



Dissertation

Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen

—

Eine ökonomische Nutzen-Kosten-Betrachtung am Beispiel der technologischen Kooperation

Eingereicht am 4. September 2009 an der
Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der
Universität Passau

Angenommen am 25. März 2010

Tag der mündlichen Prüfung: 30. April 2010

Verfasser: Diplom Volkswirt Andreas Holzer
Betreuer: Prof. em. Dr. Gerhard D. Kleinhenz

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand zum überwiegenden Teil während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Sozialpolitik der Universität Passau in den Jahren 2006 bis 2008.

Zu Beginn der Arbeit hatte es den Anschein, dass diese Jahre einmal zu den Meilensteinen für die internationale Klimaschutzpolitik zählen werden. Die ernüchternden Ergebnisse der 15. Klimarahmenkonvention in Kopenhagen und auch die Erkenntnisse aus der vorliegenden Arbeit zeigen, dass derartige Bestrebungen auf absehbare Zeit ein „Wunschdenken“ bleiben werden und man noch meilenweit von der Lösung der Klimaproblematik entfernt ist.

Fraglos stellt das Erreichen der Doktorwürde nach vier Jahren, mit vielen der Thematik geschuldeten emotionalen Höhen und Tiefen, einen wichtigen Meilenstein für den persönlichen Werdegang dar, der ohne die Unterstützung zahlreicher Personen nicht erreichbar gewesen wäre. Besonderer Dank gilt hierbei meinem Doktorvater, Prof. em. Dr. Gerhard D. Kleinhenz, der mir genügend Freiraum gelassen hat, die Inhalte der Dissertation nach meinen Vorstellungen zu gestalten und immer hilfreich und mit guten Anregungen zur Seite stand, wenn die Komplexität der Problematik mich an der Durchführbarkeit meines Vorhabens zweifeln ließ. Danken möchte ich auch Prof. Dr. Rainald Borck für die Übernahme des Zweitgutachtens und seine hilfreichen Kommentare.

Gespräche und Diskussionen sind bei der Durchführung einer wissenschaftlichen Arbeit von zentraler Bedeutung. Mein Dank gilt in diesem Zusammenhang insbesondere meinen ehemaligen Kollegen vom Lehrstuhl Dr. Stefan Bauernschuster, Dr. Oliver Falck, Dr. Stephan Heblich und Robert Gold für Ihre fachlichen Ratschläge und kritischen Anmerkungen sowie für die gute Stimmung in der täglichen Zusammenarbeit. Hierzu hat auch unsere Sekretärin Angelika Wenger entscheidend beigetragen, der ich zudem für die wiederholte sorgfältige sprachliche Korrektur des Manuskriptes danken möchte.

In besonderer Weise profitierte ich von der guten Zusammenarbeit mit Dr. Malte Schneider und Prof. Dr. Volker H. Hoffmann von der ETH in Zürich. Die zahlreichen, durchaus kontroversen Diskussionen mit Malte Schneider an den unterschiedlichsten Orten der Welt haben mein (Un-)Verständnis für die erfolgreiche Bekämpfung der Klimaproblematik auf internationaler Ebene entscheidend geprägt.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern für Ihre vielfältige Unterstützung und insbesondere bei meiner lieben Frau Antonia bedanken, die in den letzten Jahren häufige zeitliche Entbehrungen und sorgenvolle Blicke auf sich nehmen musste, aber jederzeit mit viel Wärme, Mitgefühl und Zuspruch dazu beigetragen hat, die Arbeit zu einem erfolgreichen Ende zu bringen.

Karlsruhe im Juli 2010

Andreas Holzer

Inhaltsverzeichnis:

Inhaltsverzeichnis:	III
Abbildungsverzeichnis:	VI
Tabellenverzeichnis:	VI
Abkürzungsverzeichnis:	VII
1 Einführung: Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen	1
1.1 Einleitung	2
1.2 Motivation	3
1.3 Zielsetzung der Arbeit	8
1.4 Grundlagenbereich: Ebenen der Klimaproblematik aus ökonomischer Sicht	14
1.4.1 Fundamentalebene	15
1.4.2 Politisch-institutionelle Ebene	21
1.4.3 Steuerungsebene	25
1.5 Steuerungsmöglichkeiten staatlicher Technologiepolitik	25
1.5.1 Technologie und Innovationsprozess	25
1.5.2 Technology push und market pull.....	27
1.6 Prozessbereich: Technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen	31
1.6.1 Technologische Kooperation aus distributiver Sicht.....	32
1.6.2 Technologische Kooperation aus allokativer Sicht	34
1.6.3 Institutionelle Verankerung technologischer Kooperationen.....	37
1.7 Zusammenfassung und Fazit	38
2 Die Problematik des Klimawandels aus ökonomischer Sicht	41
2.1 Einleitung	42
2.2 Die Argumente der Kritiker	43
These 1: Der Stand des Wissens über den anthropogenen Klimawandel reicht als Rechtfertigung für Klimaschutzmaßnahmen nicht aus!	43
These 2: Die Anwendung des Vorsorgeprinzips im Bereich des Klimawandels führt zu einer irrationalen Risikominimierung!	48
These 3: Die ökonomischen Kosten des Klimawandels werden relativ moderat ausfallen!	53
These 4: Der beste Klimaschutz ist wirtschaftliches Wachstum!	59
2.3 Komponenten einer optimierten Klimaschutzpolitik	61
3 Institutionelle Ausgestaltung der internationalen Klimaschutzpolitik	64

3.1	Einleitung.....	65
3.2	Grundlegende Anforderungen an ein Klimaschutzabkommen	65
3.3	UNFCCC und ihr Kyoto-Protokoll	70
3.3.1	Entwicklung	70
3.3.2	Inhalt des Kyoto-Protokolls	72
3.3.3	Bewertung der UNFCCC und ihres Kyoto-Protokolls.....	73
3.4	Gründe für mangelnde Partizipation und Einhaltung	78
3.4.1	Das Problem Globaler Öffentlicher Güter	78
3.4.2	Bindende Emissionsziele	79
3.4.3	Top-Down Ansatz.....	80
3.5	Reformansätze in einem zukünftigen Klimaregime.....	82
3.5.1	Verbesserung der Anreizwirkungen.....	82
3.5.2	Homogenere Verhandlungsstrukturen.....	85
3.6	Erkenntnisse und Empfehlungen.....	87
4	Understanding the CDM's Contribution to Technology Transfer	89
4.1	Introduction.....	90
4.2	Private-Sector Technology Transfer	91
4.2.1	Barriers to technology transfer.....	93
4.2.2	Dimensions of technology transfer	94
4.2.3	Quality of technology transfer	95
4.3	CDM as an Instrument of Technology Transfer	96
4.3.1	The CDM's impact on barriers	97
4.3.1.1	Lack of commercial viability.....	97
4.3.1.2	Lack of information.....	98
4.3.1.3	Lack of access to capital.....	99
4.3.1.4	Lack of institutional framework	100
4.3.2	Dimensions of technology transfer in CDM	100
4.3.2.1	Distribution across geographies.....	100
4.3.2.2	Distribution across technologies.....	102
4.3.2.3	Distribution across firms	104
4.3.3	Quality of technology transfer under CDM	104
4.4	Conclusions.....	105
5	Ansätze für technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen	108
5.1	Einleitung.....	109
5.2	Technologische Kooperation.....	111
5.2.1	Definitive Grundlagen.....	111
5.2.2	Anreize für technologische Kooperation.....	113
5.3	Issue Linkage.....	115
5.4	Technologieorientierte Ansätze.....	118
5.4.1	Übersicht über einzelne Vorschläge.....	119
5.4.2	Diskussion der Kernelemente	121

5.5	Erkenntnisse	125
6	Assessing the UNFCCC’s Potential for Development and Transfer of Technology	128
6.1	Introduction.....	130
6.2	Basics.....	131
6.2.1	Definitions	131
6.2.2	The role of development and transfer of technology	131
6.2.3	Mechanisms to encourage transfer of technology under the UNFCCC	133
6.2.3.1	Funding System.....	133
6.2.3.2	Clean Development Mechanism.....	133
6.2.4	Expert Group on Technology Transfer	134
6.3	Methodology of Interviews.....	134
6.4	Experts’ assessments.....	136
6.4.1	Assessing the current status	136
6.4.2	Differences in perception	137
6.4.2.1	Nature of technology	138
6.4.2.2	The role of the Montreal Protocol	139
6.4.2.3	Role of intellectual property rights (IPRs).....	140
6.5	Elements of a technology agreement within a post-Kyoto agreement.....	141
6.5.1	Mechanisms to promote cooperation in R&D.....	142
6.5.2	Funding mechanism for transfer of technologies	143
6.5.2.1	GEF system	143
6.5.2.2	New funds.....	144
6.5.3	Market-based mechanisms	145
6.5.4	Setting up technology standards.....	147
6.5.5	Mechanisms for knowledge sharing and provision of information	148
6.5.6	Implementing existing technology-oriented agreements under the UNFCCC.....	149
6.5.7	Incentives provided through a <i>technology package</i>	151
6.6	Findings and implications	152
	Literatur	155
	Appendix A: List of Interview Participants.....	VII
	Appendix B: Questionnaire Frame for expert interviews on cooperation in the development and transfer of technologies.....	VII
	Appendix C: Questionnaire Frame on the Indian Pulp and Paper Industry	VII
	Eidesstattliche Erklärung.....	XVII

Abbildungsverzeichnis:

1 Einführung: Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit	14
Abbildung 2: Ebenen der Klimaproblematik aus ökonomischer Sicht	15

4 Understanding the CDM's Contribution to Technology Transfer

Figure 1: Actors Involved in Private-Sector Technology Transfer	92
---	----

Tabellenverzeichnis:

1 Einführung: Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen

Tabelle 1: Vergleich des präskriptiven und deskriptiven Ansatzes zur Diskontierung.....	19
---	----

4 Understanding the CDM's Contribution to Technology Transfer

Table 1: Key Parameters for Assessing Private-Sector Technology Transfer	93
Table 2: Impact of CDM on Project Profitability (at \$4/CER)	98
Table 3: CDM Attractiveness and Table 4: CDM, Technology Transfer (TT), and FDI.....	101
Table 5: Technology Transfer in Different CDM Project Types,	103

5 Technologische Kooperation im Rahmen internationaler Klimaschutzpolitik

Tabelle 1: Vorschläge für technologieorientierte Klimaschutzabkommen	122
--	-----

6 Assessing the UNFCCC's Potential for Development and Transfer of Technology

Table 1: Categorization of Interview Participants.....	136
Table 2: Importance of IPRs	140
Table 3: Likely elements of a future technology package under the UNFCCC	141

Abkürzungsverzeichnis:

APP	Asia-Pacific Partnership on Development and Climate
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CCS	Carbon Capture and Storage (Kohlenstoffabsorbierung und –speicherung)
CDM	Clean Development Mechanism
CERs	Certified Emissions Reductions
CI	Composite Indicator
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Conference of the Parties (Klimarahmenkonferenz)
d.h.	das heißt
Ed.	Editor (Herausgeber)
Eds.	Editors (Herausgeber)
e.g	for example
EGTT	Expert Group on Technology Transfer
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EU	European Union (Europäische Union)
EU ETS	EU Emission Trading Scheme (Europäisches Emissionshandelssystem)
ESTs	Environmentally Sound Technologies (umweltfreundliche Technologien)
FDI	Foreign Direct Investment
FuE	Forschung und Entwicklung
GEEREF	Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund
GEF	Global Environmental Facility
GHG	Greenhouse gases
Gt	Gigatons
IEA	International Energy Agency (Internationale Energieagentur)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
IPRs	Intellectual Property Rights
IRENA	International Renewable Energy Agency (Internationale Agentur für Erneuerbare Energien)
IIT	Indian Institute of Technology

LDCs	Least-Developed Countries
MLF	Multilateral Fund
MLTAF	Multilateral Technology Acquisition Fund
ODA	Official Development Assistance (Offizielle Entwicklungshilfe)
PDD	Project Design Documents
ppm	parts per million (Anteil von Kohlenstoffteilchen in der Atmosphäre)
ppme	parts per million carbon equivalents (Anteil von Treibhausgasen in der Atmosphäre in Kohlenstoffäquivalenten ausgedrückt)
R&D	Research and Development
SMEs	Small and Medium Enterprises
sog.	sogenannte
THG	Treibhausgase
TNAs	Technology Needs Assessments
u.a.	unter anderem
UN	United Nations (Vereinten Nationen)
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung)
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen)
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
WTO	World Trade Organisation (Welthandelsorganisation)
z.B.	zum Beispiel
ZETT	Zero Emission Technology Treaty
z.T.	zum Teil

1 Einführung: Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen

–

Eine ökonomische Nutzen-Kosten-Betrachtung am Beispiel der technologischen Kooperation

1.1 Einleitung

Bereits im Jahr 1896 veröffentlichte der schwedische Physiker Svante Arrhenius (1896) einen Aufsatz, in dem er die These aufstellt, dass eine Erhöhung der Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre zu einer globalen Erwärmung führen wird. Höchstwahrscheinlich war dem Autor nicht bewusst, welche Bedeutung die Thematik rund ein Jahrhundert später erfahren würde. Klimawandel ist zu einem weltweit beherrschenden Thema geworden. Die mediale Berichterstattung führt uns täglich bereits beobachtbare und zukünftig zu erwartende Folgen des Klimawandels vor Augen. Zahlreiche wissenschaftliche Zeitschriften und Tagungen der verschiedensten Fachgebiete widmen sich ausführlich dem Klimaproblem und diskutieren Erscheinungsformen, Auswirkungen, Probleme und mögliche Lösungsansätze. Auf der politischen Agenda erreichen die regelmäßigen internationalen Klimaschutzverhandlungen unter dem Dach der Vereinten Nationen den Status von globalen Mega-Events. Tausende Diplomaten, begleitet von einer noch größeren Zahl an Experten aus der Wirtschaft und dem Umweltbereich, beraten über Möglichkeiten und Strategien, dem Klimawandel zu begegnen.

Trotz der intensiven Bemühungen der letzten Jahre und dem seit der Amtübernahme durch Barack Obama spürbaren Politikwechsel in den Vereinigten Staaten von Amerika, der die Problematik des Klimawandels wieder stärker in den Fokus der politischen Agenda gerückt hat,¹ ist man noch weit von einer Lösung im Sinne der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nations Framework Convention on Climate Change, kurz UNFCCC) entfernt. Diese strebt eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre an „that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system“ (Artikel 2 aus UNFCCC, 1992). Das im Jahr 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll wird lediglich als ein erster Schritt zur Lösung des Problems betrachtet, welches in seiner bestehenden Form den Herausforderungen des Klimawandels nicht gerecht wird (Olmstead & Stavins, 2006). Die aktuellen internationalen Klimaschutzverhandlungen unter dem Dach der UNFCCC über ein Folgeabkommen für das im Jahr 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll werden zwar von viel Hoffnung, aber noch mehr Skepsis begleitet. Der Zeitplan sieht vor, auf

¹ In seiner Einführungsrede zum G8-Gipfel im italienischen L'Aquila bezeichnete Barack Obama den Klimawandel als „(...) one of the defining challenges of our time“ und die Transformation der US-Wirtschaft zu kohlenstofffreien Energieträgern als „(...) one of my highest priorities“ (The White House, 2009).

der 15. Klimarahmenkonferenz der Vereinten Nationen, die vom 7. bis 18. Dezember 2009 in Kopenhagen stattfindet, eine Einigung über ein Folgeabkommen zu erzielen (UNFCCC, 2007a).

1.2 Motivation

Eine volkswirtschaftliche Dissertation, die sich dieser Problematik widmet, wird mit einer Unmenge an Beiträgen der verschiedensten Fachrichtungen konfrontiert. Generell lässt sich wohl kaum ein anderes Thema finden, in dem sich derartig viele Disziplinen entfalten und ihren jeweiligen Beitrag zu einer Lösung der Problematik leisten wollen. Meteorologen forschen über die Veränderungen der klimatischen Bedingungen. Biologen, Geologen und Soziologen beschäftigen sich mit den Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf Mensch und Natur. Physiker, Ingenieure und Chemiker suchen nach technischen Lösungen, um den Ausstoß schädlicher Klimagase in die Atmosphäre zu verringern. Politologen nutzen die Verhandlungen der internationalen Klimaschutzpolitik, um ihre Theorien über Verhandlungsstrategien und politische Entscheidungsprozesse zu testen.

Auch für Ökonomen bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, ihr analytisches *Handwerkszeug* im Bereich der Klimaproblematik einzubringen. Grundsätzlich erscheint die ökonomische Argumentationsweise hilfreich, Wirkungszusammenhänge zu erkennen, komplexe Probleme auf die zentralen Sachverhalte zu reduzieren und partielle Argumente in ein Gesamtkonstrukt zu integrieren. Darüber hinaus liefert das volkswirtschaftliche Grundkonzept der *Maximierung der gesamtgesellschaftlichen Wohlfahrt*² ein interessantes gedankliches Gerüst, um das Ziel einer sinnvollen, d.h. im volkswirtschaftlichen Sinne wohlfahrtsmaximierenden Klimaschutzpolitik, zu definieren. Zum einen, da das Konzept den Fokus der Betrachtung auf die *Wohlfahrt* der Individuen legt. Die individuelle Wohlfahrt basiert auf dem Nutzen, den Individuen aus dem Konsum von Gütern und Dienstleistungen ziehen. Der Begriff *konsumieren* kann dabei auch die Nutzung von immateriellen Gütern, wie z.B. Schwimmen in einem sauberen Fluss, Spaziergehen in einer intakten Natur oder Wohnen in einer *gerechten* Welt umfassen. Monetäre Aspekte stellen demnach nur einen Teilbereich des Gesamtnutzens dar, wenngleich eine Operationalisierung des Konzepts eine

² Die gesamtgesellschaftliche, oder auch soziale Wohlfahrt resultiert aus der Aggregation aller individuellen Nutzenfunktionen einer Gesellschaft. Diese Aggregation kann in Abhängigkeit verschiedener Gerechtigkeitsideen auf unterschiedliche Weise erfolgen und folglich zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. (für einen Überblick verschiedener Konzepte, vgl. z.B. Atkinson & Stiglitz, 1980, Lecture 11; Becker et al., 2008)

Umrechnung von qualitativen in quantitativ messbare Größen voraussetzt (Becker et al., 2008). Zum anderen eignet sich das Konzept, weil es hierbei nicht nur um die Befriedigung einzelner, partieller Interessen geht, sondern um das Herbeiführen einer aus gesamtgesellschaftlicher Sicht optimalen Lösung (Wohlfahrt *aller* Individuen).

So hat denn auch die volkswirtschaftliche Forschung den wissenschaftlichen und politischen Prozess in der Klimawandeldiskussion seit den Anfängen intensiv begleitet. Beiträge von renommierten Forschern, wie Thomas Schelling (1992; 1997; 2002; 2007b) oder William Nordhaus (1982; 1991; 1994a; 1994b; 2000; 2005; 2007b), geben tiefgehende Einblicke in die Thematik und lassen grundlegende Probleme sichtbar werden. Arbeiten aus dem Bereich der Wohlfahrtsökonomik liefern wichtige Denkanstöße, z.B. in Bezug auf eine effiziente, intertemporale Verwendung knapper Ressourcen (z.B. Dasgupta & Heal, 1979; Solow, 1974a; 1974b) oder hinsichtlich der Problematik, Entscheidungen unter Unsicherheit fällen zu müssen.³ Empirische Modelle⁴ aus dem Bereich der Wachstumstheorie stellen die grundlegende Basis für die ökonomische Bewertung des Klimawandels dar und liefern eine wichtige Orientierungshilfe für die politischen Akteure. Der Einsatz von flexiblen Instrumenten innerhalb des Kyoto-Protokolls, wie dem Emissionshandel, ist das Ergebnis ökonomischer Erkenntnis, dass preisbasierte Ansätze Vorteile gegenüber starren Instrumenten, wie z.B. Auflagen, genießen. Spieltheoretische Arbeiten⁵ tragen wesentlich zum besseren Verständnis der Funktionsweise der Verhandlungsprozesse innerhalb der internationalen Klimaschutzpolitik bei.

Trotz dieser vielfältigen Einsatzfelder scheint es, dass die volkswirtschaftliche Argumentation in der öffentlichen und politischen Wahrnehmung nicht immer hinreichend Gehör findet (Pizer, 2007). Zum einen lässt die fehlende Akzeptanz für ökonomische Argumente auf ein fehlendes Verständnis für ökonomische Zusammenhänge schließen. So werden Konflikte in der Zielerreichung, wie das häufige Abwägen zwischen allokativen und distributiven Zielen, nicht hinreichend in der Öffentlichkeit wahrgenommen. Auch zeigt sich

³ Als Standardwerke für diesen Bereich vgl. Kenneth Arrow (1971) sowie Dixit und Pindyck (1994). Für die Problematik von Entscheidungen unter Unsicherheit mit irreversiblen Folgen für die Umwelt bzw. zu deren Vermeidung, vgl. z.B. Arrow und Fisher (1974), Henry (1974), Kolstad (1992; 1996) oder Pindyck (1991; 2000).

⁴ Hierbei handelt es sich um sog. integrierte Bewertungsmodelle. Dies sind computerisierte, numerische Modelle, die Wissen aus mehreren Forschungsfeldern bündeln, um sämtliche Ursachen und Wirkungen des Klimawandels zu erfassen. Sie werden auch als *End to end models* bezeichnet, da – soweit möglich – zunächst die Emissionen abgebildet werden, anschließend das natürliche System (Kohlenstoff- und Klimakreislauf) dargestellt wird, darauf aufbauend die sozioökonomischen Auswirkungen modelliert und alle Komponenten schließlich durch politische Maßnahmen miteinander verknüpft werden (Nordhaus, 2000). Für einen Überblick verschiedener Modellierungen, vgl. Weyant (1999).

⁵ Sehr interessante Einblicke liefert z.B. Carraro (2007), als Standardwerk für Spieltheorie, vgl. Osborne und Rubinstein (1990).

häufig ein fehlendes Verständnis dafür, dass die Analyse bestimmter Wirkungszusammenhänge unter *ceteris paribus* Annahmen nicht mit der Verneinung anderer Einflussfaktoren gleichzusetzen ist.

Zum anderen dürfte die fehlende Akzeptanz für ökonomische Argumente daher rühren, dass aus dem volkswirtschaftlichen Bereich – zumindest in der verkürzten Darstellung – des Öfteren sehr unterschiedliche Argumente und Vorschläge zu vernehmen sind. Nicht immer erscheint die Wissenschaft gewillt, derartig verkürzte Darstellungen ausführlicher zu erläutern bzw. gründlicher auf die in der öffentlichen Debatte relevanten Aspekte einzugehen.

Ein anschauliches Beispiel hierfür liefert die kontroverse Debatte, die unter Ökonomen nach der Veröffentlichung des Berichts *Economics of Climate Change – The Stern Review* (2007) stattgefunden hat. Der im Auftrag der britischen Regierung unter Federführung des ehemaligen Chefökonom der Weltbank, Sir Nicholas Stern, entstandene Bericht zeichnet ein sehr düsteres Bild über die ökonomischen Folgen des Klimawandels und ruft zu schnellen, umfassenden Klimaschutzmaßnahmen auf. Während Nobelpreisträger der Wirtschaftswissenschaften, wie Joseph Stiglitz, Amartya Sen oder James Mirrlees, diese Forderungen unterstützen (Stern, 2007), kritisieren andere (Mendelsohn, 2007; Nordhaus, 2006; 2007a; Weyant, 2008) die Argumentationsweise des Berichts und sehen keine neuen Erkenntnisse, die als ökonomischer Beleg für die Notwendigkeit eines schnellen Handelns zu betrachten wären. Gemäß ihrer ökonomischen Analysen bleibe noch hinreichend Zeit, um das Problem des Klimawandels in den Griff zu bekommen.

Kontroverse Standpunkte finden sich beispielsweise auch in den Diskussionen 1) inwieweit Staaten bzw. die politischen Akteure gewillt sind, Klimaschutzpolitik zu betreiben, 2) in welchem institutionellen Rahmen Klimaschutzverhandlungen stattfinden sollten, 3) inwieweit mittels staatlicher Eingriffe die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien forciert werden kann und 4) welche Instrumente geeignet sind, Ziele wie Emissionsminderungen oder die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien zu erreichen. Beschäftigt man sich ausführlicher mit den einzelnen Argumenten zeigt sich, dass den Beteiligten in der Regel keine fehlerhafte Argumentation⁶ vorzuwerfen ist und in vielen Bereichen ein ökonomischer Grundkonsens vorhanden ist (Endres, 2008). Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die aus den ökonomischen Eigenschaften des Gutes *Klima*

⁶ Dies gilt für den *Stern Review* nur mit Einschränkung. Kritiker bemängeln, dass dessen Argumentationsweise subjektiv-einseitig verläuft und es sich bei dem Bericht weniger um eine wissenschaftliche als vielmehr eine politisch motivierte Studie handeln würde (Nordhaus, 2006; 2007a; Tol & Yohe, 2006).

resultierenden Probleme bei der Implementierung einer effektiven internationalen Klimaschutzpolitik.

Da sich Treibhausgase völlig unabhängig vom Ort der Emission in kurzer Zeit relativ gleichmäßig in der Atmosphäre verteilen, lässt sich das Klimaproblem auf die Problematik Globaler Öffentlicher Güter zurückführen. Globale Öffentliche Güter,⁷ wie z.B. auch der Schutz der Ozonschicht, die Vermeidung globaler Epidemien oder die Verhinderung eines nuklearen Krieges, sind durch Nichtrivalität in der Nutzung und Nichtausschließbarkeit im Konsum gekennzeichnet (Barrett, 2007b). Ersteres besagt, dass das Öffentliche Gut (in dem hier betrachteten Fall ein *stabiles Klima*⁸) durch zusätzliche Nutzer nicht an Wert verliert bzw. in seiner Quantität nicht verringert wird. Der Grenznutzen des Gutes ist also unabhängig von der Zahl der Nutzer. Von Nichtausschließbarkeit im Konsum wird gesprochen, wenn kein Individuum von der Nutzung des Öffentlichen Gutes ausgeschlossen werden kann. Es ist zumeist aus technischen Gründen nicht möglich, die Nutzung des Gutes von der Zahlung eines Entgeltes abhängig zu machen. Vielfach erfüllen Öffentliche Güter diese beiden Voraussetzungen nur zu einem gewissen Grad und werden deshalb als *unrein* bezeichnet. Für die Klimaproblematik sieht Nordhaus (2000, S.189) die beiden Voraussetzungen eines Öffentlichen Gutes allerdings weitestgehend erfüllt.

In dem kontinuierlichen Spektrum zwischen privaten und Öffentlichen Gütern ist er [Klimawandel] ein so reines Öffentliches Gut, wie das nur möglich ist, und zwar in dem Sinne, dass er die gesamte Erde für einen sehr langen Zeitraum betrifft. Er gehört somit zu jener Klasse von Öffentlichen Gütern, die sehr schwierige Probleme aufwerfen.

Aufgrund der Nichtausschließbarkeit im Konsum besteht bei Öffentlichen Gütern für jeden Nutzer die Möglichkeit, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten. Trittbrettfahrer nutzen das Öffentliche Gut, ohne sich an den Kosten der Bereitstellung zu beteiligen. Im Fall des Klimawandels können Länder auf eine Beteiligung an internationalen Abkommen zur Verringerung von Treibhausgasemissionen verzichten bzw. vereinbarte Absprachen nicht einhalten und profitieren dennoch von den Maßnahmen anderer Länder.

⁷ Die Theorie der Öffentlichen Güter geht zurück auf Samuelson (1954). Eine Unterscheidung zwischen national und global wird seit den 90er Jahre vorgenommen, vgl. hierzu z.B. Kaul, Grunberg und Stern (1999) oder Sandler (1997).

⁸ Man könnte auch entgegengesetzt argumentieren und die Verschmutzung der Atmosphäre durch Treibhausgase als ein Öffentliches Ungut bezeichnen. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Klimaproblematik als externen Effekt zu betrachten. In diesem Fall führt die Nutzung eines privaten Gutes (fossile Brennstoffe) zu negativen Belastungen für Dritte. In der ökonomischen Theorie stellen Öffentliche Güter einen Spezialfall der allgemeinen Theorie externer Effekte dar, bei denen Alle von den externen Effekten betroffen sind (Feess, 2007). Die unterschiedliche Betrachtungsweise ändert jedoch nichts an der Grundproblematik, dass sich die Auswirkungen auf Dritte aus der Bereitstellung bzw. Nutzung eines Gutes nicht im Preis des Gutes widerspiegeln.

Die Möglichkeit des Trittbrettfahrens führt dazu, dass die meisten (Globalen) Öffentlichen Güter durch den Markt nur unzureichend bereitgestellt werden und eine Rechtfertigung für staatliche Eingriffsnahme gegeben ist. In einem funktionierenden politischen System lässt sich auf nationaler Ebene Trittbrettfahrerverhalten im Bereich Öffentlicher Güter, z.B. bei der Reinhaltung von Luft und Gewässern, mittels staatlicher Regulierungen beschränken. Auf internationaler Ebene ist dagegen die Implementierung und Durchsetzung eines Regelwerkes weitaus schwieriger, da keine supranationale Institution über eine dafür notwendige rechtliche Legitimation verfügt. Es ist jedem Land freigestellt, sich an internationalen Abkommen zu beteiligen bzw. kein Land kann effektiv dazu verpflichtet werden, seine Treibhausgasemissionen im Sinne des globalen Allgemeinwohls zu reduzieren (Schelling, 2002). Aus diesem Grund verhalten sich Länder vielfach *nichtkooperativ*,⁹ solange nicht gewährleistet ist, dass andere Länder ihrerseits Maßnahmen für die Bereitstellung des Globalen Öffentlichen Gutes ergreifen. Oder anders ausgedrückt: Länder verhalten sich rational im Sinne des *Homo Oeconomicus* und streben eine Maximierung ihres Nutzens an.¹⁰ Ähnlich wie Individuen sind Länder hierbei Restriktionen ausgesetzt. Jede Entscheidung für etwas, bedeutet den Verzicht auf die nächstbeste Alternative, d.h. es sind sog. Opportunitätskosten¹¹ zu berücksichtigen. Aus dieser Argumentation folgt, dass sich Länder nur an internationalen Vereinbarungen zur Bereitstellung eines Globalen Öffentlichen Gutes beteiligen, wenn der Nutzen der Kooperation für das Land die damit verbundenen (Opportunitäts-)Kosten übersteigt (Barrett, 2003; 2007b).

Im Fall des Klimawandels entstehen Kosten der Kooperation aus Maßnahmen zur Verringerung der weltweiten Treibhausgasemission, z.B. durch den Einsatz sauberer (aber teurerer) Technologien oder Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz. Die dafür eingesetzten Gelder stehen nicht mehr für eine andere Verwendung zur Verfügung.

⁹ *Nichtkooperativ* ist ein Fachausdruck aus der Spieltheorie. Er bezeichnet Verhandlungsstrategien, bei denen keiner der Beteiligten bereit ist, zugunsten des anderen von seinen eigenen Zielen abzuweichen (Nordhaus, 2000).

¹⁰ Ein idealtypisch rational handelndes, eigennutzenorientiertes Individuum wird als *Homo Oeconomicus* bezeichnet. Das Konzept des *Homo Oeconomicus* wurde aufgrund seiner restriktiven Annahmen in den letzten Jahren häufiger in Frage gestellt und als empirisch nicht haltbar eingestuft. Allerdings berücksichtigt die Kritik nicht, dass ein auf den ersten Blick irrationales Verhalten auch Ausdruck einer komplexen Nutzenfunktion sein kann, in der z.B. Gedanken der Fairness oder die Zeit für die Entscheidungsfindung mit einfließt. Folglich ist auch ein eingeschränkt rationales Verhalten bei unvollständiger Information mit dem Konzept des *Homo Oeconomicus* vereinbar (Kirchgässner, 2008). Die Betrachtung von Ländern als ein Aggregat vieler *Homines Oeconomici* erscheint somit weiterhin als eine sinnvolle methodische Herangehensweise. Auf die Problematik, dass Länder von Politikern geführt werden, die eigene Interessen verfolgen, die nicht mit der (aggregierten) Nutzenmaximierung ihrer Einwohner übereinstimmen müssen, wird in Kapitel 1.4.2 eingegangen.

¹¹ Als Opportunitätskosten bezeichnet man den Nutzenverlust, der bei mehreren Alternativen durch die Entscheidung für die eine und gegen die anderen Alternativen entsteht.

Für das einzelne Land resultiert der Nutzen aus einer Begrenzung der klimatischen Veränderungen als Folge einer Reduktion der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre. Klimatische Veränderungen zeigen sich in einer Zunahme extremer Wetterereignisse (Überschwemmungen, Dürren, Stürmen), einem steigenden Meeresspiegel oder generellen Veränderungen der klimatischen Bedingungen (z.B. einer veränderten regionalen Niederschlagsintensität). In der Folge können diese klimatischen Veränderungen zu sinkenden Ernteerträgen, zunehmender Wasserknappheit, Verlust an Lebensraum, Ökosystemen und Artenvielfalt sowie einer Zunahme von Krankheiten führen (IPCC, 2007b). Aufgrund der weiterhin zahlreichen Unsicherheiten hinsichtlich der Folgen des Klimawandels lässt sich der Nutzen allerdings nur ungenau bestimmen (IPCC, 2007b, vgl. hierzu auch Kapitel 2).¹² Zu berücksichtigen ist, dass die Höhe der Kosten von den marginalen Veränderungen des Ausstoßes von Treibhausgasen bestimmt wird, während der Nutzen von der global akkumulierten Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre abhängt (McKibbin & Wilcoxon, 2002).

Über den unmittelbaren Nutzen aus Klimaschutzmaßnahmen hinaus, können weitere Faktoren, wie z.B. ein Reputationsgewinn des Landes oder das persönliche Wohlbefinden der Bürger in einem intakten Klima, eine nicht zu vernachlässigende Rolle in den Nutzen-Kosten-Relation einzelner Länder spielen (Stern, 2007).

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Die Dissertation widmet sich der Thematik des Klimawandels mit dem Ziel, Ansätze zu identifizieren, die zu einer Verbesserung der Nutzen-Kosten-Relation in internationalen Klimaschutzverhandlungen beitragen und folglich die Bereitschaft der Länder erhöhen, sich an supranationalen Abkommen zu beteiligen und deren Verpflichtungen auch einzuhalten. Ausgangspunkt sind hierbei Forderungen nach einer stärkeren Fokussierung auf die Entwicklung und Verbreitung klimaschonender Technologien innerhalb der internationalen Klimaschutzverhandlungen, welche zumeist unter den Schlagwörtern der Technologieorientierung (de Coninck et al., 2008), der technologischen Kooperation (Stern, 2007) oder auch des Technologietransfers (IPCC, 2000) zu finden sind.¹³ Der Grundgedanke

¹² Bezogen auf die einzelnen Länder kann das Nutzen-Kosten-Verhältnis aus einer Verringerung der Treibhausgaskonzentration sehr unterschiedlich ausfallen und in einigen Fällen sogar negativ sein. So werden gemäß dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft einige Regionen Nordeuropas sogar von der globalen Erwärmung profitieren (IPCC, 2007b).

¹³ Definitionen dieser in der Literatur recht ungenau definierten Begriffe finden sich in Kapitel 5 und 6 sowie auf Seite 31 dieser Einführung.

dieser Forderungen ist, dass mittels Kooperationen zur Entwicklung und Verbreitung von Technologie der (klima-)technologische Fortschritt beschleunigt werden kann. Dieser führt dazu, dass die Kosten zur Minderung von Treibhausgasen sinken und die Länder ein (auf geringeren Emissionen basierendes) höheres Wohlstandsniveau erreichen können. Unter der Annahme, dass mit steigendem Einkommen sowohl die absoluten Schäden aus dem Klimawandel steigen als auch das Umwelt- bzw. Klimabewusstsein zunimmt, impliziert ein höheres Wohlstandsniveau auch eine höhere Bewertung des Nutzens aus einem intakten Klima. Folglich sollten sich aufgrund der verbesserten Nutzen-Kosten-Relation für einzelne Länder die Anreize erhöhen, eigene Klimaschutzmaßnahmen einzuleiten bzw. sich an internationalen Klimaschutzabkommen zu beteiligen.

In diesem Zusammenhang geht es insbesondere um Bestrebungen einer stärkeren technologischen Zusammenarbeit der Industrieländer mit Entwicklungs- und Schwellenländern. Denn sowohl im Hinblick auf eine Zunahme der Treibhausgasemissionen in den kommenden Jahrzehnten als auch im Hinblick auf die prognostizierten Schäden in Folge des Klimawandels nehmen Entwicklungsländer eine zentrale Rolle ein. Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) zufolge werden Entwicklungs- und Schwellenländer allein bis 2030 für rund drei Viertel des Anstiegs der weltweiten Primärenergienutzung verantwortlich sein (IEA, 2007). Mendelsohn et al. (2006) sagen zudem voraus, dass arme Länder den Großteil der Schäden aus dem Klimawandel tragen werden. Folglich wird die Verbesserung des technologischen Know-hows in Entwicklungsländern, um deren zu erwartenden Anstieg der Treibhausgasemissionen zu verringern, aber auch um ihre Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel zu erhöhen, häufig als Grundvoraussetzung einer erfolgreichen Klimaschutzpolitik formuliert (Stern, 2007; UNFCCC, 2007a).

