convention on Biological Diversity* (CBD) unterzeichnet und inzwischen auch ratifiziert hat (9. Fünfjahresplan, Kapitel 8, Abschnitt 8.40). Nach dieser Quelle hat die indische Regierung auch bedeutende Anstrengungen in den Bereichen der interdisziplinären Umweltforschung, in der Umweltgesetzgebung und vor allem hinsichtlich der Durchsetzung dieser Umweltgesetze unternommen.

Bereits im Jahr 1986, also zu Beginn des 7. Fünfjahresplans, startete die indische Regierung den *Ganga Action Plan* (GAP). Ziel dieses zu 100% von der Zentralregierung finanzierten Programms ist es, die **Wasserqualität** des Ganges und seiner wichtigen Zuflüsse vor allem durch Abwasserbehandlung im städtischen und industriellen Bereich systematisch zu verbessern. Neun Jahre später, im Jahr 1995, wurde der *National River Conservation Plan* (NRCP) gestartet. Die Zielsetzung des GAP sollte in diesem Rahmen auf die Flüsse in anderen Teilen Indiens ausgeweitet werden. Der NRCP sieht jedoch vor, dass die anfallenden Kosten zwischen den verschiedenen Bundesländern und der Zentralregierung geteilt werden. Auf der Basis

einer gemeinsamen Finanzierung wurden im Jahr 1996 der GAP und das NRCP zu einem Programm zusammengelegt. In dem Abschlußbericht des 8. Fünfjahresplans wird angemerkt, dass dieses Programm mit unbefriedigenden Ergebnissen verlaufen sei (9. Fünfjahresplan, Kapitel 8, Abschnitt 8.67). Neben einem allgemein "mangelndem Interesse der lokalen Behörden" und dem Problem der ständigen Stromausfälle in den zur Abwasserbehandlung installierten Anlagen ist im Zusammenhang mit diesem Defizit nicht zuletzt die hohe finanzielle Beteiligung der Bundesländer verantwortlich, in deren Budgets andere Prioritäten gesetzt werden. Der 9. Fünfjahresplan erklärt das NRCP daher wieder zu einem 100% durch die Zentralregierung getragenen Programm (ebd., Abschnitt 8.133).

Im Bereich der **Forstwirtschaft** wurden im Verlauf des 8. Fünfjahresplans eine ganze Reihe von Waldnutzungs- und Aufforstungsprojekten, häufig mit Schwerpunkt auf Social Forestry und in Kooperation mit Nichtregierungsorganisationen (*Non-Timber Forest Produce Scheme* [NTFP], *Fodder Project Scheme* [FFPS], etc.) durchgeführt. Eine Bewertung der Ergebnisse erfordert jedoch - vor allem aufgrund der hohen Kompetenz der Bundesländer im Bereich der Forstwirtschaft und Forstpolitik - eine Einzelfallbetrachtung (vgl. Kapitel 3.1.1).

Der 9. Fünfjahresplan (1997-2002) thematisiert ausdrücklich den Begriff der **Nachhaltigen Entwicklung**. Die Umweltfrage wird dabei in einen gesamtgesellschaftlichen Zusammenhang gestellt: "There has been an increasing awareness in recent years that protection of the environment is necessary for sustaining the economic and social progress of a country (...) One of the objectives of the Ninth Five Year Plan is to ensure environmental sustainability of the development process through mobilisation and participation of people on all levels" (9. Fünfjahresplan 1997-2002, Chapter 8, 8.1, 8.96).

Im 9. Fünfjahresplan wird der Bekämpfung der besonders durch den **Energiesektor** und den **Kraftfahrzeugverkehr** verursachten Luftverschmutzung eine hohe Priorität eingeräumt. So steht an erster Stelle der in diesem Plan genannten Zielvorgaben die Qualitätsverbesserung der Brennstoffe für Kraftfahrzeuge. Es geht dabei um die schrittweise Einführung bleifreien Benzins – es soll für die mit Katalysatoren ausgestatteten Autos ab dem Jahr 2000 landesweit zur Verfügung stehen – sowie um die Verringerung des Schwefelanteils im Dieseltreibstoff von bisher 1% auf 0,25%. Auch dieser Schritt sollte landesweit bis zum Jahr 1999 abgeschlossen werden. Die hohe Priorität, die der 9. Fünfjahresplan dem Problem der Luftverschmutzung zuerkennt (vgl. Kapitel 4.1), ist natürlich, obgleich nicht explizit als Ziel genannt, von großer Bedeutung für den **Klimaschutz**. In diesem Kontext ist auch der in diesem Plan als "Taj Trapezium" aufgeführte Abschnitt zu sehen.

Die durch extreme Luftverschmutzung verursachte Beschädigung von Indiens wohl berühmtestem Baudenkmal, dem in der südlich von Delhi gelegenen Stadt Agra befindlichen **Taj Mahal**, hat in der indischen Öffentlichkeit große Betroffenheit ausgelöst (vgl. Kapitel 4.5). Das Taj Mahal wurde damit zum Symbol einer Luftreinigungskampagne in der stark industrialisierten Zone um Agra. Eine Klage (*Civil Writ*

Petition, September 1996) beim indischen Bundesverfassungsgerichts (*Supreme Court of India*) hatte zur Folge, dass zum Schutz des Taj Mahal ein umfassender Plan zur Verbesserung der Luftqualität erarbeitet und im 9. Fünfjahresplan festgeschrieben wurde ("Taj Trapezium", Kapitel 8, Abschnitt 8.137-9.139). Die erforderlichen Maßnahmen sollen gemeinsam durch die Zentralregierung und den Bundesstaat Uttar Pradesh finanziert werden.

Der 9. Fünfjahresplan sieht darüber hinaus vor, das *Central Pollution Control Boards* (CPCB) hinsichtlich seiner Zuständigkeitsbereiche sowie im Bereich seiner personalen und technischen Infrastruktur zu stärken. In den Bereichen Abwasserbehandlung, *Environmental Impact Assessment* (EIA), Wald- und Forstwirtschaft, Biodiversität, etc. sollen nach dem 9. Fünfjahresplans bestehende Projekte und Programme fortgeführt bzw. neue implementiert werden. Um einschätzen zu können, inwieweit an diesen Zielvorgaben tatsächlich gearbeitet wird, wäre es z.B. hilfreich, die jährlich vorgelegten Bundes- und Länderhaushaltspläne zu analysieren. Die eingesetzten finanziellen Mittel haben jedoch aus verschiedenen Gründen (Kostenüberschreitung, etc.) eine begrenzte Aussagekraft hinsichtlich der Zielerreichung.

Green India 2047

Am Tag der Erde 1995 hat TERI (Tata Energy Research Institute) das Projekt „GREEN India 2047“ (Growth with Resource Enhancement of Environment and Nature) ins Leben gerufen. Das Konzept wurde von einer Vielzahl von Organisationen, Universitäten, Regierungsbehörden und Firmen entwickelt, wobei TERI offensichtlich die Federführung hatte. Die finanzielle Unterstützung wurde von der Industrie des Landes bereit gestellt.

Als Zeithorizont des Projektes wird das Jahr 2047 angegeben. Die Jahreszahl 2047 bezeichnet das Ende der zweiten 50 Jahres Periode nach der Unabhängigkeit Indiens 1947. Im Jahre 1998 wurde von TERI ein sehr umfassender Bericht vorgelegt mit dem Titel „Looking Back to Think Ahead, GREEN India 2047“. Der Bericht enthält eine sehr umfassende Darstellung der Umweltprobleme in Indien.

Als Hauptziel des GREEN India Projektes wird die „Artikulation von Politik- und Strategie-Maßnahmen zur Nachhaltigkeit der Wirtschaft in Indien“ angegeben. Dabei wird insbesondere die Langfristwirkung des Projektes hervorgehoben und dass die Bemühungen erst in 10 oder 20 Jahren Früchte tragen werden.

Insgesamt wird das, was im Projekt GREEN India getan werden soll, recht verschwommen und allgemein beschrieben. Konkrete Aktionen oder Programme mit klar definierten Inhalten und Terminen sind in dem TERI Bericht nicht ausgewiesen. Eine Fortschreibung des GREEN India Projektes beinhaltet das DISHA Dokument (Directions, Innovations and Strategies for Harnessing Action), das der Präsident im Februar 2000 vorgelegt hat. Es enthält ein Nachhaltigkeitsszenario für Indien für die nächsten 50 Jahre.

4.2 Stellenwert des Klimaschutzes in Indien

Klimaschutz hat keine direkte politische Priorität in Indien

Angesichts des drängenden Problems weit verbreiteter Armut hat die Frage des globalen Klimawandels in Indien, wie auch in anderen sog. Entwicklungsländern, eine eher untergeordnete Priorität. Dennoch ist es inzwischen mehr als deutlich geworden, dass die Beschäftigung mit Umweltfragen, wie oben bereits ausgeführt, kein Luxus der privilegierten Gruppen der Gesellschaft ist, sondern dass sie unmittelbar mit der ökonomischen und sozialen Zukunft des Landes verknüpft sind. Maßnahmen, die im Interesse der nationalen Entwicklung durchgeführt werden, wirken sich dabei oft durchaus positiv auch auf den Prozess des globalen Klimawandels aus. Solche Schritte, wie sie z.B. im 8. Fünfjahresplan (1992-1997) vorgesehen waren, reichten von der Förderung erneuerbarer Energien (Biogas, Solar- und Windkraft) über umfangreiche Aufforstungsmaßnahmen bis hin zu Energie-, d.h. Stromeinsparungen im Bereich z.B. der Zement-, Stahl- und Papierindustrie. Energieeinsparungen helfen, nicht nur, das Defizit in der Außenhandelsbilanz zu verringern, sie wirken sich auch unmittelbar auf die Emission von Treibhausgasen aus, etc. (TERI, 2000).

Indien hält die Industrieländer für verantwortlich

Der 9. Fünfjahresplan (1997-2002) erkennt ausdrücklich die Bedeutung von Umweltfragen für den Prozess der Entwicklung an. Luft- und Wasserverschmutzung, die Degradation der Allmende-Ressourcen (*Common Property Resources*), die Bedrohung der Biodiversität, die Frage der Müllentsorgung und der sanitären Einrichtungen werden dabei als zentrale Bereiche identifiziert (vgl. Kapitel 4.1). Es wird jedoch angemerkt, dass die Probleme des globalen Umweltwandels, wie z.B. die Ausdünnung der Ozonschicht und die Akkumulation von Treibhausgasen in der Atmosphäre, hauptsächlich von den Industrienationen verursacht werden. Indien sei bisher, so der Fünfjahresplan, "an insignificant contributor to the greenhouse gas emissions" (9. Fünfjahresplan 1997-2002, Kapitel 8, Absatz 8.2).

Finanzielle Mittel für den Klimaschutz fehlen

Klimaforschung erfordert eine umfassende und teure Infrastruktur. Die Mittel für solche Forschungen sind in Indien begrenzt und viele Programme und Institutionen, wie z.B. das vom Wissenschaftsministerium geförderte *Indian Climate Research Programme* (ICRP), kranken an der unzureichenden Finanzierung. Während das ICRP nach dem 9. Fünfjahresplan (1997-2002) über ein Budget von insgesamt \$ 2,5 Mio. Dollar verfügt, wendet das *US Global Change Research Program* 65-80% seines sich jährlich auf \$ 1,7 Mrd. belaufenden Budgets allein für Forschungsprojekte im Bereich des Klimawandels auf (Kandlikar, Sagar, 1997).