Offen bleibt bei vielen der in der öffentlichen Diskussion zu vernehmenden Forderungen, mittels welcher Maßnahmen einer technologischen Kooperation der climatechnologische Fortschritt beschleunigt werden soll und welche Instrumente//Mechanismen hierfür innerhalb von internationalen Klimaschutzabkommen zum Einsatz kommen können bzw. sollen. Wie in Kapitel 1.4 näher ausgeführt wird, setzt die Entwicklung neuer Technologien andere Instrumentarien voraus als die Verbreitung bestehender Technologien. Ungeklärt bleibt auch, in welchem institutionellen Umfeld sich climatechnologischer Fortschritt *entfalten* kann und zu einer tatsächlichen Beschleunigung einer emissionsärmeren wirtschaftlichen Entwicklung beiträgt. In diesem Zusammenhang herrscht insbesondere Klärungsbedarf, inwieweit die UNFCCC eine geeignete Plattform darstellt, um die weltweite Verbreitung von Klimaschutztechnologie zu forcieren und/oder

gemeinsame Aktivitäten in Forschungs- und Entwicklung (FuE) zu koordinieren. Diese Fragestellungen wurden in der ökonomischen Forschung bisher nur unzureichend erörtert. So hält Endres (2008, S.372) fest, dass „Spezifika des Designs internationaler Umweltabkommen nach dem Kriterium der Induktion des umwelttechnischen Fortschritts (...) bisher noch zu wenig behandelt [werden].“ Zwar finden sich in der Literatur zahlreiche Aufsätze zur Bedeutung von Technologiepolitik in der Klimaproblematik (vgl. Kapitel 1.4), darunter auch einige modelltheoretische Aufsätze (Golombek & Hoel, 2006; Ulph & Ulph, 2007), die eine Vorteilhaftigkeit von gemeinsamen FuE-Aktivitäten im Rahmen von internationalen Klimaschutzabkommen bei homogenen Ländern feststellen. Informationen, inwieweit auch eine Vorteilhaftigkeit hinsichtlich der Verbreitung von Technologie anzunehmen ist, welchen Einfluss eine heterogene Länderstruktur auf die Vorteilhaftigkeit ausübt, welche potenziellen Instrumente bzw. welche Technologiefelder für die Kooperation bereit stehen oder wie Probleme hinsichtlich der Finanzierung von technologischen Kooperationen gelöst werden können, lassen sich in der Literatur jedoch nicht finden.

Diese Fragen sind jedoch von zentraler Bedeutung, um die Möglichkeiten und Grenzen einer stärkeren Fokussierung auf Technologie im Rahmen internationaler Klimaschutzabkommen abschätzen zu können. Denn sie legen fest, welche ökonomischen Anreize, d.h. welche Verschiebungen sich in der Nutzen-Kosten-Relation für einzelne Länder aus der Teilnahme an derartigen internationalen Klimaschutzabkommen ergeben (können).

Die Dissertation geht diesen Fragen mittels verbalökonomischer Analysen und qualitativer Methoden nach. Es wird untersucht, welche Instrumente innerhalb von internationalen Klimaschutzabkommen zur Induktion eines klimatechnologischen Fortschritts zur Verfügung stehen, welche Wirkungen diese Instrumente entfalten können und insbesondere, welchen Einfluss die institutionelle Ausgestaltung ausübt. Neben der Analyse bestehender Mechanismen werden hierfür verschiedene Ausgestaltungsstrategien einer auf technologische Kooperation ausgerichteten internationalen Klimaschutzpolitik, die unmittelbarer Bestandteil der gegenwärtigen Klimaschutzverhandlungen sind bzw. sein könnten, diskutiert und die Rolle der UNFCCC in diesem Prozess analysiert.

Im Hinblick auf die Komplexität der Klimaproblematik erscheinen Ausführungen über die Anreizwirkungen von technologischen Kooperationen innerhalb der internationalen Klimaschutzpolitik ohne eine Betrachtung grundlegender Sachverhalte in der Klimaproblematik nicht ausreichend. Dementsprechend decken die einzelnen Beiträge dieser Arbeit ein breiteres Spektrum ab und beziehen über die ursprünglich interessierende Frage

hinaus auch weitere grundlegende Fragen hinsichtlich der Notwendigkeit und Ausgestaltung von Klimaschutzpolitik mit ein.

Die Analyse der Arbeit erstreckt sich folglich auf zwei Bereiche, die als Grundlagen- und Prozessbereich bezeichnet werden (vgl. Abbildung 1). Der erste Bereich stellt das Grundgerüst dar und widmet sich Fragen über die Zielgestaltung internationaler Klimaschutzpolitik (Kapitel 2), deren institutioneller Ausgestaltung (Kapitel 3) sowie den Steuerungsmöglichkeiten staatlicher Technologiepolitik, die überwiegend im Rahmen dieser Einführung dargestellt werden.

Hierbei wird in Kapitel 2 untersucht, inwieweit eine internationale Klimaschutzpolitik im Sinne der Klimarahmenkonvention aus ökonomischer Sicht zu rechtfertigen ist. Der Beitrag über die internationale Ausgestaltung analysiert die Funktionsfähigkeit der UNFCCC und ihres Kyoto-Protokolls anhand ausgewählter ökonomischer Kriterien und widmet sich insbesondere der Frage, welche Ansatzpunkte existieren, um die Anreize zur Teilnahme an internationalen Klimaschutzabkommen und deren Einhaltung zu erhöhen. Die Ausführungen über die Steuerungsmöglichkeiten staatlicher Technologiepolitik zeigen, wie sich einzelne Instrumente/Mechanismen auf die Entwicklung und Verbreitung von (klimafreundlichen) Technologien auswirken. Diese Analyse liefert eine wichtige Voraussetzung für die spätere Untersuchung, inwieweit die Implementierung bestimmter Instrumente innerhalb von internationalen Klimaschutzabkommen zur Förderung des klimatechnologischen Fortschritts beitragen und die Nutzen-Kosten-Bilanz der Länder verbessern können.

Im Sinne einer auf praktische Politik ausgerichteten ökonomischen Forschung soll die Arbeit im Grundlagenbereich auch dazu beitragen, Defizite in der politischen und gesellschaftlichen Argumentation aufzuzeigen bzw. abzubauen. Wie eingangs angeführt bestehen derartige Defizite, weil häufig nicht zwischen normativen und positiven oder allokativen und distributiven Argumenten unterschieden wird und Informationsasymmetrien zu beobachten sind.

Auf der Prozessebene ist die Arbeit auf die Implementierung einer verstärkten Technologiekooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen ausgerichtet. Sie konzentriert sich dabei zum einen auf die Identifizierung von Instrumenten, die (im weiteren Sinne) als Mechanismen einer Technologiekooperation im gegenwärtigen System betrachtet werden können. Im Mittelpunkt steht hierbei in Kapitel 4 der Clean Development Mechanism (CDM).¹⁴ Primäres Ziel des CDM ist es, zu einer kosteneffizienten Reduktion der weltweiten

¹⁴ Der Beitrag aus Kapitel 3 entstand in Kooperation mit Malte Schneider und Volker H. Hoffmann vom *Department of Management, Technology, and Economics* der *Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich*.

Emissionen beizutragen und die Emissionspfade in Entwicklungsländern zu verringern. Aufgrund der starken Einbeziehung des privaten Sektors, der eine zentrale Rolle bei der weltweiten Verbreitung von Technologie einnimmt (Heller & Shukla, 2003), wird der CDM häufig mit dem Transfer von Technologie in Verbindung gebracht. Aufbauend auf einem theoretischen Rahmenmodell und aktuellen empirischen Studien wird untersucht, inwiefern der CDM als Technologietransfermechanismus bezeichnet werden kann. Zum anderen werden mögliche Ausgestaltungsformen technologischer Kooperation innerhalb eines zukünftigen Klimaschutzabkommen diskutiert. Hierfür stellt Kapitel 5 zunächst eine Übersicht über verschiedene Vorschläge von technologieorientierten Abkommen dar und prüft deren Kernelemente hinsichtlich ihrer ökonomischen Anreizwirkungen. Zudem findet eine definitorische Klärung des Begriffs der technologischen Kooperation statt, welche als Grundlage für zukünftige Diskussionen der Thematik geeignet erscheint. Kapitel 6 konzentriert sich auf die tatsächlichen Entwicklungen in den gegenwärtigen Klimaschutzverhandlungen für ein Folgeabkommen unter dem Dach der UNFCCC. Basierend auf einer im Umfeld der 13. Klimarahmenkonferenz auf Bali, Indonesien, durchgeführten qualitativen Erhebung werden verschiedene Instrumente einer technologischen Kooperation analysiert und hinsichtlich ihrer Implementierungschancen und (Anreiz-)Wirkungen geprüft.

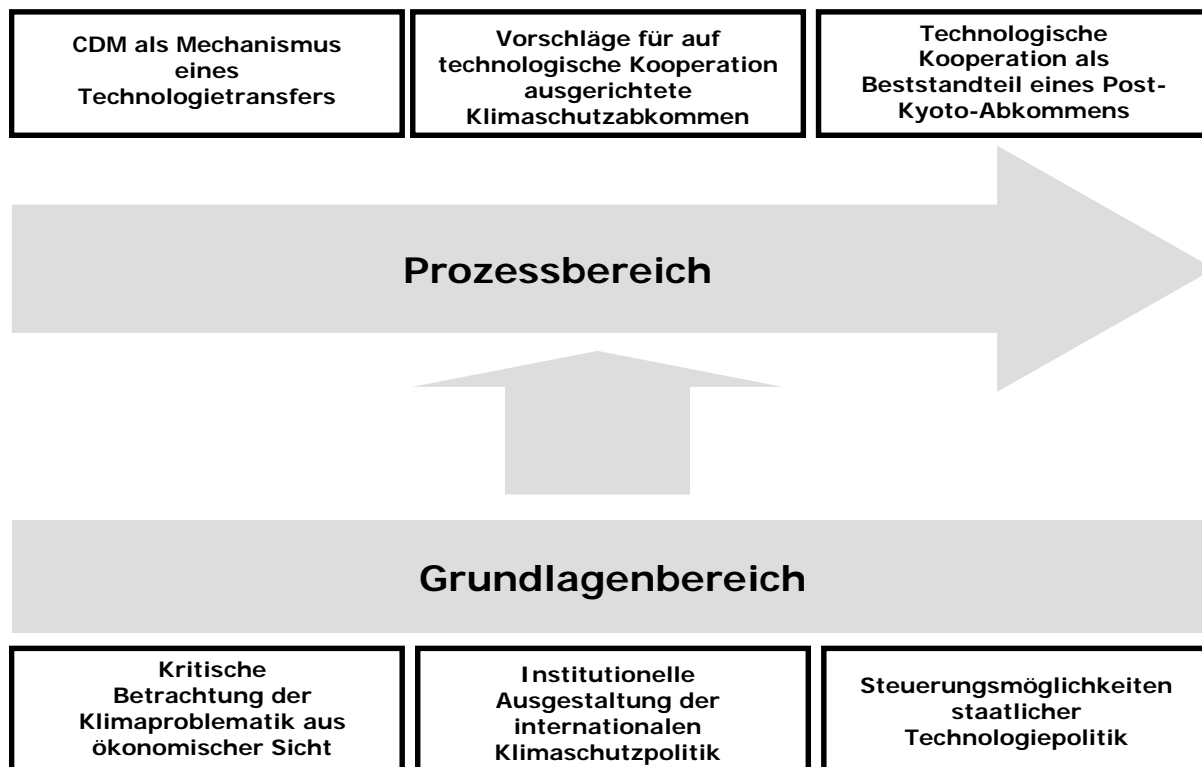
Die Methodik der qualitativen Erhebung hat sich für den empirischen Teil der Dissertation als hilfreich erwiesen, um die fehlende quantitative Datenbasis ein Stück weit zu ersetzen. Grundsätzlich bereitet der Mangel an verlässlichen Daten über die Wirkungsweisen verschiedener Instrumente einer technologischen Kooperation erhebliche Schwierigkeiten, zu belastbaren Einschätzungen über die Möglichkeiten derartiger Kooperationen innerhalb der internationalen Klimaschutzpolitik zu gelangen. Insbesondere für Entwicklungsländer sind auf mikroökonomischer Ebene kaum Informationen über die Wirkungen von Förderinstrumenten, die Bedeutung von Eigentumsrechten für Unternehmen, den technologischen Wissensstand oder den Kenntnisstand der Unternehmen hinsichtlich des Klimawandels bzw. der gegenwärtigen Klimapolitik vorhanden. Derartige Informationen sind eine wichtige Voraussetzung, um die Anreizwirkungen verschiedener technologischer Kooperationen im Sinne einer Nutzen-Kosten-Betrachtung beurteilen zu können. Eine Verbesserung der Datenbasis erscheint unerlässlich, stellt aber kein leichtes Unterfangen dar.

Erfahrungen, wie schwierig es ist, verlässliche, quantitativ auswertbare Daten aus Entwicklungsländern zu generieren, wurden auch im Rahmen dieser Dissertation gesammelt. Um tiefere Informationen über die Art und den Umfang des durch den CDM generierten Technologietransfers zu sammeln, wurde in Kooperation mit dem *Department of Management, Technology, and Economics* der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH), Zürich sowie dem *Indian Institute of Technology (IIT), Roarkee* von April bis Juni 2007 eine Befragung in der indischen Papier- und Zellstoffindustrie durchgeführt. Die Aufgabenteilung der Kooperation sah vor, dass die Konzeptionierung und anschließende Auswertung der Fragebögen durch die *ETH* bzw. die *Universität Passau* erfolgen sollte, während die indische Seite für die Durchführung der Befragung zuständig war. Als führendes Forschungs- und Beratungsinstitut in der indischen Papierindustrie verfügt das *IIT Roarkee* über ein weitreichendes branchen- und länderspezifisches Know-how und eine sehr gute Vernetzung innerhalb der Branche. Zudem konnte auf eine Datenbank des *IIT Roarkee* zurückgegriffen werden, in der über 400 Unternehmen der indischen Papierindustrie erfasst sind. Nach Durchführung einer Vorstudie wurden die Unternehmen schriftlich zur Teilnahme an der Befragung eingeladen. Die Unternehmen erhielten die Möglichkeit den Fragebogen (siehe Appendix C) schriftlich oder online auszufüllen. Trotz dieser vielversprechenden Voraussetzungen gelang es jedoch nicht, eine für quantitative Auswertungen brauchbare Datenbasis zu generieren. Insgesamt nahmen lediglich 12 Unternehmen an der Befragung teil, was einer Beteiligungsquote von weniger als 3% entspricht. Darüber hinaus wiesen die eingereichten Fragebögen z.T. zahlreiche Lücken und Inkonsistenzen auf, wodurch auch eine qualitative Auswertung keine verwertbaren Aussagen liefern konnte.

Als zentrale Gründe für das Scheitern der Befragung sind aufgrund eingehender Recherchen folgende Punkte zu nennen: 1) ein zu hoher Komplexitätsgrad des Fragebogens, 2) eine generelle Grundskepsis unter indischen Unternehmen, sich an Befragungen zu beteiligen und Daten des Unternehmens öffentlich zu machen, 3) eine mangelhafte IT-Infrastruktur bei indischen Unternehmen. So konnten zahlreiche Unternehmen aufgrund einer fehlenden Internetverbindungen die Möglichkeit der online-Teilnahme nicht wahrnehmen, 4) eine schwierige Koordination der Umfrage aufgrund der großen räumlichen Distanz, und 5) eine fehlende Offenheit des indischen Kooperationspartners frühzeitig über sich abzeichnende Probleme und den aktuellen Stand der Befragung zu informieren.

In Anbetracht ihrer fehlenden Aussagekraft wird auf die Aufnahme der Ergebnisse aus der Befragung in die Dissertation verzichtet. Der Prozessbereich gliedert sich demnach in die drei in Abbildung 1 dargestellten Komponenten.

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit



Quelle: Eigene Darstellung

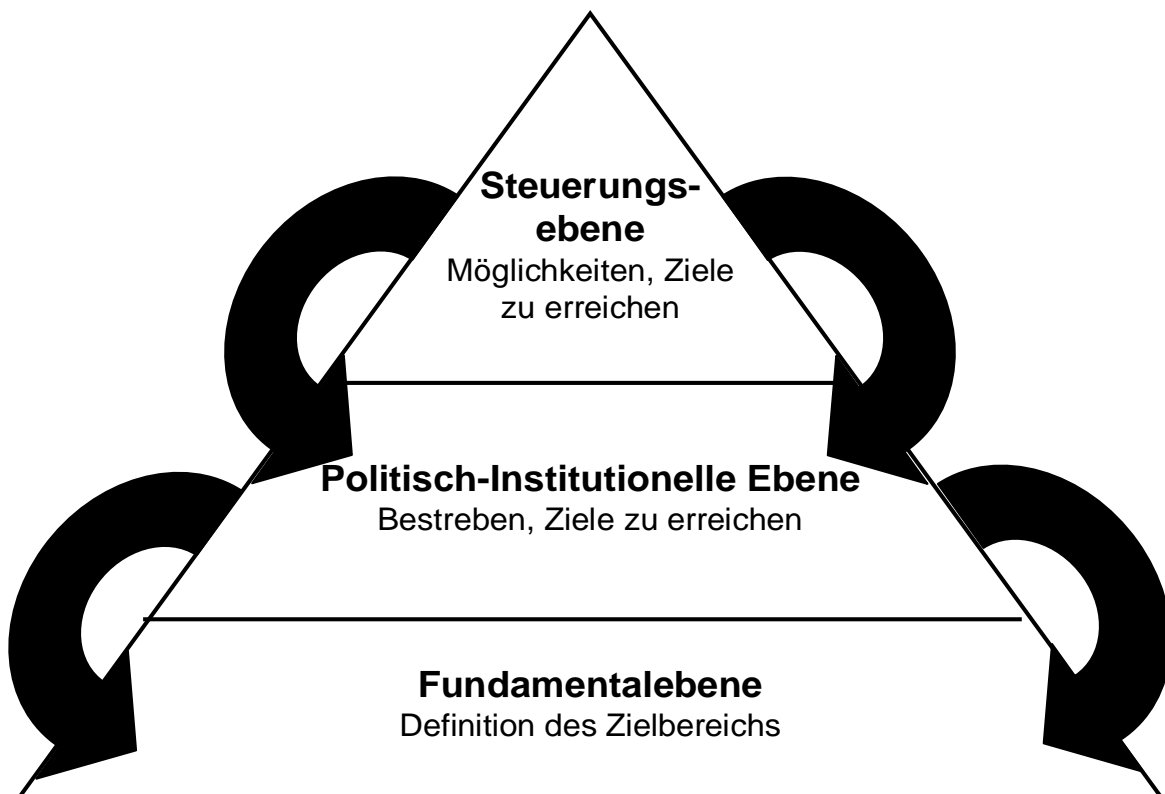
Im folgenden Teil dieser Einleitung werden die zentralen Punkte der beiden Bereiche kurz erläutert bzw. im Hinblick auf die Steuerungsmöglichkeiten staatlicher Technologiepolitik ausführlicher dargestellt.

1.4 Grundlagenbereich: Ebenen der Klimaproblematik aus ökonomischer Sicht

Wie eingangs geschildert, finden sich im Bereich der ökonomischen Analysen der Klimaproblematik z.T. kontroverse Standpunkte, die in der Regel nicht auf logische Fehler in der Argumentation zurückzuführen sind. Vielmehr basieren die divergierenden ökonomischen Aussagen auf unterschiedlichen Annahmen v.a. über Gerechtigkeitsaspekte, das

Verhaltenskalkül von Politikern, die zur Verfügung stehende Informationsbasis oder die Entwicklungsprozesse politischer Entscheidungen, welche das Bild einer optimalen Klimaschutzpolitik deutlich verzerren können. Diese verschiedenen Annahmen sind auf unterschiedlichen, aufeinander aufbauenden Ebenen angesiedelt (vgl. Abbildung 2). Sie beinhalten aber auch Rückwirkungen. So können z.B. Annahmen über das Verhalten von Politikern oder über deren Informationsbasis die Definition des Zielbereichs beeinflussen.

Abbildung 2: Ebenen der Klimaproblematik aus ökonomischer Sicht



Quelle: Eigene Darstellung

1.4.1 Fundamentalebene

Diese Ebene betrifft Fragen über die Notwendigkeit, Maßnahmen gegen den Klimawandel einzuleiten bzw. definiert die Ziele, die man innerhalb einer internationalen Klimaschutzpolitik erreichen möchte. Die Fundamentalebene ist von den drei Ebenen diejenige, die auch unter Ökonomen am ehesten kontrovers diskutiert wird, da ethische Sichtweisen eine zentrale Rolle bei der Bewertung der Folgen bzw. Risiken des Klimawandels aus räumlicher und zeitlicher Perspektive einnehmen. So können unterschiedliche Vorstellungen über eine *gerechte* intra- und intergenerative

Einkommensverteilung, über die Risikoneigung von Gesellschaften sowie deren Möglichkeiten, Schäden an Mensch und Natur in Folge des Klimawandels durch andere ökonomische Ressourcen zu kompensieren, zu teilweise unvereinbaren Einschätzungen führen (vgl. hierzu auch Kapitel 2 in diesem Band). Die Diskussionen finden an der Schnittstelle positiver und normativer Aussagen statt.¹⁵ Die an dieser Grenze bestehende Problematik soll am Beispiel einer von Arrow et al. (1996a) eingeführten Typisierung von zwei kontroversen Ansätzen zur Identifizierung der *richtigen* zeitlichen Diskontierungsrate kurz erläutert werden. Im ersten Ansatz, der von Arrow et al. (1996a) als *deskriptiv* bezeichnet wird, konzentriert sich die ökonomische Analyse auf tatsächlich beobachtbare Sachverhalte und verzichtet weitestgehend auf ethische Grundsätze in der Argumentation. Im *präskriptiven* Ansatz bilden verstärkt Werturteile die Grundlage für die ökonomische Analyse.

Aufgrund der langen Verweildauer einiger Treibhausgase in der Atmosphäre wird sich der Klimawandel über viele Jahrhunderte vollziehen (IPCC, 2007b). Somit sind (erwartete) Schäden zu bewerten, die erst in ferner Zukunft auftreten werden. Um den Wert zukünftiger Schäden aus heutiger Sicht beurteilen zu können bzw. eine Vergleichbarkeit der Nutzenverluste für die jeweilige Generation zu gewährleisten, ist eine zeitliche Diskontierung erforderlich. Eine Diskontierung berücksichtigt zum einen, dass das Konsumniveau (zumindest bisher) über die Zeit immer angestiegen ist, d.h. dass zukünftigen Generationen aller Voraussicht nach mehr Ressourcen zur Verfügung stehen werden,¹⁶ um die Schäden zu bewältigen. Zum anderen fließen Einschätzungen hinsichtlich der Tatsache ein, dass Schäden nicht heute, sondern erst in Zukunft auftreten werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von der Berücksichtigung einer zeitlichen Ungeduld in der Gesellschaft. Diese zeitliche Ungeduld wird auch als *reine Zeitpräferenzrate* bezeichnet (Guo et al., 2006). Sie basiert auf der Annahme, dass die gegenwärtige Generation eine gewisse (finanzielle) Kompensation verlangt, wenn sie für Investitionen (in Klimaschutz) auf heutigen Konsum verzichtet und diesen in die Zukunft verlagert. Diskussionen über die Bedeutung der *reinen*

¹⁵ Auf dieser Fundamentalebene ist die in den öffentlichen Debatten über eine Klimaschutzpolitik oft nicht vollzogene Trennung von gesellschaftlicher Bewegung und politischer Willensbildung einerseits und wissenschaftlicher Analyse andererseits zu leisten, ohne die eine Klärung der Handlungsmöglichkeiten nicht erreichbar ist. Die Ökonomik hat in dem von Max Weber initiierten Werturteilsstreit Anfang des 20. Jahrhunderts eine vergleichbare Problematik bewältigt und daraus vermutlich einen Vorsprung an methodischem Wissen gewonnen.

¹⁶ Selbst pessimistische Prognosen in der Klimamodellierung gehen davon aus, dass auch in Zeiten des Klimawandels eine positive Wachstumsrate des Bruttoinlandprodukts (BIP) Bestand haben wird.

Zeitpräferenzrate haben in der ökonomischen Theorie eine lange Tradition.¹⁷ Sie stellen einen der zentralen Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse der ökonomischen Klimamodellierung dar.

Ökonomische Modellierungen, die sich am *deskriptiven* Ansatz orientieren (u.a. Mendelsohn, 2007; Nordhaus, 1991; Weyant, 2008) folgen einer positiv geprägten Sichtweise und stellen das beobachtbare Verhalten der heutigen Generation in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung. Klimaschutzmaßnahmen werden als Investitionsentscheidung aufgefasst, d.h. sie orientieren sich am beobachtbaren Investitionsverhalten der heutigen Generation, das auf eine zeitliche Ungeduld hinsichtlich ihres Konsumverhaltens schließen lässt. Folglich wählen sie eine relativ hohe Diskontierungsrate, wodurch zukünftige Schäden aus heutiger Sicht nicht *so stark ins Gewicht fallen*. Investitionen in den Klimaschutz bei Zinssätzen unterhalb des Marktzinses werden nicht durchgeführt. Denn dies würde im Sinne des Opportunitätskostenansatzes bedeuten, dass gegenwärtige Ressourcen suboptimal verwendet und zukünftige Generationen schlechter gestellt werden (Lomborg, 2007).

Im Vordergrund der Betrachtung steht nicht eine Maximierung der Ressource Klima sondern eine maximale Verfügbarkeit aller ökonomischen Ressourcen für zukünftige Generation. Man geht hierbei von der Annahme aus, dass Schäden an Mensch und Natur durch die Übertragung anderer ökonomischer Ressourcen (z.B. mittels Sach- und Kapitalgüter) über Generationen hinweg kompensiert werden können (Nordhaus, 1994a). Folglich können Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (Adaptation) Vorrang vor Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (Mitigation) genießen. Wie diese Kompensation erfolgen sollte, wird jedoch nicht explizit aufgeführt. Vielmehr soll die Entscheidung über die Verteilung der ökonomischen Ressourcen den zukünftigen Generationen überlassen bleiben.

Der *präskriptive* Ansatz basiert stärker auf ethisch-normativen Argumenten, die auf Annahmen über die Präferenzen zukünftiger Generation beruhen (Arrow et al., 1996a). In der Regel weisen Modellierungen der ökonomischen Folgen des Klimawandels, die dem *präskriptiven* Ansatz folgen (Cline, 1992; Stern, 2007), eine niedrigere Diskontierungsrate auf, wodurch die prognostizierten Schadensszenarien deutlich höher ausfallen. Der heutigen Generation wird kein Recht eingeräumt, den Nutzen zukünftiger Generationen aufgrund einer

¹⁷ Tiefere Einblicke in diese Diskussion liefern z.B. Dasgupta (1974), Anand und Sen (2000) oder Broome (1992; 2004).

zeitlichen Ungeduld im Konsumverhalten abzuwerten.¹⁸ Zudem geht der Ansatz davon aus, dass aufgrund von Marktunvollkommenheiten im Umweltbereich ökonomische Ressourcen für zukünftige Generationen durch Investitionsentscheidungen der heutigen Generationen nur suboptimal bereitgestellt werden bzw. marktübliche Zinssätze oft nur einen mangelhaften Indikator für die marginalen Trade-offs der Gesellschaft darstellen. Folglich stellt die politische Einflussnahme eine notwendige Voraussetzung dar, um zukünftigen Generationen ein höheres Maß an ökonomischen Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Auch im *präskriptiven* Ansatz werden Opportunitätskosten bei Investitionen berücksichtigt. Allerdings wird ein stabiles Klima als fundamentaler Bestandteil für das Wohlergehen zukünftiger Generationen betrachtet. Der Einsatz ökonomischer Ressourcen darf demnach zu keinen negativen (irreversiblen) Wirkungen auf das Klima führen, womit Investitionsentscheidungen in Klimaschutzmaßnahmen vielfach schon *per se* als vorteilhaft betrachtet werden. Heutige emissionsmindernde Maßnahmen können im Sinne eines Vorsorgeprinzips gerechtfertigt werden. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel stellen dagegen primär eine Notwendigkeit dar, um Fehler der Vergangenheit auszugleichen. Sie werden aber nur sehr begrenzt als Kompensation für die Verluste aus den zukünftigen klimatischen Veränderungen anerkannt.

Im Hinblick auf die Nutzung von Naturgütern erinnert der *präskriptive* Ansatz an das Konzept von Rawls (1971), den Nutzen des am schlechtesten gestellten Individuums bzw. der am schlechtesten gestellten Generation zu maximieren. Das Rawl'sche Konzept wird allerdings im Hinblick auf eine Aversion gegen ungleiche Einkommensverteilungen zumeist nicht angewendet (Dasgupta, 2007). Im Sinne von Rawls sind intergenerative Umverteilungen unter der Annahme, dass zukünftige Generationen prinzipiell reicher sind, nicht zu rechtfertigen. Dennoch gehen *präskriptive* Ansätze, wie der *Stern Review* (2007), davon aus, dass die heutige Generation diese Ungleichheit akzeptiert und umfangreiche Umverteilungen vornehmen würde, um den Klimawandel zu vermeiden.

Akzeptiert man den präskriptiven Ansatz als normative Handlungsgrundlage gelangt man bei der gegenwärtigen Informationslage über das (beschleunigte) Fortschreiten des Klimawandels (IPCC, 2007b) zu einer klaren Zielvorgabe: Die Bewältigung der Klimaproblematik im Sinne der Klimarahmenkonvention ist ohne eine schnelle, umfassende

¹⁸ Beispielsweise bezeichnet Ramsey (1928, S.543) die *reine Zeitpräferenzrate* als „a practice which is ethically indefensible and arises merely from the weakness of the imagination.“ Solow (1974a, S.9) ist ähnlicher Meinung: „In social decision-making, however, there is no excuse for treating generations unequally, and the time-horizon is, or should be, very long. In solemn conclave assembled, so to speak, we ought to act as if the social rate of time preference were zero (...).“

Reduzierung der prognostizierten Emissionspfade nicht realisierbar. Wenngleich der Umfang der in diesem Sinne notwendigen Emissionsreduktionen in den internationalen Klimaschutzverhandlungen noch nicht genauer spezifiziert wurde, wird diese Zielvorgabe häufig mit einer Begrenzung der durchschnittlichen globalen Temperaturerhöhung auf zwei Grad Celsius bzw. einer Begrenzung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf 500 bis 550 ppme¹⁹ gleichgesetzt (Barrett, 2007b).²⁰ Hierfür müsste die jährliche globale Emissionsmenge bis zur Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich um rund 50 Prozent reduziert werden (IEA, 2008a).

Tabelle 1: Vergleich des präskriptiven und deskriptiven Ansatzes zur Diskontierung

Ansatz	Präskriptiv	Deskriptiv
Grundprinzip	Ethisch-normativ	Positiv, Effizienz orientiert
Kompensation für zerstörtes Klima	Nur sehr begrenzt möglich	Möglich
Intergenerative Zielsetzung	Intaktes Klima erhalten	Maximierung der ökonomischen Ressourcen
Vorsorgeprinzip	Berechtigt	Nicht bzw. nur begrenzt berechtigt
Vergleichbarkeit mit anderen Investitionen	Ja	Nein
Adaptation	Nicht in Kosten berücksichtigt	Verringert die Kosten
Forderung nach Schadensvermeidung	Umfassend und rasch	Begrenzt und überwiegend in der Zukunft
Verbreitung unter Ökonomen	Minderheitenmeinung (die zunehmend Beachtung findet)	Mehrheitsmeinung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Broschek 2008

Wie Tol (2005) anmerkt, können die ethischen Annahmen des präskriptiven Ansatzes den tatsächlichen beobachtbaren Verhaltensweisen der gegenwärtigen Generation nicht standhalten. Das moralische Verantwortungsgefühl der gegenwärtigen Generation für ärmere Teile der Welt und zukünftige Generationen ist deutlich schwächer als es die *präskriptiven* Modelle suggerieren. Nordhaus (2006; 2007a) oder auch Weitzman (2007) verweisen in

¹⁹ Der Anteil von Kohlendioxid in der Atmosphäre wird in *parts per million (ppm)* gemessen. Zur Vergleichbarkeit aller THG findet eine Umrechnung der übrigen THG in Kohlenstoffäquivalente statt. Folglich wird der Anteil aller THG in der Atmosphäre in *parts per million equivalents (ppme)* ausgedrückt.

²⁰ Neben der Europäischen Union haben auch die Gruppe der acht führenden Industrienationen sowie acht weitere große Volkswirtschaften, darunter China und Indien, zwischenzeitlich das 2-Grad-Ziel als Zielmarke anerkannt ohne jedoch präzise Klimaschutzziele zu vereinbaren (Seith, 2009).

diesem Zusammenhang darauf, dass die Annahmen des *präskriptiven* Ansatzes irrational hohe Sparquoten voraussetzen. Klaus (2007) kritisiert, dass die Zukunft nach den gleichen Kriterien bewertet wird wie die Gegenwart, d.h. zukünftigen Generationen werden sehr ähnliche Präferenzen und Wertschätzungen zugeschrieben wie der gegenwärtigen, obwohl wir die Präferenzen zukünftiger Generationen noch gar nicht kennen. Auch die beobachtbare Risikoneigung der heutigen Gesellschaft lässt es fraglich erscheinen, ob umfassende Emissionsminderungen unter dem Aspekt der Risikovorsorge von einem Großteil der Bevölkerung, vor allem auch auf Seiten der Entwicklungsländer, überhaupt gewünscht werden.

Andererseits besteht bei einer solchen analytischen Vorgehensweise die Gefahr, dass die Interessen zukünftiger Generationen nicht hinreichend berücksichtigt werden. Denn gerade im Sinne der ökonomischen Analyse sollten negative Externalitäten, die durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht werden, im Entscheidungskalkül der heutigen Generation eine untergeordnete Rolle spielen bzw. im Sinne eines „selektivem Zukunftsaltruismus“²¹ (Endres, 2008, S.362) zumindest über die Zeit deutlich abnehmen. In der Konsequenz muss dies aus intergenerativer Sicht zu suboptimalen Investitionen der heutigen Generation in Klimaschutzmaßnahmen führen. So ist Dasgupta (2008) zuzustimmen, dass eine alleinige Orientierung am beobachtbaren Investitionsverhalten der heutigen Generation in der Klimaproblematik nicht ausreicht.

Wie obige Diskussion zeigt, erschwert die Berücksichtigung von ethischen Grundsätzen allerdings die Zieldefinition. Zum einen muss man die daraus abgeleiteten Folgerungen selbst bei logisch korrekter Argumentation nicht akzeptieren, wenn man die zugrunde liegenden Wertprämissen nicht teilt (Becker et al., 2008). Zum anderen führt Nordhaus (2006) an, dass Forderungen nach einer intergenerativen Gleichbehandlung oder eine Rawlsche Sichtweise auf einer Stufen stehen mit alternativen ethischen Perspektiven. Forderungen, dass jede Generation mindestens genauso viel Sozialkapital (bestehend aus physischem Kapital, Naturkapital, Humankapital und technologischem Kapital) hinterlassen sollte, wie sie selbst vorgefunden hat, oder, dass im Sinne einer Minimax-Regel, das Konsumminimum entlang des riskantesten Konsumpfades zu maximieren ist, sind genauso ethisch begründbar, können aber zu sehr unterschiedlichen Zieldefinitionen führen. So steht z.B. im Fall der Minimax-Regel weniger der (maximale) Erhalt des stabilen Klimas als vielmehr eine Minimierung der klimatischen Auswirkungen im Vordergrund, wodurch

²¹ Der Terminus besagt, dass sich ein intergeneratives Verantwortungsgefühl verstärkt an die eigene, nachfolgende Generation richtet.

Adaptionsmaßnahmen, z.B. in Form von Lagerstätten für Nahrungsmittel und Medikamente zur Vermeidung von Epidemien, stärkere Beachtung finden.

Eine befriedigende Zieldefinition für das richtige Maß an heutigen Klimaschutzmaßnahmen ist demnach aus wohlfahrtsökonomischer Sicht (zumindest bisher) nicht möglich, oder wie Dasgupta (2008, S.40) es formuliert: „Intergenerational welfare economics raises more questions than it is able to answer satisfactorily.“ Inwieweit hieraus Probleme für die internationale Klimaschutzpolitik resultieren, wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

1.4.2 Politisch-institutionelle Ebene

Diese Ebene beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit Zielvorgaben der Fundamentalebene im politischen Prozess realisierbar sind. Bei der Beantwortung dieser Frage üben Annahmen über das Verhalten von Politikern starken Einfluss auf die Einschätzung aus, welche institutionelle Verankerung ein internationales Klimaschutzabkommen erreichen kann.

Vielfach wird unterstellt, dass Regierungen als wohlwollende Diktatoren auftreten und im Sinne eines (intergenerativen!) Allgemeinwohls handeln.²² Eine Klimaschutzpolitik, die unter dieser Annahme das Erreichen einer global optimalen Lösung anstrebt, setzt sehr hohe Anforderungen an die Verhaltensweisen der politischen Akteure. Diese müssen die zahlreichen Anreize zum Trittbrettfahren überwinden und das eigene Wohlergehen sowie möglicherweise das der eigenen Wähler dem globalen Allgemeinwohl unterordnen.

Arbeiten aus dem Bereich der *Public Choice Theorie* (Black, 1958; Buchanan & Tullock, 1962; Downs, 1968) zeigen, dass es sich hierbei um ein normatives Ideal handelt, welchem die beteiligten Akteure im tatsächlichen Verhalten nicht gerecht werden (können). Zum einen gefährden Politiker ihre Wiederwahl, wenn sie die eigenen Wähler über Gebühr (und über deren Zahlungsbereitschaft) belasten. Zum anderen bestehen für sie geringe Anreize heutige (kostspielige) Maßnahmen einzuleiten, deren Erträge erst über ihr politisches Wirken hinaus spürbar werden (Kirchgässner & Schneider, 2003). Letzteres Argument setzt eine asymmetrische Informationslage zwischen Wählern und Politikern voraus. Der Wähler wünscht zwar eine Begrenzung des Klimawandels, ist aber selber nicht in der Lage, die dafür notwendigen Maßnahmen abzuschätzen. Opportunes Verhalten von Politikern zur Maximierung des kurzfristigen Erfolges kann somit vom Wähler nicht bzw. nur unzureichend bestraft werden (Gollier, Jullien, & Treich, 2000). Die bisherigen Erfahrungen mit der

²² Sowohl die Wohlfahrtsökonomie als auch die Literatur zu Öffentlichen Gütern lässt offen wie die Maximierung des Gesamtnutzens von staatlicher Seite angegangen werden sollte.

UNFCCC und dem Kyoto-Protokoll scheinen diese Einschätzungen in weiten Teilen zu unterstützen.

In diesem Zusammenhang muss man sich zudem bewusst machen, dass Ziele, die sich primär auf die Präferenzen zukünftiger Generationen berufen bzw. sich nicht an den (beobachtbaren) Präferenzen der gegenwärtigen Generation orientieren, in ihrer politischen Umsetzung stark gefährdet sind. Denn zukünftige Generationen haben, ähnlich wie Naturgüter, keinen objektiven Wert bzw. sind nicht in der Lage, ihre Präferenzen zu artikulieren. Der Nutzen für zukünftige Generationen aus einem intakten Klima wird durch die Einschätzungen bzw. den Altruismus der gegenwärtigen Generation festgelegt. Im Sinne von Downs (1968) stellen somit in demokratischen Ländern die Präferenzen der gegenwärtigen Gesellschaft bzw. im Fall des Medianwähleransatzes²³ die Präferenzen der Mitte der Gesellschaft die Basis für die Festlegung und Realisierung bestimmter Ziele innerhalb des politischen Willensbildungsprozesses dar. Dieser Argumentation folgend, kann der *präskriptive Ansatz* (und sein Vorsorgeprinzip) erst mit der Annahme, dass in der heutigen Generation eine Präferenz für das Globale Öffentliche Gut *stabiles Klima* im Sinne der Klimarahmenkonvention vorhanden ist, im politischen Willensbildungsprozess eine hinreichende Berücksichtigung finden. Trotz eines wachsenden Klimabewußtseins der Bevölkerung in vielen (Industrie-)ländern in der jüngeren Vergangenheit ist diese Annahme durchaus mit einigen Zweifeln versehen. Dennoch basieren die späteren Analysen, v.a. im Prozessbereich der Arbeit auf dem Gedanken, dass die heutige Generation, zumindest in Summe, einen Nutzen aus einem intakten Klima zieht und folglich ein grundsätzliches Interesse besteht, das Globale Öffentliche Gut *stabiles Klima* bereitzustellen. Dieses grundsätzliche Interesse an einem stabilen Klima ist aufgrund der Trittbrettfahrerproblematik allerdings nicht mit der Bereitschaft zur Finanzierung des Gutes gleichzusetzen.

Barrett (2007b) verweist darauf, dass unterschiedliche Arten von Globalen Öffentlichen Gütern unterschiedliche Beteiligungen der Länder für deren Bereitstellung voraussetzen. In einigen Fällen, wie z.B. bei der Vermeidung von nuklearen Kriegen, kann der Nutzen aus der Bereitstellung so groß sein, dass er die Kosten der Bereitstellung für einzelne Länder übersteigt und das Globale Öffentliche Gut von wenigen Ländern oder sogar unilateral bereitgestellt wird. In anderen Fällen, wie z.B. bei der Ausrottung des Polio-Virus, kann die Beteiligung aller Länder erforderlich sein. Für den Klimawandel spricht Barrett (2007b, S.5) von notwendigen „*aggregate efforts of all countries*“. In Anbetracht der

²³ Als Medianwähler bezeichnet man den für den Wahlausgang entscheidenden Wähler.

Tatsache, dass 25 Länder²⁴ für den Ausstoß von rund 80 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich sind (IPCC, 2007a), gilt diese Einschätzung mit einer gewissen Einschränkung: zumindest die Länder mit den größten Treibhausgasemissionen müssen an der Bereitstellung des Gutes *stabiles Klima* beteiligt sein. Allerdings gilt weiterhin, dass die Aktivitäten eines Landes keine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration bewirken können. Dementsprechend sind die Anreize zum Trittbrettfahren als hoch einzuschätzen.

Wie eingangs geschildert, herrscht unter Ökonomen über die mangelhaften Anreize bei der Bereitstellung Globaler Öffentlicher Güter grundsätzliche Einigkeit. So stellen optimistische Einschätzungen hinsichtlich einer Koalitionsbildung zur Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration lediglich eine Minderheitenmeinung dar (Endres, 2008). Allerdings zeichnet sich (noch) kein Konsens ab, welche *institutionelle Tiefe* und *Breite* für ein internationales Klimaschutzabkommen unter diesen Voraussetzungen in der realen Welt politisch anzustreben ist.

Hinsichtlich der möglichen *institutionellen Tiefe* fordern zahlreiche Ökonomen (u.a. Barrett, 2007a; Carraro, 2007; Schelling, 2002; Victor, 2004) gänzlich auf bindende Emissionsverpflichtungen zu verzichten, da diese aufgrund der mangelhaften Durchsetzungsfähigkeit auf internationalem Parkett einen grundsätzlich *fehlerhaften* Ansatz darstellen. Sie setzen primär auf die Verabschiedung von freiwilligen Maßnahmen. Die ernüchternden Bilanzen solch unverbindlicher Abkommen in früheren Klimaschutzverhandlungen²⁵ und vielen nationalen Umweltvereinbarungen²⁶ zeigen, dass freiwillige Verpflichtungen als isoliertes Instrument keine befriedigende Alternative darstellen, wenn Stabilisierungsziele im Sinne der Klimarahmenkonvention erreicht werden sollen. Darüber hinaus lassen sich Argumente finden, die das Bestreben nach der Verabschiedung von bindenden Verpflichtungen auch im Hinblick auf eine Verbesserung der Anreizstruktur rechtfertigen.²⁷ Hierzu zählen vor allem ein Reputationsgewinn in Folge der

²⁴ Die EU wird in diesem Fall als ein Land betrachtet.

²⁵ In der UNFCCC wurde vereinbart, dass Länder ihre Emissionen möglichst kosteneffizient bis zum Jahr 2000 auf das Niveau von 1990 absenken und darüber hinaus Entwicklungsländer finanziell und technologisch bei deren Klimaschutzbemühungen unterstützen. Die angestrebten Emissionsreduktionen wurden lediglich von Ländern erreicht, die sich nach dem Zusammenbruch der sozialistischen Wirtschaftssysteme in einem Transformationsprozess befanden. Auch die Unterstützung für die Entwicklungsländer fiel sehr verhalten aus (Aldy & Stavins, 2007b).

²⁶ Einen Einblick in die Wirksamkeit freiwilliger Verpflichtungen geben z.B. Rennings et al. (1997) oder Hanks (2002). Wenngleich in manchen Fällen freiwilligen Vereinbarungen eine gewisse Effektivität attestiert wird, zeigt sich, dass ihr Einfluss ohne eine hinreichende Einbettung in umfassendere politische Maßnahmen sehr begrenzt ist. Zudem sind sie häufig mit höheren Kosten verbunden als ursprünglich erwartet.

²⁷ Häufig wird in diesem Zusammenhang auf das Montreal Protokoll zum Schutz der Ozonschicht als Abkommen mit Vorbildcharakter verwiesen. In dem im Jahr 1989 in Kraft getretenen Abkommen wurden verbindliche Reduktionsziele für einige Industriegase vereinbart, die allesamt erreicht bzw. sogar übertroffen

Teilnahme bzw. ein verstärkter Reputationsverlust bei Nichteinhaltung der eingegangenen Verpflichtungen und eine größere Zuversicht, dass andere Länder ihre Verpflichtungen einhalten werden (Bodansky, 2004a). Bindende Minderungsziele können somit die Nutzen-Kosten-Relation verbessern und Anreize für Politiker erhöhen, Klimaschutzabkommen beizutreten und ihre Verpflichtungen einzuhalten. Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten, das Verhalten der Länder bzw. Politiker zu beeinflussen, sollten diese im Sinne von McKibbin und Wilcoxin (2007) nicht zu ambitioniert formuliert werden. Sonst besteht die Gefahr, dass entweder kein Abkommen zustande kommt oder zu große Zweifel an den tatsächlichen Reduktionsbemühungen der anderen Länder bestehen bleiben.

Diskussionen über die geeignete *institutionelle Breite* werden unter dem Schlagwort *Top Down vs. Bottom Up* geführt. Im ersteren Fall, welchem die UNFCCC folgt, wird eine Lösung der Klimaproblematik durch die Partizipation aller Staaten angestrebt. Neben dem Ziel, alle Emittenten von Treibhausgasen zu integrieren und eine möglichst kosteneffiziente Lösung zu erreichen, heben Befürworter des *Top-Down-Ansatzes* insbesondere die Vermeidung von *Leakage-Effekten* hervor. *Leakage* besagt, dass es bei einer beschränkten Teilnahme an Klimaschutzabkommen zu Verlagerungen von Teilen der Produktion und Nachfrageverschiebungen in nicht am Abkommen beteiligte Regionen kommen kann. Über die tatsächliche Bedeutung von *Leakage* herrscht in der Literatur Uneinigkeit (IPCC, 2007a, vgl. hierzu auch Kapitel 3.4.1 in diesem Band).

Anhänger eines *Bottom-Up* (z.B. Bodansky, 2007; Carraro & Egenhofer, 2007; Pizer, 2006; Victor, 2007) betrachten globale Lösungen aufgrund der Heterogenität der Teilnehmer als zu ambitioniert und nur unzureichend realisierbar. Sie setzen auf regionale Abkommen mit begrenzter Teilnehmerzahl, in denen die beteiligten Länder eine größere Homogenität aufweisen. Aufgrund der verbesserten Transparenz und des niedrigeren Komplexitätsgrades in den Verhandlungen steige so die Wahrscheinlichkeit, dass eine Übereinkunft erzielt werden kann. Nicht beteiligte Länder könnten dann zu einem späteren Zeitpunkt dem Abkommen beitreten. Pizer (2006) verweist auf Erfahrungen anderer internationaler Institutionen, wie der Welthandelsorganisation oder dem Internationalen Währungsfonds, bei denen verbindliche internationale Abkommen auch ohne anfängliche globale Kooperation initiiert wurden. Die Auswirkungen auf die Treibhausgaskonzentration und folglich der Nutzen aus der

wurden. Allerdings zeigt Barrett (2007b), dass eine Vergleichbarkeit der Globalen Öffentlichen Güter *stabiles Klima* und Schutz der Ozonschicht nur sehr begrenzt gegeben ist, da die Nutzen-Kosten Relation im zweiten Fall wesentlich günstiger ausfällt.

Kooperation bleibt allerdings beschränkt bis andere Länder ebenfalls ihre Klimaschutzaktivitäten ausweiten.

Die Analyse dieser Arbeit verdeutlicht, dass der Top-Down Ansatz der UNFCCC in der Tat vielfältige Probleme aufweist. So ermöglicht der globale Ansatz, dass sich Länder wie China oder Indien dem öffentlichen Druck nach eigenen Minderungszielen entziehen, in dem sie sich in den Verhandlungen mit anderen Entwicklungsländern zusammenschließen. Zudem führt die Beteiligung der zahlreichen Entwicklungsländer dazu, dass Verteilungsfragen einen Großteil der Verhandlungszeit in Anspruch nehmen bzw. dass Verhandlungen über Minderungsziele nicht losgelöst von distributiven Argumenten geführt werden können. In diesem Zusammenhang muss man sich erneut bewusst machen, dass eine relativ kleine Gruppe an Ländern für den überwiegenden Teil der weltweiten Emissionen verantwortlich ist. Die Arbeit kommt deshalb zu dem Schluss, dass Verhandlungen über Emissionsminderungsziele im Rahmen von kleineren Verhandlungsgruppen einen vielversprechenderen Ansatz zur Verabschiedung von bindenden Emissionsminderungszielen darstellen.

1.4.3 Steuerungsebene

Auf dieser Ebene beschäftigt man sich mit der Frage, ob den politischen Akteuren hinreichende Informationen über den geeigneten Weg bzw. Steuerungsmöglichkeiten zur Zielerreichung zur Verfügung stehen. Im Rahmen dieser Arbeit geht es auf der Steuerungsebene v.a. darum zu ermitteln, inwieweit mittels staatlicher Maßnahmen Einfluss auf den technologischen Wandel, d.h. die Entwicklung und Verbreitung von (Klimaschutz-) Technologie genommen werden kann bzw. im Hinblick auf die effiziente Allokation von ökonomischen Ressourcen genommen werden sollte. Auch in diesem Bereich sind in der Ökonomik divergierende Ansichten möglich. Da die Bestandteile der Steuerungsebene primär im Rahmen dieser Einführung dargestellt werden, wird der Diskussion im Folgenden etwas mehr Raum zur Verfügung gestellt.

1.5 Steuerungsmöglichkeiten staatlicher Technologiepolitik

1.5.1 Technologie und Innovationsprozess

Technologie (im Folgenden auch technologisches Wissen genannt) kann im Sinne von Galbraith (1985, S.14) als „(...) systematic application of scientific or other organized

knowledge to practical tasks” betrachtet werden. Hierbei kann technologisches Wissen entweder in Kapital- und Sachgütern (Maschinen) implementiert sein, in kodifizierbarer Form (Blaupausen, Vorlagen, Lizenzen) vorliegen oder als sog. *tacit knowledge* unmittelbar an Personen gebunden sein.

Allgemein anerkannt ist, dass Technologie eine zentrale Rolle innerhalb des Innovationsprozesses einnimmt. Im Sinne von Schumpeter (1911) besteht der Innovationsprozess aus drei Phasen: Invention, Innovation und Diffusion. Als Invention bezeichnet er die Schaffung von neuem technologischen Wissen, als Innovation die Vermarktung von technologischem Wissen und als Diffusion die anschließende Verbreitung der Technologie auf den jeweiligen Märkten. Die Dynamik des Innovationsprozesses wird stark davon beeinflusst, in welcher Form das technologische Wissen auftritt. Denn die Verbreitung von technologischem Wissen in Form von Maschinen oder kodifiziertem Wissen ist wesentlich einfacher zu bewerkstelligen als bei an Personen gebundener Technologie (IPCC, 2000). So kann der Innovationsprozess je nach Technologie sehr unterschiedliche Zeithorizonte umfassen und sich teilweise über mehrere Jahrzehnte erstrecken (Ueno, 2006).²⁸

Für Schumpeter (1911) stellt der *dynamische Unternehmer*, der die Vermarktung von technologischem Wissen vorantreibt, die zentrale Antriebskraft für den Innovationsprozess dar. Die primäre Aufgabe des Staates bestehe deshalb darin, einen funktionsfähigen marktwirtschaftlichen Rahmen zu schaffen, in dem der Unternehmer (Innovator) seine kreativen Kräfte entfalten kann. Allerdings gibt es unter Ökonomen eine weit verbreitete Ansicht, dass technologisches Wissen auch in einem funktionierenden Marktumfeld nicht effizient bereitgestellt wird, da vorhandene (Wissens-)Spillovereffekte von den Innovatoren nicht hinreichend berücksichtigt werden.²⁹

A successful innovator will capture some rewards, but those rewards will always be only a fraction – and sometimes a very small fraction – of the overall benefits to society of the innovation. Hence innovation creates positive externalities in the form of knowledge spillovers for other firms, and spillovers of value or consumer surplus for the users of the new technology (Jaffe, Newell, & Stavins, 2005, S.4).

Spillover können sowohl in der Phase der Entwicklung als auch der Verbreitung von Technologie auftreten, wenngleich die Art der Spillover sich unterscheiden. Im ersten Fall

²⁸ Beispielsweise dauerte es über ein halbes Jahrhundert von der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion von Faraday im Jahr 1831 bis zur Entwicklung des elektrischen Generators (Sharlin, 1961). Die Zeitspanne hat sich verkürzt seitdem Forschungsabteilungen in industriellen Betrieben eingeführt wurden (Rosenberg & Birdzell Jr., 1986).

²⁹ Aufgrund dieser Spillover wird Technologie häufig auch als (Unreines) Öffentliches Gut bezeichnet, vgl. Kapitel 5.2.2.

wird grundsätzlich neues Wissen generiert, aus dem neue Innovationen entstehen können. Im zweiten Fall resultieren die Spillover daraus, dass durch eine verstärkte Anwendung bestehenden technologischen Wissens zusätzliche Erträge realisiert werden können. Jaffe et al. (2005) unterscheiden hierbei zwischen *Learning-by-using*, *Learning-by-doing* und *Netzwerk Externalitäten*. Spillover im Sinne eines *Learning-by-using* treten auf der Konsumentenseite auf. Sie bestehen darin, dass ein Benutzer einer neuen Technologie für andere (kostenlose) Informationen über die Existenz, Eigenschaften, oder den Erfolg einer neuen Technologie generiert. *Learning-by-doing* bezeichnet Spillovereffekte auf der Produzentenseite. Durch die Anwendung der neuen Technologie sammelt der Produzent Erfahrungen, die in vielen Fällen auch bei anderen Produzenten zu einer Verringerung der Produktionskosten beitragen können. *Netzwerkexternalitäten* bestehen, wenn durch eine größere Zahl an Benutzern eine Technologie für den einzelnen einen höheren Nutzen generiert. Empirische Schätzungen bestätigen in vielen Fällen das Auftreten der unterschiedlichen Spillover bei der Entwicklung und Verbreitung von Technologie (Pizer & Popp, 2007).³⁰ Folglich scheint eine Dynamisierung des (Klima-)technologischen Fortschritts möglich, wenn es den staatlichen Kräften gelingt über die Schaffung eines ordnungspolitischen Rahms hinaus, Maßnahmen einzuleiten, welche die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien unterstützen.

1.5.2 Technology push und market pull

Die Diskussion mittels welcher Maßnahmen der Staat diese Spillover generieren bzw. die technologische Entwicklung unterstützen kann, blickt in ihren Grundzügen auf eine lange Tradition in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur zurück (Dosi, 1982). Im Bereich des Klimawandels stehen für diese – zunächst technisch ausgerichtete Diskussion – zwei Aufsätze stellvertretend für die unterschiedlichen Standpunkte. Hoffert et al. (2002) als Befürworter eines *technology push* betrachten die Entwicklung neuer Technologien als notwendig, um eine Stabilisierung der Treibhausgasemission in der Atmosphäre zu erreichen. Pacala und Socolow (2005) als Befürworter eines *market pull* vertreten die Meinung, dass die relevanten Klimaschutz-Technologien bereits existieren, aber noch nicht hinreichend verbreitet sind.

³⁰ So zeigen z.B. ökonomische Studien zu den Wirkungen von FuE, dass Spillover zu einer Lücke zwischen der privaten und der sozialen Ertragsrate von FuE führen. Schätzungen ergeben für die private Ertragsrate häufig einen Wert zwischen 7 und 15 Prozent, für die soziale Ertragsrate liegt der Wert im Bereich von 30 bis 50 Prozent (Bazelon & Smetters, 1999; Jaffe, 1986; Jones & Williams, 1998; Mansfield, 1977).

Eine genaue Lektüre der beiden Aufsätze zeigt, dass es sich nicht um wirklich gegensätzliche Ansichten handelt, da unterschiedliche zeitliche Bezüge betrachtet werden und keine klare Abgrenzung erfolgt, in welchem Stadium der technologischen Entwicklung sich die einzelnen Technologien befinden. Die daraus abgeleiteten Forderungen hinsichtlich der politischen Maßnahmen fallen jedoch sehr unterschiedlich aus. Maßnahmen eines *technology push* konzentrieren sich auf eine direkte Unterstützung in der Entwicklung neuer Technologien. Diese können sowohl die Durchführung eigener staatlicher FuE-Aktivitäten beinhalten als auch die Unterstützung privatwirtschaftlicher FuE-Aktivitäten mittels Subventionen, Steuererleichterungen oder durch den Aufbau einer forschungsfördernden Infrastruktur in Form von Plattformen und Netzwerken zum Wissensaustausch oder zur Koordinierung einzelner Forschungsaktivitäten. Maßnahmen eines *market pull* setzen primär auf (Markt-)Anreize für den privaten Sektor bzw. auf die Schaffung der geeigneten Rahmenbedingungen, z.B. durch die Einführung eines Emissionshandelssystems, einer CO₂-Steuer oder diverser Umweltregulierungen, um die Nachfrage nach neuen Technologien zu erhöhen (Grubb, 2004).

Zahlreiche wissenschaftliche Beiträge haben sich in den letzten Jahren mit der Interaktion von *technology push* und *market pull* Maßnahmen auf die Entwicklung und Verbreitung von Umwelt- bzw. Klimaschutztechnologie beschäftigt.³¹ Wenngleich gemäß Pizer und Popp (2007) die ökonomische Forschung die genauen Wirkungszusammenhänge bis dato noch nicht hinreichend verstanden hat, liefert sie wichtige Erkenntnisse, die wie folgt zusammengefasst werden können:

1) Maßnahmen eines *technology push* reichen als alleiniges Instrument nicht aus, um eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration im Sinne der Klimarahmenkonvention zu erreichen (Fisher & Newell, 2005; Philibert, 2005; Popp, 2006). Zum einen, weil es sich bei der Entwicklung neuer Technologien in der Regel um ein langfristiges Unterfangen handelt, wodurch kurzfristige Minderungspotenziale nicht hinreichend erschlossen werden (Sandén & Azar, 2005). Zweitens, weil Marktunvollkommenheiten (z.B. Informationsasymmetrien, fehlende Marktstrukturen) durch Maßnahmen eines *technology push* nicht beseitigt werden, d.h. dass es nicht zu einer Verbreitung der neuen Technologien kommt (Jaffe et al., 2005). Drittens, weil aufgrund von Informationsdefiziten bei langfristig ausgerichteten Maßnahmen keine Erfolgsgarantie für staatliche Aktivitäten zur Innovationsförderung gegeben werden kann. So kann die Förderung einzelner Technologien zu einer verfrühten Selektion führen und

³¹ Für einen Überblick über die verschiedenen theoretischen und empirischen Methodiken, vgl. Löschel (2002), Jaffe et al. (2003) oder Pizer und Popp (2007).

den angestrebten Schumpeter'schen Wettbewerb der besten Ideen aushebeln. Johnson and Jacobsson (2002) verweisen als Beispiel einer fehlgeleiteten staatlichen Technologiepolitik auf die schwedische Windturbinenindustrie. Die in Schweden bereits Mitte der 70er Jahre eingeleiteten nationalen Programme konzentrierten sich weitestgehend auf die Entwicklung von Großturbinen. Trotz des hohen finanziellen Aufwandes konnten sich diese nicht langfristig am Markt etablieren. Dass sich stattdessen verstärkt deutsche, ebenfalls staatlich geförderte, Windkraftanlagenbauer am Markt durchsetzen konnten, lässt erkennen, dass staatliche Innovationssteuerung durchaus erfolgreich verlaufen kann. Buen (2006) offenbart ähnliche Differenzen bei einem Vergleich relativ erfolgloser norwegischer und relativ erfolgreicher dänischer Windkraftförderung. In beiden Ländervergleichen können zahlreiche Erfolgsfaktoren identifiziert werden.³² So zeigt sich, dass weniger die Höhe der Förderung als vielmehr eine breite Diversifizierung (auf Angebots- und Nachfrageseite) und langfristige Stabilität der Maßnahmen eine wichtige Erfolgskomponente darstellen. Aufgrund der vorhandenen Unsicherheiten im Innovationsprozess sollte zudem auf die frühzeitige Fokussierung auf eine Technologieform verzichtet werden. Hingegen gelten die Förderung von Wettbewerbsstrukturen innerhalb der Branche sowie der Aufbau multipler Nachfragemärkte (*market pull!*) als wichtige Stütze für den Innovationsprozess. Trotz dieser grundsätzlichen Erkenntnisse über die Erfolgsfaktoren erscheint eine *ex ante* Bestimmung und Kontrolle des tatsächlichen Ausgangs einer staatlichen Innovationspolitik weiterhin problematisch. Die Interaktion der einzelnen Faktoren lässt sich nur ungenau analysieren und vor allem kaum determinieren.³³ Grundsätzlich setzt eine aktive staatliche Steuerung der Innovationsaktivitäten eine sehr gute Informationslage auf Seiten der staatlichen Akteure voraus (de Coninck et al., 2008). Je langfristiger solche Planungen in die Zukunft ausgerichtet sind und umso größer die Unsicherheiten über die Wahl der richtigen Technologie sind, desto schwieriger wird es, die hierfür notwendigen Informationen zu erlangen und die richtigen Maßnahmen zu ergreifen.

2) *Market pull* Maßnahmen haben einen positiven Einfluss auf die Verbreitung neuer Technologien. Sie unterstützen allerdings vorwiegend Technologien, die bereits verfügbar sind oder sich in der Nähe ihrer Marktreife befinden (Grubb, 2004). Goulder und Schneider (1999) zeigen, dass zwischen den Industrien deutliche Unterschiede hinsichtlich der induzierten FuE-Aktivität auftreten und Opportunitätskostenaspekte den Gesamteffekt

³² Eine klare Trennung zwischen *technology push* und *market pull* ist hierbei nicht immer möglich.

³³ Johnson and Jacobsson (2002) verweisen darauf, dass in Deutschland und den Niederlanden zur gleichen Zeit ähnliche Programme zur Entwicklung der Windkraft gestartet wurden, welche allerdings zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben.

deutlich schmälern können. Während Unternehmen im Bereich alternativer Energien ihre FuE-Aktivität ausweiten, kann es in kohlenstoffintensiven Industrien aufgrund der höheren finanziellen Belastung durch die *market pull* Maßnahmen zu einer Verringerung der FuE-Intensität kommen.

Generell wird der Einfluss von *market pull* Maßnahmen auf die Entwicklung neuer Technologien in der Literatur als relativ gering eingestuft. So sehen z.B. Grubb (2004) oder Sandén und Azar (2005)³⁴ im Hinblick auf die Wirkungen des Kyoto-Protokoll im Preis für Emissionszertifikate keine hinreichenden Anreize für Unternehmen, ihre FuE-Aktivitäten auszuweiten. Montgomery und Smith (2005) gehen noch einen Schritt weiter. Sie argumentieren, dass *market pull* Maßnahmen die Entwicklung neuer Technologien sogar hemmen, da negative dynamische Anreizwirkungen gegeben sind. Firmen müssen befürchten, dass Regierungen Anpassungen an den *market pull* Maßnahmen vornehmen werden, sobald Innovationen in klimafreundliche Technologien Marktreife erlangen. Beispielsweise können Regierungen versuchen, den Preis von Emissionszertifikaten in einem Emissionshandelssystem zu verringern, um die (Grenz-)Kosten der Implementierung der neuen Technologie zu senken. Eine adäquate Verzinsung der Investitionen ist somit nicht gesichert, weshalb Unternehmen ihre Innovationstätigkeit von vornherein einschränken. Empirische Belege zur Unterstützung der These lassen sich allerdings nicht finden.

3) Die Bedeutung von *market pull* und *technology push* Maßnahmen kann zwischen einzelnen Ländern variieren. Ulph und Ulph (2007) zeigen, dass aufgrund von Asymmetrien, z.B. hinsichtlich der Verbreitung von Wissensspillovern, Länder unterschiedlich von einzelnen Maßnahmen profitieren. So generieren *technology push* Maßnahmen einen größeren Nutzen in Ländern, in denen sich Wissensspillover relativ gut verbreiten. Diese Argumentation ist im Einklang mit Erkenntnissen aus der endogenen Wachstumsforschung, die belegen, dass der Entwicklungsstand des Landes einen entscheidenden Einfluss auf die Wirksamkeit technologiespolitischer Maßnahmen ausübt.³⁵ Acemoglu et al. (2002) sprechen in diesem Zusammenhang von der Distanz zur *world technology frontier* als Maß für den Abstand zum gegenwärtigen Stand der Technik. Ist ein Land relativ weit von der *world technology frontier* entfernt, kann durch Maßnahmen zur Adaption bestehender Technologien (Imitation) der technologische Fortschritt beschleunigt werden. Je mehr sich das Land der *world technology frontier* annähert, desto wichtiger wird die Fähigkeit Innovationen zu tätigen, d.h. einen

³⁴ Sandén und Azar (2005) unterscheiden in ihrem Aufsatz nicht zwischen *technology push* und *market pull*, sondern zwischen *technology specific* und *economy wide policy instruments*.

³⁵ Der Forschungszweig baut auf einem Modell von Aghion und Howitt (1992) auf.

technology push zu unterstützen. Auch die Bedeutung institutioneller Rahmenbedingungen z.B. hinsichtlich des Schutzes geistigen Eigentums, lassen eine positive Abhängigkeit zum Entwicklungsstand des Landes erkennen (Aghion, 2005). Folglich fällt der Nutzen für einzelne Länder aus wirtschaftspolitischen Maßnahmen zur Förderung von Innovationen niedriger aus, je weiter entfernt sich ein Land von der *world technology frontier* befindet.

Unter Berücksichtigung obiger Argumente folgt die Arbeit den Überlegungen zahlreicher Ökonomen wie Pizer (2007), Ulph und Ulph (2007) oder Sandén und Azar (2005), und betrachtet eine Klimaschutzstrategie, die sowohl *market pull* als auch *technology push* Instrumente beinhaltet, als notwendig, um Reduktionsziele im Sinne der Klimarahmenkonvention zu erreichen. *Market pull* und *technology push* sind demzufolge nicht als gegensätzliche sondern als sich ergänzende Ansätze zu betrachten. Die Instrumente der internationalen Klimaschutzpolitik sind bisher klar auf *market pull* Maßnahmen konzentriert. Trotz fehlender Gewissheit über den Erfolg staatlicher Technologieförderung erscheinen zusätzliche Anstrengungen in die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien, zur Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre dringend erforderlich.

Mit dieser Forderung ist allerdings noch nicht geklärt, mittels welcher Instrumente diese Anstrengungen unternommen werden sollten und inwieweit eine Technologieorientierung im Rahmen der internationalen Klimaschutzverhandlungen zu einer Steigerung der effizienten Bereitstellung von Technologie beitragen kann. In der Arbeit stellt dieser Klärungsbedarf den Übergang vom Grundlagen- in den Prozessbereich dar, der im zweiten Teil der Arbeit diskutiert wird. Im Folgenden wird lediglich ein kurzer Einblick in die Problematik, v.a. hinsichtlich der unterschiedlichen Sichtweisen von technologischer Kooperation, gegeben.

1.6 Prozessbereich: Technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen

In der Literatur wurde bisher nur unzureichend geklärt, was unter dem Begriff der technologischen Kooperation konkret zu verstehen ist. Die Dissertation soll hierbei einen Beitrag zur Klärung leisten. In Kapitel 5 wird technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen definiert als:

eine vertragliche Vereinbarung auf multilateraler Ebene, wodurch finanzielle Mittel bereitgestellt und/oder institutionelle Rahmenbedingungen geschaffen werden, mit dem Ziel, die Entwicklung und Verbreitung von (Klimaschutz-)Technologie zu forcieren.

Ueno (2006) verweist darauf, dass technologische Kooperation weniger ergebnis- als vielmehr aktionsorientiert ausgerichtet ist. Das bedeutet, dass *ex ante* noch nicht gewährleistet werden kann, dass konkrete (Emissions-)Ziele erreicht werden. In vielen Fällen wird technologische Kooperation mit *technology push* Maßnahmen gleichgesetzt. Wenngleich der Schwerpunkt der verschiedenen technologieorientierten Ansätze auf diesen Bereich ausgerichtet ist, zeigt die Übersicht in Kapitel 5, dass auch *market pull* Maßnahmen, wie z.B. die Einführung von Umweltstandards³⁶ oder Maßnahmen, um die Verbreitung von Technologie (in Entwicklungsländern) zu fördern bzw. zu koordinieren, als Bestandteile einer technologischen Kooperation aufgefasst werden können.

Die Analysen in den Kapiteln 5 und 6 zeigen zudem, dass die Begrifflichkeiten, die mit technologischer Kooperation in Verbindungen gebracht werden, sowohl unter distributiven als auch allokativen Aspekten herangezogen und mit sehr unterschiedlichen Schlussfolgerungen auf der Ausgestaltungsebene in Verbindung gebracht werden. So wird der Ansatz einer verstärkten Technologiefokussierung von manchen als Alternative, von anderen als Ergänzung des gegenwärtigen Systems der UNFCCC betrachtet.

1.6.1 Technologische Kooperation aus distributiver Sicht

Vor allem in der öffentlichen und politischen Diskussion stehen bei den Forderungen nach einer stärkeren Technologieorientierung häufig Gerechtigkeitsaspekte im Vordergrund. Aufgrund ihrer *historischen Verantwortung*³⁷ sollen reiche Länder, als Verursacher des Klimawandels, armen Ländern den Zugang zu Technologie ermöglichen, damit sich diese vor den Folgen des Klimawandels schützen bzw. daran anpassen können. Technologietransfer ist hierbei das meistgehörte Stichwort, wenngleich in Literatur und Politik wenig Einigung herrscht, was unter dem Begriff tatsächlich zu verstehen ist (de Coninck, Haake, & van der Linden, 2007).³⁸ In vielen Fällen verbergen sich dahinter Forderungen, dass Industrieländer mehr finanzielle Mittel bereitstellen, den Patentschutz aufheben und Entwicklungsländern einen kostenlosen Zugang zu technologischen Produkten ermöglichen sollen (UNFCCC,

³⁶ Nähere Ausführungen in Bezug auf die Einführung von Umweltstandards finden sich in Kapitel 5 und 6. Im Folgenden werden sie nicht weiter thematisiert.

³⁷ Grundsätzlich wäre es möglich, auch andere Gerechtigkeitskonzepte anzuwenden. Die Klimarahmenkonvention hat sich jedoch auf das Verursacherprinzip festgelegt, vgl. hierzu Kapitel 3.3.

³⁸ Kapitel 5 liefert einen Einblick in die Definitionsproblematik. Im Sinne des IPCC (2000) kann Technologietransfer auch als Überbegriff für technologische Kooperation verwendet werden.

2004). Die Forderungen sind juristisch fragwürdig und technisch kaum umsetzbar, da technologisches Wissen in vielen Fällen unmittelbar an (private) Personen gebunden ist, und nicht ohne deren Zustimmung transferiert werden kann (IPCC, 2000). Aus ökonomischer Sicht erscheinen diese Forderungen auch hinsichtlich einer optimalen Allokation von Ressourcen nicht wünschenswert. Zum einen, da hierbei die Zahlungsbereitschaft für Technologie nicht berücksichtigt wird. Zum anderen, weil im Hinblick auf die Entwicklung neuer Technologien falsche Anreize gesetzt werden. So muss ein Innovator befürchten, dass ihm seine Investitionen nicht entsprechend vergütet werden, falls er keine temporären Monopolrenten abschöpfen kann. Folglich schränkt er seine Innovationstätigkeit ein (Mankiw & Whinston, 1986). Darüber hinaus gewährleistet ein kostenloser Zugang zu Technologie nicht deren effiziente ökonomische Nutzung. Denn die Fähigkeit, Technologie einzusetzen und Produkte und Prozesse weiter zu entwickeln, setzt eine *Technologische Kompetenz* auf Seiten des Entwicklers bzw. Nutzers voraus (IPCC, 2000).³⁹ Hierfür sind neben den individuellen Fähigkeiten auch die infrastrukturellen Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung. So stellen gerade für Entwicklungsländer das Fehlen dieser *Technologischen Kompetenz* aufgrund eines Mangels an Fachpersonal, fehlender eigener FuE-Infrastruktur, schlechter Rohstoffausstattung, fehlender Energieversorgung, eingeschränkter Kommunikationssysteme oder auch fehlender staatlicher Rechtssicherheit zentrale Hürden bei der Entwicklung, Einführung und Verbreitung neuer Technologien dar. Der Abbau dieser Hürden ist von zentraler Bedeutung, um den Einsatz effizienter Klimaschutztechnologie in Entwicklungsländern zu ermöglichen.

Kapitel 4 und 6 machen deutlich, dass die UNFCCC trotz ihres starken Fokus auf Gerechtigkeitsaspekte nur sehr begrenzt helfen kann, diese Hürden abzubauen. Der Prozess kann zwar finanzielle und technische Unterstützung liefern, viele der oben genannten *Baustellen* obliegen allerdings dem nationalstaatlichen Aufgaben- und Entscheidungsbereich auf den die UNFCCC keinen Einfluss ausüben kann. Kapitel 4 zeigt aber auch, dass mit dem CDM – trotz seiner systeminhärenten Probleme – ein marktbasierendes Instrument existiert, das den Transfer von Technologien in Entwicklungsländer unterstützt und Umverteilungsströme beinhaltet. Wenngleich in seinem Wirken auf bestimmte Technologien und Länder beschränkt, stellt er gegenwärtig – auch aus distributiver Sicht – das effektivste Instrument für einen Technologietransfer dar.

³⁹ Cohen und Levinthal (1989) argumentieren, dass mittels eigener FuE-Anstrengungen die technologische Kompetenz gesteigert werden kann und sich bestehendes technologisches Wissen leichter absorbieren lässt. Dementsprechend liefern Investitionen in FuE einen zusätzlichen Ertrag.