Indien und die Klimarahmenkonvention

Indien hat die Klimarahmenkonvention 1992 in Rio mit unterzeichnet und sie im darauffolgenden Jahr ratifiziert. Weitergehende bindende Verpflichtungen zur Emissionsreduktion wurden jedoch nicht eingegangen. Das Land hat sich mit dieser Hal-

tung bisher durchgesetzt. Politische Stellen in Indien haben immer wieder mit Nachdruck die besondere Verantwortung der Industrieländer für die weltweite CO₂-Minderung herausgestellt. Daher verfolgt die indische Regierung offensichtlich keine ausdrückliche nationale Klimaschutzpolitik, abgesehen von sogenannten „no-regret“ Maßnahmen und Strategien. Diese Haltung äußert sich z.B. auch darin, dass Indien keinen Nationalbericht über seine Emissionssituation beim UNFCCC vorlegt. Zum Vergleich: Bisher haben schon ca. 30 Non Annex I Länder freiwillig einen solchen Bericht vorgelegt. Als Unterzeichner der Klimarahmenkonvention sitzt Indien bei den Verhandlungen mit am Tisch. Die indischen Delegationen sind aber wie z. B. bei COP6 personell sehr stark unterrepräsentiert.

Grundsätzlich erkennt die indische Regierung die Notwendigkeit zur Emissionsminderung an, sie verlangt jedoch, dass die Last der Minderung von den weiter entwickelten Staaten getragen werden soll. Die Minderung der nationalen Treibhausgasemissionen hat deshalb, wie oben schon ausgeführt, in der indischen Politik keinen sehr hohen Rang. In diesem Zusammenhang werden von indischer Seite andere für dringender gehaltene Probleme genannt, wie z.B. Armutsbekämpfung, Nahrungsmittelproduktion, Bildung und sonstige, nicht klimabezogene Umweltprobleme.

4.3 Umsetzung der Umweltpolitik in Indien

Dass die Implementierung das eigentliche Problem der indischen Umweltpolitik ist, wurde bereits angedeutet. Eine Erfolgskontrolle ist aber nicht möglich, solange die Planerfüllung in monetären Größen gemessen wird. Projekte und Programme leiden häufig unter erheblicher Kostenüberschreitung und verspäteter Fertigstellung. Dazu kommt, dass sich die Zuständigkeiten auf viele Ministerien und Behörden verteilen, die bei dem zu beobachtenden Departmentalismus eifersüchtig ihre Kompetenzbereiche verteidigen.

Ministry of Environment and Forests

So ist das *Ministry of Environment and Forests* nur für die beiden Schwerpunkte Naturschutz und Forsten, einschließlich *Social Forestry* und Umwelt-Erziehung, zuständig.

Nach der Verfassung ist es die Aufgabe des Staates, „die Umwelt zu schützen und zu verbessern und die Wälder und die Natur zu bewahren.“ Es ist die Pflicht eines jeden Bürgers „die natürliche Umwelt einschließlich der Wälder, Seen, Flüsse, Flora und Fauna zu schützen und zu verbessern“ [eigene Übersetzung]. Bezug auf die Umwelt wird auch in den *Directive Principles of State Policy* und den *Fundamental Rights* genommen. Das *Department of Environment* wurde 1980 gegründet um eine gesunde Umwelt des Landes zu garantieren. Daraus wurde 1985 das *Ministry of Environment and Forests*.

Umweltgesetze

Die Verfassungsbestimmungen werden durch eine Reihe von Gesetzen, Verordnungen, Regeln und Verlautbarungen gestützt. Der *Environment Protection Act of 1986* (EPA) trat kurz nach der Gas-Katastrophe von Bhopal in Kraft. Er wird insgesamt als übergeordnete Gesetzgebung angesehen, da er viele Lücken in den bestehenden Gesetzen füllt. Danach wurde eine große Zahl von Gesetzen erlassen, so wie die Probleme aufkamen, z.B. die *Handling and Management of Hazardous Waste Rules* im Jahre 1989. Im Folgenden findet sich eine Liste von Umweltgesetzen, die in Kraft getreten sind. Sie zeigen, dass an ausgefeilten gesetzlichen Bestimmungen kein Mangel herrscht:

Allgemein

- 1986** The Environment (Protection) Act authorizes the central government to protect and improve environmental quality, control and reduce pollution from all sources, and prohibit or restrict the setting and /or operation of any industrial facility on environmental grounds.
- 1986** Environment (Protection) Rules lays down procedures for setting standards of emission or discharge of environmental pollutants.
- 1989** Hazardous waste (Management and Handling) Rules objective is to control generation, collection, treatment, import, storage and handling of hazardous waste.
- 1989** Manufacture, Storage and Import of Hazardous Chemical Rules defines the terms used in this context, and sets up an Authority to inspect, once a year, the industrial activity connected with hazardous chemicals and isolated storage facilities.
- 1990** The Manufacture, Use, Import, Export and Storage of hazardous Micro-organisms/ Genetically Engineered Organisms or Cells Rules were introduced with a view to protect the environment, nature and health, in connection with the application of gene technology and micro organisms.
- 1991** The Public Liability Insurance Act and Rules and Amendment, 1992 was drawn up to provide for public liability insurance for the purpose of providing immediate relief to the persons affected by accident while handling any hazardous substance.
- 1995** National environmental Tribunal Act has been created to award compensation for damages to persons, property and the environment arising from any activity involving hazardous substances.
- 1996** National Environment Appellate Authority Act has been created to hear appeals with respect to restrictions of areas in which classes of industries etc are carried out or prescribed subject to certain safeguards under the EPA (Environment Protection Act).

- 1997** Biomedical waste (Management and Handling) Rules is a legal binding on the health care institutions to streamline the process of proper handling of hospital waste such as segregation, disposal, collection and treatment.

Wald- und Naturschutz

- 1927** Indian Forest Act and Amendment 1984 is one of the many surviving colonial statutes. It was enacted to consolidate the law related to forest, the transit of forest produce and the duty leviable on timber and other forest produce.
- 1972** Wildlife Protection Act, Rules 1973 and Amendment 1991 provides for the protection of birds and animals and for all matters that are connected to it whether it be their habitat or the waterhole or the forest that sustain them.
- 1980** Forest (Conservation) Act and Rules 1981 provides for the protection of and the conservation of the forests.

Wasser

- 1882** The Easement Act allows private rights to use a resource i.e. groundwater, by viewing it as an attachment to the land. It also states that all surface water belongs to the state and is a state property.
- 1897** Indian Fisheries Act establishes two sets of penal offences whereby the government can sue any person who uses dynamite or other explosive substance in any way (whether coastal or inland) with intent to catch or destroy any fish or poisons fish in order to kill.
- 1956** The River Boards Act enables the states to enroll the Central Government in setting up an Advisory River Board to resolve issues in inter state cooperation.
- 1970** Merchant Shipping Act aims to deal with waste arising from ships along the coastal areas within a specified radius.
- 1973** The Water (Prevention and Control of Pollution) Act establishes an institutional structure for preventing and abating water pollution. It establishes standards for water quality and effluent. Polluting industries must seek permission to discharge waste into effluent bodies. The Pollution Control Board (CPCB) was constituted under this act.
- 1977** Water (Prevention and Control of Pollution) Cess Act provides for the levy and collection of cess or a fee on water consuming industries and local authorities.
- 1978** The Water (Prevention and Control of Pollution) Cess Rules contains the standard definitions and indicate the kind of and location of meters that every consumer of water is required to affix.

- 1992** Coastal Regulation Zone Notification puts regulations on various activities, including construction, are regulated. It gives some protection to the backwaters and estuaries.

Luft

- 1948** Factories Act and Amendment in 1987 was the first to express concern for the working environment of the workers. The amendment of 1987 has sharpened its environmental focus and expanded its application to hazardous processes.
- 1981** Air (Prevention and Control of Pollution) Act provides for the control and abatement of air pollution. It entrusts the power of enforcing this act to the CPC.
- 1982** Air (Prevention and Control of Pollution) Rules defines the procedures of the meetings of the Boards and the powers entrusted on them.
- 1983** Atomic Energy Act deals with the radioactive waste.
- 1987** Air (Prevention and Control of Pollution) Amendment Act empowers the central and state pollution boards to meet with grave emergencies of air pollution.
- 1993** Motor Vehicles Act states that all hazardous waste is to be properly packaged, labeled and transported.

4.4 *Umweltpolitik und Wirtschaft*

Da in Indien die "commanding heights" (Nehru) der Wirtschaft mit Bürokraten und Politikern besetzt sind, weil der Staat eine zentrale Rolle als Innovator, Initiator und Investor spielt, gibt es den in der Umweltdiskussion gerne angenommenen Zielkonflikt zwischen staatlicher Verwaltung und privater Wirtschaft weit weniger als in den Industrieländern. Noch immer sind die umweltrelevanten Industrien zu einem großen Teil Staatsunternehmen, zu denen sich private Unternehmer in Konkurrenz befinden.

4.5 *Sonstige wichtige Akteure im Umweltschutz*

Bürgerrechtsbewegungen und nichtstaatliche Organisationen

Eingangs wurden die vergleichsweise erfolgreichen Bürgerbewegungen erwähnt. Sie stehen gleichermaßen in der Tradition des Staates und sind Reaktion auf seine Schwäche. Die Staatstradition beruht auf der langen und schließlich erfolgreichen Unabhängigkeitsbewegung, die in Indien nicht bewaffneter Kampf war, sondern gewaltloser Widerstand. Die Bürgerrechts- und Umweltbewegung der Industriestaaten hat einiges an Mitteln (*sit in*) und Zielen von Indien übernommen. Die Tatsache, dass sich die seit der Unabhängigkeit in Indien maßgebenden Parteien alle auf die Unabhängigkeitsbewegung berufen hat dem gewaltlosen Widerstand die Anerkennung erhalten. Abgesehen von zwei Jahren Notstandsregierung unter Indira Gandhi kann In-

dien auf mehr als ein halbes Jahrhundert erfolgreiche Demokratie zurückblicken. Die hehren Ziele der Unabhängigkeitsbewegung, der hohe Anspruch an den Staat als Gestalter aller Lebensbereiche und der Glaube an eine fast unbegrenzte Machbarkeit haben allerdings zu einer Überfrachtung des Staatsapparates mit so vielen Aufgaben geführt, dass er sie unmöglich lösen konnte. Diese Schwäche hat Indien die Bezeichnung eines *soft State* (Myrdal) eingebracht, der zu weich ist, um schließlich auch elementarste Probleme zu lösen.

Dieses Vakuum zu füllen, sind die vielen nichtstaatlichen Organisationen (NGOs) angetreten, die in Indien – im Gegensatz zu vielen anderen Staaten – meist lokaler Initiative entspringen und auch lokal finanziert werden, d.h. von Indern gegründet wurden und ohne Auslandsunterstützung geführt werden. Ohne staatliche Registrierung und Genehmigung dürfen sie nach dem *Foreign Contribution Regulation Act* auch keine Unterstützung aus dem Ausland annehmen. In jedem Fall sehen sie sich immer wieder Vorwürfen, sei es von staatlicher oder von privater Seite, ausgesetzt, von außen gekauft zu sein und den nationalen Interessen zuwider zu handeln.