Dennoch wird die finanzielle und technische Unterstützung für Entwicklungsländer in ihrem Umfang begrenzt bleiben. So kommt die Arbeit zu der Einschätzung, dass mittels der Anreize aus den (zu erwartenden) Umverteilungsströmen eines Post-Kyoto-Abkommens das kooperative Verhalten der großen Entwicklungsländer wie China, Indien oder Brasilien im Sinne verstärkter eigener Reduktionsbemühungen nicht beeinflusst werden kann.

1.6.2 Technologische Kooperation aus allokativer Sicht

Für Ökonomen steht zumeist die allokativer Sicht im Vordergrund der Forderungen nach einer stärkeren Fokussierung auf Technologie. In diesem Sinne sollen die aus technologischer Kooperation erwarteten positiven Anreizwirkungen dazu beitragen, die weltweiten Emissionen möglichst (kosten)effizient zu begrenzen.⁴⁰

Grundsätzlich kann hierbei zwischen direkten und indirekten Anzeizeffekten unterschieden werden. Indirekte Anzeizeffekte erhofft man sich aus einer Verringerung der Minderungskosten für Treibhausgase aufgrund eines beschleunigten klimatechnologischen Fortschritts als Folge von nationalen Fördermaßnahmen. Zumindest auf längere Sicht sollte dadurch die Bereitschaft der Länder zunehmen, ihre Reduktionsbemühungen auszuweiten (Esty & Mendelsohn, 1998). Solange nationale Maßnahmen technologische Spillover generieren setzen indirekte Anzeizeffekte keine unmittelbare Zusammenarbeit voraus und benötigen nicht zwingend internationale Vereinbarungen. Länder können unilateral ihre Aktivitäten in der Entwicklung und Verbreitung klimafreundlicher Technologien ausweiten. Bleiben Spillover zunächst räumlich begrenzt, generieren die nationalen Maßnahmen einen Wissensvorsprung, der dem Land eine internationale Technologieführerschaft ermöglichen kann (*First-Mover-Advantage*).

In vielen Fällen beinhalten technologische Kooperationen auf internationaler Ebene aber auch direkte Anzeizeffekte. Gerade in frühen Phasen des technologischen Innovationszyklus stellt technologische Kooperation – sowohl im privatwirtschaftlichen als auch im öffentlichen Bereich – häufig eine Grundvoraussetzung für die Initiierung des Innovationsprozesses dar, um eine hinreichende Kosten- und Risikoteilung zu erzielen (Philibert, 2005). Darüber hinaus kann eine direkte Zusammenarbeit zu einem unmittelbaren Wissensgewinn, zur Vermeidung von ineffizienten Überschneidungen von Forschungsaktivitäten und/oder zu einer Verringerung von Transaktionskosten beizutragen (Stern, 2007).

⁴⁰ Unter Allokation versteht man allgemein die Aufteilung der vorhandenen knappen Ressourcen auf konkurrierende Verwendungen. Für einen kurzen Einblick in verschiedene Effizienzkriterien vgl. Kapitel 2.

Auf diesen Überlegungen basieren spieltheoretische Ansätze, in denen durch die Partizipation an technologischen Kooperationen die Bereitschaft der Länder zunimmt, zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen (Carraro & Siniscalco, 1995, 1997; Katsoulacos, 1997; Yi, 1997). Solch eine direkte Verknüpfung von Klimaschutz- und Technologie-Verhandlungen wird in der Literatur als *issue linkage* bezeichnet.⁴¹ *Issue linkage* setzt voraus, dass die Spillover aus technologischer Kooperation zumindest für einen gewissen Zeitraum auf die Kooperationspartner begrenzt bleiben. Technologie wird in diesem Fall als Klubgut betrachtet und technologische Kooperationen primär als gemeinsame FuE-Aktivitäten wahrgenommen. Die gegenwärtige Diskussion wird stark von modelltheoretischen Überlegungen beeinflusst. So lassen sich Modelle konstruieren, in denen es im Zuge des *issue linkage* zur Bildung einer stabilen Koalition kommt. In der realen Welt stößt der Ansatz an seine Grenzen, da es nicht gelingt, drei zentrale Fragen auf der praktischen Ebene zu beantworten.

1) Inwieweit sollen bzw. können bestehende Technologiekoperationen in die Verhandlungen integriert werden? Aufgrund der angenommenen Vorteilhaftigkeit sollte gemäß der ökonomischen Theorie bereits eine Vielzahl von Kooperationen existieren. Demnach müssten bestehende Projekte, wie z.B. in der Kernfusionsforschung, als *Verhandlungsmasse* herangezogen werden. Dabei ist es fraglich, ob es gelingt bzw. als sinnvoll zu betrachten ist, die mühsam ausgehandelten Verträge (de Coninck et al., 2008) nochmals neu zu verhandeln.

2) Wie wirkt sich der erhöhte Komplexitätsgrad innerhalb der Klimaschutzverhandlungen auf das Verhandlungsergebnis aus? Die Modelle berücksichtigen nicht, dass durch die Koppelung der beiden Verhandlungsbereiche die Komplexität der Verhandlungen deutlich ansteigt.

3) Wie glaubwürdig können solche Verhandlungen sein? Um die Erfolgsaussichten eines gekoppelten Abkommens zu erhöhen, müsste sichergestellt werden, dass es im Falle eines Scheiterns der Verhandlungen im Bereich des Öffentlichen Gutes Klimaschutz auch nicht zu technologischen Kooperationen außerhalb des Abkommens kommt. Demzufolge müsste z.B. die EU glaubhaft vermitteln, dass sie mit den USA nicht mehr im technologischen Bereich kooperieren, solange sich diese nicht an einem Klimaschutzabkommen beteiligen.

In der Dissertation wurde diesen Fragen auch mittels einer qualitativen Befragung im Umfeld der 13. Klimarahmenkonferenz nachgegangen. Nach überwiegender Einschätzung der Experten stellt *issue linkage* für die internationalen Klimaschutzverhandlungen keine reale Option dar. Innerhalb des UNFCCC-Prozesses erweist sich hierbei insbesondere Frage 2 als

⁴¹ Für einen guten Überblick über diesen Literaturzweig vgl. Finus (2001).

neuralgischer Punkt. Der Komplexitätsgrad im UNFCCC-Prozess hat bereits ein Niveau eingenommen, welches das Erreichen einer Verhandlungslösung auch ohne die Integration von Verhandlungen über technologische Kooperation äußerst schwierig macht. Darüber hinaus bestätigen sich die Überlegungen von Ulph und Ulph (2002) hinsichtlich der unterschiedlichen Wirkungen technologischer Maßnahmen bei Ländern mit unterschiedlichem Entwicklungsgrad. In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern ist das Interesse an technologischen Kooperationen, v.a. im FuE-Bereich aufgrund einer fehlenden *Technologischen Kompetenz* nicht gegeben. Eine Fokussierung auf gemeinsame FuE-Aktivitäten stellt in den Augen dieser Länder keine Verbesserung ihrer Nutzen-Kosten-Relation dar.

Die Möglichkeiten, mittels einer verstärkten Fokussierung auf technologische Kooperation innerhalb der Verhandlungen der UNFCCC eine Verbesserung der Nutzen-Kosten-Relation vieler Länder zu erreichen, sind demnach als gering einzustufen. Vielmehr birgt die Integration von FuE-Kooperationen die Gefahr, dass nicht interessierte Länder diesen Bereich nutzen, um andere Verhandlungsblöcke zu blockieren.

Auch das Problem der fehlenden Glaubwürdigkeit an der Ernsthaftigkeit der gekoppelten Verhandlungen stellt sich in der Praxis als unüberbrückbare Hürde dar. Es gibt derzeit keine und es wird auch auf absehbare Zeit keine Institution geben, die autonomen Ländern verbieten kann, außerhalb von internationalen Klimaschutzverhandlungen bilaterale bzw. multilaterale Abkommen über technologische Zusammenarbeit einzugehen.

Im Hinblick auf die allokativen Effizienz technologischer Kooperationen ist dieser Sachverhalt zu begrüßen. Denn zum einen verzichtet man beim Zustandekommen eines gekoppelten Abkommens auf externes technologisches Wissen aus Ländern, die sich nicht an dem Abkommen beteiligen. Zum anderen schränkt man die Verbreitung des technologischen Wissens ein, obwohl hieraus häufig keine (Rivalitäts-) Kosten entstehen. Im Sinne von Barrett (2003) führt ein derartiges Verhalten zu kontraproduktiven Ergebnissen für das Klima, weil die Minderungskosten zur Reduzierung von Treibhausgasen und damit die Emissionen in nicht am Abkommen teilnehmenden Ländern langsamer als technisch möglich absinken. Die fehlenden Sanktionierungsmöglichkeiten bei *unerwünschten* Technologiekoooperationen einzelner Länder erweisen sich demnach als vorteilhaft für die Entwicklung und Verbreitung klimaschonender Technologien.

1.6.3 Institutionelle Verankerung technologischer Kooperationen

Zahlreiche Beispiele belegen, dass technologische Kooperationen auf internationaler Ebene erfolgreich verlaufen und technologischen Wandel beschleunigen können (de Coninck et al., 2008; Philibert, 2005). Wie bei nationalen Fördermaßnahmen gibt es allerdings auch für technologische Kooperationen auf internationaler Ebene keine pauschalen Lösungsansätze. In einigen Fällen kann eine zentrale Steuerung von gemeinsamen FuE-Aktivitäten aus internationalen Töpfen erfolgreich sein. In anderen Fällen ist es vorteilhaft, Maßnahmen zur Entwicklung und Verbreitung von Technologie primär im Verantwortungsbereich der nationalen Regierungen zu belassen und lediglich die Koordinierung nationaler Politikmaßnahmen anzustreben (Egenhofer et al., 2007).

Die Analyse der Arbeit zeigt, dass technologischen Kooperationen, v.a. im Sinne eines *technology push*, innerhalb des bestehenden Systems der UNFCCC starke Grenzen gesetzt sind. Bereits die gegenwärtigen Verhandlungen zeigen sich als zu komplex und zu unübersichtlich, als dass die Implementierung einer weiteren Verhandlungsdimension sinnvoll erscheint. Generell ist ein globaler Ansatz bei technologischen Kooperationen aufgrund der heterogenen Interessenslage zwischen den Ländern vielfach nicht geeignet. Eine unmittelbare Verbesserung ihrer Nutzen-Kosten-Relation erscheint für die meisten Länder nicht gegeben.

In Anbetracht der als notwendig erachteten verstärkten Förderung von klimafreundlicher Technologie sind folglich außerhalb der UNFCCC multiple Prozesse zu unterstützen und internationale Klimaschutzpolitik auf mehreren Säulen aufzubauen. Der *Bottom-Up-Ansatz* spielt hierbei eine wichtige Rolle, da er den Fokus der institutionellen Ausrichtung einer internationalen Klimaschutzpolitik auf eine Dezentralisierung der Verhandlungsprozesse setzt. Auch bei den bestehenden technologischen Kooperationen handelt es sich zumeist um partielle Abkommen, in denen die Interessen und Absichten der Beteiligten relativ homogen ausfallen (Philibert, 2005). Anders als die Vorschläge des *issue linkage* suggerieren, sollte der Zugang zu solchen Kooperationen bzw. zu den daraus resultierenden Spillovern so frei wie möglich gewählt werden, damit neue Technologien sich schnellstmöglich verbreiten können.

Bisher existieren noch keine Prozesse, die eine ähnliche institutionelle Verankerung aufweisen wie die UNFCCC. Erste Initiativen sind initiiert worden, wie insbesondere das von Barack Obama (wieder) ins Leben gerufene *Major Economies Forum on Energy and Climate*,

in dem 17 der weltgrößten Treibhausgasemittenten zusammengefunden haben und in dem zumindest eine Übereinkunft über langfristige Klimaszutzziele erreicht werden konnte.⁴²

Auch die *Asia-Pacific Partnership on Development and Climate* ist in diesem Zusammenhang zu nennen. Fujiwara (2007) bescheinigt letzterer trotz der fehlenden Verbindlichkeit und einer fehlenden finanziellen Ausstattung gute konzeptionelle Ansätze, v.a. hinsichtlich der Einbeziehung privater Akteure. Karlsson-Vinkhuyzen und van Asselt (2009) bemängeln eine zu hohe Intransparenz, fehlende Offenheit, und zu starke Kontrollmacht der beteiligten Regierungen, heben aber ebenfalls gute Ansätze der auf einzelne Sektoren beschränkten Projekte hervor.

Eine wichtige Rolle können zudem Programme der Internationalen Energieagentur (IEA) oder Prozesse innerhalb der Europäischen Union und innerhalb der USA auf Ebene der Bundesstaaten einnehmen. Zu beobachten ist auch, wie sich die erst kürzlich gegründete *Internationale Agentur für Erneuerbare Energien* (IRENA) entwickeln wird. Als internationale Regierungsorganisation möchte IRENA (2008, S.16) u.a. dazu beitragen, „die notwendigen Rahmenbedingungen zu entwickeln und Finanzierungsmechanismen zu entwerfen und anzuwenden, die den Technologietransfer im Sektor erneuerbarer Energien unterstützen.“ In diesem Sinne sollen strukturelle und politische Marktbarrieren abgebaut, Informationsdefizite beseitigt und fehlendes technologisches Know-how, insbesondere in Entwicklungsländern, bereitgestellt werden. Stand 17. März 2009 sind der Organisation bereits 77 Staaten beigetreten (IRENA, 2009). Unter ihnen befinden sich allerdings weder die USA noch die Volksrepublik China.

Da sich die meisten der angesprochenen Abkommen noch in einem Anfangsstadium befinden, erscheinen Bewertungen hinsichtlich ihrer Effektivität verfrüht. Welchen Part sie für die Entwicklung und Verbreitung von Technologie übernehmen können werden erst die kommenden Jahre zeigen. Grundsätzlich gilt es aber darauf zu achten, dass solche Prozesse nicht als rivalisierende sondern als sich ergänzende Ansätze zu betrachten sind.

1.7 Zusammenfassung und Fazit

Die kurze Einführung zeigt, dass die ökonomische Forschung zu allen Fragen rund um die Klimaproblematik wertvolle Beiträge und Erkenntnisse liefert. Allerdings ist auch die

⁴² Die Vorhaben, die weltweit größten Treibhausgasemittenten zusammenzuschließen wurde bereits unter der Bush Administration im Jahr 2007 mit der *Major Economies Initiative* (später *Major Economies Meeting*) gestartet.

ökonomische Klimaforschung aufgrund der vielen Unsicherheiten und Informationsdefizite nicht in der Lage, einfache Lösungsansätze für die Klimaproblematik anzubieten.

Als eine der zentralen Erkenntnisse ist festzuhalten, dass eine optimale Klimaschutzpolitik nicht zu realisieren ist. Die Ziele für die internationalen Klimaschutzverhandlungen können sich folglich nur an einer *optimierten* Klimaschutzpolitik orientieren. In diesem Sinne erscheint es ratsam, in den Verhandlungen über Emissionsobergrenzen keine zu ambitionierten Reduktionsziele anzustreben. Darüber hinaus ist das Zustandekommen von Abkommen mit einer begrenzten Teilnehmerzahl zu unterstützen, auch auf die Gefahr hin, dass Emissionsziele in Folge von *Leakage Effekten* verwässert werden können.

Technologie bzw. dem klimatechnologischen Fortschritt kommt bei der Bewältigung der Klimaproblematik eine zentrale Rolle zu. Eine Intensivierung der FuE-Aktivitäten sowie von Maßnahmen zur Verbreitung von klimafreundlicher Technologie erscheint dringend erforderlich.

Wie die Analyse der Dissertation zeigt, ist der Beitrag der UNFCCC im Bereich der Technologieförderung begrenzt. Für viele Länder ist kein unmittelbarer Nutzen aus einer Beteiligung an technologischen Kooperationen innerhalb eines internationalen Klimaschutzabkommens, v.a. im Sinne eines *technology push*, erkennbar.

Zwar liefert die UNFCCC aufgrund ihrer institutionellen Verankerung und der stark distributiven Ausrichtung einen wichtigen Beitrag, um (Technologie-)Transferleistungen für Mitigations- und Adaptionenmaßnahmen in Entwicklungsländern bereitzustellen. Durchschlagende Verbesserungen hinsichtlich der finanziellen Ausstattung sind allerdings nicht zu erwarten. Auch mit der Etablierung neuer Instrumente/Mechanismen, um Technologietransfer zu unterstützen, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu rechnen.

Generell erscheint die UNFCCC in ihrer jetzigen Form nicht ausreichend, die Mammutaufgabe Klimawandel im Sinne der Klimarahmenkonvention zu bewältigen. Insbesondere die hohe Teilnehmerzahl führt zu Intransparenz in den Verhandlungen und vereinfacht es Ländern, sich dem öffentlichen Druck zu entziehen und sich als Trittbrettfahrer zu verhalten.

Folglich gilt es, die Institutionalisierung von zusätzlichen, ergänzenden Prozessen voranzubringen, in denen die beteiligten Länder ähnlichere Interessen hinsichtlich der Klimaschutzaktivitäten verfolgen und eine höhere Transparenz in den Verhandlungen gegeben ist. Hierbei kann es sich sowohl um regionale Emissionshandelssysteme als auch um

Abkommen im Sinne einer technologischen Kooperation handeln. Eine Koppelung der beiden Bereiche ist aus allokativer Sicht nicht zu befürworten.

Ob eine Dezentralisierung der internationalen Klimaschutzpolitik ausreichen wird, Reduktionsziele im Sinne der Klimarahmenkonvention zu erreichen, bleibt auch im Lichte dieser Arbeit mit vielen Fragezeichen versehen. Fraglich bleibt aber auch, ob die ambitionierten Emissionsreduktionsziele im Sinne der Klimarahmenkonvention zu einer Maximierung der gesamtgesellschaftlichen Wohlfahrt (über alle Generationen) führen, oder ob nicht doch etwas mehr Gelassenheit bei der Bewältigung der Klimaproblematik angebracht ist. Die ökonomische Forschung zeigt diverse Gründe auf, die diese Vermutung unterstützen.

Allerdings ist die ökonomische Forschung (bisher noch) nicht in der Lage, den Bereich eines intergenerativen wohlfahrtsökonomischen Maximums in der Klimaproblematik näher zu bestimmen. Weitere Untersuchungen in diesem Bereich stellen eines der zentralen Forschungsfelder der ökonomischen Klimaforschung dar und können einen wichtigen Beitrag leisten, um die Akzeptanz für ökonomische Zusammenhänge in der öffentlichen bzw. politischen Wahrnehmung zu erhöhen.

2 Die Problematik des Klimawandels aus ökonomischer Sicht

–

Eine kritische Betrachtung

Abstrakt

Klimawandel ist zu einem beherrschenden Thema der internationalen Politik geworden. Gleichzeitig werden die Stimmen lauter, die eine eingeschränkte Sichtweise in der Klimadiskussion anmahnen. Dieser Beitrag geht den Argumenten der kritischen Stimmen nach. Anhand von vier Thesen, die aus Zitaten prominenter Ökonomen abgeleitet wurden, findet eine Analyse der zentralen Kritikpunkte statt. Neben den naturwissenschaftlichen und ökonomischen Aspekten hinsichtlich der Folgen des Klimawandels wird auch der befürchtete Trade-off zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Klimaschutzzielen diskutiert. Es zeigt sich, dass die konträren Sichtweisen zu einem Großteil auf unterschiedlichen intra- und intergenerativen Gerechtigkeitsvorstellungen basieren. Letztlich liegt den unterschiedlichen Einschätzungen der Klimaproblematik das altbekannte Werturteilsproblem zugrunde und die Frage welches Risikomanagement für eine Gesellschaft *geeignet* erscheint.

2.1 Einleitung

Die dramatischen Bilder überfluteter Häuser nach dem Hurrikan Kathrina, die Veröffentlichung des Stern Reviews unter der Federführung des ehemaligen Chefökonom der Weltbank Sir Nicholas Stern und nicht zuletzt der Film von Al Gore „An Inconvenient Truth“ haben das Problem des Klimawandels nachdrücklich ins Rampenlicht der internationalen Politik befördert. Regierungen, Parlamente, und hochrangige Politiker führender Nationen überbieten sich in Darstellungen und Forderungen nach (mehr oder weniger) ambitionierten Klimaschutzziele. Medienberichte über die Folgen des Klimawandels sind zu einem festen Bestandteil der weltweiten Berichterstattung geworden und die Verhandlungen über ein Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll zu einem globalen Mega-Event. Allein in Bali trafen sich bei der 13. Klimarahmenkonferenz der Vereinten Nationen im Dezember 2007 annähernd 10.000 Politiker, Bürokraten, Wirtschaftslobbyisten, Umweltaktivisten und Wissenschaftsvertreter, um Einfluss auf die internationale Klimaschutzpolitik zu nehmen.

Trotz (oder gerade wegen) dieses gewachsenen öffentlichen Stellenwerts haben grundlegende Bedenken über die Sinn- und Zweckmäßigkeit von Klimaschutzmaßnahmen in den vergangenen Jahren eine Renaissance und Verstärkung erfahren. So schreibt der tschechische Staatspräsident Vaclav Klaus (2007) vom blauen Planeten in grünen Fesseln, die ihm der Klimaschutz auferlegt. Der ehemalige britische Finanzminister Nigel Lawson (2006) mahnt fehlende Vernunft bei der Klimadiskussion an und schlägt einen „Cool Look at Global Warming“ vor. Mehr Gelassenheit bei der Lösung der Klimaproblematik („Cool it“) fordert auch der als *Skeptical Environmentalist* (2002) bekannt gewordene Bjorn Lomborg (2007). Der von ihm ins Leben gerufene *Kopenhagener Konsensus*, eine Gruppe namhafter Ökonomen (darunter die Nobelpreisträger Thomas Schelling, Robert Fogel, Vernon L. Smith and Douglas North) siedelte das Problem Klimawandel auf einer Prioritätenliste für die wichtigsten Herausforderungen der Menschheit an unterster Stelle an (Lomborg, 2004). In der Neuauflage 2008 bestätigt die Expertengruppe im Wesentlichen ihre Einschätzung: Eine reine Vermeidungsstrategie von Treibhausgasemissionen belegte den letzten Platz von insgesamt 30 Vorschlägen zur Lösung globaler Herausforderungen (Copenhagen Consensus Center, 2008).

Dieser Beitrag geht den Argumenten der kritischen Stimmen nach. Anhand von vier Thesen, die aus Zitaten prominenter Kritiker abgeleitet wurden, findet eine ökonomische

Analyse zentraler Kritikpunkte bezogen auf die grundsätzliche Ausrichtung der internationalen Klimaschutzpolitik statt. Neben den naturwissenschaftlichen und ökonomischen Aspekten hinsichtlich der Folgen des Klimawandels wird der befürchtete Trade-off zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Klimaschutz diskutiert. Darauf aufbauend werden im abschließenden Kapitel grundlegende Überlegungen einer optimierten Klimaschutzpolitik abgeleitet.

2.2 Die Argumente der Kritiker

These 1: Der Stand des Wissens über den anthropogenen Klimawandel reicht als Rechtfertigung für Klimaschutzmaßnahmen nicht aus!

„Die Theorie der globalen Erwärmung und die Hypothese von ihren Ursachen, die heute massiv verbreitet wird, ist möglicherweise schlecht, möglicherweise auch wertlos, aber in jedem Fall gefährlich“ (Klaus, 2007, S.86).

Seit Beginn der weltweiten Temperaturmessung Mitte des 19. Jahrhunderts ist die durchschnittliche Temperatur auf dem Globus um 0,7 Grad Celsius angestiegen. Ein wesentlicher Teil dieser Erwärmung fand bereits in der Zeit von 1900 bis 1940 statt, doch konnte insbesondere in den letzten drei Dekaden erneut ein deutlicher Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur festgestellt werden (IPCC, 2007b, S.6). Am deutlichsten zeigte sich die Erwärmung in kälteren Regionen und Jahreszeiten in der nördlichen Hemisphäre. Da das Klima kein statisches Phänomen darstellt, ist es im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung immer wieder zu teilweise extremen klimatischen Veränderungen gekommen. Ein derartig rasanter Temperaturanstieg, wie er in den vergangenen Jahrzehnten zu beobachten war, wird jedoch als „extremely unusual in geological terms“ (IPCC, 2007b, S.114) eingestuft und zu einem Großteil auf einen verstärkt wirkenden Treibhauseffekt¹ zurückgeführt. Von der Erdoberfläche reflektiertes Sonnenlicht wird von Treibhausgasen (THG) in der Atmosphäre absorbiert, was zu einer Erwärmung der Atmosphäre sowie des Meerwassers und der Landmasse führt (IPCC, 2007b). Dabei handelt es sich zunächst um einen notwendigen natürlichen Prozess, ohne den die globale Durchschnittstemperatur deutlich unterhalb des Gefrierpunktes liegen würde. Als problematisch wird allerdings die Verstärkung dieses Effektes durch die gestiegene Konzentration von THG in der Atmosphäre betrachtet. Als wichtigstes THG gilt Wasserdampf. Die Zunahme der Konzentration resultiert jedoch hauptsächlich aus dem gestiegenen Anteil an Kohlendioxid (CO₂, verantwortlich für ca. 70

¹ Die verbreitete Metapher des Treibhauseffektes ist nicht ganz korrekt, da im Treibhaus andere physikalische Prozesse ablaufen als bei der Erderwärmung.

Prozent) und Methan, die vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie durch eine veränderte Bodennutzung in die Atmosphäre gelangen. Insgesamt hat sich die Konzentration dieser THG, zu denen auch noch einige Industriegase wie Fluorkohlenwasserstoffe, Distickstoffoxid und Schwefelhexafluorid, zählen, von rund 290 auf 430 ppme² erhöht, wobei der überwiegende Teil des Anstieges in der Zeit ab 1970 stattgefunden hat (Stern, 2007, S.5).

Für die große Mehrheit der Klimaforscher steht der anthropogene Einfluss auf den Klimawandel außer Frage. Das 1988 unter dem Dach der Vereinten Nationen installierte Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), das kontinuierlich alle relevanten Forschungsergebnisse zusammenträgt und bewertet, bestätigt in seinem neuesten (vierten) Fortschrittsbericht, dass „(...) scientific understanding of the climate system and its sensitivity to greenhouse gas emissions is now richer and deeper than ever before“ (IPCC, 2007b, v) und kommt zu dem Ergebnis, dass “most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20th century is very likely due to the observed increase in anthropogenic GHG [greenhouse gas] concentrations” (IPCC, 2007c, S.5). Den Auswirkungen dieses Klimawandels werden „mostly adverse effects on natural and human systems“ (IPCC, 2007c, S.12) bescheinigt, die aus einer Zunahme extremer Wetterereignisse (Überschwemmungen, Dürren, Stürmen), einem steigenden Meeresspiegel oder generellen Veränderungen der klimatischen Bedingungen (z.B. einer veränderten Niederschlagsintensität) resultieren. In der Folge können diese klimatischen Veränderungen zu deutlich geringeren Ernteerträgen, zunehmender Wasserknappheit, Verlust an Lebensraum, Ökosystemen und Artenvielfalt sowie einer Zunahme von Krankheiten führen (IPCC, 2007c; Stern, 2007).

Kritiker wenden ein, dass es sich beim IPCC als „quasi monopoly of official science“ (Lawson, 2006, S.11) weniger um eine wissenschaftliche als vielmehr politisch motivierte Organisation handelt, in der konträre Forschungsergebnisse und Meinungen keinen Platz haben (Klaus, 2007, S.71). Andere halten dagegen, dass das IPCC den besten Wissensstand repräsentiert und aufgrund der Vielzahl von beteiligten namhaften Wissenschaftlern, die ausschließlich *peer-reviewed* Literatur für ihre Berichte heranziehen (Nordhaus, 2006), das Argument der mangelnden Wissenschaftlichkeit, vor allem hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Ebene nicht zu rechtfertigen ist. „It [the IPCC] is truly the authoritative voice for where the science stands“ (Mendelsohn, 2005, S.2). Auch der

² Der Anteil von Kohlendioxid in der Atmosphäre wird in *parts per million (ppm)* gemessen. Zur Vergleichbarkeit aller THG findet eine Umrechnung der übrigen THG in Kohlenstoffäquivalente statt. Folglich wird der Anteil aller THG in der Atmosphäre in *parts per million equivalents (ppme)* ausgedrückt.

Berufsskeptiker Lomborg (2007, S.11) schreibt: „[The IPCC] gathers the best information we have on climate models and climate effects.“ Allein der Bericht der *Working Group I* über *The Physical Science Basis* wurde von über 150 Experten zusammengestellt, deren Beiträge wiederum von 600 Fachleuten evaluiert und geprüft wurden (IPCC, 2007b, v). Des Weiteren sollte der Einfluss der Politik auf die Wissenschaft vielfach eher zu einer konservativeren Einschätzung der Klimaveränderung führen. Da eine Verhinderung von Umweltschäden oft nur indirekt und langfristig spürbaren Nutzen stiftet, lassen sich trotz eines zunehmenden Umweltbewusstseins in der Bevölkerung mit dramatischen Klimaprognosen und Forderungen nach einer radikalen Umwelt- bzw. Klimapolitik in vielen Ländern kaum politische Mehrheiten gewinnen (Hansjürgens & Schuldt, 1994). Tatsächlich war insbesondere in den USA, dem größten Emittenten von Treibhausgasen, die Politik unter ihrem Präsident George W. Bush davon geprägt eine (wissenschaftliche) Relativierung des Klimaproblems zu forcieren (Tjernshaugen, 2005).

Die intensive Forschung der letzten Jahre hat zu einer deutlichen Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage geführt. Dennoch ist es nach wie vor kaum möglich, den Einfluss einzelner Faktoren auf das komplexe System Klima *ceteris paribus* zu betrachten und zu eindeutigen Aussagen über den Zusammenhang von gesteigener Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre und Klimaerwärmung zu gelangen. Welche Wirkung die Landoberfläche ausübt, welche Rolle die Wolkenbildung spielt, wie Veränderungen des Wasserdampfes auf das Klima wirken, wie andere Stoffe (z.B. Schwefel oder die Aerosole) das Klima beeinflussen, oder wie sich dies alles auf die Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen, wie Hochwasserkatastrophen oder extreme Trockenheit auswirkt, ist bisher nur in Teilen erforscht (Hansjürgens, 2007). Bereits die Prognosen eines verlässlichen Business-As-Usual Szenarios für den Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre sind mit etlichen Unsicherheiten behaftet. Derartige Szenarien sind abhängig von diversen (sozioökonomischen) Einflussfaktoren hinsichtlich der demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung sowie insbesondere des technologischen Fortschritts und der damit verbundenen weiteren Nutzung fossiler Brennstoffe. So geht das IPCC von sechs verschiedenen Szenariogruppen aus, die alle als „equally sound“ (IPCC, 2007b, S. 18) betrachtet werden. Auch gilt es Rückkopplungseffekte zu betrachten, die z.B. durch das Auftauen des Permafrostbodens oder aus der verringerten Aufnahmefähigkeit von Pflanzen und Erde als Kohlenstoffspeicher resultieren können (Stern, 2007).

Unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten geht das IPCC davon aus, dass sich der Temperaturanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, bei einer Bandbreite von 1,1 bis 6,4 Grad Celsius, mit relativ großer Wahrscheinlichkeit im Bereich von 1,8 bis 4,0 Grad Celsius bewegen wird (IPCC, 2007b, S.13).³ Der daraus resultierende Anstieg des Meeresspiegels wird mit 21 bis 50 cm angegeben (IPCC, 2007b, S.111). Die konkreten Auswirkungen eines Temperatur- und Meeresspiegelanstiegs in dieser Größenordnung auf Mensch und Natur lassen sich bisher nur ungenügend voraussagen. Vor allem die Rolle von bestimmten Klimaschranken, sog. *tipping elements* konnte noch nicht hinreichend identifiziert werden (Lenton et al., 2008). Noch herrscht relative Unklarheit wie z.B. der Regenwald im Amazonasgebiet, das westarktische Eisschild oder auch das El-Niño Phänomen auf die veränderten Rahmenbedingungen reagieren werden. So besteht die Gefahr, dass es bei einem Überschreiten gewisser Temperaturobergrenzen zu einem Zusammenbruch ganzer Ökosysteme oder zu einer drastischen Veränderung der klimatischen Bedingungen kommt. In welchen Temperatur- oder Niederschlagsbereichen die kritischen Werte (*tipping points*) liegen, ist ebenfalls weiterhin vielfach ungeklärt. Auch das Wissen über regionale Auswirkungen der Klimaveränderungen ist trotz einer verbesserter Informationslage nach wie vor begrenzt (Hansjürgens, 2007). Als relativ gesichert gilt, dass Regionen in niederen Breiten generell negative Auswirkungen verspüren werden. In einigen kälteren Regionen der höheren Breiten ist hingegen aufgrund einer reichhaltigeren Vegetation, steigender Erträge in der Landwirtschaft und niedrigeren Heizkosten in der Summe sogar mit positiven Effekten zu rechnen (Mendelsohn, 2005). Zudem werden die Schäden in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts noch relativ gering ausfallen und erst im Laufe der Zeit stetig ansteigen.

Aufgrund der zahlreichen Unsicherheiten lässt sich eine Zielvorgabe zur Stabilisierung der THG-Konzentration auf einem Niveau „that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system“ (Artikel 2 aus UNFCCC, 1992) nur unzureichend operationalisieren. In den Verhandlungen unter dem Dach der Vereinten Nationen wurde bisher noch nicht konkretisiert, welches Niveau damit gemeint ist. Häufig wird die Forderung der UNFCCC mit einer Begrenzung des durchschnittlichen globalen Temperaturanstiegs von maximal zwei Grad gleichgesetzt (Barrett, 2007b).⁴ Um dieses Ziel zu erreichen hat die Europäische Union eine Begrenzung aller THG auf 550 ppme als Zielwert definiert

³ Selbst bei einer Konstanthaltung der Emissionen auf dem heutigen Niveau prognostiziert das IPCC einen Anstieg der weltweiten Temperatur bis Ende des Jahrhunderts um weitere 0,6 Grad Celsius (IPCC, 2007b, S.14).

⁴ Neben der Europäischen Union haben auch die Gruppe der acht führenden Industrienationen sowie acht andere große Volkswirtschaften, darunter China und Indien, zwischenzeitlich das 2-Grad-Ziel als Zielmarke deklariert ohne jedoch präzise Klimaschutzziele zu vereinbaren (Seith, 2009).

(Hansjürgens, 2007). Der Zielwert spiegelt den derzeitigen Wissensstand am besten wider und kann vor allem im politischen Willensbildungsprozess als Richtlinie hilfreich sein. Der Wert sollte aber nicht als Garantie für eine optimale Klimaschutzpolitik missverstanden werden.

Die fehlende Sicherheit hinsichtlich der Gefahren stellt alleine keine hinreichende Begründung gegen Klimaschutzmaßnahmen dar, da im wirtschaftlichen und privaten Leben eine Vielzahl an Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden müssen.⁵ Gemäß der ökonomischen Theorie gilt hierbei unter der Annahme zu vernachlässigender Fixkosten und nicht vorhandener irreversibler Folgen, dass die Gesellschaft heute Emissionsminderungen bis zu dem Punkt vornehmen sollte, an dem die erwarteten Grenzkosten der Vermeidung dem erwarteten Grenznutzen aus der Vermeidung entsprechen (Goulder & Pizer, 2006). Allerdings beinhalten Emissionsminderungen fixe Kosten und Irreversibilität sowohl auf Seiten der Kosten, in Form von Investitionen in kohlenstofffreie Technologien als auch auf Seiten des Nutzens hinsichtlich der vermiedenen Emissionen in der Atmosphäre.

Konzentriert man sich in der Betrachtung allein auf die möglichen irreversiblen Folgen einer steigenden THG-Konzentration in der Atmosphäre gilt, dass das Unterlassen heutiger, vorbeugender Maßnahmen, die Optionen für die Zukunft zur Begrenzung des Klimawandels einschränkt (Pindyck, 2000). Fehlende wissenschaftliche Erkenntnisse über das tatsächliche Ausmaß der Schäden schränken diesen Optionswert nicht ein. Vielmehr zeigen Arrow und Fisher (1974) oder auch Henry (1974), dass es in Erwartung neuer Informationen aus ökonomischer Sicht sinnvoll sein kann, den Umfang an vorbeugenden Maßnahmen auszuweiten und dadurch für die Zukunft ein höheres Maß an Flexibilität aufrecht zu halten.

Einschränkung erfährt diese Betrachtung dadurch, dass in ihr die fixen Kosten für Investitionen in kohlenstofffreie Technologien fehlen. Unter Berücksichtigung dieser Kosten kommt Kolstad (1992) zu der Einschätzung, dass eine Vorteilhaftigkeit vorbeugender Maßnahmen nicht mehr gegeben sein muss. Auch Arrow und Fisher (1974) betonen, dass Irreversibilität für sich keinen Grund darstellt, um generell auf Maßnahmen mit negativen Umweltwirkungen zu verzichten, wenn in einer Gesamtbetrachtung der Nutzen aus den Maßnahmen die damit verbundenen Kosten überwiegt.

Häufig wird als Begründung für vorbeugende Maßnahmen zudem eine Risikoaversion in der Gesellschaft vorausgesetzt, die allerdings nicht als Rechtfertigungsgrund gegeben sein muss. Gemäß Arrow und Fisher (1974) können auch für risikoneutrale Gesellschaften heutige vorbeugende Maßnahmen vorteilhaft sein, wenn sie die oben angesprochene Flexibilität

⁵ Als Standardwerke vgl. für diesen Bereich Arrow (1971) oder Dixit und Pindyck (1994).

erhöhen. Dennoch sollte bei steigender Risikoaversion sowie bei zunehmender Unsicherheit über die Verteilung der zukünftigen Risiken in der Gesellschaft die Bereitschaft zunehmen, bereits heute Maßnahmen einzuleiten (Gollier et al., 2000).

Vor diesem Hintergrund scheint eine Besserstellung aller möglich, wenn Gefahren des Klimawandels, die in Zukunft zu extremen und irreversiblen Schäden führen können, durch heutige, vorbeugende Maßnahmen verringert bzw. minimiert werden. Das aus dieser Argumentation abgeleitete Vorsorgeprinzip (precautinary principle) ist zu einem wesentlichen Grundsatz der aktuellen Klimaschutzpolitik⁶ und anderer Bereiche, z.B. in der Technologiefolgeabschätzung, geworden (Fisher, Jones, & von Schomberg, 2006). Allerdings liefert die Orientierung an diesem Konzept ebenfalls Raum für Kritik, die im Folgenden näher betrachtet wird.

These 2: Die Anwendung des Vorsorgeprinzips im Bereich des Klimawandels führt zu einer irrationalen Risikominimierung!

„Ja zur Analyse der Kosten und Erträge, nein zum Apriorismus des Vorsorgeprinzips“ (Klaus, 2007, S.66).

„Certainly risk always needs to be assessed and monitored, but to take policy decisions on the basis, in an inherently uncertain world, of the worst possible case, is not rational precaution, but irrational alarmism“ (Lawson, 2006, S.88).

Kritiker des Vorsorgeprinzips stellen nicht eine grundsätzliche menschliche Neigung zur Risikoaversion und Bereithaltung von Flexibilität in Frage, sehen aber in der Ausrichtung auf das Vorsorgeprinzip die Gefahr für eine irrationale Risikominimierung („Maximierung der Risikoaversion“, Klaus, 2007, S.61). Mit diesem Rechtfertigungsgrund für prinzipiell jeglichen Staatseingriff drohe der ineffiziente Einsatz staatlicher Mittel und der Verlust persönlicher Freiheit. Lomborg (2007) verweist insbesondere unter dem Aspekt der Opportunitätskosten darauf, dass Ressourceneinsätze in Klimaschutzmaßnahmen nicht mehr für andere globale Herausforderungen zur Verfügung stehen. Dass solche Überlegungen von grundsätzlicher Bedeutung sind, soll am Beispiel der These über ein Abkühlen der nordatlantischen Meeresströmungen (als Teile der sog. Thermohalinen Zirkulation) im Zuge der globalen Erwärmung verdeutlicht werden (Broecker, 1987).

Der Mechanismus der nordatlantischen Meeresströmungen als Wärmepumpe Europas beruht v.a. auf Temperatur- und Salzkonzentrationsunterschieden, welche für die

⁶ Artikel 35, Absatz 3 der Agenda 21 besagt: „Angesichts der Gefahr irreversibler Umweltschäden soll ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Entschuldigung dafür dienen, Maßnahmen hinauszuzögern, die in sich selbst gerechtfertigt sind. Bei Maßnahmen, die sich auf komplexe Systeme beziehen, die noch nicht voll verstanden worden sind und bei denen die Folgewirkungen von Störungen noch nicht vorausgesagt werden können, könnte der Vorsorgeansatz als Ausgangsbasis dienen“ (UNCED, 1992, S.320f.).

unterschiedliche Dichte des Wassers verantwortlich sind und eine Zirkulation der Wassermassen hervorrufen. Im Atlantik wird relativ warmes Wasser mit niedrigem Salzgehalt an der Wasseroberfläche gen Norden transportiert. Durch Verdunstung und Wärmeverlust kühlt das Wasser auf dem Weg ab, verdichtet sich, sinkt ab und fließt in tieferen Regionen zurück Richtung Süden. Die verstärkte Zuführung von Süßwasser im Nordatlantik in Folge zunehmender Niederschläge und fortschreitender Gletscherschmelze in der Arktis kann zu einer Verringerung des Salzgehalts und folglich der Dichte des Oberflächenwassers führen. Hierdurch kann es wiederum zu einer Verlangsamung oder beim Überschreiten bestimmter Schwellenwerte sogar zum völligen, dauerhaften Erliegen des Zirkulationsmechanismus kommen (van der Sluijs & Turkenberg, 2006).

Ein völliger Kollaps des Golfstroms bzw. Nordatlantikstroms hätte mit Sicherheit extreme Auswirkungen auf die Lebensbedingungen in unseren Breitengraden zur Folge. Falls sich dieser nur durch vorbeugende Maßnahmen verhindern ließe, wäre den meisten Betroffenen wohl nahezu jegliche Anstrengung zur Vermeidung recht. Gesicherte Erkenntnisse über die Wirkungszusammenhänge fehlen allerdings, so dass selbst führende Wissenschaftler auf diesem Gebiet in ihrer Meinung relativ gespalten sind. Während einige die Gefahr eines Kollaps sogar bei einem Temperaturanstieg von sechs Grad Celsius als nicht gegeben betrachten, erwarten andere bereits bei einer Erwärmung von vier Grad Celsius mit über 50-prozentiger Wahrscheinlichkeit einen völligen Zusammenbruch des Strömungssystems (Zickfeld et al., 2007). Die in den IPCC-Bericht aufgenommenen Modelle prognostizieren keinen Kollaps innerhalb dieses Jahrhunderts, sondern maximal eine Abschwächung um 50 Prozent (IPCC, 2007b). Generell geht das IPCC (2007b, S.123) davon aus, dass „abrupt climate changes (...) are not considered likely to occur in the 21st century, based on currently available model results.“

Welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ziehen? Eine derartige Unsicherheit unter Experten ist als Rechtfertigungsgrundlage für vorbeugende Maßnahmen unbefriedigend, wenn aufgrund der eingeleiteten Maßnahmen die Bekämpfung anderer globaler Probleme wie Malaria, AIDS oder Unterernährung eingeschränkt wird. Im Sinne des kritischen Rationalismus ist aber zu berücksichtigen, dass eine theoretische Aussage vorläufig Gültigkeit besitzt, wenn sie ernste Widerlegungsversuche (bis auf weiteres) erfolgreich überstanden hat (Pies, 1999). Die auf dem besten Stand an wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhenden Thesen über die Erwärmung des Golfstroms oder den Zusammenbruch des westarktischen Eisschildes haben seit ihrem Erscheinen Ende der 80er Jahre diverse Widerlegungsversuche überstanden. Gleiches gilt allerdings auch für die These, dass eines Tages ein großer

Meteoriteneinschlag das Leben auf der Erde auslöschen wird (Barrett, 2007b). Vorsichtsmaßnahmen erscheinen im letzteren Fall allerdings kaum angemessen bzw. praktikabel. Folglich sind bei der Umwandlung des Vorsorgeprinzips von der Norm zu einem konkreten Handlungsprinzip Eintrittswahrscheinlichkeiten und Nutzen-Kosten Abschätzungen zu berücksichtigen, um in Reichweite des ökonomisch optimalen Niveaus an Emissionsvermeidung zu gelangen.

Der fehlende Konsens in der Wissenschaft macht die Dringlichkeit weiterer (natur)wissenschaftlicher Erkenntnisse deutlich, gerade auch hinsichtlich der Frage, wann Klimawandel als sehr gefährlich einzustufen ist. Allerdings werden sich auf absehbare Zeit insbesondere die extremen Klimarisiken wohl nur bedingt ausräumen bzw. quantifizieren lassen. „It is impossible to put probabilities on the catastrophe scenarios“ (Frankel, 2007, S.35). Dementsprechend reicht eine alleinige Bindung im Sinne einer Nutzen-Kosten Abwägung zur Problembehandlung nicht aus. Klimaschutzmaßnahmen müssen sich zu einem gewissen Grad an anderen Faktoren, insbesondere der gesellschaftlichen Risikoneigung hinsichtlich nicht eindeutig messbarer Eintrittswahrscheinlichkeiten von (irreversiblen) Klimaschäden orientieren. „If uncertainty is central then attitudes towards risk and the degree of risk aversion will presumably be central parameters“ (Heal & Kriström, 2002, S.5). Inwieweit sind Gesellschaften generationenübergreifend bereit, das Risiko⁷ eines Kollapses des Golfstroms oder der Abschmelzung des arktischen Eises zu tragen?

Die gesellschaftliche Risikoneigung bezüglich der Folgen des Klimawandels hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie z.B. den Einschätzungen über Klimawandelprognosen, der erwarteten Widerstandsfähigkeit bestimmter Ökosysteme, der individuellen Anpassungsfähigkeit, den Erwartungen in das Problemlösungspotenzial des technologischen Fortschritts und vor allem vom zeitlichen *Risiko-Horizont* der Gesellschaft. Letzteres dreht sich um die Frage, ob es aus gesellschaftlicher Sicht einen Unterschied macht, ob das gefährliche Ereignis in 10, 100 oder gar erst 10000 Jahre eintreten kann (vgl. hierzu auch den Abschnitt über die zeitlichen Bewertungsprobleme in Klimakostenmodellen).

Bei der Ermittlung des Ausmaßes dieser Risikoneigung ist eine gedankliche Trennung zwischen normativer (wie eine generationenübergreifende Risikooptimierung sein sollte) und positiver (tatsächliche Risikooptimierung) Ökonomie erforderlich. Während sich die Analyse im positiven Fall auf beobachtbare Sachverhalte konzentriert und Werturteile weitestgehend vermeidet, ist eine normative Ermittlung auf wissenschafts-theoretischem Wege nicht ohne

⁷ Risiken mit unbekanntem Eintrittswahrscheinlichkeiten werden in der Literatur auch als Ungewissheit bezeichnet.

subjektive Wertvorstellungen über die Präferenzen⁸ zukünftiger Generationen und deren Berücksichtigung durch die heutige Generation oder den Wert bzw. die Substituierbarkeit natürlicher Ressourcen und deren *gerechte* Verteilung möglich.

Hinsichtlich der Präferenzen sind hierbei Annahmen zu treffen, welche Vorliebe die (heutige und zukünftige Generation) dem Gut *stabiles Klima* bzw. den durch den Klimawandel betroffenen (Natur-)gütern (z.B. Boden, Lebewesen) und deren Qualitäten entgegenbringen.

Im Fall der Substituierbarkeit natürlicher Ressourcen geht es um die Frage, inwieweit der Verlust von Naturgütern durch die Bereitstellung anderer ökonomischer Ressourcen kompensiert werden kann. Falls ein stabiles Klima als fundamentaler Bestandteil für das Wohlergehen zukünftiger Generationen betrachtet wird, erlangen Investitionsentscheidungen in Klimaschutzmaßnahmen vielfach schon *per se* eine Vorteilhaftigkeit. Falls sich Verluste an Naturgütern in Folge des Klimawandels durch die Übertragung von Sach- und Kapitalgütern von einer Generation zu einer anderen ausgleichen lassen, können Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (Adaptation) Vorrang vor Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (Mitigation) genießen (Arrow et al., 1996a).

Lehnt man normative Aussagen im Inhaltsbereich als Bestandteil wissenschaftlicher Argumentation generell ab, ist das Vorsorgeprinzip in der Tat nicht als hypothetische Wertgrundlage für klimapolitische Maßnahmen verwendbar. In diesem Fall ist aber zu befürchten, dass die gesellschaftspolitische Nützlichkeit der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften übermäßig eingeschränkt wird. Daher erscheint eine explizite Einführung von Werturteilen für Handlungsempfehlungen der praktischen Wirtschaftspolitik akzeptabel. Becker et al. (2008) verweisen darauf, dass diese in der Argumentation offenzulegen und möglichst auf grundlegende Wertaxiome zu reduzieren sind. Die daraus abgeleiteten Folgerungen müssen allerdings selbst bei logisch korrekter Argumentation nicht akzeptieren werden, wenn man die zugrunde liegenden Wertprämissen nicht teilt. Folglich lässt sich das Vorsorgeprinzip zwar normativ begründen, eine allgemeine Akzeptanz aber nicht erzwingen. So besteht die Gefahr, dass die normativen Vorgaben im politischen Willensbildungsprozess nicht die notwendige Unterstützung erhalten.

Aus positiver Sicht beruht die Beantwortung der Frage nach dem *richtigen* Maß an Vorsorge auf dem (beobachtbaren) Verhalten der heutigen Generation hinsichtlich ihrer Risikobereitschaft und ihrem Altruismus gegenüber zukünftigen Generationen. Es findet

⁸ Der Begriff Präferenz bezeichnet den Vorzug für ein bestimmtes Gut oder die relative Vorliebe, die ein Individuum einem Gut gegenüber einem anderen Gut entgegenbringt.

hierbei keine Wertung statt, ob das beobachtbare Verhalten *angemessen* ist. Die Orientierung am Verhalten der heutigen Generation sichert eine größere Akzeptanz und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass das (beobachtete) Maß an gewünschter Vorsorge im politischen Willensbildungsprozess berücksichtigt wird.

Unter normativen Aspekten wird eingeschränkt, dass intergenerative Aspekte hierbei keine *hinreichende* Berücksichtigung finden, da die Präferenzen zukünftiger Generationen im Kalkül der heutigen Generation nur eine untergeordnete Rolle spielen (Hansjürgens & Schuldt, 1994). In der Tat ist im Sinne der ökonomischen Theorie externer Effekte damit zu rechnen, dass die negativen Externalitäten, die durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht werden, im Entscheidungskalkül der heutigen Generation nur eingeschränkt berücksichtigt werden. Andernfalls ließe sich das Auftreten lokaler Umweltprobleme nur schwer erklären. Warum sollte die heutige Generation die Reinhaltung der Atmosphäre für zukünftige Generationen höher gewichten als die Reinhaltung von Luft- und Gewässern, damit die heutige Generation keinen Schaden nimmt?

Dennoch ist das Argument der fehlenden Berücksichtigung zukünftiger Generationen problematisch, da wir die Präferenzen zukünftiger Generationen noch nicht kennen. Häufig wird erwartet, dass sich zukünftige Präferenzen von den heutigen kaum unterscheiden. Blickt man in die Vergangenheit, lassen sich zahlreiche Beispiele (z.B. die Bedeutung von Lasttieren vor Beginn der Industriellen Revolution im Vergleich zu heute) finden, in denen sich eine derartige Einschätzung als fehlerhaft erwiesen hätte. Auch die Zukunft dürfte einige Überraschungen bereithalten. Sollte es z.B. in mittlerer Zukunft möglich werden, Energie aus Kernfusion zu wettbewerbsfähigen Preisen zu gewinnen, wird die Wertschätzung zukünftiger Generationen für fossile Brennstoffe rapide sinken. Zum anderen ist offen, inwieweit eine Geringschätzung zukünftiger Generationen auftritt. Schließt man den Fall aus, dass Individuen von einer extrem hohen persönlichen Lebenserwartung ausgehen und deswegen auch im hohen Alter weiterhin eine große Sparneigung vorweisen, lassen sich die zahlreichen Erbschaften rational nur erklären, wenn die heutige Generation in ihrer Nutzenfunktion einen gewissen intergenerativen Altruismus beinhaltet. Endres (2008, S.362) schränkt ein, dass sich dieser im Sinne eines „selektive[n] Zukunftsaltruismus“ primär an die eigenen nachfolgenden Generationen richtet und über die Zeit abnimmt. Zudem mindere die Unsicherheit, inwieweit eigene klimaschützende Sparmaßnahmen, z.B. im Ressourcenverbrauch, auch tatsächlich der gewünschten Zielgruppe zugute kommen, die Anreize generationenübergreifend Klimaschutz zu betreiben.

Die Erfahrungen der Vergangenheit zeigen, dass die Wandlung des Vorsorgeprinzips von der Norm zum konkreten politischen Handlungskonzept funktionieren kann. So hat sich das Vorsorgeprinzip in diversen Bereichen (z.B. Biotechnologieregulierung, Mobilfunkregulierung, Nahrungsmittelsicherheit) bewährt und als operationalisierbar gezeigt (Fisher et al., 2006). Aufgrund der Komplexität und Langfristigkeit der Klimaproblematik erscheint die Operationalisierung jedoch schwieriger als in anderen Bereichen und konnte bisher nicht zufriedenstellend gelöst werden.

Die Wahl unterschiedlicher Vorsorgekonzepte, z.B. im Bereich der Gentechnologie, macht deutlich, dass es zwischen Gesellschaften verschiedener Länder Unterschiede hinsichtlich ihrer Risikoneigung und ihres Planungshorizonts geben kann. Dementsprechend dürften auch in der Klimaschutzpolitik unterschiedliche Optimalitätsgrade vorzufinden sein. Länder mit einer relativ risikoaversen, zukunftsaltuistisch geprägten Gesellschaft sollten eine striktere Klimaschutzpolitik bzw. stärkere Anwendung des Vorsorgeprinzips bevorzugen als Länder mit einer relativ risikofreudigen, gegenwartsbezogenen Gesellschaft.

These 3: Die ökonomischen Kosten des Klimawandels werden relativ moderat ausfallen!

„All peer reviewed economic analyses show we should reduce CO₂ emissions only moderately” (Lomborg, 2007, S.138).

Die Ermittlung des ökonomisch optimalen Niveaus an Emissionsvermeidung erfolgt in der Regel anhand der *social costs of carbon*. Das sind diejenigen Kosten, die eine zusätzliche Einheit an Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid verursacht.⁹ Abschätzungen über die ökonomischen Kosten werden mit sog. Integrierten Bewertungsmodellen vorgenommen (für einen Überblick verschiedener Modellansätze siehe Weyant, 1999). Im Gegensatz zum Stern Review (2007) suggerieren die meisten der (*peer reviewed*) Modelle bei der Abschätzung der ökonomischen Folgen des Klimawandels relativ niedrige gesamtwirtschaftliche Kosten (Lomborg, 2007, S.135). In einem groß angelegten Literaturüberblick kommt Tol (2005) zu dem Ergebnis, dass die gesellschaftlichen Grenzschäden einer Tonne Kohlenstoff mit großer Wahrscheinlichkeit nicht über fünfzig Dollar liegen und wahrscheinlich sogar deutlich niedriger ausfallen werden. Dass zudem die Anpassungsfähigkeit von Mensch und Natur in vielen Modellen mit höheren Kostenschätzungen nicht berücksichtigt und positive Wirkungen, wie z.B. angenehmere klimatische Bedingungen (Maddison & Bigano, 2003), vernachlässigt werden, spricht ebenfalls für relativ moderate ökonomische Kosten. Andererseits finden auch die möglichen Folgen von extremen Klimakatastrophen und sich selbst

⁹ Andere THG werden in der Regel nicht berücksichtigt.

verstärkenden Effekten, wie z.B. Rückkopplungseffekte, keine hinreichende Beachtung, was zu einer Unterbewertung der Kosten führt (Tol, 2005). Folglich bereiten die vielen naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Unsicherheiten große Schwierigkeiten die tatsächlichen ökonomischen Folgen treffend abzuschätzen. „Research into the economic impacts of climate change is still at an early stage” (Tol, 2005, S.2065). Über die Unsicherheiten in den Modellen hinaus tragen fundamentale Schwierigkeiten hinsichtlich der *richtigen* Bewertung der vermeintlichen Schäden zu einer Einschränkung ihrer Aussagekraft bei.

Sachliche und räumliche Bewertungsprobleme

Generell stehen Nutzen-Kosten Analysen im Umweltbereich vor dem Problem, dass vielfach (Natur-) Güter bewertet werden müssen, die in der Regel nicht auf Märkten gehandelt werden, und sich folglich nicht durch Preise bestimmen lassen. Es gibt eine Reihe ökonomischer Methoden, die versuchen mittels direkter oder indirekter Beobachtungen die (potenzielle) Zahlungsbereitschaft für derartige Güter zu bestimmen (für einen Überblick verschiedener Ansätze vgl. Tietenberg, 2006, S.34-60). Trotz der erkennbaren Fortschritte in der jüngeren Vergangenheit liefern diese zwar hilfreiche, aber letztlich oft nur unbefriedigende Bewertungsgrundlagen. „The models are now reasonably thorough about measuring economic impacts to agriculture, forestry, energy, water, and coasts. But the models do not yet do a good job of capturing nonmarket impacts to biodiversity, ecosystems, and health” (Mendelsohn, 2005, S.1). So beruht die Erfassung dieser *non market impacts* weiterhin primär auf (normativen) Annahmen, woraus erwartungsgemäß Unterschiede hinsichtlich der Bewertung resultieren. Beispielsweise geht das dem *Stern Review* zugrunde liegende Bewertungsmodell Page2002 (Hope, 2006) davon aus, dass die Anfälligkeit durch den Klimawandel unabhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung verläuft. Tol und Yohe (2006) halten entgegen, dass die Adaptionsfähigkeit, die Nettosensitivität und folglich auch die Belastung durch den Klimawandel für Mensch und Natur sehr ortsspezifisch und pfadabhängig ausfallen werden.

Darüber hinaus treten räumliche Bewertungsprobleme auf, die sich aufgrund der globalen Ungleichverteilung der Schäden besonders bemerkbar machen. Ein Großteil der Schäden wird auf Länder in wärmeren Regionen mit einem hohen Anteil der Landwirtschaft und geringen finanziellen und technischen Anpassungsmöglichkeiten fallen (Mendelsohn et al., 2006). Monetäre Schäden führen im Sinne des allgemein akzeptierte Konzepts des abnehmenden Grenznutzens des Konsums (Gossen, 1854) zu unterschiedlich starken

Nutzeneinbußen in Abhängigkeit des Einkommens. Eine Berücksichtigung der globalen Einkommensunterschiede erfolgt anhand von Gewichtungsfaktoren, sog. *equity weights*, die erstmals von Pearce et al. (1996) im Hinblick auf die Berechnungen der *social costs of carbon* angeregt wurden.¹⁰ *Equity weights* drücken aus, dass ein Dollar für einen armen Menschen einen anderen Wert darstellt als für einen reichen. Schätzungen der marginalen Grenzschäden von Kohlendioxidemissionen mit *equity weights* fallen deutlich höher aus als Schätzungen ohne (Tol, 2005). Wie die Diskussion im Bereich des Vorsorgeprinzips über die verschiedenen Gerechtigkeitskonzepte vermuten lässt, herrscht über den Einsatz von *equity weights* in der Literatur Uneinigkeit (Johansson-Stenman, 2005). Viele sehen darin die Gefahr drohender Effizienzverluste, da allokativen und distributiven Beweggründe parallel berücksichtigt werden. Harberger (1978) führt eine Reihe von irrationalen Beispielen an, in denen bei Anwendung von *equity weights*, Umverteilungen mit extremen Redistributionskosten durchzuführen wären. Johansson-Stenman (2005) argumentiert, dass keine Effizienzverluste auftreten müssen, wenn man die Interaktion mit anderen Bereichen, wie z.B. steigenden Steuereinnahmen in armen Ländern in Folge der Umverteilung berücksichtigt. Eine Integration derartiger Interaktionen erhöht allerdings den Komplexitätsgrad und erscheint für die ökonomische Modellierung der Schäden aus dem Klimawandel nicht realisierbar.

Grundsätzlich gilt auch in diesem Bereich, dass aus positiver Sicht *die Reichen* in der Realität weniger besorgt um *die Armen* sind, als es die (normativen) Gewichtungsfaktoren in den verschiedenen Modellen suggerieren (Tol, 2005). Zumindest war in der Vergangenheit die (finanzielle) Bereitschaft der Industrieländer, Nord-Süd-Ungerechtigkeiten auszugleichen, eher verhalten.

Zeitliche Bewertungsprobleme

Das zentrale Problem in der Klimakostenmodellierung stellt die zeitliche Komponente und die damit verbundene Frage über intergenerative Gerechtigkeit dar. Aufgrund der langen Verweildauer einiger THG in der Atmosphäre¹¹ wird der anthropogene Klimawandel sich über viele Jahrhunderte vollziehen. Somit gilt es, Schäden zu bewerten, die erst in ferner Zukunft auftreten werden. Die zeitliche Dimension *setzt* eine Diskontierung des Nutzens

¹⁰ Schon Alfred Marshall verwies in seiner Einführungsveranstaltung in Cambridge auf die Notwendigkeit von „taking account of the fact that the same sum of money measures a greater pleasure for the poor than for the rich“ (Marshall, 1885, S.31). Einen Überblick über die Nutzung von *equity weights* in der Klimakostenmodellierung findet sich bei Anthoff et al. (2009).

¹¹ Die Verweildauer von Kohlendioxid in der Atmosphäre beträgt mehr als hundert Jahre, bei manchen Industriegasen sind es über tausend Jahre (IPCC, 2007b).

voraus, um zukünftige gesellschaftliche Erträge bzw. Schäden aus heutiger Sicht beurteilen zu können.

Eine Diskontierung berücksichtigt zum einen, dass das Konsumniveau in der Vergangenheit über die Zeit kontinuierlich angestiegen ist, d.h. dass zukünftigen Generationen aller Voraussicht nach ein höheres Einkommen zur Verfügung stehen wird, um die Schäden zu bewältigen. Selbst *pessimistische* Klimakostenmodelle prognostizieren, dass das Konsumniveau in den kommenden 100 Jahren weiter ansteigen wird (Dasgupta, 2008). Zum anderen fließen Einschätzungen hinsichtlich der Tatsache ein, dass Schäden nicht heute, sondern erst in Zukunft auftreten werden.

Beide Aspekte finden schon in einem Ansatz von Ramsey (1928) Berücksichtigung, der allen Klimakostenmodellen als Grundlage dient. Hierbei wird die gesellschaftliche Diskontierungsrate, d.h. die Abwertung des Nutzens über die Zeit,¹² aus zwei Teilen zusammengesetzt: der erste Teil, die sog. *reine Zeitpräferenzrate*, spiegelt eine zeitliche Ungeduld der heutigen Generation wider. Diese basiert auf der Annahme, dass die gegenwärtige Generation eine gewisse (finanzielle) Kompensation verlangt, wenn sie für Investitionen (in Klimaschutz) auf heutigen Konsum verzichtet und diesen in die Zukunft verlagert.

Der zweite Teil ist ein Maß für die Ungleichheit im Konsum und spiegelt das steigende Konsumniveau sowie die Ungleichheitsaversion in der Gesellschaft wider. Je größer der Term, desto eher wird ein rationales Individuum versuchen, Ungleichheiten zu vermeiden (Guo et al., 2006).¹³

In der Literatur herrscht kein Konsens über die Wahl der *richtigen* gesellschaftlichen Diskontierungsrate, vor allem im Hinblick auf die Höhe der *reinen Zeitpräferenzrate* (Newell & Pizer, 2004). Erneut kann hier zwischen positiver und ethisch-normativer Betrachtung unterschieden werden.¹⁴ Eine – weitaus größere – Gruppe an ökonomischen Modellierern (u.a. Mendelsohn, 2007; Nordhaus, 2006; Tol & Yohe, 2006) vertritt die positiv geprägte Ansicht, dass die gesellschaftliche *Zeitpräferenz* nicht allzu sehr vom (beobachtbaren) individuellen Entscheidungskalkül abweicht und sich dementsprechend primär am Marktzinssatz orientieren sollte. Andere Modellierer (Cline, 1992; Stern, 2007) argumentieren aus einer normativen Sicht heraus, dass die heutige Generation keine wirkliche

¹² Die gesellschaftliche Diskontierungsrate wird wie ein Zinssatz in Prozent pro Jahr berechnet.

¹³ Modellierungen mit hohen Schadensschätzungen nehmen zumeist ein geringes Maß an Ungleichheitsaversion an. Hierbei wird unterstellt, dass die heutige, ärmere Generation diese Ungleichheit akzeptiert und umfangreiche Umverteilungen für die zukünftige, reichere Generation vornehmen würde, um den Klimawandel zu vermeiden.

¹⁴ Für einen tieferen Einblick in die Problematik vgl. Arrow et al. (1996a) oder auch Portney und Weyant (1999) sowie Kapitel 1.4.1 in diesem Band.

Gegenwartspräferenz haben (sollte), da Gesellschaften anders als Individuen nicht unmittelbar vom Aussterben bedroht sind. Demnach sollte die heutige Generation keine zeitliche Ungeduld sondern vielmehr ein Verantwortungsgefühl für zukünftige Generationen empfinden und den Nutzen zukünftiger Generationen nicht anders bewerten als den eigenen. Aus dieser Argumentation ergibt sich die Wahl einer relativ niedrigen Diskontierungsrate,¹⁵ durch die heutige und zukünftige Schäden nahezu gleich gewichtet werden.

Ein niedrige Zeitpräferenzrate impliziert, dass die Zukunft nach den gleichen Kriterien bewertet wie die Gegenwart und beinhaltet die – oben bereits diskutierte – problematische Annahme, dass zukünftige Generationen sehr ähnliche Präferenzen und Wertschätzungen haben werden wie die gegenwärtige (Klaus, 2007). Andererseits wirkt es auch befremdlich, wenn man Schäden, die in 200 Jahren auftreten, als kaum relevant einstuft.

Weitzman (2007) kritisiert die Stern'sche Argumentation der fehlenden Gegenwartspräferenz von Gesellschaften als nicht zutreffend für das beobachtbare Investitionsverhalten der Individuen. Zugleich hält er aber fest, dass möglicherweise „[Stern] was right for the wrong reasons“ (S.724). Seiner Meinung nach könnte in Anbetracht der möglichen (extremen) Schäden des Klimawandels die Wahl einer niedrigen Diskontierungsrate als eine Art Versicherungsprämie betrachtet werden. In diesem Sinne sind Individuen bereit, hohe Prämien zu zahlen, d.h. Investitionen mit einer niedrigen (erwarteten) Verzinsung zu tätigen, um sich gegen relativ unwahrscheinliche, aber mit extremen Kosten verbundene Klimakatastrophen zu versichern. Eine solche Überlegung erscheint im Lichte der zuvor beschriebenen Risikoneigung einer Gesellschaft und dem damit verbundenen Vorsorgeprinzip plausibel. Sie wirft allerdings auch die Frage über die Höhe der *richtigen* Versicherungsprämie auf und ist ebenfalls nicht frei von normativen Vorstellungen. Da die (geringe) Wahrscheinlichkeit von Katastrophenszenarios erst gegen Ende des Jahrhunderts ansteigen wird, würde die heutige Generation – falls man nicht von extremster Risikoaversion ausgeht – primär die Versicherung für zukünftige Generationen abschließen. Weitzman (2007) selber legt sich nicht auf eine bestimmte Katastrophenprämie fest und bezweifelt, dass irgendjemand beim gegenwärtigem Stand der ökonomischen Forschung solche Berechnungen durchführen könne.

Newell und Pizer (2003; 2004) stellen fest, dass Unsicherheiten über die *richtige* Verzinsung und die damit verbundene Entwicklung der zukünftigen Diskontierungsrate zu einer abweichenden Bewertung zukünftiger Erträge führen können. Dementsprechend können

¹⁵ So wählt z.B. der *Stern Review* eine gesamtgesellschaftliche Diskontierungsrate von 1,4 Prozent während andere Autoren mit bis zu sechs Prozent Diskontierung modellieren (Weitzman, 2007).

konstante Diskontierungsraten in den Modellen eine Unterbewertung des Nutzens von Maßnahmen zur Treibhausgasverringerung beinhalten. Zur Vermeidung derartiger Probleme wird verstärkt die Einführung flexibler Diskontierungsraten vorgeschlagen, die über die Zeit sinken (für einen Überblick verschiedener Ansätze siehe Guo et al., 2006). Die Idee wird sowohl von theoretischen als auch empirischen Studien unterstützt (Groom et al., 2005; Pearce, 2003). Sie ist allerdings auch problematisch, da keine Konsistenz über die Zeit mehr gewährleistet ist. Heutige Pläne können zu einem späteren Zeitpunkt verworfen werden, ohne dass sich, mit Ausnahme des Zeitpunkts, etwas an den Entscheidungsgrundlagen geändert hat (Guo et al., 2006).

Eine abschließende Wertung dieser unterschiedlichen Sichtweisen vorzunehmen, ist sicherlich nicht möglich und auch nicht Ziel dieses Beitrags. Festzuhalten bleibt vielmehr, dass Abweichungen in der Diskontierung zu extremen Unterschieden in den Modellberechnungen führen. Niedrige Diskontierungsraten führen zu deutlich höheren Schadensschätzungen (Tol, 2005). Nordhaus (2006) macht dies anhand von zwei Modellläufen in seinem modifizierten Klimakostenmodell (DICE) deutlich. Beim ersten Versuch wählt er für die *reine Zeitpräferenzrate* einen Wert von drei Prozent, der über die Jahre auf ein Prozent (in 300 Jahren) absinkt. Beim zweiten Modellauf verwendet er den auch von Stern (2007) gewählten konstanten Wert für die *reine Zeitpräferenzrate* von 0,1 Prozent. Für die *social costs of carbon* bedeuten diese Veränderung eine fast zehnfache Erhöhung, von ursprünglich ca. US\$ 17 auf nunmehr US\$ 159. Folglich beinhaltet die effiziente Lösung im zweiten Modellauf eine deutlich stärkere Vermeidung an Emissionen.

Die bisherigen ökonomischen Berechnungen reichen somit weder zur Banalisierung der Klimaproblematik noch als Rechtfertigungsgrund für diverse Horrorszenarien aus. Nichtsdestotrotz stellt die ökonomische Modellierung auch für die Zukunft ein wichtiges Element für die Bestimmung politischer Handlungsmaßnahmen dar. Die grundsätzlichen Probleme hinsichtlich der Bewertung zeitlicher und räumlicher Diskontierung werden allerdings auch in Zukunft auf normativen Vorstellungen beruhen und sich nicht eindeutig klären lassen.

These 4: Der beste Klimaschutz ist wirtschaftliches Wachstum!

„Es ist überhaupt nicht nötig, das wirtschaftliche Wachstum zu bremsen, weil das allein die ökologischen Probleme löst“ (Klaus, 2007, S.89).

„The best way for developing countries to mitigate global warming, therefore, is through economic growth“ (Schelling, 2002, S.2).

Die Erfahrungen der Vergangenheit lassen auf einen vermeintlichen Trade-off zwischen wirtschaftlicher Entwicklung, die den steigenden Einsatz (fossiler) Energieträger beinhaltet, und Klimaschutzziele schließen. Dieser wird indirekt dadurch verstärkt, dass mit steigendem Einkommen auch die absoluten Schäden des Klimawandels zunehmen (Mendelsohn, 2005). Allerdings sind in den meisten Industrieländern die (relativ hohen) Pro-Kopf Emissionen schon seit einigen Jahren ziemlich konstant. Da eine hohe Wirtschaftsleistung auch den verstärkten Einsatz bzw. die Entwicklung von modernen, energieeffizienten Technologien impliziert, nimmt mit steigendem Wohlstand die Energieintensität in Relation zur Produktion ab. Derartige Entwicklungen lassen sich auch in Entwicklungsländern feststellen. So haben z.B. in China Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz, die hauptsächlich von wirtschaftlichen Zielen getragen wurden, das Wachstum der THG-Emissionen deutlich gemindert (Sathaye, Sinton, & Heller, 1999). Zudem ist mit steigendem Wohlstand häufig auch ein Rückgang der Geburtenraten verbunden, der ebenfalls zu einer Minderung der gesamten Emissionen beiträgt.

Dennoch werden insbesondere in Entwicklungsländern die Emissionen bei den prognostizierten Wachstumspfaden in den nächsten Jahrzehnten drastisch ansteigen. Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) prognostizieren, dass auf Entwicklungsländer allein bis 2030 rund drei Viertel des Anstiegs der weltweiten Primärenergienutzung entfallen werden (IEA, 2007). Eine drastische Verringerung dieser Emissionspfade erscheint ohne hohe zusätzliche (Investitions-)Kosten nicht realisierbar. Die Entwicklung neuer Technologien, der Einsatz (bestehender) regenerativer Energiequellen und energieeffizienter Technologien werden in den kommenden Jahrzehnten mit deutlich höheren Kosten verbunden sein als ein Business-As-Usual Szenario, welches vorwiegend auf fossilen Energieträgern aufbaut. Berechnungen der IEA (2008a) zufolge verursacht eine Halbierung der weltweiten Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts Kosten in Höhe von bis zu 45 Billionen Euro. Jegliche Investition zur CO₂-Minderung deren Grenzkosten unter 200 Dollar je Tonne CO₂ liegen müsste getätigt werden. Konsequenterweise spricht die IEA von einer „global revolution in the way we produce and use energy“ (IEA, 2008a, S.2). Diese beruht auch auf

der Nutzung der Kernenergie sowie dem intensiven Einsatz von Technologien zur Kohlenstoffabsorbierung und –speicherung (CCS), deren sichere Handhabung weiterhin ungewiss ist (Fischedick et al., 2007). Ein Teil dieser Investitionen, vor allem im Bereich Energieeffizienz oder auch für die Entwicklung und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen wird bei weiter steigenden Energiepreisen langfristig positive Renditen erwirtschaften. Andere Technologien, wie z.B. CCS führen primär zu einer Verteuerung der Energie und zu einer Bindung von Ressourcen, die an anderer Stelle zum wirtschaftlichen Wachstum beigetragen hätten. Nach heutigen Schätzungen liegen die Kosten für die Abtrennung des CO₂ derzeit zwischen 35 und 50 Euro pro Tonne. Mittels Forschungs- und Demonstrationsprojekten und weiterer technologischer Verbesserungen wird angestrebt, diese auf unter 20 Euro pro Tonne CO₂ zu senken (Fischedick et al., 2007). Auch in dieser Größenordnung stellt die CCS-Technologie einen erheblichen Kostenfaktor für die Industrie dar. Denn bei prognostizierten weltweiten Emissionen im Jahr 2020 allein aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Stromerzeugung in einer Größenordnung von ca. 16 Mrd. Tonnen CO₂ (IEA, 2008b), würde eine vollständige Implementierung der CCS-Technologie weltweit zusätzliche Kosten in Höhe von rund 300 bis 500 Mrd. Euro pro Jahr generieren.