Dazu tragen die noch immer latente anti-amerikanische Stimmung und **Überfremdungssängste** bei, die zur Zeit auch von regierungsnahen Gruppen mit dem Vorwurf der (Zwangs-) Konvertierung geschürt werden. Dazu muss man wissen, dass in Indien Missionsverbot besteht. Die Ziele dieser Angriffe sind vor allem Muslime und Christen. Dies ist für den Umweltschutz von Belang, weil die unter dem Vorwand des Naturschutzes in ihren traditionellen Rechten beschnittenen Stämme in einer ganzen Reihe von Fällen Christen sind, z.B. in Maharashtra, Orissa und im Nordosten des Landes. Im Gegensatz dazu wurden in Goa die Bedenken lokaler Naturschützer, die gegen die Trassierung der neuen Konkan-Bahn durch küstennahe Feuchtgebiete protestierten, als politische Agitation religiöser Gruppen abgetan (die Küstenbewohner sind meist Katholiken und z.T. portugiesischer Abstammung). Ähnlich ergebnislos war der lokale Protest gegen ein Atomkraftwerk in der Nähe, bei dessen Bau besorgniserregende Baumängel (Einsturz der Kuppel) berichtet wurden (Zingel, 1998).

Die wohl älteste, im Ausland bekannte Umweltschutzbewegung, entstand im westlichen Himalaja im heutigen Uttaranchal, und wurde unter dem Namen **Chipko Andolan** bekannt. Hier ging es um das bereits beschriebene System der Vergabe von Einschlagrechten in den Staatsforsten des Unionsstaates Uttar Pradesh, aus dem Uttaranchal im Jahr 2000 herausgelöst wurde. Die Entscheidung der fernen Landesregierung in Lucknow zu Gunsten ortsfremder Unternehmer (*Contractors*), bedeutete für die lokale Bevölkerung nur Verlust an Umweltqualität, zumal die Bestimmungen über die Einschlagmengen (*Licences*) stets gröblich verletzt werden und ein fruchtbarer Nährboden für die Korruption sind.

Die heftigsten Auseinandersetzungen hat es bisher um den Bau eines gigantischen Systems von Staudämmen und Bewässerungskanälen im Tal des **Narmada**, einen der heiligsten Ströme Indiens, gegeben. Der Fluss fließt in ost-westlicher Richtung und mündet nördlich von Mumbai in das Arabische Meer. Das Gebiet entlang des Narmada und seiner Nebenflüsse, zwischen den parallel verlaufenden Gebirgsketten

des nördlichen Dekhan, ist eines der größten geschlossenen Siedlungsgebiete der Stammesbevölkerung, die ihre soziale und kulturelle Stellung außerhalb der Kastengesellschaft hat, aber gemeinhin als „eingetragene Stämme“ (*scheduled tribes*) zusammen mit den „eingetragenen Kasten“ (*scheduled castes*), d.h. den kastenlosen „Unberührbaren“, in einem Atemzug (*SC/ST*) genannt wird. Beide genießen eine, durchaus nicht unumstrittene, „positive Diskriminierung“. Die von der Überstauung ihrer Täler bedrohten Stämme müssen ihr angestammtes Siedlungsgebiet verlassen und an anderen Orten angesiedelt werden. Ungeachtet davon, ob die ihnen gemachten Versprechungen eingehalten werden (Entschädigung durch Land, Geld und Arbeitsplätze), bedeutet das Projekt für sie eine soziale Entwurzelung und Verlust der kulturellen Identität. Die Umweltwirkungen des Projektes sind umstritten. Da sind zum einen die Überflutung von Primärwäldern und eine Dezimierung ihrer Biodiversität, und zum anderen die bereits beschriebenen Probleme einer Bewässerungslandwirtschaft in den trocken-heißen Ebenen Gujarats, wohin das Wasser durch ein großangelegtes Kanalbewässerungssystem geleitet werden soll. Das Jahrhundert-Erdbeben vom Januar 2001 in Gujarat (Stärke 7,9) hat die Kritiker bestärkt, die sich gegen Hochdämme in einem derart erdbebengefährdeten Gebiet ausgesprochen haben. Immer wieder wird auch diskutiert, ob die Anlage großer Stauseen in erdbebengefährdeten Gebieten durch die Veränderung der Drücke nicht die Erdbebengefahr vergrößern.

Der jahrelang aktive Widerstand, der auch im Ausland große Unterstützung fand, hat dazu geführt, dass sich ausländische Geber zurückgezogen haben; einem Ausstieg der Weltbank aus dem Projekt kam die indische Regierung durch den Beschluss, die letzte Phase der Bauarbeiten selbst zu finanzieren, zuvor. Ende 2000 unterlagen die Projekt-Gegner vor dem obersten Bundesgericht in Indien.

Das jüngste Erdbeben hat jetzt sogar den Premierminister Atal Bihari Vajpayee bewogen neue Untersuchungen im Falle des ebenso umstrittenen Damm-Projektes über den **Tehri** im neuen Unionsstaat Uttaranchal anzukündigen: Es gäbe zwar keine Gefahr für den Damm durch Erdbeben, doch könnten Experten eine neue Untersuchung durchführen. Wie er sagte, gäbe es Behauptungen und Gegenbehauptungen der Experten ob ein Damm der Gewalt eines Bebens von der Stärke desjenigen, das gerade Gujarat heimgesucht hat, widerstehen könnte (rediff.com, Jan 30, 2001). Narmada und Tehri sind nur zwei Beispiele für Bürgerrechtsbewegungen gegen den Bau von Großdämmen [Thukral, 1992], die heute in einer Reihe mit der weltweiten Kritik an solchen Projekten stehen.

Die Liste solcher Initiativen gegen den Bau von Dämmen, die Ausbeutung der Bodenschätze (Tagebau), das Abholzen der Wälder und den nachlässigen Umgang mit den Folgen von Naturkatastrophen und Industrieunfällen lässt sich fortsetzen (vgl. die Aufstellung von TERI, 1998). Symptomatisch ist, dass die Bewegungen meist wenig formell institutionalisiert sind und ihre Außenwirkung durch die Konzentration des öffentlichen Interesses auf eine oder einige wenige zentrale Personen haben sowie durch spektakuläre Aktionen, etwa *sit ins* oder Blockaden (*gherao*), auf die die Staatsgewalt mit Massenverhaftungen (*courting arrest*) und oft auch Gewalt (*mild lathi treatment*, Prügel mit einem speziellen Schlagstock) reagiert. Die Massenverhaf-

tungen haben meist eher rituellen Charakter, weil keine erkennungsdienstliche Behandlung stattfindet und die Verhafteten meist nach kurzer Zeit frei sind. Die Bürgeraktionen werden häufig von unerschrockenen **Frauen** angeführt, unter denen sich international so bekannte Verfechterinnen wie **Vandana Shiva** befinden.

Es kann nicht überraschen, dass derartige Aktionen immer der Gefahr ausgesetzt sind; politisch (und wirtschaftlich) instrumentalisiert zu werden. Dies ist aber anders zu bewerten als etwa in Deutschland, da die ausgeprägte Personalisierung der Bürgerbewegungen die politische Kultur eines Landes widerspiegeln, in dem **politische Parteien** weit weniger dogmatisch und programmbestimmt sind. So sind auch die immer wieder neuen Koalitionen zu bewerten; ökologische Probleme sind in Indien keineswegs das Privileg einzelner Parteien. Keine der größeren Parteien verdient in Indien das Prädikat „ökologisch“. Sie beanspruchen es auch nicht.

Der Umweltschutz und seine Akteure sind in ihren Aktionen auf die Medien, und hier wieder vor allem die **Printmedien**, angewiesen, da Funk und **Fernsehen** bis vor kurzem Monopol der Regierung waren und vorzugsweise der Verlautbarung der jeweiligen Regierung dienten. Die in Indien einzigartige Kombination des Empfangs von Satellitenprogrammen privater Sender aus dem Ausland (*Star TV, Zee TV, BBC, CNN*) und lokaler privater Kabelnetze zur Verteilung dieser Programme hat das staatliche Fernsehmonopol gebrochen. Die rasche Marktdurchdringung hat dazu geführt, dass ein Viertel bis die Hälfte der indischen Bevölkerung Zugang zu Fernsehen hat. Entsprechend gut informiert sind auch illiterate Bürger. Das Internet spielt, trotz Software-Exporten, für die breite Bevölkerung noch keine Rolle, erlaubt aber eine schnelle und umfassende Information der sog. Eliten.

Die Rolle der Justiz

Eine wichtige Rolle spielt in Indien auch die Justiz. In anglo-indischer Tradition gilt Richter-Recht, zugleich gibt es einen großen Corpus an Rechtsbestimmungen zur Ergänzung der sehr detaillierten Verfassung. Die Schwäche des Systems liegt denn auch weniger an einem Mangel an einschlägigen Bestimmungen und Entscheidungen als in der Flut von anhängigen Verfahren, der unerträglich langen Verfahrensdauer und der Schwierigkeit der Durchsetzung der Entscheidungen [Debroy, 2000], d.h. einem Mangel an Rechtssicherheit und -billigkeit. Der Versuch, nach höchstrichterlichen Entscheidungen am Ende jahrzehntelanger Inaktivität die Fehler der Vergangenheit von einem Tag auf den anderen zu korrigieren, enden nicht selten in einem nur schwer nachzuvollziehenden staatlichen **Aktionismus**, wie dies in Agra beobachtet werden konnte, als man Hunderten von metallverarbeitenden Betrieben die Betriebsgenehmigung entzog, weil die Luftverschmutzung die Bausubstanz des Taj Mahal, dem bekanntesten Baudenkmal des Landes, angriff (vgl. Kapitel 4.1).

Beispiele finden sich auch in der Rechtssprechung: Um der unerträglichen Luftverschmutzung durch den Straßenverkehr Herr zu werden; hat das Oberste Bundesgericht verfügt, dass per 1. April 2000 die Omnibusse in New Delhi, soweit älter als acht Jahre, auf Flüssiggas (CNG) umzustellen seien, bis 31.3.2001 seien alle Busse um-

zustellen. Es ist nicht bekannt, inwieweit dieser kühne Richterspruch in die Praxis umgesetzt wurde.

Seit einiger Zeit bemüht sich die Regierung um die Durchsetzung des **Ganga Action Plan** zur Wiederherstellung der Sauberkeit von Indiens heiligem Fluss, dem man lange übernatürliche Kräfte der Selbstreinigung zugeschrieben hatte (vgl. Kapitel 4.1). In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass das Konzept der Reinheit bzw. der Verunreinigung (*Pollution*) eine zentrale Rolle in der **Religion** (Hinduismus) spielt, die Auffassung von Reinheit und Unreinheit aber durchaus kulturspezifisch ist.

Centre for Science and Environment

Unter den formeller verfassten nichtstaatlichen Organisationen ist das Anfang der achtziger Jahre von Anil Agarwal in New Delhi gegründete *Centre for Science and Environment* (CSE) im Ausland wohl am bekanntesten. Als Journalist hat es der Gründer verstanden auf sein Anliegen und seine Organisation aufmerksam zu machen; er hat eine Reihe von einschlägigen Werken zu verschiedenen Umweltaspekten verfasst und/oder herausgegeben, oft in enger Zusammenarbeit mit ausländischen und/oder internationalen Organisationen.