Darüber hinaus gilt es zu berücksichtigen, dass z.T. nur durch wirtschaftliche Entwicklung Anpassungen an den Klimawandel möglich sind. Dies gilt insbesondere für Entwicklungsländer auf die ein Großteil der prognostizierten Schäden des Klimawandel fallen wird (Mendelsohn et al., 2006). Maßnahmen zum Schutz vor einem steigenden Meeresspiegel und extremen Wetterereignissen, zur Verbesserung der gesundheitlichen Versorgung oder insbesondere zur Modernisierung der Landwirtschaft setzen finanzielle Ressourcen voraus, die ohne eine verbesserte Einkommenssituation für viele Entwicklungsländer unerreichbar bleiben. „Climate change is a development problem, no doubt“ (Müller, 2002, S.2).

In diesem Sinne steht man bei der Diskussion obiger These erneut vor der normativen Frage, inwieweit sich Klimaschäden durch andere ökonomische Ressourcen kompensieren lassen. Akzeptiert man eine teilweise Kompensation von Natur- durch Sachgüter und betrachtet Klimaschutz auch im Sinne eines Schutzes *vor* dem Klima, wie er von Klaus und Schelling verstanden wird, konstituiert wirtschaftliche Entwicklung speziell für Entwicklungsländer in der Tat eine zentrale Voraussetzung. Akzeptiert man eine derartige Substitution nicht, dürfen Adaptionmaßnahmen nicht auf Kosten einer Emissionserhöhung durchgeführt werden. Zu berücksichtigen ist hierbei aber, dass ein gewisser Klimawandel bereits stattfindet und sich auch bei ambitionierten Emissionsminderungszielen in den

kommenden Jahrzehnten nicht verhindern lässt (IPCC, 2007b). Um diese unausweichlichen Anpassungen an den Klimawandel vorzunehmen, erscheint in vielen (Entwicklungs-)Ländern eine Fokussierung auf ein stetiges Wirtschaftswachstum in den nächsten Jahren unvermeidbar.

2.3 Komponenten einer optimierten Klimaschutzpolitik

Obige Ausführungen machen deutlich, dass weiterhin zahlreiche naturwissenschaftliche und ökonomische Unsicherheiten bestehen und die Bewertung des Klimaproblems zu einem Großteil von unterschiedlichen intra- und intergenerativen Gerechtigkeitsvorstellungen bestimmt wird. Somit ist keine eindeutige Bewertung der Gefahren der globalen Erwärmung möglich. Kritikern wie Lomborg, Lawson oder Klaus kann keine *falsche* Beurteilung der Sachlage nachgewiesen werden. Aber auch Sterns und vieler anderer Wertvorstellungen und Forderungen nach umfangreichen politischen Maßnahmen gegen die Erwärmung der Erde sind nicht abzulehnen und liefern mit dem Verweis auf das Vorsorgeprinzip ein vertretbares Verhaltensprinzip, um sich gegen relativ unwahrscheinliche, aber mit extremen Kosten verbundene Risiken abzusichern. Jedoch stellt die Operationalisierung des Vorsorgeprinzips aufgrund der nicht zu bestimmenden Eintrittswahrscheinlichkeiten extremer Klimaschäden ein kompliziertes Unterfangen dar. Grundsätzlich darf das Vorsorgeprinzip nicht als Rechtfertigung für jegliche wirtschaftspolitische Maßnahmen missverstanden werden, sondern sollte sich im Sinne einer *gesellschaftlichen Entscheidung unter Unsicherheit* an einer intergenerativ ausgerichteten, optimierten Risikominimierung orientieren.

Wie lässt sich unter diesen Voraussetzungen eine optimierte Klimaschutzpolitik betreiben? Erstens, in dem man Ziele verfolgt, die mit unterschiedlichen Gerechtigkeitsvorstellungen und Unsicherheiten über die Risikoneigungen vereinbar sind und folglich im politischen Willensbildungsprozess (über die Generationen hinweg) allgemeine Zustimmung erhalten könnten. Eine sinkende Energieintensität bzw. höhere Energieeffizienz ist (langfristig) vorteilhaft, da sie Ressourcen schont. Auch die staatliche Förderung (klima-) technologischer Innovationen, die die Nutzung fossiler Energieträger einschränken, ließe sich unter der Annahme, dass derartige Technologien aufgrund von nicht berücksichtigten Spillovereffekten in einem Marktumfeld nur suboptimal bereitgestellt werden (Jaffe et al., 2005) mit unterschiedlichen Gerechtigkeitsvorstellungen vereinen.

Zweitens könnte man versuchen, Unterschiede in den Gerechtigkeitsvorstellungen der gegenwärtigen Generation abzubauen. Bestehende Divergenzen hinsichtlich intergenerativer

Gerechtigkeitsvorstellungen werden sich allerdings niemals eindeutig klären bzw. abbauen lassen. Zum einen aus dem schlichten Grund, dass wir zukünftige Generationen nicht über ihre Präferenzen befragen können. Zum anderen auch deswegen, da selbst eine Befragung zukünftiger Generationen kein eindeutiges Bild liefern würde. Denn sogar aus heutiger Sicht haben wir aufgrund der fehlenden Einblicke in die Vergleichsszenarien Schwierigkeiten zu beurteilen, ob die vorangegangenen Generationen unsere Präferenzen hinreichend berücksichtigt haben. Hätten wir weniger Umweltprobleme bei einem niedrigeren Lebensstandard bevorzugt?

Etwas anders liegt die Sache bei der Beurteilung der intragenerativen Gerechtigkeitsvorstellungen, bei denen – wie oben angedeutet – das moralische Verantwortungsgefühl seitens der Industrieländer tendenziell überschätzt wird. Man kann versuchen, das Gerechtigkeitsempfinden in der Bevölkerung auf Seiten der industrialisierten Welt zu erhöhen, was sich in einer erhöhten Bereitschaft zur Zahlung von finanziellen Transfers in Entwicklungsländer widerspiegeln sollte. Wie erfolgreich eine derartige Strategie sein kann, wird sich insbesondere in den Klimaschutzverhandlungen über ein Nachfolgeabkommen des Kyoto-Protokolls zeigen. Ein Misslingen dieser Strategie lässt darauf schließen, dass Entwicklungsländer bei der Bewältigung der Klimaproblematik nicht auf die Großzügigkeit und Hilfsbereitschaft der Industrieländer setzen können. Forderungen nach einem uneingeschränkten Wirtschaftswachstum, um eigenständig Klimaschutz mittels Anpassungsmaßnahmen ergreifen zu können, bekommen dadurch zusätzliche Unterstützung.

Drittens kommt es darauf an, die tatsächliche Wertschätzung bzw. Risikoneigung der heutigen Generation für ein stabiles Klima zu ermitteln, d.h. den Fokus stärker auf die positive Ökonomik zu lenken. Wenngleich die Präferenzen zukünftiger Generationen dadurch möglicherweise nicht hinreichend berücksichtigt werden, liefern die Präferenzen der gegenwärtigen Gesellschaft die zentrale Basis auf der Entscheidungen unter Unsicherheit im politischen Willensbildungsprozess getroffen werden können.

Bisher scheint es, dass insbesondere in Entwicklungsländern Ängste über den Klimawandel und seine vermeintlichen Folgen relativ gering sind. „Developing countries (...) view climate change as of low importance or even benign“ (Wiener, 2007, S.74). Das könnte zum einen an einer relativ hohen Gegenwartspräferenz der dortigen Bevölkerung liegen. Aufgrund ihres relativ niedrigen Wohlstandsniveaus sind Entwicklungsländer häufig nicht in der Lage zwischen der Investitions- und Konsumentscheidung zu trennen und heutigen Konsum durch Investitionen in die Zukunft zu verlagern. In ähnlicher Weise argumentiert Lawson (2006), dass das Vorsorgeprinzip von ärmeren Menschen weniger gewünscht wird,

da es die Chance auf wirtschaftlichen Wohlstand einschränkt bzw. die Gefahr des materiellen Verlustes relativ betrachtet niedriger ist.

Da Entwicklungsländer als die Träger der Hauptlasten des Klimawandels gelten, könnte das fehlende Interesse v.a. auch auf Informationsdefizite zurückzuführen sein. Aufgrund der hohen Komplexität und relativ kurzen Erfahrung mit dem Klimaproblem verfügt die heutige Generation wahrscheinlich noch nicht über genügend Informationen, um die Problematik Klimawandel richtig einschätzen zu können. Die Bereitstellung von Informationen als Grundlage für die Entscheidungsfindung, die auch eine klare Kommunikation der bestehenden Unsicherheiten beinhalten, sind unerlässlich. Aus diesem Grund sind speziell in Entwicklungsländern verstärkte Anstrengungen notwendig, um das (Klima-)Bewusstsein in der Bevölkerung zu erhöhen und deren Entscheidungsgrundlage zu verbessern. Darauf aufbauend lässt sich im politischen Willensbildungsprozess eher feststellen, welche Schäden und Risiken die heutige Generation bereit ist zu akzeptieren.

Der *Kopenhagener Konsensus* unternahm einen ersten Versuch in diese Richtung. Um die Wertschätzungen der Betroffenen zu ermitteln, wurden 80 Collegestudenten, von denen über zwei Drittel aus Entwicklungsländern stammten, umfassend über die Problematik des Klimawandels (und anderer Problemfelder) informiert und anschließend hinsichtlich ihrer Prioritäten in der Bekämpfung globaler Probleme befragt. Auch sie platzierten das Klimaproblem relativ weit unten, an vorletzter Stelle (Lomborg, 2007). Wenngleich dieses Ergebnis keinen repräsentativen Charakter besitzt und eine einseitige Beeinflussung hinsichtlich der Informationsbereitstellung nicht ausgeschlossen werden kann, lässt es doch Platz für Vermutungen. Möglicherweise stellt sich bei einer Befragung der informierten Bevölkerung in Entwicklungsländern heraus, dass vorbeugende Maßnahmen zur Risikominimierung zwar gewünscht werden, für viele aber eine höhere THG-Konzentration als die von der Europäischen Union angestrebten 550 ppme den Bogen einer optimalen Klimaschutzpolitik spannen würde. Inwieweit dies auch im Sinne der zukünftigen Generation wäre, bliebe nur abzuwarten.

3 Institutionelle Ausgestaltung der internationalen Klimaschutzpolitik

–

Eine kritische Betrachtung

Abstrakt

Unter Ökonomen ist man sich relativ einig, dass das Kyoto-Protokoll in seiner jetzigen Form den Herausforderungen des Klimawandels im Sinne der Klimarahmenkonvention nicht gerecht wird. Keine Einigkeit zeichnet sich aber hinsichtlich der Frage ab, welches die schwerwiegendsten Mängel des Abkommens sind. Folglich ist auch umstritten wie ein zweiter Schritt, der in den gegenwärtigen sog. Post-Kyoto-Verhandlungen angestrebt wird, aussehen sollte.

Der Beitrag greift zentrale Kritikpunkte bezüglich des bestehenden Systems auf und diskutiert Ansätze verschiedener Reformvorschläge. Hauptaugenmerk wird auf eine Verbesserung der Anreizwirkungen eines Abkommens gelegt, die als Grundlage für die Funktionsfähigkeit eines internationalen Klimaregimes zu betrachten ist. Es zeigt sich, dass bei vielen Ansätzen zur Verbesserung der Anreizstruktur aufgrund der heterogenen Interessen der Länder ein Mangel an politischer Durchsetzbarkeit zu konstatieren ist. Aus diesem Grund wird empfohlen, verstärkt auf kleinere, homogenere Verhandlungsgruppen zu setzen. Derartige Verhandlungen können sowohl innerhalb des Rahmenwerks der Vereinten Nationen als auch in parallelen Prozessen verankert werden.

3.1 Einleitung

Die weltweiten Klimaschutzbemühungen sind zu einem zentralen Thema der internationalen Politik geworden. Im Zentrum der Betrachtung steht das unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nations Framework Convention on Climate Change, kurz UNFCCC) verabschiedete Kyoto-Protokoll. Des Öfteren als Meilenstein für den internationalen Klimaschutz bezeichnet, wird es von zahlreichen Ökonomen als äußerst mangelhaft eingestuft (Olmstead, 2007). Grundsätzlich ist man sich einig, dass es maximal einen ersten Schritt zur Lösung des Problems darstellt und in seiner bestehenden Form den Herausforderungen des Klimawandels nicht gerecht wird (Olmstead & Stavins, 2006). Keine Einigkeit zeichnet sich jedoch hinsichtlich der Frage ab, welches die schwerwiegendsten Mängel des Abkommens sind und wie ein zweiter Schritt, der gegenwärtig in den sog. Post-Kyoto-Verhandlungen angestrebt wird, aussehen sollte. Während manche den gesamten Ansatz als fehlgeleitet betrachten, streben andere eine Optimierung der existierenden Strukturen an.¹ Auch hinsichtlich der geeigneten Instrumente lassen sich kontroverse Argumente finden.

Im folgenden Beitrag werden zentrale Kritikpunkte bezüglich des bestehenden Systems aufgegriffen und Ansätze verschiedener Reformvorschläge diskutiert. Zunächst werden Bewertungskriterien hinsichtlich der Funktionsfähigkeit eines Klimaregimes vorgestellt. Anschließend erfolgt eine Analyse der internationalen Klimaschutzpolitik der vergangenen Jahre, die auf der UNFCCC (1992) und dem daraus hervorgegangenen Kyoto-Protokoll (UNFCCC, 1997) basiert. Darauf aufbauend werden Gründe für die relativ schwachen Anreizwirkungen des bestehenden Klimaregimes und mögliche Reformansätze diskutiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse liefern die Grundlage für die Skizzierung einer optimierten Klimaschutzpolitik im abschließenden Kapitel.

3.2 Grundlegende Anforderungen an ein Klimaschutzabkommen

In der Literatur zur ökonomischen Analyse von internationalen (Klima-)Abkommen finden sich eine Reihe verschiedener Bewertungsansätze (u.a. Berk et al., 2002; de Coninck et al., 2008; Michaelowa, Tangen, & Hasselknippe, 2005b; Philibert & Pershing, 2001), die in ihrem Grundgerüst starke Ähnlichkeiten aufweisen. Die Funktionsfähigkeit des gegenwärtigen

¹ Für einen Überblick über die Bandbreite unterschiedlicher Vorstellungen vgl. Aldy und Stavins (2007a) oder auch Bodansky (2004b)

Kyoto-Systems soll nachfolgend anhand eines Kriterienkatalogs erörtert werden, der im Wesentlichen auf einer Systematik von Aldy, Stavins und Barrett (2003) aufbaut und die Anreizstruktur eines Abkommens explizit berücksichtigt. Die Autoren definieren in ihrem Vergleich alternativer Ansätze für ein Klimaregime sechs zentrale Bewertungskriterien anhand derer ein globales Klimaregime unter ökonomischen Aspekten gemessen werden kann: (1) *Umweltergebnis*; (2) *dynamische Effizienz*; (3) *dynamische Kosteneffizienz*; (4) *Verteilungsgerechtigkeit*, sowohl intra- als auch intergenerational; (5) *Flexibilität der Politikmaßnahmen*; und (6) *Partizipation und Einhaltung*. Zusätzlich wird als 7) das von Michaelowa et al. (2005b) verwendete Kriterium der *Institutionellen Belastbarkeit* eingeführt.²

Das Kriterium *Umweltergebnis* beurteilt den Einfluss der getroffenen Maßnahmen auf den Klimawandel bzw. auf die Entwicklung der weltweiten Emissionen. Trotz der Orientierung an grundsätzlich quantitativ messbaren Größen, wie z.B. dem Ausstoß von Treibhausgasen in der Industrie, ist die Erfassung der Emissionen häufig mit Problemen behaftet. Zum einen aufgrund der zahlreichen, oft schlecht zu überprüfenden Emissionsquellen, speziell im Bereich der Landnutzung/Abholzung, wodurch eine vollständige Erfassung kaum möglich ist (IPCC, 2007a). Zum anderen aufgrund technologischer und organisatorischer Defizite in vielen Entwicklungsländern, in denen eine unzureichende Ausstattung an technischem Material, Infrastruktur und Humankapital eine Erfassung behindert (Gupta, 1997).

Eine Klimaschutzpolitik, die den Gegenwartswert des aggregierten Nettonutzens aller getroffenen Klimaschutzmaßnahmen maximiert, kann als *dynamisch effizient* bezeichnet werden.³ Eine derartige Politik macht die Frage nach dem *Umweltergebnis* redundant, da dieses implizit gesellschaftsoptimal erreicht wird (Aldy et al., 2003). Allerdings stellt die Ausrichtung der Politik an diesem Kriterium im Umwelt- und speziell im Klimabereich ein schwieriges Unterfangen dar. Denn aufgrund der bestehenden naturwissenschaftlichen und ökonomischen Unsicherheiten hinsichtlich der Folgen des Klimawandels (IPCC, 2007c) sowie einer vermeintlichen asymmetrischen Informationsverteilung ist keine eindeutige Abschätzung möglich, wann das Nutzenmaximum erreicht ist (Hansjürgens, 2007). So setzt eine konkrete Ermittlung des Nutzens von Klimaschutzmaßnahmen z.B. Kenntnisse über die

² Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird das siebte Kriterium im Folgenden vor dem Kriterium *Partizipation und Einhaltung* behandelt.

³ Anders als bei der Pareto-Effizienz, bei der bei einer Pareto-Verbesserung (eines Individuums) kein anderes Individuum schlechter gestellt wird, wird in diesem Fall ein Ergebnis als *Verbesserung* akzeptiert, wenn *potenziell* kein Individuum schlechter gestellt wird, d.h. nur der Nettonutzen über alle Individuen muss positiv sein. Diese schwächere Form der Pareto-Effizienz wird auch als Kaldor-Hicks-Kriterium bezeichnet.

ökologischen Zusammenhänge, die zukünftige Einkommensentwicklung in der Bevölkerung, die Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts und hinsichtlich der gesellschaftlichen Präferenzen über die Zeit voraus. Da viele dieser Informationen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vorliegen, können klimapolitische Entscheidungen nur unter Unsicherheit und mittels normativer Annahmen getroffen werden. Doch selbst bei Vorliegen dieser Informationen, bliebe das Problem, dass sich der Nutzen vieler Klimaschutzmaßnahmen, wie z.B. der Erhalt von Teilen des Ökosystems, nicht bzw. nur unzureichend monetär bewerten lässt.

Das Kriterium der *dynamischen Kosteneffizienz* zielt darauf ab, ein gewünschtes (Umwelt-) Ergebnis mit den geringsten Kosten zu erreichen. Wenngleich die Ermittlung der tatsächlichen Kosten einer Klimaschutzmaßnahme Informationsprobleme beinhaltet (z.B. hinsichtlich der Emissionsvermeidungskosten der Unternehmen), lassen sich die Kosten wesentlich einfacher ermitteln als der Nutzen. So gilt die *Kosteneffizienz* als dominierendes Kriterium in der ökonomischen Analyse umweltpolitischer Maßnahmen (Feess, 2007). Das Kriterium eignet sich allerdings nicht zum Vergleich von Politikmaßnahmen mit unterschiedlichen Nutzenströmen, sondern lediglich zur Identifizierung von überlegenen Maßnahmen zur Erreichung eines bestimmten Umweltzieles.

Verteilungsgerechtigkeit untersucht die gerechte Verteilung von Nutzen und Kosten von Maßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Anpassung an den Klimawandel sowohl in Bezug auf die gegenwärtige als auch zukünftige Generationen. Das Kriterium kann sich an unterschiedlichen Gerechtigkeitskonzepten orientieren, was zu Konflikten in der Beurteilung führen kann. Betrachtet man eine Verteilung der Kosten im Sinne des Verursacherprinzips als gerecht steht die *historische Verantwortlichkeit* im Mittelpunkt. In diesem Fall sollten diejenigen Länder, die für die hohe Konzentration an Treibhausgasen in der Atmosphäre verantwortlich sind, die Hauptlast der Kosten tragen. Orientiert man sich an der Leistungsfähigkeit im Sinne der *Zahlungsfähigkeit einzelner Länder*, sollten reiche Länder den Großteil der Kosten schultern. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, sich an der vermeintlichen *Nutzenverteilung von Klimaschutzmaßnahmen* zu orientieren (Aldy et al., 2003). In diesem Fall sollten Länder, die stärker von Klimaschutzmaßnahmen profitieren auch stärker an der Finanzierung der Kosten beteiligt werden.⁴

⁴ Eine Anwendung dieses Gerechtigkeitsprinzips würde dem Äquivalenzprinzip entsprechen. Dieses besagt, dass sich Beiträge für öffentliche Ausgaben an der jeweiligen Nachfrage orientieren bzw. in Äquivalenz zur individuellen Wertschätzung bzw. Zahlungsbereitschaft stehen sollen (Beckmann & Werding, 1999).

Die Wahl des Konzeptes spielt in der Klimadebatte eine wichtige Rolle, da Industrieländer als Hauptverursacher für den Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre gelten, der Großteil der Schäden bzw. Anpassungskosten allerdings auf Entwicklungsländer und zukünftige Generationen fallen wird (Mendelsohn et al., 2006). Die ersten beiden Konzepte übertragen demnach den Industrieländern die Hauptlast der Kosten, während bei Anwendung der dritten Variante die Entwicklungsländer stärker in die *Pflicht* genommen werden. Im Sinne einer gerechten Verteilung gemäß der *Zahlungsfähigkeit* erscheint es auch gerechtfertigt, einen größeren Teil der Kosten auf zukünftige Generationen zu verschieben, da diese aller Voraussicht nach, trotz des Klimawandels, ein höheres Einkommensniveau erreichen werden als die heutige Generation. Folglich stehen zukünftigen Generationen mehr Mittel zur Verfügung, um die Kosten des Klimawandels bzw. von Klimaschutzmaßnahmen zu tragen.

Das Kriterium der *Flexibilität* untersucht, inwieweit sich ein Abkommen bzw. die darin enthaltenen Mechanismen auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse einstellen können. Es ist davon auszugehen, dass sich das Wissen über die Ursachen des Klimawandels und dessen Folgen in den nächsten Jahrzehnten weiter verbessern und Anpassungen der Politik erforderlich machen wird. Neues Wissen kann zu einer Verschärfung der bisherigen Maßnahmen führen, wie sie z.B. nach Veröffentlichung des vierten Fortschrittberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change, des sog. Weltklimarates (IPCC, 2007b), vielfach gefordert wurden. Neues Wissen kann aber auch zu einer Relativierung der vermuteten Klimafolgen führen. In beiden Fällen genießen flexible Politikmaßnahmen, die sich schnell an den neuen Wissensstand anpassen, signifikante Vorteile im Vergleich zu starren Mechanismen (Arrow, Parikh, & Pillet, 1996b).

Die Bedeutung institutioneller Strukturen für die Funktionsfähigkeit eines internationalen Abkommens wird im Kriterium *Institutionelle Belastbarkeit* berücksichtigt. Feste Organisationsstrukturen, die Existenz eines gesetzlichen Regelwerks sowie das Vorhandensein von Verwaltungs- und Planungsorganen gelten als notwendige Voraussetzung, um die Einhaltung bestehender Regelungen zu überprüfen bzw. durchzusetzen, mögliche Anpassungsprozesse einzuleiten und langfristigen Rahmenbedingungen bereitstellen zu können (Michaelowa et al., 2005b).

Das Kriterium *Partizipation und Einhaltung* beschäftigt sich mit den Anreizwirkungen eines internationalen (Klima-)Abkommens. Aldy et al. (2003) verweisen darauf, dass dieser Aspekt in der Vergangenheit häufig vernachlässigt wurde, obwohl er als essentiell für das Erreichen der ersten vier Kriterien zu betrachten ist. Denn ohne eine hinreichende Beteiligung

und den Willen, die eingegangenen Verpflichtungen zu erfüllen, lassen sich weder ökologische, noch kosteneffiziente oder distributive Zielvorstellungen realisieren.

Vielfach wird unterstellt, dass Länder bzw. ihre Regierungen als wohlwollende Diktatoren auftreten und im Sinne des Gemeinwohls handeln. Derartige Analysen vernachlässigen, dass 1) Länder autonome Einheiten darstellen, die nicht zur Teilnahme an internationalen Vereinbarungen gezwungen werden können, und 2) Länder aus eigennutzenorientierten, rational handelnden Individuen bestehen, die danach streben ihren Nutzen zu maximieren.⁵ Folglich werden Länder sich nur an einem internationalen Abkommen beteiligen, wenn der (aggregierte) Nutzen aus der Kooperation die damit verbundenen (Opportunitäts-)Kosten für das Land kompensiert.

Im Sinne der politökonomischen Theorie (Buchanan & Tullock, 1962; Downs, 1968) ist hierbei einschränkend zu berücksichtigen, dass Regierungen mit Blick auf ihre Wiederwahl eigene Interessen verfolgen und sich opportunistisch verhalten können. Zum einen gefährden Politiker ihre Wiederwahl, wenn sie die eigenen Wähler über Gebühr, d.h. über deren Zahlungsbereitschaft, belasten. Zum anderen können insbesondere langfristige Ziele unter einem fehlenden politischen Willen zur Durchsetzung leiden, da Politiker zum Zeitpunkt der Überprüfung nicht mehr im Amt sind (Kirchgässner & Schneider, 2003). Das Argument setzt eine asymmetrische Informationslage zwischen Wählern und Politikern voraus. Der Wähler wünscht zwar eine Begrenzung des Klimawandels, ist aber selber nicht in der Lage, die dafür notwendigen Maßnahmen abschätzen zu können. Opportunes Verhalten von Politikern zur Maximierung des kurzfristigen Erfolges kann somit vom Wähler nicht bestraft werden (Gollier et al., 2000, S.245). Aufgrund dieser Problematik ist eine klare Unterscheidung zwischen Partizipation, der offiziellen Teilnahme an einem Abkommen, die für die Reputation von Politikern vielfach Vorteile verspricht (Stern, 2007), und Einhaltung, welche die tatsächliche Umsetzung der Maßnahmen betrifft, notwendig.

Einschränkend ist bereits jetzt festzuhalten, dass es kein Abkommen geben kann, das alle Kriterien zufriedenstellend erfüllt. In manchen Fällen existiert ein Trade-off zwischen einzelnen Kriterien, wie dem Abwägen zwischen allokativen und distributiven Zielen, die häufig unterschiedliche Lösungsansätze implizieren. Aber auch zwischen den Kriterien *dynamische Flexibilität* und *Effizienz* erscheinen Spannungen unvermeidbar. Kurzfristige Zielvereinbarungen erleichtern die Anpassung an neue wissenschaftliche Erkenntnisse und die Überprüfung der eingegangenen Verpflichtungen. Sie schränken aber die Planungssicherheit

⁵ Hierbei handelt es sich um eine idealtypische Betrachtung.

für Unternehmen und den Einsatz von langfristig ausgerichteten Instrumenten ein, die im Sinne einer dynamisch effizienten Lösung Vorteile bieten. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass aus ökonomischer Sicht erstrebenswerte Ziele nicht immer politisch durchsetzbar sind. Effizient erscheinende Maßnahmen, deren Kosten sich aufgrund von Unsicherheiten z.B. über die wirtschaftliche Entwicklung oder den technologischen Fortschritt nur unzureichend prognostizieren lassen, finden vielfach nicht die notwendige politische Unterstützung, da die damit verbundenen (politischen) Risiken als zu hoch eingestuft werden (Bodansky, 2004a). Es kann demnach im Folgenden (und in den Klimaschutzverhandlungen) nicht darum gehen, eine theoretische *First-Best-Lösung* zu suchen. Vielmehr muss es Ziel einer praktisch ausgerichteten Klimaschutzpolitik sein, eine optimierte Klimastrategie aufzuzeigen, die reelle Chancen hat, im politischen Prozess zu bestehen (Pizer, 2007).

3.3 UNFCCC und ihr Kyoto-Protokoll

3.3.1 Entwicklung

Nach Veröffentlichung des ersten Fortschrittsberichts des IPCC im Jahr 1990 begann man auf internationaler Ebene intensiver über Lösungsansätze für das Problem der globalen Erwärmung zu verhandeln. In der Folge wurde auf dem Erdgipfel 1992 in Rio de Janeiro die UNFCCC verabschiedet. Primäres Ziel der Konvention ist die langfristige Stabilisierung der Treibhausgasemissionen auf einem Niveau „that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system“ (Artikel 2 aus UNFCCC, 1992). Aufgrund des weiterhin fehlenden Konsenses sowohl unter Politikern als auch unter Wissenschaftlern hinsichtlich der tatsächlichen Gefahren des Klimawandels, wurde das Ziel bis heute in den Verhandlungen nicht näher spezifiziert (Aldy & Stavins, 2007b). Die Europäische Union hat sich auf einen Zielwert für die Erhöhung der durchschnittlichen globalen Temperatur von maximal zwei Grad Celsius verständigt.⁶ Dies wird mit einer Stabilisierung der Konzentration aller Treibhausgase in der Atmosphäre (in Kohlenstoffäquivalenten ausgedrückt) bei rund 550 ppme gleichgesetzt (Barrett, 2007a), was in etwa einer Verdopplung der vorindustriellen Konzentration entspricht. Es gilt zu beachten, dass sich ein derartiges Stabilisierungsziel am gegenwärtigen Stand der Wissenschaft orientiert, allerdings nicht als Garantie für eine optimale Klimaschutzpolitik missverstanden werden sollte.

⁶ Neben der Europäischen Union haben auch die Gruppe der acht führenden Industrienationen sowie acht weitere große Volkswirtschaften, darunter China und Indien, zwischenzeitlich das 2-Grad-Ziel als Zielmarke anerkannt ohne jedoch präzise Klimaschutzziele zu vereinbaren (Seith, 2009).

Die UNFCCC setzt auf das Prinzip der „gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten“ (Artikel 3 und 4 der UNFCCC, 1992) der Staaten. Dieses überträgt den Industriestaaten (sog. Annex-1 Staaten), den Hauptemittenten von Treibhausgasen, die führende Rolle bei der Reduktion. Nach der Konvention waren diese aufgefordert, ihre Emissionen möglichst kosteneffizient bis zum Jahr 2000 auf das Niveau von 1990 abzusenken und darüber hinaus Entwicklungsländer finanziell und technologisch bei deren Klimaschutzbemühungen zu unterstützen. Entwicklungsländer erhielten keine quantitativen Reduktionsziele oder sonstigen Auflagen. Die Konvention verlangte bzw. verlangt von ihnen lediglich in regelmäßigen Abständen über die Entwicklung ihrer Emissionen, ihrer Klimaverwundbarkeit und über getroffene Klimaschutzmaßnahmen zu berichten (Aldy & Stavins, 2007b).

Mit heute 190 Mitgliedsstaaten erfreut sich die UNFCCC größerer Teilnahmebereitschaft als die meisten anderen internationalen Verträge. Allerdings zeigt sie sich in ihrer Effektivität bislang sehr begrenzt. Die (Industrie-)Länder unternahmen keine großen Anstrengungen, um ihre Zielvorgaben zu erreichen. Die angestrebten Emissionsreduktionen wurden lediglich von Ländern erreicht, die sich nach dem Zusammenbruch der sozialistischen Wirtschaftssysteme in einem Transformationsprozess befanden (Aldy & Stavins, 2007b). Aus diesem Grund wurden auf den nachfolgenden Konferenzen der Vertragsparteien Verhandlungen über zusätzliche Maßnahmen aufgenommen. Diese führten im Jahr 1997 auf der 3. Klimarahmenkonferenz im japanischen Kyoto zur Verabschiedung des Kyoto-Protokolls. Im Anschluss an die Ratifizierung des Protokolls durch Russland, dessen Zustimmung mittels einer erhöhten Zuteilung von Zertifikaten aus Kohlenstoffsenken eingeholt wurde (Pizer, 2007), trat das Protokoll im Jahr 2005 in Kraft. Erstmals wurden somit verbindliche Minderungsziele für einen Teil der unterzeichnenden Länder des Abkommens festgelegt. Der Prozess zur Festlegung der Reduktionsziele gilt als willkürlich, unvorhersehbar und unausgewogen (Tangen, Hasselknippe, & Michaelowa, 2005). Wichtigen Entwicklungsländern wie China, Brasilien oder Indien wurden keine Beschränkungen auferlegt. 181 Staaten sind dem Abkommen beigetreten, darunter mit Ausnahme der USA sämtliche Industrie- und Transformationsstaaten.⁷

⁷ Das jüngste Mitglied ist Australien, welches den Vertrag am 3. Dezember 2007, nach dem Wechsel zur sozialdemokratischen Regierung unter Kevin Rudd, unterschrieb.

3.3.2 Inhalt des Kyoto-Protokolls

Ziel des Kyoto-Protokolls ist es, den durchschnittlichen Treibhausgasausstoß der sog. Annex-B Staaten⁸ (Industrie- und Transformationsländer) für den Zeitraum von 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent unter das Niveau von 1990 zu senken. Eine derartige Reduzierung der Emissionen gilt als relativ moderat und wird bei Weitem nicht ausreichen, eine Stabilisierung der Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre im Bereich von 550 ppme zu erreichen. Selbst im Falle einer vollständigen Einhaltung aller Verpflichtungen, würde sich die Konzentration in der Atmosphäre nur geringfügig ändern und zu einer zeitlichen Verzögerung des Temperaturanstiegs bis zum Jahr 2100 von schätzungsweise fünf Jahren führen (Lomborg, 2007). Nordhaus (2005; 2007b) kommt in seinen Modellschätzungen zu dem Ergebnis, dass sich die Reduktionen im Zuge des Kyoto-Protokolls unter Berücksichtigung der Nichtteilnahme der USA kaum von einem Business-As-Usual Szenario unterscheidet.

Allerdings steht sogar hinter der Erreichung dieser moderaten Minderungsziele bei vielen Ländern ein großes Fragezeichen. Auch innerhalb der in Sachen Klimaschutz häufig als Vorreiter bezeichneten Europäischen Union, die sich als Ländergruppe zu einer Reduktion ihrer Emissionen in Höhe von acht Prozent verpflichtet hat, ist die Mehrzahl der Mitgliedsstaaten z.T. deutlich von den angestrebten Obergrenzen entfernt (Bardt & Selke, 2007). Der bestehende Mechanismus zur Durchsetzung der Emissionsobergrenzen ist kaum in der Lage, das Verhalten der Länder einzuschränken. Vielmehr verlagert er das Problem in die zweite, noch zu verhandelnde Verpflichtungsperiode von 2012 bis 2018. Der Mechanismus schreibt vor, dass Länder, die ihre Reduktionsziele nicht eingehalten haben, in der Folgeperiode mit einer zusätzlichen 30-prozentigen Minderungsstrafe belegt werden. Es ist davon auszugehen, dass die bestraften Länder in den Verhandlungen auf eine großzügige Zuteilung von Emissionsrechten bestehen werden, um diese zusätzlichen Strafmengen auszugleichen und somit dem Sanktionsmechanismus jegliche Wirkungskraft entziehen (Aldy et al., 2003).

Um die festgelegten Minderungsziele möglichst kosteneffizient zu erreichen, wurden im Kyoto-Protokoll drei sog. flexible Mechanismen eingeführt: 1) Der *Internationale Emissionshandel* ermöglicht Annex-B Staaten Teile ihrer zugesprochenen Emissionsrechte miteinander zu tauschen. 2) *Joint Implementation* bietet die Möglichkeit, in anderen Annex-B Staaten Emissionen mindernde Projekte durchzuführen und sich die entsprechenden

⁸ Die Bezeichnung resultiert aus einer Auflistung der entsprechenden Länder im Anhang B des Protokolls.

Einsparungen gutschreiben zu lassen. 3) In ähnlicher Weise unterstützt der *Clean Development Mechanism* (CDM) die Durchführung von Emissionsminderungs-Projekten in Entwicklungsländern (Non-Annex-B Staaten), in denen man davon ausgeht, dass die Grenzkosten der Vermeidung von Treibhausgasen deutlich niedriger liegen.⁹

Um zu garantieren, dass es tatsächlich zu einer Netto-Reduzierung der globalen Emissionen kommt, müssen die Projektentwickler nachweisen, dass die Emissionsminderungen ihrer CDM -Projekte additional sind, d.h. dass die Minderungen in einem Business-As-Usual Szenario nicht realisiert worden wären (UNFCCC, 2001). Der damit verbundene, komplexe Bewilligungsprozess ist mit hohen Transaktionskosten und Unsicherheiten verbunden (Philibert, 2005), ohne dass sich die Problematik der Additionalität befriedigend lösen lässt (Michaelowa & Purohit, 2007). Dies liegt v.a. daran, dass die Intention des Projektentwicklers (*was wäre wenn?*) nur unzureichend ermittelbar ist.

Nach anfänglichen Startschwierigkeiten ist der Markt für CDM-Projekte in den letzten beiden Jahren deutlich angewachsen und zu einem zentralen Element der internationalen Klimaschutzpolitik avanciert. Bis Stand 1. März 2009 wurden 1414 Projekte registriert, 2654 weitere befinden sich noch in der Pipeline. Insgesamt rechnet man für die Zeit bis 2012 mit der Ausgabe von Emissionszertifikaten in Höhe von rund 1,4 Mrd. Tonnen CO₂ (UNEP Risoe, 2009).

3.3.3 Bewertung der UNFCCC und ihres Kyoto-Protokolls

Im Folgenden wird die derzeitige Ausgestaltung der Internationalen Klimaschutzpolitik anhand der eingangs eingeführten Kriterien analysiert.

Umweltergebnis

Die obigen Darstellungen zeigen, dass die Minderungsanstrengungen der UNFCCC und ihres Kyoto-Protokolls das Kriterium *Umweltergebnis* nur sehr unzureichend befriedigen. Hierbei ist allerdings einzuschränken, dass es sich bei den Abkommen um einen langfristigen dynamischen Prozess handelt, der sich erst in seinen Anfängen befindet (Frankel, 2007; Michaelowa, Butzengeiger, & Jung, 2005a).

⁹ Über ihren Beitrag zur Emissionsminderung hinaus sollen CDM-Projekte zudem zur nachhaltigen Entwicklung der Länder beitragen. Es gibt eine umfangreiche Literatur, die untersucht, inwieweit der CDM dazu in der Lage ist. Olsen (2007) kommt in einem ausführlichen Literaturüberblick zu dem Schluss, dass der CDM nicht signifikant zur nachhaltigen Entwicklung beiträgt (Olsen, 2007).

Dynamische Effizienz

Kritik hinsichtlich einer fehlenden *dynamischen Effizienz* hat mit dem Schlagwort „too little, too fast“ (Olmstead & Stavins, 2006, S.36) Eingang in die Literatur gefunden hat. Viele Ökonomen bevorzugen – unterstützt von den Ergebnissen zahlreicher Klimakostenmodelle (Tol, 2005) – einen Weg der progressiven Reduktion, der zunächst auf einem relativ moderaten Niveau beginnt. Ausgangspunkt dieser Überlegungen ist, dass aufgrund der Langwierigkeit des Klimawandels die prognostizierten Schäden erst im Laufe des Jahrhunderts deutlich ansteigen werden (Mendelsohn, 2005). Demnach verbleibe noch genügend Zeit, um die Problematik in den Griff zu bekommen. Schelling (2002) fügt drei weitere Argumente hinzu: Erstens, dass die Technologien, die tatsächlich in der Lage sind, deutliche Emissionsminderungen herbeizuführen, erst noch entwickelt bzw. eingeführt werden müssen. Zweitens, dass es ökonomisch nicht sinnvoll ist, Anlagen und Maschinen, die noch nicht das Ende ihrer Lebenszeit erreicht haben, dem wirtschaftlichen Prozess zu entziehen. Drittens, dass das Einkommen aller Länder in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts deutlich höher liegen wird, was den notwendigen, aber sehr kostspieligen Wandel in der Energienutzung und Landnutzung deutlich vereinfachen wird. Dieser Argumentation folgend sind weniger die heutigen Emissionsminderungen als vielmehr Investitionen in Technologien für die Emissionsminderungen morgen notwendig, um das Klimaproblem in den Griff zu bekommen.

Neuere Forschungsergebnisse (Azar & Schneider, 2002; Manne & Richels, 2004; Meinshausen et al., 2006) zeigen jedoch, dass spätere Stabilisierungsbemühungen bei ambitionierten Emissionsobergrenzen deutlich kostenintensiver ausfallen würden. Aufgrund der langen Verweildauer der Treibhausgase in der Atmosphäre und der Langlebigkeit von Teilen des Kapitalstocks sind hierbei v.a. *Lock-in-Effekte* zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für die Energieerzeugung und dem Wohnungsbau. Newell et al. (1999) schätzen, dass für den Austausch des gegenwärtigen Kraftwerkparks rund 50 bis 70 Jahre und zwischen 60 bis 100 Jahre für die Sanierung und Modernisierung von Wohnhäusern benötigt werden. Folglich werden die Emissionen der nächsten Jahrzehnte durch heutige Entscheidungen massiv beeinflusst. Frühzeitige Reduktionsmaßnahmen halten somit eine gewisse Flexibilität für die Zukunft aufrecht und liefern darüber hinaus praktische Erfahrungen hinsichtlich der geeigneten Instrumente.

Die geringen Emissionsabweichung des Kyoto-Protokolls vom Business-As-Usual-Szenario (Nordhaus, 2005; 2007b) lassen bezweifeln, dass die Reduktionsminderungen bisher *zu schnell* erfolgen und es in Folge des Abkommens zu einer frühzeitigen Abschreibung des

Kapitalstocks gekommen ist bzw. noch kommen wird. Inwieweit man sich hinsichtlich der bisherigen Emissionsreduktion auf dem Weg zu einer *dynamisch effizienten Lösung* befindet, ist demnach kaum zu beantworten.

Im Hinblick auf die hohen Kosten vieler gegenwärtig verfügbaren klimafreundlichen Technologien (IEA, 2008a) scheint eine *dynamisch effiziente Lösung* ohne verstärkte Investitionen in die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien nicht realisierbar. Der Einfluss der gegenwärtigen Abkommen auf eine Intensivierung von Investitionen in Forschung und Entwicklung ist jedoch als gering einzustufen (Montgomery & Smith, 2005). Weder UNFCCC noch Kyoto-Protokoll beinhaltet Mechanismen, um FuE-Aktivitäten zu unterstützen. Dies stellt einen erheblichen Mangel hinsichtlich einer *dynamisch effiziente Lösung* dar.

Kosteneffizienz

Aldy et al. (2003) bescheinigen dem Kyoto-Protokoll durch die zeitliche Flexibilität bei der Erreichung der Minderungsziele (im Durchschnitt der Fünf-Jahres-Periode) und die Schaffung marktbasierter Instrumentarien gute Ansätze hinsichtlich der *Kosteneffizienz*. Allerdings schränke die fehlende Beteiligung der Entwicklungsländer die Kosteneffizienz deutlich ein, was durch den CDM nur begrenzt ausgeglichen werden könne. Eine Verbesserung der Kosteneffizienz setzt eine Ausweitung des Emissionshandels auf die Entwicklungsländer bzw. den Einsatz anderer marktbasierter Instruments voraus. In der wissenschaftlichen Diskussion wird hierbei immer wieder die Einführung einer CO₂-Steuer ins Spiel gebracht. Die Vor- und Nachteile einer solchen Steuer werden im folgenden Exkurs kurz erläutert.

Exkurs: Diskussion Emissionshandel vs. Emissionssteuer

Schon seit geraumer Zeit findet eine kontroverse Diskussion statt, ob eine Mengenlösung (internationaler Emissionshandel), eine Preislösung (CO₂-Steuer) oder eine Mischform aus beiden¹⁰ das *bessere* Instrument zur Lösung der Klimaproblematik darstellen.¹¹ Schelling (2002) hält internationalen Emissionshandel aufgrund der fehlenden Gewissheit über die optimale Emissionsmenge für schlichtweg nicht praktikabel. Auch Nordhaus (2005; 2007b) plädiert für eine Preislösung, da sich diese unter Berücksichtigung der bestehenden

¹⁰ In den meisten Fällen handelt es sich dabei um ein Emissionshandelssystem mit einer Preisobergrenze für Zertifikate, sog. Safety valve. Damit der Preis nicht über diese Grenze steigt, muss die Möglichkeit gegeben sein, die Emissionsmenge nach oben zu öffnen.

¹¹ Für einen guten Einblick in die Debatte vgl. die Diskussion von McKibbin und Wilcoxon (2003; 2002) und Michaelowa (2003).

Unsicherheiten besser an den ökonomischen Zielen ausrichten ließe, flexibler handhabbar und leichter zu überprüfen sei. Zudem weise sie eine geringe Preis-Volatilität auf, was den Beteiligten mehr Planungssicherheit biete und dem vermeintlichen Verlauf der Kosten- und Nutzenkurven von Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandels eher entgegenkäme.

Letzteres Argument basiert auf der sog. Intuition von Weitzman (1974). Diese besagt, dass unter Unsicherheit über die tatsächliche Kosten- und Nutzenstruktur, preisbasierte Ansätze bei einem relativ flachen (linearen) Verlauf der Nutzenkurve und relativ steilen (nicht-linearen) Verlauf der Kostenkurve Vorteile gegenüber Mengelösungen aufweisen. Für den Klimawandel gehen viele Ökonomen (z.B. McKibbin & Wilcoxon, 2002; Nordhaus, 2005; Nordhaus, 2007b; Pizer, 2006) von der Annahme aus, dass der Verlauf der Nutzenkurve von Reduktionsmaßnahmen relativ flach ist. Da diese nicht von marginalen Veränderungen des Ausstoßes in einer Periode sondern vom Bestand an Treibhausgasen in der Atmosphäre abhängen, rufe eine Reduktion nur geringe Veränderungen des Nutzens hervor. Hingegen werden die Kosten von Reduktionsmaßnahmen durch die marginale Reduktionsmenge determiniert, wobei sich die Reduktion von Treibhausgasen aufgrund fehlender Technologien zunehmend schwierig gestaltet und folglich einen relativ steilen Verlauf der Kostenkurve impliziere. Michaelowa (2003) schränkt ein, dass der tatsächliche Verlauf von Nutzen- und Kostenkurven von Klimaschutzmaßnahmen bisher nicht eindeutig zu bestimmen sei. Für den Fall, dass das Übertreten bestimmter Grenzwerte (sog. Klimaschranken) zu extremen und irreparablen Schäden führt, verlaufe die Nutzenkurve wesentlich steiler als ursprünglich gedacht. Auch könnte die Entwicklung bahnbrechender Technologien (*Breakthrough Technologies*) die Kosten von Reduktionsmaßnahmen (Neigung der Kostenkurven) deutlich absenken.

Dass derartige bahnbrechende Technologien, wie z.B. die Kernfusion, in einer überschaubaren Zukunft auf den Markt kommen, ist nicht zu erwarten. Auch das Auftreten extremer Klimaschäden ist mit hohen Unsicherheiten behaftet und wird vom IPCC (2007b) zumindest für dieses Jahrhundert nahezu ausgeschlossen. In diesem Sinne spricht einiges für einen flachen Verlauf der Nutzen- bzw. steilen Verlauf der Kostenkurve, bei denen eine CO₂-Steuer aus allokativer Sicht Vorteile aufweist.

Aus Sicht der politischen Durchsetzbarkeit ist gegenwärtig jedoch klar der internationale Emissionshandel im Vorteil. So gilt die Einführung einer weltweiten CO₂-Steuer in der nahen und mittleren Zukunft als nahezu ausgeschlossen. Zum einen lässt sich das damit begründen, dass die Abneigung in der Bevölkerung, insbesondere in den USA, gegenüber Steuern als relativ höher einzustufen ist und globale Umverteilungsströme bei einer

weltweiten CO₂-Steuer¹² zu *deutlich* sichtbar werden (Economist, 2007). Zum anderen wäre eine weltweite Harmonisierung der Steuersysteme notwendig, was in Anbetracht der Schwierigkeiten solcher Ansätze in anderen Bereichen als kaum umsetzbar betrachtet wird (Frankel, 2007). So scheint für die praktische Politik lediglich der Emissionshandel als Instrument bereit zu stehen. „Politicians are heading down the second-best path to combat climate change, but it may be the only one that leads anywhere” (Economist, 2007, S.86).

Ende des Exkurses

Verteilungsgerechtigkeit

Das Kyoto-Protokoll strebt nach dem Kriterium der *Verteilungsgerechtigkeit* im Sinne der historischen Verantwortung und der Zahlungsfähigkeit einzelner Länder. Es konzentriert die finanziellen Lasten vollständig auf Seiten der Industrieländer, die für sämtliche Minderungsanstrengungen aufkommen und zudem Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern unterstützen sollen. Unter diesem Gerechtigkeitskonzept erscheinen die bisherigen Ausgaben und Transfers im Lichte der prognostizierten Minderungs- und Anpassungskosten relativ bescheiden. Zwar wurden im Rahmen der General Environmental Facility (GEF), dem zentralen Förderapparat der UNFCCC, in den Jahren 1995 bis 2006 insgesamt rund 2,5 Mrd. US\$ für Projekte in Entwicklungsländern bereitgestellt (Egenhofer et al., 2007). Zudem werden durch den CDM mit der Ausgabe von Emissionszertifikaten in Höhe von geschätzt 1,4 Mrd. Tonnen CO₂ bis zum Jahr 2012 (UNEP Risoe, 2009) weitere 7-8 Mrd. US\$ generiert. Bei einem prognostizierten Investitionsvolumen in weltweite Klimaschutzmaßnahmen in der Größenordnung von bis zu 45 Billionen US\$¹³ (IEA, 2008a) bis zum Jahr 2050 liegen diese bisherigen Transferleistungen allerdings im Promillebereich.

Flexibilität

Die auf fünf Jahre beschränkte Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ermöglicht die rasche Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in zukünftigen Verhandlungsrunden und erhöht die *Flexibilität* der Politikmaßnahmen. So ist es möglich, Emissionsobergrenzen in einem Post-Kyoto Protokoll anzupassen bzw. neue Länder mit in das Emissionshandelssystem einzubinden.

¹² Einige Analysten sehen in diesen Umverteilungsströmen einen zentralen Einwand gegen ein Handelssystem.

¹³ Prognoseschätzung der IEA für die Kosten, um die jährlichen weltweiten Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts zu halbieren.

Institutionelle Belastbarkeit

Michaelowa et al. (2005a) heben im Hinblick auf die *institutionelle Belastbarkeit* hervor, dass in Anbetracht der Trägheit politischer Prozesse, die UNFCCC im Vergleich zu anderen internationalen Abkommen relativ gefestigt sei und einen stabilen institutionellen Rahmen für ein zukünftiges Abkommen darstelle. Die regelmäßigen Treffen, die Implementierung der beiden *Subsidiary Bodies* zur technischen Unterstützung und die Schaffung eines dauerhaften Klimasekretariats seien Kennzeichen eines stabilen Regimes, das einen hohen Freiheitsgrad für die zukünftige Entwicklung beinhalte.

Partizipation und Einhaltung

Augenscheinlich zeigt das Kyoto-Protokoll durch die Nichtteilnahme der USA und die Zielverfehlungen vieler Staaten deutliche Schwächen im Hinblick auf die *Partizipation und Einhaltung* der vertraglichen Verpflichtungen. Da dieses Kriterium eine zentrale Grundlage für die anderen Zielsetzungen darstellt, werden die Gründe für die mangelhafte Anreizwirkung im folgenden Kapitel näher erörtert.

3.4 Gründe für mangelnde Partizipation und Einhaltung

3.4.1 Das Problem Globaler Öffentlicher Güter

Das zentrale Problem für die mangelnde Motivation der Länder, ihre Emissionen zu reduzieren resultiert aus den Eigenschaften des Gutes *Klima*, im Sinne einer Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre.

Da sich Treibhausgase völlig unabhängig vom Ort der Emission in kurzer Zeit gleichmäßig in der Atmosphäre verteilen, entspricht das Klimaproblem dem Charakter eines Globalen Öffentlichen Gutes. „This greenhouse problem, if problem proves to be, is truly one of the global common“ (Schelling, 1992, S.3). Da bei Öffentlichen Gütern Nichtausschließbarkeit in der Nutzung vorliegt, bestehen für die einzelnen Länder hohe Anreize, sich als Trittbrettfahrer (free-rider) zu verhalten. Länder profitieren im Fall des Trittbrettfahrens von einer Absenkung der Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre ohne sich an den Kosten der Vermeidung beteiligen zu müssen. Auf nationaler Ebene lässt sich Freifahrerverhalten mittels staatlicher Regulierungen beschränken. Auf internationaler Ebene ist die Implementierung und Durchsetzung eines Regelwerkes weitaus schwieriger, weil keine supranationale Institution über eine dafür rechtliche Legitimation verfügt (Barrett, 2007b). Länder sind, wie eingangs erwähnt, in ihren Entscheidungen autonom und werden

sich nur an einem Abkommen beteiligen, wenn der Nutzen aus der Kooperation die damit verbundenen Kosten für das Land kompensiert. Da sich der Nutzen aus eigenen Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen auf viele Länder verteilt, die Kosten aber allein das durchführende Land trägt, fällt die Nutzen-Kosten-Abwägung häufig negativ aus. Die ungleiche Verteilung der Kosten des Klimawandels auf die Länder erschwert das Erreichen internationaler Absprachen zusätzlich.

Kritiker (u.a. Barrett, 2007b; Carraro, 2007; 2007a; Schelling, 2002; Victor, 2004; 2007) bemängeln, dass das Kyoto-Protokoll diese Sachverhalte nicht hinreichend berücksichtigt und kaum Anreize für kooperatives Verhalten gegeben sind. Hansjürgens (2007) sieht für Entwicklungsländer im gegenwärtigen Regime sogar geringere Anreize sich kooperativ zu verhalten als es vor Verabschiedung des Protokolls der Fall war. Da sie keine Verpflichtungen zur Reduktion eingegangen sind und sich die Industrieländer bereits entschieden haben, Emissionsreduktionen vorzunehmen, kann es vorteilhaft sein, auf eigene Anstrengungen zu verzichten. Die Möglichkeit der Nutzung des CDM schränkt diese negativen Anreize ein, in seiner Dimension bleibt sein Einfluss aber begrenzt. Da zudem die vorausgesetzte Additionalität der Projekte in vielen Fällen nicht garantiert werden kann (Michaelowa & Purohit, 2007), ist die Durchführung von CDM-Projekten nicht zwingend als Beleg für kooperatives Verhalten zu verstehen.

3.4.2 Bindende Emissionsziele

Die bisherigen Erfahrungen mit dem Kyoto-Protokoll deuten darauf hin, dass Nationalstaaten verbindlichen Vereinbarungen zur Emissionsreduzierung (zumindest bisher) keine große Beachtung schenken. Gemäß Schelling (2002, S.5) findet sich in der Vergangenheit generell kein „example of any regime that could impose effective penalties, at least with something of the magnitude of global warming.“

Viele Kritiker betrachten deshalb bindende Verpflichtungen aufgrund der mangelhaften Durchsetzungsfähigkeit auf internationalem Parkett als grundsätzlich fehlerhaften Ansatz einer internationalen Klimaschutzpolitik. Victor (2004) ist der Auffassung, dass sich bindende Verpflichtungen lediglich in Bereichen eignen, in denen Maßnahmen von Regierungen relativ einfach umgesetzt und überprüft werden können. Die Komplexität der Klimaproblematik, verbunden mit der Vielzahl an Akteuren, die für den Ausstoß an Emissionen verantwortlich sind, mache den Einsatz von Steuerungs- und Kontrollmechanismen aufwendig und unsicher. Aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren auf die Treibhausgasemissionen in Wirtschaft und Gesellschaft könne nicht gewährleistet

werden, dass die durchgeführten Maßnahmen auch zu den gewünschten Reduktionen führen, bzw. die Kosten im geplanten Bereich bleiben. Für Regierungen bestehen folglich wenig Möglichkeiten und Notwendigkeiten die Zielvorgaben zu erfüllen, da sie das Nichterreichen relativ problemlos auf andere Faktoren schieben können. Aus diesem Grund fordert Barrett (2007a) den Fokus in den Verhandlungen auf freiwillige Verpflichtungen zu lenken und die Motivation der Länder für Klimaschutzmaßnahmen vielmehr mittels öffentlichem Druck (*naming and shaming*) zu erhöhen. Hierbei sollten die freiwilligen Verpflichtungen der Länder in regelmäßigen Abständen einer öffentlichen Überprüfung unterzogen werden.

Leider zeigen die ernüchternden Bilanzen hinsichtlich der Zielerreichung der 1990 festgelegten Reduktionsziele der UNFCCC und in vielen nationalen Umweltvereinbarungen,¹⁴ dass freiwillige Verpflichtungen häufig nur unzureichend in der Lage sind, angestrebte Umweltergebnisse zu erreichen. Eine zufriedenstellende Alternative stellen sie in der Regel nicht dar. So muss davon ausgegangen werden, dass bestimmte Stabilisierungsziele ohne bindende Minderungsziele in ihrer Realisierung (noch) stärker gefährdet sind (Aldy et al., 2003). Bodansky (2004a) nennt dafür zwei Gründe. Zum einen den Reputationsverlust, der bei Nichteinhaltung eines verbindlichen Abkommens tendenziell höher ausfällt. Zum anderen eine steigende Zuversicht, dass andere Staaten ebenfalls verstärkt nationale Maßnahmen ergreifen werden. In diesem Zusammenhang ist auch die Planungssicherheit der privaten Akteure zu berücksichtigen. Sind Emissionsobergrenzen erstmal festgelegt und in nationale Maßnahmen umgesetzt, liefern diese den Unternehmen und Konsumenten stärkere Anreize, ihre Energieintensität zu verringern und den Ausbau von erneuerbaren Energien zu forcieren (Fisher & Newell, 2005). Demnach erscheint sinnvoll, weiterhin bindende, möglichst nachvollziehbare, Minderungsziele anzustreben. Unter Beachtung des öffentlichen Gutcharakters von Klimaschutz verstärkt dies allerdings die Notwendigkeit zusätzliche Mechanismen zu finden, welche die Anreizwirkungen verbessern und somit den Nutzen der Kooperation für die einzelnen Länder erhöhen.

3.4.3 Top-Down Ansatz

Die UNFCCC gilt als sog. *Top-Down Ansatz*, in dem eine Lösung der Klimaproblematik durch die Partizipation aller Staaten angestrebt wird. Neben dem Ziel alle Emittenten zu

¹⁴ Einen Einblick in die begrenzte Wirksamkeit freiwilliger Verpflichtungen geben z.B. Rennings et al. (1997) oder Hanks (2002) Wenngleich in manchen Fällen freiwilligen Vereinbarungen eine gewisse Effektivität attestiert wird, zeigt sich, dass ihr Einfluss ohne eine hinreichende Einbettung in umfassendere politische Maßnahmen nur marginal ist. Zudem sind sie häufig mit höheren Kosten häufig verbunden als ursprünglich erwartet.

integrieren, steht dahinter vielfach der moralische Gedanke, dass globale Probleme auch globale Lösungen benötigen, die auf Rechten und Pflichten aller basieren (Esty, 2007). Unter Ökonomen wird das Argument für einen *Top-Down-Ansatz* insbesondere unter dem Aspekt der Vermeidung von sog. *Leakage-Effekten* vorgebracht.

Leakage bedeutet zum einen, dass es in der Industrie, um Regulierungen und Vorschriften zu umgehen, zur Verlagerung von Teilen der Produktion in nicht am Abkommen beteiligte Regionen kommen kann. Zum anderen können nicht global durchgeführte Klimaschutzmaßnahmen zu internationalen Verschiebungen auf Seiten der Nachfrage nach fossilen Energieträgern führen. Das IPCC (2007a, S.81) betrachtet diesen Effekt als „perhaps one of the most important ways in which spillovers from mitigation actions in one region affects others“. Auch Sinn (2008) sieht Verschiebungen der Nachfrage als zentrales Problem der gegenwärtigen (europäischen) Klimaschutzpolitik. Im Zuge des Kyoto-Protokolls eingeleitete politische Maßnahmen, wie das Europäische Emissionshandelssystem oder die Einspeisevergütung im Rahmen des Erneuerbaren Energiengesetzes, führen zwar zu einer Verteuerung fossiler Energieträger und zu einem Rückgang der Nachfrage in *grünen Ländern*. Aufgrund der sinkenden Nachfrage komme es allerdings auf dem Weltmarkt zu einer Preisreaktion, wodurch die Nachfrage in *nicht grünen Ländern* steige.¹⁵

Modellschätzungen über die tatsächliche Bedeutung von *Leakage-Effekten* zeigen starke Schwankungen, und sind nur unzureichend in der Lage, die komplexen Zusammenhänge zu erfassen. Das IPCC (2007a) spricht im Rahmen des Kyoto-Protokolls von Effekten in der Größenordnung zwischen 5 und 20 Prozent. Das heißt, dass durch 100 Tonnen CO₂, die im Rahmen des Kyoto-Protokoll vermieden werden, die globalen Emissionen um 80 bis 95 Tonnen sinken. Endres (2008) merkt an, dass *Leakage-Raten* sinken, falls partielle Klimaschutzabkommens zu verstärktem technologischen Fortschritt führen und

¹⁵ Für den Fall, dass das weltweite Angebot an fossilen Brennstoffen sehr preiselastisch reagiere, würde sich die Nachfrageverringering der grünen Länder direkt in einer Verringerung der CO₂-Emissionen niederschlagen. Für den aus Sicht von Sinn (2008) wahrscheinlicheren Fall eines relativ unelastischen Angebots sind keine Mengenreaktionen und folglich keine Veränderungen der CO₂-Emissionen zu erwarten. Einschränkend hält Sinn (2008) fest, dass sich die tatsächlichen Preisreaktionen auf der Angebotsseite noch nicht klar bestimmen lassen. Empirische Schätzungen der Preiselastizität des Angebots fossiler Energieträger variieren zwischen verschiedenen Studien. Gerlagh und Kuik (2007) fassen Studien zusammen, die Werte zwischen 0,6 und 0,8 ermitteln, also eher eine preisunelastische Reaktion andeuten. Des Weiteren macht Sinn (2008) auf intertemporale Wirkungen aufmerksam. Eigentümer fossiler Ressourcen versuchen den für sie optimalen Extraktionsplan über die Zeit zu finden. Bestehen z.B. Unsicherheiten über das langfristige Bestehen der Eigentumsrechte, komme es zu einem schnelleren Abbau der Ressourcen. Auch eine für die Zukunft angekündigte Nachfragereduktion durch die Einführung einer schrittweisen CO₂-Steuer würde zu einer Zunahme der Extraktion in der Gegenwart führen, da hierdurch zu erwartende zukünftige Einkommenseinbußen vermieden werden können. Folglich eignen sich CO₂-Steuern mit steigenden Steuersätzen nicht als Instrument einer erfolgreichen Klimaschutzpolitik. Aus diesem Grund bevorzugt Sinn (2008) die Einführung einer allmählich schrumpfenden Wertsteuer, die er allerdings aus polit-ökonomischer Perspektive als nicht realisierbar einstuft.

technologische Spillover generieren. Victor (2007) ist grundsätzlich der Auffassung, dass Probleme des *Leakage* überzeichnet werden, da die herkömmlichen Modelle die breite Streuung anderer Standortfaktoren (z.B. Unterschiede in den Energiepreisen, Transportkosten) nicht hinreichend berücksichtigten. Zudem hätten sich in der Vergangenheit derartige Befürchtungen zumeist nicht erfüllt. Auch Studien im Bereich energieintensiver Industrien halten fest, dass lokale Marktbedingungen, Transportkosten, Produktvielfalt und Ortskenntnis für die Produktionsentscheidung von größerer Bedeutung seien und kommen zu dem Schluss, dass „[...] carbon leakage is unlikely to be substantial“ (IPCC, 2007a, S.81).

Über die Diskussion von *Leakage Effekten* hinaus, verweist die nicht-kooperative Spieltheorie¹⁶ darauf, dass aufgrund von Asymmetrien zwischen Ländern, ein für alle vorteilhaftes internationales Umweltabkommen kaum realisierbar ist (Carraro, 2007). Vielmehr zeichnen sich derartige Abkommen durch eine begrenzte Zahl an teilnehmenden Staaten aus. Oder, falls globale Abkommen unterzeichnet werden, unterscheidet sich das Verhalten von Teilnehmern und Nichtteilnehmern nur geringfügig. Derartige Überlegungen sind speziell im UNFCCC-Prozess nicht zu vernachlässigen, da die Interessen der Länder in den Verhandlungen stark divergieren. Insbesondere die Gruppe der Entwicklungsländer zeichnet sich im Hinblick auf Emissionsniveaus, wirtschaftlichen Entwicklungsstand oder Klimaanfälligkeit durch mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten aus (Gupta, 2003; Pan, 2005). Zudem gestaltet die hohe Teilnehmerzahl die Verhandlungen überaus komplex und schwierig.

3.5 Reformansätze in einem zukünftigen Klimaregime

3.5.1 Verbesserung der Anreizwirkungen

Grundsätzlich gilt es in einem zukünftigen Abkommen den Anreizgedanken stärker zu berücksichtigen, um den schwachen Erfüllungsgrad bei den Reduktionsverpflichtungen zu erhöhen und insbesondere die Kooperationsbereitschaft von Entwicklungsländern zu verbessern. In der Literatur finden sich dazu diverse Vorschläge, die im Folgenden kurz skizziert und analysiert werden.

Zahlreiche Vorschläge sehen vor, mittels Transferzahlungen, sog. Seitenzahlungen (Pizer, 2007), oder durch die Einrichtung eines globalen Fonds (Gersbach, 2008; Schelling, 2002), Entwicklungsländer für stärkere Minderungsanstrengungen zu motivieren. Empirische

¹⁶ *Nichtkooperativ* bezeichnet Spielergebnisse, bei denen keiner der Beteiligten bereit ist, zugunsten des anderen von seinen eigenen Zielen abzuweichen.

Beispiele für derartige Zahlungen lassen sich nur selten finden (Hansjürgens, 2007). Auch im Bereich des Klimaschutzes fallen Seitenzahlungen bisher eher gering aus (Fischer, Egenhofer, & Alessi, 2007). Zum einen lässt sich diese Beobachtung damit begründen, dass die Gewinner des Klimaschutzes und somit aus allokativer Sicht für Kompensationszahlungen zuständigen Länder (und Generationen) noch nicht klar zu bestimmen sind. Aller Voraussicht nach werden sie eher in finanziell schlecht ausgestatteten Entwicklungsländern zu finden sein (Mendelsohn et al., 2006), wodurch die Zahlungsbereitschaft auf Seiten der Industrieländer deutlich eingeschränkt wird. Zum anderen ist bei Seitenzahlungen, die aus Sicht der Geberländer ebenfalls Charaktereigenschaften eines Öffentlichen Gutes aufweisen, Freifahrerverhalten ausgesprochen groß (Hansjürgens, 2007).

Ein ebenfalls des Öfteren in die Diskussion gebrachter Vorschlag (z.B. Stewart & Wiener, 2003; Wiener, 1999, 2007) sieht vor, Entwicklungsländer am internationalen Emissionshandel zu beteiligen und durch die Bereitstellungen großzügiger Emissionsmengen (*headroom allowances*), Transferleistungen zu ermöglichen. In diesem Fall würde sogar eine gewisse Zielkongruenz zwischen allokativen und distributiven Zielen auftreten. Zum einen ließen sich Minderungsanstrengungen zu vermeintlich niedrigeren Kosten in Entwicklungsländern realisieren. Edmonds et al. (1997) schätzen, dass durch die Einbeziehung großer Entwicklungsländer die Kosten der Treibhausgasreduktion um rund 25 Prozent gesenkt werden könnten. Zum anderen würde aufgrund der implizierten Umverteilungsströme innerhalb eines internationalen Emissionshandelssystems voraussichtlich ein Großteil der Minderungen durch Quellen aus Industrieländern finanziert.

In der Literatur finden sich Vorschläge sog. *dynamischer* oder *non-binding (no-lose) targets* (Bodansky, 2004a; Philibert, 2005) wie Entwicklungsländer graduell in den Emissionshandel eingebunden werden könnten. Allerdings ist es nach wie vor unklar, wie sich institutionelle Hürden und der Mangel an Humankapital in vielen Entwicklungsländern überwinden lassen, um ein effektives Handelssystem zu implementieren. Darüber hinaus gilt die politische Durchsetzbarkeit als sehr begrenzt. Bisher haben Entwicklungsländer unter Berufung auf die „gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten“ (Artikel 3 und 4 der UNFCCC, 1992) eine zentrale Voraussetzung für die Teilnahme am internationalen Emissionshandel, jegliche Form einer Emissionsobergrenze als nicht akzeptabel abgelehnt (Bodansky, 2007). Schelling (2002, S.3) sieht keinen Grund diese Haltung anzuzweifeln. „There is no likelihood that China, India, Indonesia, Brazil, or Nigeria will fully participate in any greenhouse-gas regime for the next few decades“. Andere (Frankel, 2007; Michaelowa et al., 2005a) hegen die Hoffnung, dass Entwicklungsländer großzügige Emissionsobergrenzen

im Laufe des gegenwärtigen Verhandlungsprozesses akzeptieren könnten. Seitens der chinesischen Regierung, als Vertreterin des vermeintlich größten Verkäuferlandes von Emissionszertifikaten, seien zumindest erste Signale in diese Richtung erkennbar gewesen (Buchner & Carraro, 2007b).

Zu berücksichtigen ist, dass die Einführung von großzügigen Emissionsobergrenzen das Erreichen bestimmter Stabilisierungsziele einschränkt. Es liegt ein Trade-off zwischen *Umweltergebnis* und *Partizipation/Einhaltung* vor. Eine reichhaltige Ausstattung der Entwicklungsländer mit Emissionsrechten gefährdet das Erreichen globaler Emissionsziele. So müssten im Gegenzug höhere Reduktionsziele in Industrieländern durchgesetzt werden. Die bisherige Haltung von Ländern wie den USA,¹⁷ aber auch Japan oder Kanada hegt Zweifel, dass sich diese Länder zur Teilnahme und Einhaltung von ambitionierten Minderungszielen bereit erklären. McKibbin und Wilcoxon (2007) verweisen darauf, dass relativ moderate, aber glaubwürdige Reduktionsziele höhere Anreize für Investitionen liefern können, da die Zuversicht steige, dass derartige Vereinbarungen eingehalten werden bzw. langfristig Gültigkeit besitzen. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Strategie, die versucht, Entwicklungsländer und insbesondere auch die USA in internationale Abkommen zu integrieren, langfristig Erfolg versprechender als das Beharren auf hohen Minderungszielen.

Zur Erhöhung der Partizipationsbereitschaft wird in der spieltheoretischen Literatur zudem verstärkt die Idee des *issue-linkage* diskutiert. In diesen spieltheoretischen Ansätzen, welche auf Arbeiten von Follmer, van Mouche und Ragland (1993) sowie Cesar und de Zeeuw (1996) zurückgehen, wird gezeigt, dass die Verknüpfung von Verhandlungen verschiedener Problembereiche, zu einem besseren Ergebnis führen kann als die Gleichgewichte bei separaten Verhandlungen (für einen guten Überblick über diesen Literaturzweig vgl. Finus, 2001). Für das Öffentliche Gut Klimaschutz findet die Verknüpfung im Idealfall mit einem sog. Klubgut statt, in dem nicht partizipierende Länder vom Nutzen der Kooperation ausgeschlossen werden können, wodurch die Bereitschaft zur Kooperation gesteigert wird. Als derartige Klubgüter werden z.B. Handelsabkommen (Barrett, 1997a; Rundshagen, 2004) angeführt oder auch die Kooperationen zur Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien (Buchner & Carraro, 2005; Carraro & Siniscalco, 1995). Inwieweit sich derartige Verknüpfungen praktisch realisieren lassen, ist bisher relativ unerforscht. Beispielsweise ist es unklar, inwieweit produktionsbezogene Handelsmaßnahmen

¹⁷ An dieser Haltung hat sich auch unter der Regierung Obama nichts viel geändert.

in einem internationalen Klimaschutzabkommen zulässig sind oder mit bestehenden Regelungen der Welthandelsorganisation (WTO) kollidieren (Rundshagen, 2004).

Die Idee, den Fokus mehr auf Kooperationen in der Entwicklung und Verbreitung von Technologie zu richten, findet sich über *issue-linkage* Literatur hinaus in zahlreichen Vorschlägen (u.a. Barrett, 2002; 2007a; Benedick, 2001; Edmonds & Wise, 1999) für ein verbessertes Klimaregime wieder. Dies spiegelt auch die Einschätzung wider, dass in diesem Bereich im UNFCCC-Prozess noch Nachholbedarf besteht.

Unter der Annahme, dass neue Technologien aufgrund von nicht berücksichtigten Spillovereffekten in einem Marktumfeld nur suboptimal bereitgestellt werden (Jaffe et al., 2005), ist ein Nutzen aus internationalen Kooperationen zur Entwicklung/Bereitstellung von Technologien gegeben. Allerdings bestehen Unsicherheiten, inwieweit Staaten in der Lage sind, lenkend in das Marktergebnis einzugreifen ohne unerwünschte Verzerrungen hervorzurufen und welche Anreize zur Kooperationen sich hinter dem sehr allgemein gefassten Begriff technologische Kooperation verbergen. In manchen Fällen kann die Bereitschaft zur Kooperation verhalten ausfallen, wenn Länder/Unternehmen sich in Gefahr sehen, dadurch Wettbewerbsvorteile zu verlieren. Zudem kann der schwierige Entscheidungsfindungsprozess in internationalen Verhandlungen den Innovations- und Diffusionsprozess evtl. eher verlangsamen als beschleunigen (Philibert, 2005).

3.5.2 Homogenere Verhandlungsstrukturen

Im Zuge der oben beschriebenen Top-Down-Problematik werden Stimmen lauter (z.B. Bodansky, 2007; Carraro & Egenhofer, 2007; Pizer, 2006; Victor, 2007), die verstärkt auf Initiativen mit begrenzter Teilnehmerzahl setzen, in denen die Interessen der Beteiligten homogener verlaufen. Durch die verbesserte Transparenz in den Verhandlungsprozessen könne der Druck auf einzelne Verhandlungspartner erhöht werden. Pizer (2006) verweist auf Erfahrungen anderer internationaler Institutionen, wie der Welthandelsorganisation oder dem Internationalen Währungsfonds, für deren Implementierung keine globale Kooperation Voraussetzung war. Betrachtet man Kooperationen im Klimaschutz als ein sich wiederholendes Spiel, bestehe keine Notwendigkeit, gleich zu Beginn vollständige Partizipation anzustreben. Nicht kooperationswillige Länder können abwarten und dem Abkommen zu einem späteren Zeitpunkt beitreten, wenn sich die technologischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen oder auch die Bewertung der Klimaproblematik in der Bevölkerung geändert haben. Auch müssen Länder, die sich bereits frühzeitig zur Kooperation bereit erklären, nicht zwingend benachteiligt sein. Sie können einen

strategischen Vorteil (*First Mover Advantage*) besitzen, wenn es ihnen gelingt, ein Abkommen in ihrem Sinne zu generieren oder Erfahrungen zu sammeln, die ihnen einen Wissensvorsprung bzw. Wettbewerbsvorteile in der Zukunft ermöglichen. Über diesen auch als *Porter Hypothese*¹⁸ bezeichnete Aspekt wird in der Literatur intensiv diskutiert. Die Hypothese wird von ebenso vielen empirischen Studien gestützt wie widerlegt (Rundshagen, 2004). Ein unmittelbar Vorteil aus eigenen Klimaschutzmaßnahmen ist folglich nicht garantiert.