M. S. Swaminathan Research Foundation

Eine weitere wichtige Institution ist die 1989 von dem Wissenschaftler M. S. Swaminathan, dem ehemaligen Leiter des weltberühmten *International Rice Research Institute* (IRRI) in Los Banos, Philippinen, in Chennai (Madras) gegründete *M. S. Swaminathan Research Foundation* (MSSRF). Beide Organisationen beschäftigen sich mit Fragen der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit. Ihre Programme, Projekte und Kampagnen zielen nicht nur darauf ab, ein Umweltbewusstsein bei den indischen Eliten zu erzeugen. Sie sind besonders darauf ausgerichtet, die Idee der nachhaltigen Entwicklung anwendungsorientiert auch den Menschen nahe zu bringen. Dazu gehören Armutgruppen und andere, in verschiedenen Zusammenhängen marginalisierte Teile der Bevölkerung. Beide NGOs verknüpfen Umweltprobleme mit Fragen der Demokratie und der sozialen Gerechtigkeit. Während die MSSRF ihren Schwerpunkt dabei auf die ländliche Entwicklung und Fragen der Landwirtschaft legt, kämpft das CSE an buchstäblich allen Fronten der Umweltbewegung Indiens.

Tata Energy Research Institute (TERI)

Auf Seiten der von der Privatwirtschaft getragenen Institutionen ist an erster Stelle das *Tata Energy Research Institute* (TERI) in Delhi und Mumbai (Bombay) zu nennen. Hier bestehen z.B. langjährige Kontakte zu dem Forschungszentrum Jülich. Der von Pachauri und Sridharan herausgegebene Bericht "Looking back to think ahead: green India 2047" (1998) stellt eine umfassende Bestandsaufnahme der indischen Umweltproblematik dar und spielt Szenarien für das nächste halbe Jahrhundert durch.

Die Rolle der Auslandsinder

An dieser Stelle sollte auch auf die Auslandsinder und die in engem Kontakt zum Ausland stehenden milliardenschweren Softwareunternehmer verwiesen werden. Diese Gruppen haben in der jüngsten Vergangenheit dramatisch an wirtschaftlichem und wohl auch politischem Gewicht zugenommen; sie alle halten die Zustände in Indien für änderungsbedürftig und dürften in Zukunft weit mehr Initiative entwickeln, um ihren Ideen zur Durchsetzung zu verhelfen. Einer dieser Auslandsinder ist der jetzt in Cambridge (GB) lehrende Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften (1998) **Amartya Sen**, der sich unter Nicht-Ökonomen einen Namen gemacht hat, weil er auf den engen Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Demokratie immer wieder nachdrücklich hingewiesen hat.

5 Internationale Kooperation Indiens in den Bereichen nachhaltiger Entwicklung - Klimaschutz und Umweltschutz

Indien hat eine lange Tradition in internationaler Zusammenarbeit. Bis in die achtziger Jahre war Indien der größte Empfänger multilateraler und bilateraler Hilfe. Da Indien bereits früh damit begann, eigene Forschungskapazitäten auf- und auszubauen (wenn auch aus durchaus politischen und militärischen Gründen) und immer eine auf Eigenständigkeit ausgerichtete Politik betrieb, trat in vielen Bereichen schon früh internationale Zusammenarbeit an die Stelle von (empfangener) Hilfe.

Nach dem **Erdbeben vom Januar 2001** hat die Weltbank angeboten, einen Teil der erheblichen zugesagten und noch nicht abgerufenen Mittel, der sog. *Pipeline*, umzuwidmen und zur Finanzierung der Katastrophenbewältigung bereitzustellen. Angesichts der gewaltigen finanziellen Anforderungen, die auf die indische Regierung zukommen, wäre es nur konsequent, wenn das gesamte Programm der Zusammenarbeit mit den Gebern neu überdacht wird.

Für den Umweltschutz bietet sich die Gelegenheit, die Einhaltung internationaler Standards voranzubringen: Ersten Berichten zufolge haben die Erdölumschlagereinrichtungen im Hafen Kandla und diverse chemische und petrochemische Produktionsanlagen Schaden genommen. Es bleibt abzuwarten, inwieweit dies zu Umweltbelastungen, etwa durch auslaufendes Öl, geführt hat. Es ist zu hoffen, dass die Geber die Mittelvergabe an die Einhaltung erhöhter Sicherheitsstandards knüpfen.

5.1 Multilaterale Kooperation

Vereinten Nationen

Indiens Politik der *Self-reliance* und die lange gespannten Beziehungen zum international größten bilateralen Geber, den USA, hat zum hohen Stellenwert der multilateralen Kooperation geführt. Praktisch alle internationalen Organisationen sind in Indien in der eine oder anderen Form tätig. Dies gilt ganz besonders für die Vereinten Nationen und ihre Unterorganisationen. Der Anteil von Inderinnen und Indern in den Führungsetagen der internationalen Organisationen ist ebenfalls bemerkenswert

hoch. In ihrem neunten Fünfjahresplan bezieht die indische Regierung zu den multi-lateralen Kooperationen ausführlich Stellung:

Weltbank

„In pursuance of the Environment Action Programme 1993, the World Bank has initiated a project for environment management capacity building. [...] The main components of the project are: environmental economics, environmental indicators, environmental law, environmental awareness and strengthening of environmental protection programmes. This project will be implemented through the Ministry of Environment and Forests in cooperation with the Department of Ocean Development and the Government of **Gujarat**. A special emphasis is being placed on Gujarat because the State is not only one of the fastest growing industrial regions of the country but is also expected to have high levels of pollution, judged by the way the industries are making a headway in the State.

World Bank Assisted Industrial Pollution Control Project (Phase-I): 8.28: This project commenced in 1991 and is expected to be completed by the end of March 1999. It has the following two broad components:

- (i) Investment Component which provides for loan assistance to large and medium scale industries for installing pollution control equipments; establishment of common effluent treatment plants for clusters of small scale units; and establishment of demonstration projects for introducing energy and resource conservation measures in the small and medium scale sectors.
- (ii) Institutional Development Component, which is designed to strengthen the monitoring, and enforcement abilities of the Pollution Control Boards of four industrialised States of Gujarat, Maharashtra, Tamil Nadu and Uttar Pradesh. These include activities like acquisition of analytical and monitoring equipments, provision of laboratory facilities and training.

8.29: The medium and large-scale industries have utilised the loan amount disbursed to them by the IDBI and ICICI. As many as 35 common effluent treatment plants have been extended financial assistance. About 100 training programmes have been conducted for the personnel of the Central and State Pollution Control Boards. A dozen demonstration projects have been approved for different technologies to be developed in various industries. The equipment for the identified State Pollution Control Boards under Phase-I has been partly procured.

World Bank Assisted Industrial Pollution Prevention Project (Phase - II): 8.30: This project has been operational from 1996-97. The objectives of the project are:

- (i) to strengthen the capabilities in the States of Rajasthan, Madhya Pradesh, Karnataka and Andhra Pradesh,
- (ii) to facilitate priority investments to prevent pollution from industrial sources by encouraging the use of clean technologies, waste minimisation and resource recovery,

- (iii) to provide technical assistance for the adoption of modern tools of information and management, organisation of clean technology institutional network and an extension service on environmentally sound practices for small-scale industries. The project has three components, namely, institutional, investment and technical."

Europäische Union

Auf einer Konferenz über technologische Partnerschaft zwischen der Europäischen Union und Indien in Brüssel im Jahre 1998 wurde abschließend von indischer Seite eine Reihe von Vorschlägen für eine Zusammenarbeit hervorgehoben:

- Festlegen von Normen und technischen Standards (*Regulatory Issues*)
- Technische Beratung und Zusammenarbeit, z.B. auf den Gebieten der Verwendung von Flugasche, dem Einsatz von Flüssiggas im Transportbereich und dem Ausbau der Binnenschifffahrt
- Erneuerbare Energie

Hier kommt es auf die Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten an. Ein Austausch von Erfahrungen sollte verstärkt für lokale (indische) Produzenten genutzt werden. Bei der Größe und der hohen Wachstumsrate der indischen Energieproduktion sind erhebliche Skalenerträge (*Economies of Scale*) zu erwarten. Auch hier wurde wieder die Hoffnung auf partnerschaftliche Zusammenarbeit geäußert:

„The effective use of technology really depends on the triangle of relationships [...]. There are knowledge and information flows on the one hand, and local capability and capacity that could make the effective use of such knowledge and information successful on the other. Also, one, therefore, definitively needs an enabling policy framework with regulatory arrangements, and so on. [...] Based on this understanding of what technological advancement is really comprised of [...] there is perhaps some scope for information, networking, which involves industry, researchers, policy analysts, and government and multilateral organisations. There is need for training and local capacity building in all these three components. Finally, there is need for understanding and influencing the policy framework in a manner that enables the adoption and development of the rights technological solutions.” (Sustainable Energy Development in India, 1999).

5.2 Bilaterale Kooperationen

In der bilateralen Kooperation hat es in den letzten Jahrzehnten erhebliche Verschiebungen gegeben. Hier standen anfangs das ehemalige "Mutterland" und die **USA** an erster Stelle. Ohne die amerikanischen Nahrungsmittellieferungen (PL 480) hätten die dürrebedingten Ernteauffälle Mitte der sechziger Jahre katastrophale Auswirkungen gehabt. In der Folgezeit kühlten dann die Beziehungen zu den USA rasch ab. Die **Sowjetunion** wurde zum wichtigsten Partner in Rüstungsfragen; auch weniger

anspruchsvolle Technologie mit "dualem" Charakter fiel unter die Exportbeschränkungen des westlichen Verteidigungsbündnisses.

Seit dieser Zeit spielt die bilaterale Hilfe der **USA** eine bescheidene Rolle. Ob sich diese Situation nach dem spektakulären Besuch des amerikanischen Präsidenten in Indien im Jahr 2000 ändern wird, bleibt abzuwarten. Die USA nehmen aber einigen Einfluss auf die Entscheidungen der multilateralen Geber, und die haben in Indien eine größere Bedeutung als die bilateralen Geber (vgl. Kapitel 5.1).

Unter den bilateralen Gebern nimmt **Deutschland** hinter Japan den zweiten Platz ein (Statistical Outline of India 1998-99). Mit deutscher Unterstützung wurde besonders das IIT in Chennai (Madras) ausgebaut; seit den siebziger Jahren geht allerdings die Zahl indischer Studenten in Deutschland zurück.

Im Jahre 1999 betrug der Mittelzufluss in die Projekte der **GTZ** in Indien 41,4 Mio. DM. Damit wurden folgende vier Bereiche gefördert:

- (1) Berufsbildung, Hochschulförderung und industrielle Forschung,
- (2) Umwelt- und Ressourcenschutz, Nutzung einheimischer Ressourcen,
- (3) Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der indischen Wirtschaft,
- (4) Armutsbekämpfung, sozialer Sektor.

Interessant im Hinblick auf die vorliegende Untersuchung sind besonders einige Vorhaben aus dem Bereich 2:

- Industrielle Energieeinsparung. Hier wird versucht, durch gezielte Beratung in ausgesuchten Branchen die Energiekosten zu senken,
- Beratung industrieller Umweltschutz am National Productivity Council: Ziele sind funktionierend Umweltmanagementsysteme und Umweltplanungsmethoden,
- Unterstützung von Umweltbehörden: Entwicklung von Verfahren und Standards für Umweltanalysen und für die Beurteilung der Umweltqualität,
- Substitution von FCKW und FKW im Bereich Kältetechnik. Umstellung von Produktionsanlagen,
- Förderung des Umweltinstituts der Anna-Universität in Madras: Praxisnahe Ausbildung von Umweltingenieuren.

Zur **japanischen Hilfe** heißt es im 9. Fünfjahresplan: „With the assistance of the Japanese Government, studies are proposed to be carried out in Surat and Delhi for the formulation of a project, specifically addressed to the concerns in the areas of air, water quality and solid waste management. It is also proposed to prepare an Action Plan for regenerating the institutional structures governing urban environmental management and for identification of cost-effective technology options for improving the delivery of environmental services.“

5.3 Sonstige Kooperationen

Enge Kooperationen bestehen auch zwischen nicht-staatlichen Organisationen. Die indische Regierung hat immer versucht, diese Form von Zusammenarbeit zu kontrollieren. Indische NGOs bedürfen der Genehmigung, um Unterstützung von außen empfangen zu dürfen. Auch in letzter Zeit hat es immer wieder, auch von führender politischer Seite in Indien, den Vorwurf gegeben, ausländischen Organisationen sei vor allem an der - in Indien verbotenen - Missionierung gelegen (vgl. Kapitel 4.5).

5.4 Bedeutung des Clean Development Mechanism für die Kooperation

Unter dem flexiblen Instrument des Clean Development Mechanism (CDM) können zwischen Entwicklungsländern und Industrieländern gemeinsame Projekte durchgeführt werden. Ziel ist eine messbare langfristige Verringerung der Emissionen. Diese Reduktionen müssen zusätzlich zu den bisher im Entwicklungsland umgesetzten Maßnahmen erfolgen.

Indische Stellen und Wissenschaftler sehen im CDM durchaus eine interessante Möglichkeit für wissenschaftlich-technologische Kooperationen. Solche Vorhaben werden aber von indischer Seite nicht primär wegen des Klimaschutzes gewünscht, sondern unter dem allgemeineren Leitbild der Nachhaltigkeit. Insbesondere sollten solche Projekte nach indischer Auffassung die folgenden zwei Vorteile für das Land bringen:

- Nicht klimabezogene Umweltverbesserungen wie z.B. verbesserte Luft- und Wasserqualität in den Städten, verringerte Abfallmengen und Verbesserung von Landnutzung und Bodenschutz.
- Unterstützung der Entwicklung wie z.B. Verbesserung der Energieversorgung, Förderung der ländlichen Entwicklung, Schaffung von Arbeitsplätzen und Erhöhung der industriellen Effizienz.

Unter diesen Voraussetzungen werden Projekte auch unter dem CDM-Label von den Indern als ein wünschenswerter Beitrag zur Unterstützung der eigenen Entwicklungsziele angesehen. Bei der Initiierung von neuen Kooperationsvorhaben mit Indien sollte deshalb die Konsistenz mit diesen nationalen Prioritäten immer deutlich herausgehoben werden.

Für Anfang 2000 werden von der indischen Regierung folgende z.T. bilaterale CDM-AIJ-Projekte (Activities Implemented Jointly) bestätigt:

- Zwei Projekte im Stahl und Energiesektor mit Japan,
- ein Vorhaben zum Demand Side Management im Landwirtschaftssektor, Welt Bank,
- Biomasse Vergasung an 20 Standorten, von den Niederlanden unterstützt und

- ein Agroforestry Vorhaben, das die USA fördern.

6 Organisation der Forschung in Indien

Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht in Indien sicher auf breiter Front. Dabei wird es kaum möglich sein, von außen eine Dringlichkeitsliste aufzustellen. Dies wird aber ohnehin nicht notwendig sein, da es ja eine ganze Reihe von Gebieten gibt, auf denen bereits zusammengearbeitet wurde und wird. Hier ist zu berücksichtigen, dass Forschung und Entwicklung in Deutschland und Indien anders organisiert sind:

1. Indien verfügt weit über hundert **Universitäten** und mehrere tausend Colleges. Diese Institutionen sind aber viel stärker als in Deutschland auf die Lehre ausgerichtet. Die großen Universitäten sind zudem vor allem Prüfungsinstanzen, ein System externer Evaluierung und die Möglichkeit externen Studiums ist der Grund für ein relativ starres System, das nur langsam auf Neuerungen reagieren kann.

2. Für die Ausbildung der Spitzenkräfte und für die Forschung gibt es eine große Zahl von Spezialeinrichtungen wie die **Indian Institutes of Technology (IIT)**, die ein gutes Niveau gewährleisten können, aber nur kleine Studentenzahlen haben.

3. Träger der Universitäten sind bis auf eine Handvoll zentraler Universitäten (z.B. *Delhi University*, *Jawaharlal Nehru University* in New Delhi, *Central University* in Hyderabad) die Unionsstaaten. Als zentrales Finanzierungs- und Lenkungsinstrument dient die **University Grants Commission (UGC)**; daneben gibt es eine Reihe von weiteren zentralen Forschungsförderungseinrichtungen. Die Errichtung privater Universitäten wird diskutiert.

4. Die **Industrie** spielt für die angewandte Forschung eine geringere Rolle als bei uns. Ein großer Teil der Industrie, gerade im klima- und umweltrelevanten Bereich der Energieversorger, der Eisen- und Stahlindustrie, der chemischen und der petrochemischen Industrie ist – trotz einiger Privatisierungspläne – in staatlichem Besitz. Die Regierung hätte durchaus die Möglichkeit, auf Inhalte und Zielsetzung der dort vorgenommenen angewandten Forschung Einfluss zu nehmen. Dies dürfte schwieriger bei den privaten Unternehmen sein, auch dort, wo Indien seine Märkte dem internationalen Wettbewerb öffnet, wie dies im Pharmabereich diskutiert wird.

5. Die geschilderten Unterschiede in den Ausbildungssystemen sind bei der Konzipierung von Programmen der **wissenschaftlichen Zusammenarbeit** zu berücksichtigen. In der Vergangenheit hat dies immer wieder zu Problemen bei der Anerkennung akademischer Abschlüsse geführt mit der Folge, dass sich die Ausbildungszeiten in Deutschland für indische Studentinnen und Doktorandinnen immer wieder ungebührlich in die Länge ziehen. Als Lösung bietet sich hier z.B. das sog. *Sandwich-System* (abwechselnd in Indien und in Deutschland) an.

7 Literatur

- Agarwal, A. (ed.) (1992): The price of forests. Proceedings of a seminar on the economics of the sustainable use of forest resources. Centre for Science and Environment, o.O..
- Agarwal, A.; Narain, S. (eds.) (1991): Flood, flood plains and environmental myths. State of India's environment 3: a citizen's report. Centre for Science and Environment, New Delhi.
- Agarwal, A.; Narain, S. (eds.) (1985): State of India's environment 1984-85. The second citizen's report. Centre for Science and Environment, New Delhi.
- Agarwal, A.; Narain, S. (eds.) (1999): State of India's environment 1999. The citizen's fifth report. Centre for Science and Environment, New Delhi.
- Agarwal, A.; Chopra, R.; Sharma, K. (eds.) (1982): The state of India's environment 1982. A citizen's report. Centre for Science and Environment, New Delhi.
- Agarwal, A.; Narain, S. (1992): Towards a green world. Should global environment be built on legal conventions or human rights? Centre for Science and Environment, New Dehli.
- Agnihotri, S. P. (ed.) (1995): Environmental conservation for global development. Allahabad.
- Alagh, Y.K.; Desai, R.D.; Guha, G. S.; Kashyap, S.P. (1995): Economic dimensions of the Sardar Sarovar Project. New Delhi.
- Alagh, Y. K.; Pathak, M.; Buch, D. T. (1995): Narmada and environment: an assessment. New Delhi.
- Alam, G. (1994): Biotechnology and sustainable agriculture: lessons from India. OECD Technical papers 103. Paris.
- Alvares, C. (1993): Fish, curry and rice. A citizens' report on the Goan environment. Mapusa, Goa.
- Government of India, Ministry of Environment & Forests (2001): Annual Report 1999-2000. O.O..
- Baden-Powell, B. H. (1892): The land systems of British India. 4 vols, London.
- Bandhu, D. (project director, Friedrich Ebert Stiftung) (1992): Cement industries and environmental management. New Delhi.
- Bandhu, D.; Saxena, L. M. (eds.) (1991): Forests for sustainable development. Papers presented at the international workshop on sustainable forestry in the tropics. New Delhi.
- Pancavati, B. (1992): An Indian approach to environment. Delhi.

- Bari, F.; Ahmed, K.; Naher, B. N. (eds.) (1994): Disaster preparedness and management: SAARC workshop report, Comilla.
- Berrens, R. P.; Polasky, S. (1995): The Paretian paradox and ecological economics. In: *Ecological economics*. 14 (July) 1, S. 45-56.
- Bhandari, B. B.; Abe, O. (2000): Environmental education in the Asia-Pacific region: some problems and prospects. In: *International review for environmental strategie*. 1 (1), S. 57-77.
- Bohle, H.G. (1995): Ökologische Grundlagen: Naturraum und Klima. In: Rothermund, D. (Hrsg.), *Indien, Kultur, Geschichte, Wirtschaft, Umwelt*. S. 19-37, München.
- Bohle, H.-G. (1999): Grenzen der Grünen Revolution in Indien. In: *Geographische Rundschau*, 51 (3), S. 111-117.
- Bowonder, B. et al (1988): *Corporate responses to environmental policies*. 2 vols., Hyderabad.
- Brandes, D. (Sir) (1897): *Forestry in India: origins and early developments*. Dehra Dun.
- Brara, R. (1992): Are grazing lands 'wastelands'? Some evidence from Rajasthan. In: *Economic and Political Weekly*. Feb 22, S. 411-418.
- Bräuer, W.; Kopp, O. (1999): Indien als Gastland für Joint Implementation. In: *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, 3, S. 385-412.
- Bronger, D. (1996): *Indien. Größte Demokratie der Welt zwischen Kastenwesen und Armut*. O.O..
- Bruijnzeel, L.A.; Bremmer, C. N. (1989): Highland-lowland interactions in the Ganges Brahmaputra River Basin: a review of published literature. ICIMOD occasional paper no. 11, Kathmandu.
- Chakraborty, R. N. (1996): *Nachhaltige Waldbewirtschaftung in Indien*. Berichte und Gutachten 14/1996, Berlin.
- Chakrabarti, N. K. (1994): *Environment protection and the law*. New Delhi.
- Chambers, R.; Saxena, N.C.; Shah, T. (1991): *To the hands of the poor: water and trees*. New Delhi.
- Chapman, G. P.; Thompson, M. (1995): *Water and the quest for sustainable development in the Ganges Valley*. Poole.
- Chopra, K.; Kadekodi, G. K.; Murty, M. N. (1990): *Participatory development: people and common property resources*. Studies in economic development and planning 52, New Delhi.
- Confederation of Indian Industry (CII) (2000): *Indian Railways has identified several areas for privatization*. Press Release, October, 2000.

- Country Watch (2001): Country Review India. [<http://www.countrywatch.com/>].
- Government of India, Ministry of Water Resources (CWC) (1999): Water Resources Development Plan of India: Policy and Issues. New Delhi.
- Dalua, A. K. (o.J.): Environmental impact of large reservoir projects on human settlement: a case study of Upper Kolab Project in Orissa. New Delhi.
- Dandekar, V. M. (1994): The Indian Economy 1947-92. Volume I, Agriculture. London, New Delhi.
- Das Gupta, N. (2000): Environmental enforcement and small industries in India: reworking the problem in the poverty context. In: *World development*. 28(2000)5, S. 945-967.
- Deb, D. L. (ed.) (1994): Natural resources management for sustainable agriculture and environment. New Delhi.
- Deb, D. L. (ed.) (1995): Sustaining crop and animal productivity: the challenge of the decade. New Delhi.
- Debroy, B. (2000): Some issues in law reform in India. In: Dethier, J.-J. (ed.): *Governance, decentralization and reform in China, India and Russia..* S. 339-368, Boston.
- Society for Participatory Research in Asia (1984): Deforestation in Himachal Pradesh. New Delhi.
- Devasia, L.; Devasia, V. V. (1994): Empowering women for sustainable development. New Delhi.
- Dhawan, B. D. (1990): Studies in minor irrigation: with special reference to groundwater. New Delhi.
- Diwan, P. (ed.) (1992): Environment administration, law and judicial attitude. New Delhi.
- Donald, A. (2001): Delhi toll bridge set to beat schedule. In: *The Financial Times*, Jan 25, S. 8.
- Down to Earth (DTE) (1992): Science and Environment fortnightly. Society for Environmental Communications.
- DTE (1999): Manna from Heaven. In: *Down to Earth*, Vol. 8, No. 6, August 15.
- DTE (1996): Small-Time Urban India. Polluted and Ignored. In: *Down to Earth*, Vol. 8 (11), October 13.
- DTE (2000): Analysis. Garbage, Your Problem. In: *Down to Earth*, Vol. 8 (17), January 31.
- Government of India (2000): Economic Survey 1999-2000.

- Energy Information Administration (2000): Official Energy Statistics from the U.S. Government (<http://www.eia.doe.gov>).
- Fischer Verlag (Hrsg.) (2001) Fischer Weltalmanach 2001. Frankfurt.
- Farmer, B. H. (1993): An introduction to South Asia. 2nd ed. London.
- Farrington, J.; Mathema, S. B. (1991): Managing agricultural research for fragile environments: Amazon and Himalajan case studies. London.
- Farrington, J.; Lewis, D. J. (eds.) (1993): Non-governmental organisations and the state in Asia: rethinking in sustainable agricultural development. London.
- Farrington, J.; Satish, S. (eds.) (1995) : Sustainable agriculture: NGOss, GOs and the rural poor. Hyderabad..
- Gadgil, M.; Guha, R. (1994): Ecological conflicts and the environmental movement in India. In: Development and Change, special environment issue 25, S. 101-136.
- Gadgil, M.; Guha, R. (1992): This fissured land: an ecological history of India. Delhi.
- Government of India (1984): "Indira Gandhi on environment".
- Garg, M. R.; Bansal, V. K.; Tiwana, N. S. (eds.) (1995): environmental pollution and protection. New Delhi.
- Gaur, V. K. (ed.) (1993): Earthquake hazard and large dams in the Himalaja. New Delhi.
- Gidawani, V. K. (1992): 'Waste' and the Permanent Settlement in Bengal. In: EPW. Jan 25, 1992. S. PE-39 - PE-46.
- Goldsmith, A. A. (1990): Sustainable reforms for natural agricultural research: the case of India. In: Brinkerhoff, D. W.; Goldsmith, A.A. (eds.): Institutional sustainability in agriculture and rural development: a global perspective, S. 167-178, New York.
- Govardhan, V. (1993): Environmental impact assessment of Tehri Dam. New Delhi.
- Grewal, R. (1994): Sacred virgin: travels along the Narmada. New Delhi.
- Guha, R. (1994): Social ecology. Delhi.
- Ministry of Environment and Forests (1985): Guidelines for environmental impact assessment of river valley projects. Delhi.
- Gupta, N. L.; Gurjar, R.-K. (1993): Sustainable development. 2 vols., Jaipur.
- Gupta, N. L.; Shukla, L. (eds.) (1994): Water environment in India. Jaipur.
- Hanumantha Rao, C. H. (1994): Agricultural growth, rural poverty and environmental degradation in India. Delhi.

- Hake, J. F., Bansal, N., Kleemann, M. (1999): *Strategies and Technologies for Greenhouse Gas Mitigation. An Indo-German Contribution to Global Efforts*. Aldershot.
- Harashima, Y. (2000): Environmental governance in selected Asian developing countries. In: *International review for environmental strategies*. 1(1), S. 193-207.
- HDR (1999): *Human Development Report 1999*. Published for the United Nations Development Programme (UNDP). New York.
- The Hindu Survey of the Environment: diverse Jahrgänge. Madras.
- Hoffmann, T. (1997): *Wasser in Asien. Elementare Konflikte*. Osnabrück.
- Hooja, R.; Kavdia, P. S. (eds.) (1994): *Planning for sustainability in irrigation: command area development and Indira Gandhi Canal Project*. New Delhi.
- Indira Gandhi Institute of Development Research (IDR (1999): *India Development Report 1999-2000*. Mumbai.
- Ives, J. D.; Messerli, B. (1989): *The Himalayan dilemma. Reconciling development and conservation*. London.
- Jacobsen, S. (1998): *India's position on climate change from Rio to Kyoto: a policy analysis*. CDR working paper 98.11, Copenhagen.
- Jha, L. K. (1994): *India's forest policies (analysis and appraisal)*. New Delhi.
- Jodha, N.S. (1986): Common property resources and rural poor in the dry regions of India. In: *Economic and Political Weekly* (Jul 7), S. 1169-1181.
- Karant, G. K. (1992): Privatisation of common property resources. Lessons from rural Karnataka. In: *Economic and Political Weekly*. Aug 1-8, S. 1680-1688.
- Köberlein, M. (1998): *Abfallentsorgung in Delhi. Angewandte-geographische Analyse der Probleme einer indischen Metropole mit einer städtischen Dienstleistung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Bamberg.
- Köberlein, M. (o.J.): *Solid Waste Management and Informal Sector. A Case Study from Delhi*. <http://www.sai.uni-heidelberg.de/geo/indien.html#4>.
- Khanna, S. (1995): *Planning for sustainable agricultural development*. New Delhi.
- Khator, R. (1991): *Environment, development and politics in India*. Lanham.
- Korakandy, R. (1994): *Technological change and the development of marine fishing industry in India: a case study of Kerala*. Delhi.
- Krishnan, R. (ed.) (1994): *Growing numbers and dwindling resources*. New Delhi.
- Kumar, N.; Saxena, N.; Alagh, Y.; Mitra, K. (2000): *India. Alleviating Poverty through Forest Development*. The World Bank, Evaluation Country Case Study Series, Washington.

- Kundu, A. (2000): Urban Development, Infrastructure Financing and Emerging System of Governance in India: A Perspective. UNESCO Discussion Paper No. 48, Paris.
- Laping, J. (1982): Die landwirtschaftliche Produktion in Indien. Ackerbau-Technologie und traditionale Agrargesellschaft dargestellt nach dem Arthasastra und Dharmastra. Beiträge zur Südasienforschung 62, Wiesbaden.
- Lensch, J. H. (1985): Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten der Rinder und Büffelhaltung in Indien unter besonderer Berücksichtigung der "Heiligen Kühe" - eine interdisziplinäre Betrachtung. Göttingen.
- Lensch, J. (1987): Problems and prospects of cat and buffalo husbandry in India with special reference to the concept of "sacred cow". Shaping and controlling the course of future development - possibilities and limitations. Hamburg.
- Lyska, B. (1991): Umweltpolitik in Indien. Aachener Studien Sozialwissenschaften: Band 8, Aachen.
- Mackensen, G.; Steinberg, A. (1992): Ökologie und Entwicklung. Das Beispiel Indien. Bremen.
- Mahapatra, R. (1999): Parched Punjab. In: Down To Earth, Vol 8, No. 10, October 15.
- Majumdar, T. (ed.) (1993): Nature, man and the Indian economy. Delhi.
- Maloney, C.; Raju, K. V. (1994): Managing irrigation together: practice and policy in India. New Delhi.
- Mathur, K.; Jayal, N. G. (1993): Drought, policy and politics in India. The need for a long-term perspective. London.
- Messerli, B.; Hofer, T.; Wymann, S. (eds.) (1993): Himalajan environment: pressure - problems - processes. 12 years of research. Geographica Bernensia G 38. Berne
- Mishra, B. N. (1990): Ecology of poverty in India. Allahabad.
- Mishra, R. P. (ed.) (1992): Environmental ethics: a dialogue of culture. Delhi: Sustainable Development Foundation and Gandhi Bhavan Delhi University, New Dehli.
- Misra, R. P.; Ghaznawi, A. G.; Singh, V. P. (eds.) (1994): Environment development and education: cultural, ethical and spiritual perspectives. New Delhi.
- Monga, P.; Ramana, P. V. (eds.) (1992): Energy, environment, and sustainable development in the Himalajas. New Delhi.
- Mongia, A.D.; Bandyopadhyay, A. K. (1993): Soils of the tropics. New Delhi.
- Moulik, T. K.; Dholakia, B. H.; Shukla, R. P. (1991): Energy demand for agriculture in India in the year 2000. Delhi.

- Mukul (1994): Threat of mega projects. Struggle of two Himalajan villages. In: Economic and Political Weekly. Apr 4, S. 687-688.
- Muralidharan, S. (2001): Issues of livelihood and displacement. In: Frontline, Vol.18, Jan. 6-19.
- Narayanan concerned over large river valley projects. In: Rediff OnTheNet. Jan 25, 2001. [www.rediff.com/news/2001/jan/25nara.htm].
- Müller Kirchenbauer, J. (2000): Technologietransfer und Importbedarf für die Errichtung fortschrittlicher fossil befeuerter Kraftwerke in China und Indien und resultierende Rückwirkungen auf die Ursprungsländer. Essen.
- National Environmental Engineering Research Institute (NEERI) (1998): Introduction of Environmental Economics into Decision Making for Sustainable Development: Air Media. Project Report submitted to IDIDR under Capacity 21 Project. O.O..
- Negi, J. (1995): Himalajan heritage: a socio-economic, cultural and tourism analysis. New Delhi.
- Negi, S. S. (1994): Biodiversity and its conservation in India. New Delhi.
- Negi, S.S. (1994): Indian forestry through the ages. New Delhi.
- Negi, S.S. (1994) India's forests, forestry and wildlife. New Delhi.
- Government of India, Planning Commission (o.J.): Ninth Five-Year Plan, 1997-2002..
- Pachauri, R. K.; Sridharan, S. V. (eds.) (1998): Looking back to think ahead: green India 2047. New Delhi.
- Paranjpye, V. (1988): Evaluating the Tehri Dam: an extended cost benefit appraisal. New Delhi.
- Paranjpye, V. (1990): High dams on the Narmada: a holistic analysis of the river valley projects. New Delhi.
- K. S. Parikh, K. S. (1999): India Development Report 1999-2000. Oxford.
- Tata Energy and Resources Institute North America; The National Academy of Sciences, The National Academy of Engineering. New Delhi: Tata Energy Research Institute (eds.) (1999): Partnerships for sustainable energy development in India. Proceedings of the conference held on 28 October 1998, Washington, DC).
- Patnaik, A. K. (2001): Profits over people. In: Frontline, Vol. 18, Jan, S. 06-19.
- Pathak, M.; Srivasta, L.; Sharma, S. (2000): India: CDM opportunities and benefits. In: Financing Development with the clean development mechanism. Washington, D.C.
- Pathak, M. T. (ed.) (1991): Sardar Sarovar Project. New Delhi.

- Pathak, A. (1994): Contested domains - the state, peasants and forests in contemporary India. New Delhi.
- Paulus, S. (1992): Klimakonvention und nationale Energiepolitik: Das Beispiel Indien. FS II 92-401. Berlin.
- Paulus, S. (1993): Umweltpolitik und wirtschaftlicher Strukturwandel in Indien. Frankfurt.
- Pavlovsky, E. S. (1995): Ecological and social problems of agroforestry. New Delhi.
- New Delhi: Tata Energy Research Institute (ed.) (1998): Proceedings of the workshop in "Modernising the energy sector in India and China and environmental concerns. New Delhi.
- Pushpangadan, P.; Ravi, K.; Santosh, V. (eds.) (1997): Conservation and economic biodiversity. Papers presented at the Indo-British workshop held at the Tropical Botanic Garden and Research Institute, Thiruvananthapuram, India in February 1996, New Delhi.
- Puttawamaiah, K. (1994): Irrigation projects in India: towards a new policy. New Delhi.
- Ramakrishnan, P. S. (1993): Shifting agriculture and sustainable development: an interdisciplinary study from North-East India. Man and the biosphere series 10. Delhi.
- Rawat, A. S. (ed.) (1993): Indian forestry: a perspective. New Delhi.
- Rothermund, D. (Hrsg.) (1995): Indien: Geschichte, Politik, Wirtschaft, Umwelt. Ein Handbuch. München.
- Roy, K. C.; Tisdell, C. A.; Sen, R. K. (eds.) (1992): Economic development and environment: a case study of India. Calcutta.
- Winkelman-Sadoff, C. (1993): Natural resource accounting: a case study of Thailand's forest management. University of California, Berkeley.
- Sawant, P. R. (1985): River dam construction and resettlement of affected villages: a case study of two villages in the Upper Krishna Valley: Vyahali and Chandavadi (District Satara). New Delhi.
- Safiullah, S. (1989): Science, environment & disaster. Dhaka.
- Sagwal, S. S. (1995): Forest ecology of India. Jaipur.
- Saldanha, C. J. (1989): Andaman, Nicobar, and Lakshdweep. An environmental impact assessment. New Delhi.
- Saleth, R. M. (1994): Groundwater markets in India: a legal and institutional perspective. In *The Indian Economic Review* 29 (Jul-Dec), 2, S. 157-176.

- Saxena, L. M.; Chauhan, P.; Mehani, N. (eds.) (1994): Environmental auditing and impact assessment background documents. New Delhi.
- Saxena, N.C.; Ballabh, V. (ed.) (1995): Farm forestry in South Asia. New Delhi.
- Schucher, G. (Hrsg.) (1998): Asien zwischen Ökonomie und Ökologie: Wirtschaftswunder ohne Grenzen? Mitteilungen des Instituts für Asienkunde 295, Hamburg.
- Seghal, J. L.; et al (1992): Agro-ecological regions of India. Technical Bulletin. Second edition. NBSS Publ. 24, Nagpur.
- Indian Institute of Advanced Studies (1986): Seminar on Himalayan environment and culture: analysis and prospect. Shimla.
- Sen, G. (ed.) (1992): Indigenous visions: peoples of India, attitudes to the environment. New Delhi.
- Sengupta, N. (1991): Managing common property resources: irrigation in India and the Philippines. Indo-Dutch studies on development alternatives. Vol. 6, New Delhi.
- Sengupta, N. (1993): User-friendly irrigation designs. New Delhi.
- Sharma, B. (1994): Environment. In: Jug Suraiya, J.; Mathur, A. (eds.): A portable India. S. 110-120, New Delhi.
- Sharma, R. (1998): India; the status of national communications to the UNFCCC. Country analysis briefs: East Asia and South Asia. Washington, D.C.: US Energy Information Administration, S. 71-81.
- Sharma, R. D. (1992): Economics of fuel wood production in wastelands. New Delhi.
- Shiva, V. (1993): Biodiversity: social and ecological perspectives.
- Shiva, V. (ed.) (1994): Close to home: women reconnect ecology, health and development. London.
- Shiva, V.; Ramprasad, V. (1993): Cultivating diversity: biodiversity, conservation and the politics of the seed. Dehra Dun.
- Shiva, V. (ed.) (1991): Ecology and the politics of survival: conflicts over natural resources in India. New Delhi.
- Shiva, V.; Meher-Homji, V. M.; Jayal, N. D. (1992): Forest resources: crises and management. Dehra Dun.
- Shiva, V. (1994): The future of progress: reflections on environment and development. Dehra Dun.
- Shiva, V. (1993): Monocultures of the mind: perspectives on biodiversity and biotechnology. London.
- Shroder, J. F. Jr. (1989): Hazards of the Himalaya. In: American scientist, 77 (Nov-Dec), S. 564-573.

- Singh, A. M.; Burra, N. (eds.) (1993): Women and wasteland development in India. A study prepared for the International Labour Office within the framework of the World Employment Programme. New Delhi.
- Singh, R. P.; Singh, S. (eds.) (1994): Sustainable development of the Indian arid zone: a research perspective. Jodhpur.
- Singh, R. P. (ed.) (1995): Sustainable development of dryland agriculture in India. Jodhpur.
- Singh, K. (1994): Managing common pool resources: principles and case studies. New Delhi.
- Singh, P.; Pathak, P. S.; Roy, M. M. (eds.) (1994): Agroforestry systems for degraded lands. Papers presented at the international conference on "Sustainable development for degraded lands through agroforestry in Asia and in the Pacific", New Delhi.
- Singh, T. V.; Kaur, J. (eds.) (1989): Studies in Himalajan ecology and development strategies. New Delhi.
- Tata Energy Research Institute (1998): India's Environment Pollution and Protection.
- Tata Series (1999): Statistical Outline of India 1998-99. Mumbai.
- Trettin, L. (1999): Abfallentsorgung in Calcutta. Die Rolle des informellen Sektors. In: Geographische Rundschau 51, Heft 12, S. 668-675.
- Sivamohan, M. V. K. (ed.) (1994): India: irrigation management partnerships. Hyderabad.
- Indian Society for Agronomy (ed.) (1990): Sustainable agriculture: issues, perspectives and prospects in semi arid tropics. Proceedings of the First International Symposium on Natural Resources Management for a Sustainable Agriculture New Delhi.
- Tata Energy and Resources Institute; The European Commission - DG XVII; (eds.) (1999): Sustainable energy development in India. EU-India partnership for technology cooperation (Proceedings of the conference held on 26 October 1998 at Brussels, Belgium). New Delhi.
- Tewari, D.N. (1995): Agroforestry for increased productivity, sustainability and poverty alleviation. Dehra Dun.
- Tewari, D. N. (1994): Forests and environment. Dehra Dun.
- Tewari, D. N. (1994): Himalajan eco-system. Dehra Dun.
- Thukral, E. G. (ed.) (1992): Big dams, displaced people: rivers of sorrow, rivers of change. New Delhi.
- Tiwari, P. C. (1995): Natural resources and sustainable development in Himalaja. Almora.

- Trivedi, P. R.; Sudarshan, K. N. (1994): India: ecology and environment. New Delhi.
- Trivedi, P. R. (1994): Population and community ecology. New Delhi.
- Trivedi, P. R.; Sharma, P.; Sudarshan, K. N. (1994): Natural environment and constitution of India. New Delhi.
- Verghese, B. G. et al. (eds.) (1994): Converting water into wealth: regional co-operation in harnessing the Eastern Himalayan rivers. Delhi.
- United Nations development Programme (2001): Summary of National Programme Framework, (1.A.) Analysis of the National Development Problem, (1.A.2.) Major Concerns [<http://www.undp.org.in/programme/environment/>].
- UNESYB: Energy Statistics Yearbook. verschiedene Jahrgänge. New York.
- UNFPA (1997): India. Towards Population and Development Goals. United Nations Population Fund (UNFPA) for United Nations System in India. Delhi et al.
- UNICEF (1998): Theme Paper on Ground Water: The Invisible Resource. Bhagirath Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources, Govt. of India.
- United Energy Information Administration (EIA) (2000): India: energy oil information. Feb 2000, 10.11.2000.
- United Energy Information Administration (EIA) (2000): India: environmental issues. Nov 1999. 10.11.2000.
- van Dillen, S.; Weber, E. (1995): Klimaschutz und Entwicklung: eine indische Perspektive. In: Südasien. 15 (1-2), S. 42-52.
- Verghese, B. G. (1990): Waters of hope. Integrated water resource development and regional cooperation within the Himalayan-Ganga-Brahmaputra-Barak Basin. Under the auspices of the Centre for Policy Research, New Delhi.
- Verghese, B. G. (1994): Winning the future from Bhakra to Narmada, Tehri, Rajasthan Canal. Delhi.
- Verma, S. R.; Mittal, J. P.; Singh, S. (eds.) (1994): Energy management and conservation in agricultural production and food processing. Ludhiana.
- Virmani, S. M.; Katyal, J. C.; Eswaran, H.; Abrol, L. P. (eds.) (1994): Stressed ecosystems and sustainable agriculture. New Delhi.
- Wade, R. (1988): Village republics: economic conditions for collective action in South Asia. Cambridge South Asian studies 40, Cambridge.
- WDR (2000): World Development Report 2000/2001. New York.
- Weber, E. (1997a): Globalisierung und Politische Ökonomie der Armut in Indien. Die Auswirkungen wirtschaftlichen und politischen Wandels auf die Ernährungssicherheit von Armutgruppen am Beispiel einer Kleinfischersiedlung in der südindischen Metropole Madras. Limbach.

-
- Weber, E. (1997b): Madras. Der jährliche Kampf um das Wasser. In: Hoffmann, T. (Hrsg.), Wasser in Asien, Elementare Konflikte, Osnabrück, Seite 166-173.
- Werner, W. (ed.) (1993): Aspects of ecological problems and environmental awareness in South Asia. South Asian studies 26, New Delhi.
- Wiemann, J. (1988): Indien - Selbstfesselung des Entwicklungspotenzials. Schriften des Deutschen Instituts für Entwicklungspolitik. Band 93, Berlin.
- Zingel, W. P. (1995): Bodenrecht in Indien. In: entwicklung + ländlicher Raum. 29 (6), S. 7-10.
- Zingel, W. P. (1995): Infrastruktur: Transport und Verkehr. In: Dietmar Rothermund (Hrsg.): Indien: Geschichte, Politik, Wirtschaft, Umwelt, S. 550-571. München.
- Zingel, W. P. (1998): Umweltpolitik und wirtschaftlicher Strukturwandel in Indien. In: Günter Schucher (Hrsg.): Asien zwischen Ökonomie und Ökologie: Wirtschaftswunder ohne Grenzen? Mitteilungen des Instituts für Asienkunde 295, S. 68.82, Hamburg.
- Zingel, W. P. (1999): Genug Nahrung für eine Milliarde Inder? In: Werner Draguhn (Hrsg.): Indien 1999: Politik, Wirtschaft, Gesellschaft, S. 217-233, Hamburg.

- 1. Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland. Stand der Entwicklung**
IKARUS-Workshop vom 24. bis 25. Januar 1996
herausgegeben von S. Molt, U. Fahl (1997), 292 Seiten
ISBN 3-89336-205-3
- 2. Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft**
Ein Beitrag zum Klimaschutz
Workshop am 19. Februar 1997, veranstaltet von der Forschungszentrum Jülich GmbH und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. Schultze (1997), 138 Seiten
ISBN 3-89336-206-1
- 3. Modellinstrumente für CO₂-Minderungsstrategien**
IKARUS-Workshop vom 14. bis 15. April 1997
herausgegeben von J.-Fr. Hake, P. Markewitz (1997), 284 Seiten
ISBN 3-89336-207-X
- 4. IKARUS-Datenbank - Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 2 „Datenbank“
H.-J. Laue, K.-H. Weber, J. W. Tepel (1997), 90 Seiten
ISBN 3-89336-214-2
- 5. Politikszenerarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 1. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 410 Seiten
ISBN 3-89336-215-0
- 6. Politikszenerarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 2. Emissionsminderungsmaßnahmen für Treibhausgase, ausgenommen energiebedingtes CO₂
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 110 Seiten
ISBN 3-89336-216-9
- 7. Modelle für die Analyse energiebedingter Klimagasreduktionsstrategien**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 1 „Modelle“
P. Markewitz, R. Heckler, Ch. Holzapfel, W. Kuckshinrichs, D. Martinsen, M. Walbeck, J.-Fr. Hake (1998), VI, 276 Seiten
ISBN 3-89336-220-7

8. Politiksszenarien für den Klimaschutz

Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 3. Methodik-Leitfaden für die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur
Emissionsminderung
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1998), VIII, 95 Seiten
ISBN 3-89336-222-3

9. Horizonte 2000

6. Wolfgang-Ostwald-Kolloquium der Kolloid-Gesellschaft
3. Nachwuchstage der Kolloid- und Grenzflächenforschung
Kurzfassungen der Vorträge und Poster
zusammengestellt von F.-H. Haegel, H. Lewandowski, B. Krahl-Urban (1998), 150 S.
ISBN 3-89336-223-1

10. Windenergieanlagen - Nutzung, Akzeptanz und Entsorgung

von M. Kleemann, F. van Erp, R. Kehrbaum (1998), 59 Seiten
ISBN 3-89336-224-X

11. Policy Scenarios for Climate Protection

Study on Behalf of the Federal Environmental Agency
Volume 4. Methodological Guideline for Assessing the Impact of Measures for
Emission Mitigation
edited by G. Stein, B. Strobel (1998), 103 pages
ISBN 3-89336-232-0

12. Der Landschaftswasserhaushalt im Flußeinzugsgebiet der Elbe

Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 1.
von R. Kunkel, F. Wendland (1998), 110 Seiten
ISBN 3-89336-233-9

13. Das Nitratabbauvermögen im Grundwasser des Elbeeinzugsgebietes

Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 2.
von F. Wendland, R. Kunkel (1999), 166 Seiten
ISBN 3-89336-236-3

14. Treibhausgasminderung in Deutschland zwischen nationalen Zielen und internationalen Verpflichtungen

IKARUS-Workshop am 27.05.1998, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad Godesberg.
Proceedings
herausgegeben von E. Läge, P. Schaumann, U. Fahl (1999), ii, VI, 146 Seiten
ISBN 3-89336-237-1

- 15. Satellitenbilddauswertung mit künstlichen Neuronalen Netzen zur Umweltüberwachung**
Vergleichende Bewertung konventioneller und Neuronaler Netzwerkalgorithmen und Entwicklung eines integrierten Verfahrens
von D. Klaus, M. J. Canty, A. Poth, M. Voß, I. Niemeyer und G. Stein (1999), VI, 160 Seiten
ISBN 3-89336-242-8
- 16. Volatile Organic Compounds in the Troposphere**
Proceedings of the Workshop on Volatile Organic Compounds in the Troposphere held in Jülich (Germany) from 27 - 31 October 1997
edited by R. Koppmann, D. H. Ehhalt (1999), 208 pages
ISBN 3-89336-243-6
- 17. CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW**
Eine modellgestützte Wirkungsanalyse
von M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler (1999), 29 Seiten
ISBN 3-89336-244-4
- 18. Symposium über die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind auf Fischereischiffen und in Aquakulturbetrieben**
Symposium und Podiumsdiskussion, Izmir, Türkei, 28.-30.05.1998.
Konferenzbericht
herausgegeben von A. Özdamar, H.-G. Groehn, K. Ülgen (1999), IX, 245 Seiten
ISBN 3-89336-247-9
- 19. Das Weg-, Zeitverhalten des grundwasserbürtigen Abflusses im Elbeeinzugsgebiet**
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 3.
von R. Kunkel, F. Wendland (1999), 122 Seiten
ISBN 3-89336-249-5
- 20. Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 5. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1999), XII, 201 Seiten
ISBN 3-89336-251-7
- 21. Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden. Band 1**
von J.-F. Hake, M. Kleemann, G. Kolb (1999), 216 Seiten
ISBN 3-89336-252-2

22. Electroanalysis

Abstracts of the 8th International Conference held from 11 to 15 June 2000 at the University of Bonn, Germany
edited by H. Emons, P. Ostapczuk (2000), ca. 300 pages
ISBN 3-89336-261-4

23. Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050

von M. Kleemann, R. Heckler, G. Kolb, M. Hille (2000), ii, 94 Seiten
ISBN 3-89336-262-2

24. Grundlegende Entwicklungstendenzen im weltweiten Stoffstrom des Primäraluminiums

von H.-G. Schwarz (2000), XIV, 127 Seiten
ISBN 3-89336-264-9

25. Klimawirkungsforschung auf dem Prüfstand

Beiträge zur Formulierung eines Förderprogramms des BMBF
Tagungsband des Workshop „Klimaforschung“, Jülich, vom 02. bis 03.12.1999
von J.-Fr. Hake, W. Fischer (2000), 150 Seiten
ISBN 3-89336-270-3

26. Energiezukunft 2030

Schlüsseltechnologien und Techniklinien
Beiträge zum IKARUS-Workshop 2000 am 2./3. Mai 2000
herausgegeben von U. Wagner, G. Stein (2000), 201 Seiten
ISBN 3-89336-271-1

27. Der globale Wasserkreislauf und seine Beeinflussung durch den Menschen

Möglichkeiten zur Fernerkundungs-Detektion und -Verifikation
von D. Klaus und G. Stein (2000), 183 Seiten
ISBN 3-89336-274-6

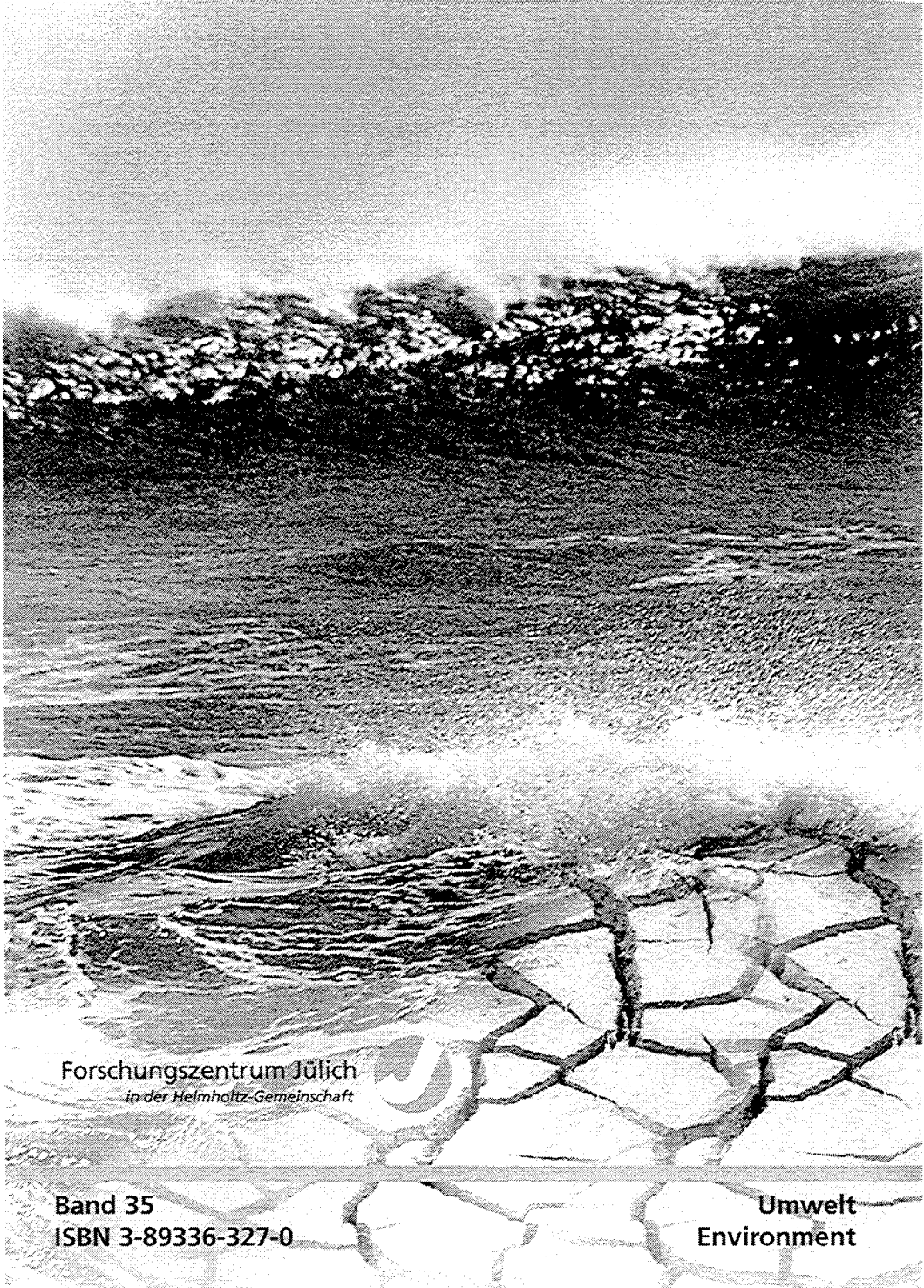
28. Satelliten und nukleare Kontrolle

Änderungsdetektion und objektorientierte, wissensbasierte Klassifikation von Multispektralaufnahmen zur Unterstützung der nuklearen Verifikation
von I. Niemeyer (2001), xiv, 206 Seiten
ISBN 3-89336-281-9

29. Das hydrologische Modellsystem J2000

Beschreibung und Anwendung in großen Flußgebieten
von P. Krause (2001), xiv, 247 Seiten
ISBN 3-89336-283-5

- 30. Aufwands- und ergebnisrelevante Probleme der Sachbilanzierung**
von G. Fleischer, J.-Fr. Hake (2002), iv, 64 Blatt
ISBN 3-89336-293-2
- 31. Nachhaltiges Management metallischer Stoffströme**
Indikatoren und deren Anwendung
Workshop, 27.-28.06.2001 im Congresscentrum Rolduc, Kerkrade (NL)
herausgegeben von W. Kuckshinrichs, K.-L. Hüttner (2001), 216 Seiten
ISBN 3-89336-296-7
- 32. Ansätze zur Kopplung von Energie- und Wirtschaftsmodellen zur Bewertung zukünftiger Strategien**
IKARUS-Workshop am 28. Februar 2002, BMWi, Bonn. Proceedings
herausgegeben von S. Briem, U. Fahl (2003), IV, 184 Seiten
ISBN 3-89336-321-1
- 33. TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**
Volume 1: Proceedings of the Dendrosymposium 2002,
April 11th - 13th 2002, Bonn/Jülich, Germany
edited by G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning et al., (2003), 135 pages, many partly coloured illustrations
ISBN: 3-89336-323-8
- 34. Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm**
von M. Kleemann, R. Heckler, A. Kraft u. a., (2003), 53 Seiten
ISBN: 3-89336-326-2
- 35. Klimaschutz und Klimapolitik: Chancen und Herausforderungen**
Beiträge aus der Forschung
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. L. Hüttner (2003), III, 231 Seiten
ISBN: 3-89336-327-0



Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Band 35
ISBN 3-89336-327-0

Umwelt
Environment