In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, dass eine Stabilisierung der Treibhausgasemission in der Atmosphäre nicht die Teilnahme aller (Entwicklungs-)länder voraussetzt. 25 Länder zeichnen für rund 80 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich (Bodansky, 2007). Gelingt es, diese Länder in ein Abkommen zu integrieren, entfielen auch die Befürchtungen, dass es bei fehlender Partizipation lediglich zu Verschiebungen in der Nachfrage kommt.

Um eine homogenere Verhandlungsstruktur zu erreichen, sind grundsätzlich zwei Ansätze denkbar: Erstens, innerhalb der UNFCCC eine Aufspaltung der Gruppe der Entwicklungsländer zu forcieren, mit dem Ziel vertiefte Integrationsniveaus für große Entwicklungsländer festzulegen. Zur Vereinfachung des Prozesses könnten die Verhandlungen über Minderungsverpflichtungen verstärkt in kleineren Gruppen abgehalten werden. Liegen Michaelowa et al. (2005a) mit ihrer These richtig, dass die UNFCCC einen flexiblen Prozess darstellt, sollte die UNFCCC aufgrund der vorhandenen institutionellen Struktur eine geeignete Plattform bieten. Eine zentrale Frage bleibt, inwieweit ein derartiges Vorgehen, die notwendige Akzeptanz der vielen nicht teilnehmenden Länder finden kann. Es ist zu befürchten, dass diese ihre Interessen, v.a. im Hinblick auf eine finanzielle Unterstützung ihrer Adaptationsbemühungen nicht mehr hinreichend berücksichtigt sehen und dementsprechend die Bildung von limitierten Gruppen konterkarieren.

Zweitens können verstärkt parallele Prozesse außerhalb der UNFCCC angestoßen werden. Eine der wichtigsten Erkenntnisse der nicht-kooperativen Spieltheorie lautet, dass es für den Fall sich frei entscheidender Länder und bei Existenz multipler Koalitionsangebote im Gleichgewicht mehr als eine stabile Koalition gibt (Buchner & Carraro, 2007a). Folglich schließen sich parallele Prozesse nicht aus, sondern können sich gegenseitig ergänzen und möglicherweise durch einen Erfahrungsaustausch voneinander profitieren. Anders als bei der

¹⁸ Die Porter Hypothese besagt, dass eine im internationalen Vergleich restriktive Umweltpolitik zu einer win-win-Situation führen kann, in der sich sowohl die Umweltqualität als auch die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie verbessert (Rundshagen, 2004).

UNFCCC können sich diese primär auf bestimmte Bereiche, wie z.B. Minderungsbemühungen oder Technologiekoperationen konzentrieren, wodurch die Transparenz gesteigert und die Konsensfindung vereinfacht wird. Darüber hinaus bieten solche Prozesse „fallback opportunities“ für den Fall, dass die UNFCCC Verhandlungen scheitern sollten (Michaelowa et al., 2005b, S.18). Im Hinblick auf die politische Durchsetzbarkeit genießen parallele Prozesse zudem den Vorteil, dass sie nicht mit dem negativen Image des Kyoto-Protokolls behaftet sind und insbesondere in den USA, eine höhere politische Akzeptanz erreichen können. Die Teilnahme der USA gilt als Grundvoraussetzung, um Länder wie Indien oder China stärker in die internationalen Klimaschutzaktivitäten zu integrieren (Mayer-Kuckuk, 2008).

Erste Bemühungen in diese Richtung gibt es bereits. Große Hoffnungen liegen hierbei auf der aus dem Gleneagles-Prozess der acht führenden Industrienationen hervorgegangenen *Major Emitters Initiative* (später *Major Economies Meeting*), das im März 2009 von Barack Obama zum *Major Economies Forum on Energy and Climate* umbenannt wurde und in dem 17 der weltgrößten Treibhausgasemittenten zusammengefunden haben. Trotz erster Erfolge¹⁹ handelt es sich hierbei noch nicht um einen institutionell tief verankerten Prozess. Zudem gilt die Interessenlage der beteiligten Länder nach wie vor als relativ heterogen. Buchner und Carraro (2007b) betrachten deshalb die Bildung von bilateralen Abkommen, z.B. zwischen den USA und China, und kleinen regionalen Ländergruppen als wahrscheinlicher bzw. erfolgversprechender (ähnlich sehen es auch Pizer, 2007; Sugiyama & Sinton, 2005).

3.6 Erkenntnisse und Empfehlungen

Die obige Analyse zeigt, dass hinsichtlich der grundsätzlichen Frage, ob ein zukünftiges Klimaregime auf dem bestehenden Fundament der UNFCCC oder einem neuen institutionellen Ansatz aufbauen sollte, keine Entweder-oder-Entscheidung vorgenommen werden kann. Es sind multiple Prozesse zu unterstützen, um internationale Klimaschutzpolitik auf mehreren Säulen aufzubauen.

Die UNFCCC und ihr Kyoto-Protokoll liefern trotz des starken Fokus auf Verteilungsaspekte gute Ansätze, v.a. hinsichtlich der kosteneffizienten Umsetzung von

¹⁹ So wurde beim Treffen im japanischen Toyako im Jahr 2008 seitens der acht größten Industrienationen eine Vereinbarung getroffen, die Treibhausgasemissionen bis Mitte des Jahrhunderts um 50 Prozent zu reduzieren, ohne jedoch ein bestimmtes Basisjahr festzulegen. Die großen Entwicklungsländer lehnten jedoch jegliche Beteiligung ab (Mayer-Kuckuk, 2008). Zudem einigte man sich im Juli 2009 darauf, das 2-Grad-Ziel als Zielmarke für die globale Erderwärmung festzuhalten. Konkrete Klimaschutzmaßnahmen, um dieses Ziel zu erreichen wurden allerdings nicht vereinbart.

Klimaschutzmaßnahmen. Im Hinblick auf die politische Durchsetzbarkeit stellt das bestehende Emissionshandelssystem das einzig implementierfähige Instrument dar. Zu überlegen ist, durch die Einführung einer Preisobergrenze für Zertifikate, die dem Instrument inhärenten Unsicherheiten zu reduzieren.

Trotz ihres relativ schlechten Images weist die UNFCCC Anzeichen eines gefestigten, institutionalisierten Prozesses auf, der auch in den nächsten Jahren eine zentrale Rolle in der internationalen Klimapolitik einnehmen wird. Ihre Bemühungen, bindende Minderungsziele zu vereinbaren, erscheinen im Hinblick auf die angestrebten Reduktionsziele alternativlos. Zur Steigerung der Transparenz sollten Zielvereinbarungen für Emissionsobergrenzen angestrebt werden, die auf nachvollziehbaren, quantitativ messbaren Größen aufbauen, wie z.B. Wirtschaftsleistung, Einwohnerzahl, Wirtschaftswachstum oder Einkommensniveau.

Die Möglichkeiten, das Verhalten der Länder durch Emissionsobergrenzen zu beeinflussen sind begrenzt, weshalb zu ambitionierte Minderungsziele kontraproduktiv wirken. Auch das Vereinbaren von Langfristzielen bewirkt aller Voraussicht nach an dieser Situation nur marginale Änderungen. Positiv würde sich allerdings eine höhere Flexibilität bzw. stärkere Differenzierung der Ländergruppen auswirken. Durch die Bildung von kleineren Verhandlungsgruppen kann die Transparenz verbessert, die Kommunikation vereinfacht und der politische Druck erhöht werden. Grundsätzlich können derartige Verhandlungen unter dem Dach der UNFCCC stattfinden, wodurch deren Struktur weiter gefestigt würde. Eine Realisierung außerhalb der UNFCCC verhindert, dass ausgeschlossene Länder den Verhandlungsprozess blockieren.

Bei sämtlichen Prozessen ist weiterhin offen, inwieweit sich die Anreize zur *Partizipation und Einhaltung* erhöhen lassen. Viele der existierenden Vorschläge, wie höhere Transferleistungen, Teilnahme am internationalen Emissionshandel oder die Verknüpfung mit Handelsfragen, erscheinen im Lichte des bisherigen Verhandlungsprozesses politisch nicht bzw. kaum durchsetzbar. Das größte Potenzial scheint im Bereich der Entwicklung und Verbreitung von Technologien zu liegen, der auch als eine zentrale Säule der Post-Kyoto-Verhandlungen definiert wurde (UNFCCC, 2007a). Allerdings bestehen auch hier weiterhin Fragezeichen, wie derartige Kooperationen aussehen und welche Anreize sich damit generieren lassen. Wie in vielen anderen Bereichen der Klimaproblematik sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig, um die Anreizwirkungen einer Fokussierung auf technologische Kooperationen zu erschließen. Der Weg zu einer optimierten Klimaschutzpolitik hält also nach wie vor noch einige Abzweigungen und Stolpersteine bereit.

4 Understanding the CDM's Contribution to Technology Transfer¹

Abstract

Developing countries are increasingly contributing to global greenhouse-gas emissions and, consequently, climate change as a result of their rapid economic growth. In order to reduce their impact, the private sector needs to be engaged in the transfer of low-carbon technology to those countries. The Clean Development Mechanism (CDM) is currently the only market mechanism aimed at triggering changes in the pattern of emissions-intensive activities in developing countries and is likely to play a role in future negotiations. In this paper, we analyse how the CDM contributes to technology transfer. We first develop a framework from the literature that delineates the main factors which characterise technology transfer. Second, we apply this framework to the CDM by assessing existing empirical studies and drawing on additional expert interviews. We find that the CDM does contribute to technology transfer by lowering several technology-transfer barriers and by raising the transfer quality. On the basis of this analysis, we give preliminary policy recommendations.

Entwicklungsländer tragen aufgrund ihres höheren Wirtschaftswachstums in zunehmendem Maße zu den weltweiten Treibhausgasemissionen und folglich zum anthropogenen Klimawandel bei. Um diesen Einfluss zu verringern, bedarf es eines verstärkten Engagements, insbesondere im Bereich des Privatsektors, um den Transfer von emissionsarmen Technologien zu intensivieren. Gegenwärtig ist der Clean Development Mechanism (CDM) der einzige marktbasierende Mechanismus, der in der Lage scheint, Änderungen in den emissionsintensiven Entwicklungspfaden der Entwicklungsländer vorzunehmen. So kommt dem CDM in den gegenwärtigen Post-Kyoto-Verhandlungen eine tragende Rolle zu. In diesem Beitrag wird analysiert, wie der CDM zum Technologietransfer beiträgt. Zunächst werden aufbauend auf einem theoretischen Rahmen die zentralen Barrieren für einen Technologietransfer skizziert. Anschließend erfolgt anhand von Auswertungen empirischer Studien sowie der Einbeziehung zusätzlicher Experteninterviews eine Einbettung des CDM in diesen Rahmen. Es zeigt sich, dass der CDM zum Transfer von Technologie beiträgt, in dem er bestehende Barrieren reduziert und die Qualität des Technologietransfers erhöht. Aufbauend auf dieser Analyse werden abschließend politische Empfehlungen gegeben.

¹ Der Aufsatz entstand in Kooperation mit Malte Schneider und Volker H. Hoffmann vom *Department of Management, Technology, and Economics* der *Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich*. Er ist veröffentlicht in: *Energy Policy* 36(8), *Understanding the CDM's contribution to technology transfer*, S. 2920-2928.

4.1 Introduction

Industrialised countries are responsible, both historically and currently, for the majority of greenhouse-gas emissions, but developing countries are increasingly contributing to the problem because of their rapid economic growth (IEA, 2007). Access to existing technologies and technological innovations is commonly seen as a prerequisite for the reduction of emissions in developing countries (de Coninck et al., 2008). Consequently, transfer of technology will be a key pillar in any agreement on a future regime to combat climate change (UNFCCC, 2007a). While views on how to resolve this issue differ broadly, the private sector will play an important role, as it is the main source for the worldwide diffusion of technology (Heller & Shukla, 2003; Stern, 2007; UNFCCC, 2007b).

Currently, the Clean Development Mechanism (CDM) is the only market-based mechanism aimed at triggering changes in the pattern of emission-intensive activities in developing countries. It incentivises the private sector to finance emissions-reduction projects and thereby potentially contributes to the transfer of technologies previously unavailable in developing countries. It is likely that the CDM in its current or a modified form will play an important role in post-Kyoto negotiations because it is able to provide the side-payments necessary to engage developing countries (Frankel, 2007) and it can serve to link several fragmented regional trading schemes like the EU Emission Trading Scheme (EU ETS) (Jaffe & Stavins, 2007). Because of the potential future size of such a mechanism, increasing technology transfer within it could serve the dual purposes of both reducing the emissions of developing countries and changing their course of development. Hence, it is important to analyse the technology-transfer contribution of the current CDM.

While there is a large body of literature on the assessment of the CDM's overall potential for reducing emissions and on meeting two of its central criteria, additionality and host-country sustainable development (Olsen, 2007), specific literature on the CDM's technology-transfer performance is limited. Besides early conceptual work (Aslam, 2001; Millock, 2002), there have been two important streams of literature. First, some studies relate CDM activities and investment flows: for example, Niederberger and Saner (2005) conceptually analyse the CDM's potential for adding to traditional incentives of transnational corporations for foreign direct investment. Others present aggregated empirical comparisons of CDM and private investment flows but do not provide detailed analyses of technology-transfer issues (Ellis & Kamel, 2007; Ellis et al., 2007). Second, some authors undertake empirical analyses of the CDM's technology-transfer performance by analysing CDM project design documents

(PDDs) (de Coninck et al., 2007; Dechezleprêtre, Glachant, & Ménière, 2008; Haites, Duan, & Seres, 2006; Pueyo Velasco, 2007; Seres, 2007). These studies find that technology transfer is occurring to some extent but that it is dependent on various parameters such as project type and involvement of foreign project participants. Although these studies are important contributions, they do not analyse the mechanisms through which these parameters influence technology transfer within the CDM. However, while technology transfer can be addressed in many ways, a precise understanding of the drivers and barriers of technology transfer under CDM is necessary to derive policy recommendations on how to increase technology transfer under possible future mechanisms.

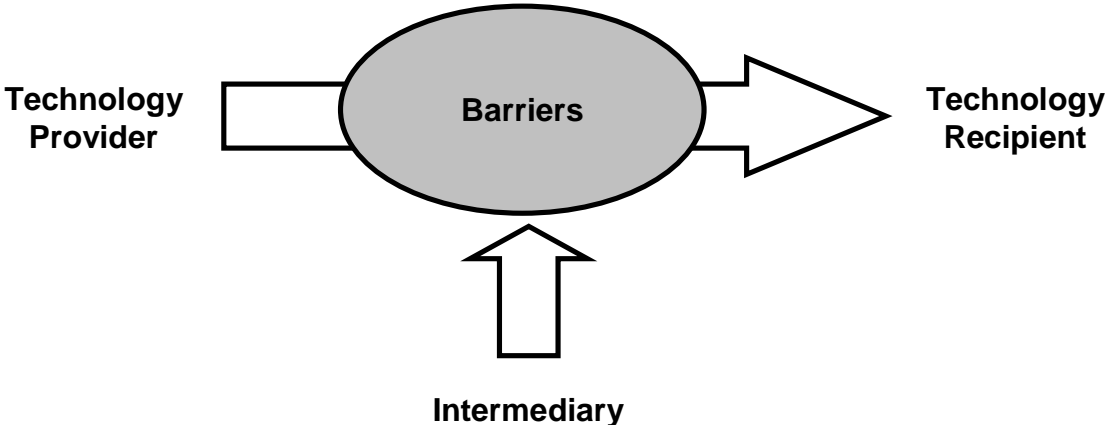
In this paper, we investigate the way in which the CDM contributes to technology transfer. In chapter 2, we draw on the general literature on technology transfer to develop a framework independent of the CDM that delineates the main factors which characterise technology transfer. In chapter 3, we use this framework for analysing the CDM's technology-transfer performance. To do this, we reassess existing empirical evidence and additionally draw on expert interviews we conducted with various stakeholders. On the basis of this analysis, we give preliminary policy recommendations in chapter 4.

4.2 Private-Sector Technology Transfer

Technology transfer has been defined as “a broad set of processes covering the flows of know-how, experience and equipment” (IPCC, 2000, p.3). In this article, we focus on private-sector technology transfer because “when considering means to enhance investment and financial flows to address climate change in the future, it is important to focus on the role of private-sector investments as they constitute the largest share of investment and financial flows” (UNFCCC, 2007b, p.5). We focus on technology transfer from North to South because most technologies are still mainly developed and first deployed in the industrialised world (IPCC, 2007a). The main channels of private-sector technology transfer are trade, licensing, and foreign direct investment (FDI). Technology transfer via international trade occurs through purchasing equipment or knowledge not commercially available in the recipient country. Licensing typically involves the purchase of production and distribution rights and the underlying technical information and know-how to exploit them. FDI can be defined as investments made by foreign entities in the productive assets of local companies which enable the investor to influence the activities of the local firm as, for example, in joint ventures (Niederberger & Saner, 2005).

In this paper, we focus on the purchase of technology via trade and transfer of technology as part of an investment, the former being by far the more common. The main agents within the technology-transfer process via trade are depicted in Figure 1. In this case, technology providers transfer technology to enter new markets. The recipient's primary motivation to adopt new technology is driven by considerations of the company's competitive position in the local market. Therefore, recipients do not necessarily look for the most efficient technology on the world market but rather search for technology best suited to the company's local needs and to its capacity to absorb new technology (IPCC, 2000). Public or private intermediaries can facilitate this type of transfer by providing information or access to capital. In the case of technology transfer through an investment, a firm supplies technology to a subsidiary or affiliate in the host country to lower production costs or to improve the product quality, mostly without the involvement of intermediaries.

Figure 1: Actors Involved in Private-Sector Technology Transfer



In general, technology providers have limited interest in the diffusion of their technology into the local economy because they hope to avoid imitation. Because of the complexity of the technology-transfer process, different factors on the macro and micro levels determine the actual flow of technology (IPCC, 2000; Worrell et al., 2001). We investigate these factors and focus on barriers that hinder technology transfer by using literature and data on environmentally sound technologies² (ESTs). Our framework for analysing technology transfer covers three areas: barriers that can prevent technology transfer, dimensions for

² Environmentally sound technologies (ESTs) “protect the environment, are less polluting, use all resources in a more sustainable manner, recycle more of their wastes and products, and handle residual wastes in a more acceptable manner than the technologies for which they were substitutes” (United Nations, 1992).

describing the distribution of technology transfer, and factors that determine the quality of technology transfer (Table 1).

Table 1: Key Parameters for Assessing Private-Sector Technology Transfer

Barriers	Dimensions	Quality
▪ Lack of Commercial Viability	▪ Distribution across Geographies	▪ Type of Technology
▪ Lack of Information	▪ Distribution across Technologies	▪ Deal Structure
▪ Lack of Access to Capital	▪ Distribution across Firms	
▪ Lack of Institutional Framework		

4.2.1 Barriers to technology transfer

While the technology transfer barriers listed below primarily impact the technology recipients they also affect technology providers due to their dependency on the demand of recipients. An important barrier to technology-transfer deals is the potential *lack of commercial viability*. In general, technology imported from industrialised countries is more efficient but also more expensive than technology manufactured locally, and it therefore requires higher initial investment costs. This is of particular importance for ESTs (Wilkins, 2002). Furthermore, as a result of their typically early commercialisation stage, ESTs are often considered riskier than existing commercial technologies (Ockwell et al., 2007).

Even if commercial viability allowed a deal that involved technology transfer, it might not be executed because of a *lack of information* about the investment opportunity, a lack of confidence in the information, and high transaction costs for obtaining reliable information and negotiating the deal (Worrell et al., 2001). Furthermore, since technology providers tend to lack knowledge about recipients' local needs and technological capabilities, technology available on the world market is often not appropriate, e.g. due to size differences of the required and the available technologies (Dechezleprêtre et al., 2008).

Frequently, a *lack of access to capital* hinders technology recipients from getting an investment financed (Tébar Less & McMillan, 2005). Firms might not be able to find an investor because of the insufficient infrastructure of financial markets in many developing countries or the high interest rates of up to 30 to 40 percent per year (Worrell et al., 2001). Moreover, investors sometimes overestimate the investment risks, thus leaving sound and theoretically profitable investment projects without the necessary funding (Wilkins, 2002).

The barriers described above are closely linked to the *institutional framework* that a country provides as described in the following examples. For instance, trade restrictions through tariffs and non-tariff barriers are limiting a technology's commercial viability. Access to capital is more restricted if investors are worried about political risks and consider

enforcement of the regulatory framework as weak. With respect to lack of information, a high level of corruption complicates obtaining the right information and thus raises transaction costs. Thus, stability of the political system, sound economic policy and regulatory frameworks, legal security, trade openness, and a low level of corruption are important elements of an enabling environment suitable for attracting foreign technology (IPCC, 2000). Three issues related to the institutional framework are of particular interest: first, the literature has traditionally emphasised the importance of intellectual property rights (IPRs). However, the limited empirical evidence indicates that the effects of IPR regimes on transfer of ESTs is not a key barrier (Stern, 2007; Tébar Less & McMillan, 2005). Second, environmental policies are of particular importance since firms have few incentives to acquire ESTs if environmental regulation and enforcement is weak or if conventional energy prices are subsidised (Ockwell et al., 2007; Tébar Less & McMillan, 2005; Wilkins, 2002). Third, requirements for domestic ownership of ventures or the degree of local technology content influence the feasibility of technology transfer.

4.2.2 Dimensions of technology transfer

Private-sector technology transfer has grown significantly over the past decades (Hoekman, Maskus, & Saggi, 2004). However, because of the above-mentioned barriers, the distribution of technology transfer varies across geographies, technologies, and firms.

First, with respect to the *geographical dimension*, private transfer modes favour developing countries that have achieved an advanced development status, highlighting the importance of an enabling environment with a sound institutional framework, good knowledge infrastructure, and an attractive market potential (Ellis et al., 2007). For instance, the share of total world imports of high-tech goods to low-income countries merely doubled between 1970 and 2001, while developing countries with lower-middle income increased their share sevenfold. In the case of FDI, the overall share of the former group declined significantly, while the latter denoted a rise of more than 80 percent (Hoekman et al., 2004).

Second, the *technology dimension* shows that ESTs transfer less quickly than other technologies and that there are significant differences among various ESTs (Worrell et al., 2001). Only few ESTs, i.e., mainly technologies to increase energy efficiency in automotive products or machinery equipment, benefited from a growing share in worldwide trade and investments in sectors with strong environmental impacts (WTO, 2006). In case of renewable energy technologies, wind energy has recently received more investment attention primarily

as a result of its improved commercial viability, while the transfer of other renewable energy technologies to developing countries remains limited (REN21, 2007).

The *firm dimension* reveals that small and medium enterprises (SMEs) play only a minor role in technology transfer. In industrialised countries, SMEs are the firms most likely to bring about radical technological changes (Barton, 2007), but their role in the diffusion of technology to developing countries is rather limited (Marcotte & Niosi, 2005; UNCTAD, 1993). Correspondingly, in developing countries, most small firms hardly attract any international technology even though they constitute a very large part of the private economy (Lukacs, 2005). Both trends can be attributed to the fact that most barriers tend to be more striking for SMEs, especially lack of information and access to capital (Worrell et al., 2001; Yakowitz & Hanmer, 1993).

4.2.3 Quality of technology transfer

The quality of technology transfer can be defined as the degree to which the transfer raises the recipient's technological know-how and its capacity to use this knowledge to adopt and innovate new technologies (Mansfield, 1975). Quality can differ widely across transfers and is hard to measure because of the existence of technological spillovers that arise if the costs and benefits of technology exchange are not fully internalised by the actors involved. These spillovers are likely to represent a major share of technology-transfer benefits to recipient countries (Hoekman et al., 2004). To determine the quality of a technology-transfer deal, the type of technology and the deal structure are of major importance.

First, regarding *type of technology*, technological content varies in its complexity and its relative performance compared to state-of-the-art technology in the field (Saggi, 2004; Xu & Wang, 1999). Moreover, some technologies, especially those used in the core production process, also require extensive know-how transfer in order for them to be used properly and thus additionally contribute to developing local technological capability. However, to benefit from a higher technological content, recipients must have a sufficient financial and technical background to adopt foreign technology (IPCC, 2000).

Second, the nature of the *deal structure* influences the actors' willingness to cooperate and continually engage in information exchanges. Both continuity and collaborative behaviour increase the likelihood of transferring tacit knowledge in addition to the equipment. Thereby, they increase the recipient's capacity to adopt the technology and later innovate new technology based on it (Tébar Less & McMillan, 2005). Therefore, short-term, one-time deals are less likely to contribute to high-quality technology transfer than long-term, repetitive

deals. Reflecting this, the literature often refers to FDI as the most intense transfer mode because it tends to have a higher technology content, a longer duration, and more intense personal interactions (Hoekman et al., 2004; Philibert, 2005; Saggi, 2002).

4.3 CDM as an Instrument of Technology Transfer

After a slow start, the CDM market has grown enormously due to greater political certainty after implementation of the Kyoto Protocol and because of the market's increasing experience with the process. As a result, between January 2005 and November 2007, there has been a steep increase from 64 projects and about 100 kt in expected certified emissions reductions (CERs) by 2012 to 2,647 projects and about 2.3 Gt in expected CERs (UNEP Risoe, 2007). As current estimates for the compliance shortfall of countries with reduction obligations under the Kyoto Protocol are around 3.3 Gt CO₂, the CDM can, contrary to initial doubts about its potential, contribute significantly to meeting Kyoto's reduction goals (Capoor & Ambrosi, 2007). The market has attracted and created many different players from both the public and the private sector, whose objectives have included increasing awareness about the CDM and its contribution to sustainability as well as compliance by firms or countries with reduction obligations. Additionally, numerous specialised international project developers and consultants offering services in the form of project sourcing, development, and methodology writing have emerged and have recently been joined by companies offering risk management and carbon-fund management services.

The CDM's current contribution to technology transfer can be estimated by assessing empirical work based on PDD evaluations (de Coninck et al., 2007; Dechezleprêtre et al., 2008; Haites et al., 2006; Pueyo Velasco, 2007; Seres, 2007). The most recent study done by Seres (2007) finds that 64% of expected CERs originate from projects involving technology transfer. Combining the expected 2.3 Gt in CERs with the average price of 6€ calculated from primary CDM transactions in 2005 and 2006 (Capoor & Ambrosi, 2007) suggests an investment flow of around 9 billion Euro into projects containing technology transfer. This exceeds the investment generated by the Global Environment Facility (GEF), a fund deliberately set up to promote technology transfer (Egenhofer et al., 2007), making the CDM the largest technology-transfer mechanism under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). However, while the technology-transfer share – when measured in expected CERs – is fairly high, the CDM only transfers technology in 39% of its projects, pointing to a potential for further increase. Moreover, technology transfer under CDM is distributed unevenly across geographies, technologies, and firm characteristics and is

more likely in the case of foreign participation (Seres, 2007), hinting at the varying importance of different actors and barriers that is also suggested by theories of technology transfer.

Therefore, we first investigate on a conceptual basis whether and how the CDM and its various actors can lower each of the technology-transfer barriers (3.1). We then analyse the CDM's current distribution across geographies, technologies, and firms (3.2), as well as its performance with regard to technology-transfer quality (3.3). We base our analysis mainly on existing empirical studies and conceptual considerations. We support this analysis by expert interviews that we conducted before and during COP 13. In total, we conducted 21 semi-structured interviews with proponents equally representing the fields of business, academia, and policy. When preparing the interview guides, we first analysed background material of the interviewee's organization and publications and then tailored the guide to the respective interviewee's expertise. For example, we focused questions to project developers or finance institutions around their influence on and their preferences about the technology decision in a CDM project.

4.3.1 The CDM's impact on barriers

4.3.1.1 Lack of commercial viability

The CER price increases the revenues of any project eligible under the CDM and thus augments its attractiveness. To make the investment profitable, the carbon revenues must push the internal rate of return above a certain threshold. The magnitude of the CER price is mainly driven by international buyers of CERs, which have to meet their compliance or voluntary reduction commitments. Since European private buyers under the EU ETS dominate the market thus far (Capoor & Ambrosi, 2007), the CER price has evolved in relation to the price in the EU ETS. Because of the very volatile prices in the EU ETS and uncertainties about the CDM process and the post-2012 validity of CERs, price expectations for CERs have been diverse. These two factors, the magnitude of the expected price and the associated uncertainty, both impact technology-transfer decisions.

First, different project types exhibit different value contributions induced by CDM. CER prices do not affect the overall commercial viability of projects involving multiple revenue streams, such as renewable energy, as much as they do for projects that only exhibit a carbon revenue stream, such as landfill gas flaring or HFC destruction (Table 2). Second, the price uncertainty impacts the technology-transfer decisions because all parties, i.e., providers, recipients, and intermediaries, have varying risk-management capabilities for coping with the large and new uncertainties surrounding the increased commercial viability of a transfer deal.

This uncertainty is especially high for projects whose profitability depends strongly on the CER price.

Table 2: Impact of CDM on Project Profitability (at \$4/CER)

Project Type	CDM Impact on Internal Rate of Return (IRR)
Hydro, wind, geothermal	0,5% - 3.5%
Crop/forest residues	3% - 7%
Municipal solid waste	5% - 60%
HFC destruction	500+ %

Source: UNEP (2007)

In our interviews, project developers and fund managers mentioned that they were most interested in projects whose CDM's contribution to commercial viability is high. Furthermore, they stated that international technology is most likely to be employed in such projects because differences in efficiency and reliability might yield large differences in revenues. However, especially in cases of high uncertainty, domestic technology might be preferred if it is cheaper and at the same time not significantly less efficient, thereby generating similar CDM revenues at comparable or smaller cost.

4.3.1.2 Lack of information

There are three levels of information that the CDM and its actors can influence to foster technology transfer. First, actors need to know about the CDM and its eligibility criteria in general as a prerequisite for the implementation of CDM projects and subsequent technology transfer. This awareness about CDM among potential technology recipients, intermediaries, and technology providers is being increased through various efforts of different public actors such as development organizations, host countries, and the UNFCCC's collaborating UNEP Risoe Centre.

Second, actors need to know about potential emissions-reduction opportunities and assess the profitability impact on the underlying project. As all our interviewees confirmed, knowledge about where carbon emissions occur and how they can be reduced has been increased considerably through the UNFCCC, which now makes the detailed project information, i.e., the PDDs, publicly available. The condensed information on all projects is also offered online in a spreadsheet (UNEP Risoe, 2007) that is central to the market because it is used by many capacity-building and private organisations to learn about project opportunities and disseminate corresponding information.

Third, technology recipients need to be aware of available domestic and international technologies in order to make an informed investment decision. While the above-mentioned spreadsheet gives sufficient information on the projects in terms of size, process, emissions

reductions, etc., it does not provide details about the technology and its provider. International CDM project developers can partly compensate this since they have knowledge of both project opportunities in developing countries and advanced international technology. Technology transfer is very likely when international project developers cooperate with an international technology provider to replicate a certain project within and across countries.

4.3.1.3 Lack of access to capital

Access to capital has increased significantly as private investors have begun to regard the CDM as an investment opportunity. In contrast to the classic transfer modes FDI, licensing, and trade, CDM deal structures are best conceptualised with respect to the type and timing of deployed capital: equity, forward deals, and spot deals (Niederberger & Saner, 2005). First, projects can be financed entirely with equity by an international private project developer who is involved from the beginning and finances, builds, and operates the entire project on his own (i.e., Build-Own-Operate-Transfer deals). The project developer obtains full ownership of the CERs, paying the project host a fixed fee for each CER (UNEP, 2007). At the end of the lifetime of the CDM project, the project is transferred to the project host together with the trained personnel, and its operation can be continued. While this is a model with a large potential for technology transfer it has hardly been used in the CDM so far. Second, the most common contribution of CERs towards investment capital for projects is the provision of up-front payments for at least part of future CER deliveries, often under the condition of lower CER prices. This sort of finance is provided by many individual buyers, private project developers, funds, or government purchase programmes (UNEP, 2007). In case the buyers do not make up-front payments themselves but sign a contractual agreement to buy them later, the expected CERs can facilitate access to conventional project finance in the form of bank loans. Third, spot deals occur in so-called unilateral projects, where a local entity, often the project host, finances the project itself and generates issued CERs that are then sold on the spot market to an international buyer.

These different deal structures have varying impacts on technology transfer: spot deals are likely to contribute less to technology transfer from North to South. As confirmed in our interviews with international intermediaries, the earlier, the stronger, and the longer they are involved financially, the more they tend to influence the technology acquisition to increase the prospects for reliable operation. This can lead either to investing in projects with proven international technology or, even if domestic technology is employed, to assisting in the project design and thus know-how transfer. The same effect of up-front involvement is likely to be equally valid in the case where a multinational company transfers technology to a

subsidiary or affiliate firm. Two further trends are very likely to occur: first, access to capital is likely to become easier over time because of the maturity of the market and the greater experience with different financing structures. Second, as a result of the strong interest of international intermediaries to devise financial structures for CDM projects, financing know-how is transferred to entities in developing countries.

4.3.1.4 Lack of institutional framework

While every country has a general institutional framework hindering or facilitating technology transfer, it has to establish CDM institutions in order to attract CDM projects. It is particularly interesting to analyse the importance of CDM institutions for the number of CDM projects and whether they increase technology transfer by influencing the institutional framework for low-carbon technologies.

First, CDM institutions mostly do not have an impact on general investment conditions such as ownership, trade restrictions, or intellectual-property-right regimes. The technology-transfer content of CDM projects is thus subject to those more fundamental conditions. Second, an efficient and transparent domestic CDM framework is key for attracting CDM project development (Nondek & Niederberger, 2005). Besides the approval process, national institutions can improve the CDM conditions by other measures, such as developing regional baselines which avoids a costly data collection process for project developers. One way in which CDM institutions, i.e., the designated national authority (DNA), can try to influence the technology-transfer content of CDM projects is by promoting it as an important criterion for domestic approval of CDM projects. As Seres (2007) points out, countries have taken very different approaches in this regard. Regarding the more specific framework for investments in low-carbon technologies, the CDM can partially compensate for a lack of national environmental regulations. One way in which the CDM could be combined with domestic policy efforts is to credit entire policies or reductions on a sector level under CDM in the future (Sterk & Wittneben, 2006).

4.3.2 Dimensions of technology transfer in CDM

4.3.2.1 Distribution across geographies

Research on the geographical distribution of CDM projects tries to shed light on, among other issues, why the CDM currently does not generate projects in the least developed countries but instead yields a project distribution highly concentrated in few countries such as China, India, Brazil and Mexico (Seres, 2007). First, some studies evaluate the attractiveness of countries for hosting CDM projects by analysing both the general and the CDM-specific institutional

framework (Jung, 2006; Oleschak & Springer, 2007; Point Carbon, 2007). Second, the studies focusing on PDD evaluations of technology transfer also analyse host-country characteristics, although in varying detail (Dechezleprêtre et al., 2008; Haites et al., 2006; Pueyo Velasco, 2007; Seres, 2007). We combine both sets of studies to analyse differences in host countries' CDM activities, focusing first on project numbers and second on technology-transfer content.

In Table 3, we rank the number of CDM projects undertaken in a country using two different indicators of CDM attractiveness, the composite indicator (CI) by Oleschak et al. (2007) and the ratings by the largest market-information provider (Point Carbon, 2007). The rankings are similar in that they both assess CDM institutions and general economic conditions but differ as the latter also takes into account the greenhouse gas (GHG) mitigation potential of the respective countries. Both rankings exhibit a strong correlation with the number of projects in the countries analysed by Pueyo Velasco (2007). The slight differences can be traced to the GHG mitigation potential, which increases the attractiveness of larger countries like Indonesia, although its CDM and general institutions are fairly weak.

Table 3: CDM Attractiveness and Table 4: CDM, Technology Transfer (TT), and FDI

Table 3

Country	CDM Projects ^a	CI ^b	Point Carbon ^c
India	596	1	2
China	397	2	1
Brazil	221	3	5
Mexico	152	4	4
Malaysia	42	15	6
Chile	31	5	3
Thailand	28	12	16
Korea	28	13	9
Indonesia	21	57	11
S. Africa	17	8	8
Peru	16	26	7
Argentina	13	11	12
Vietnam	10	22	13
Morocco	5	6	10
Egypt	5	35	15
TOTAL	1582	-	-

Table 4

Country	TT (%) ^a	Projects with TT ^a	FDI Index ^d
Egypt	100	5	Above potential
Mexico*	94	142	Below potential
Indonesia	86	18	Under-performer
Morocco	80	4	Above potential
Argentina	78	10	Below potential
Malaysia	70	29	Front-runner
Thailand*	65	18	Front-runner
Vietnam*	50	5	Above potential
China	49	195	Front-runner
Korea	46	13	Below potential
Peru	38	6	Under-performer
Brazil	33	72	Below potential
S. Africa	29	5	Under-performer
Chile	17	5	Front-runner
India*	7	44	Under-performer
TOTAL	36 (avg)	572	-

Source: ^a Pueyo Velasco (2007), ^b Oleschak and Springer (2007), ^c Point Carbon (2007), ^d UNCTAD (2007)

* Countries identified by Seres (2007) as having a statistically significant positive or negative transfer impact

In Table 4, we rank the same countries in terms of the proportion of CDM projects containing technology transfer. The ranking is very different from the one in Table 3 and, at first sight, large differences exist between the countries with regard to how much technology

transfer occurs in their CDM projects. However, when taking into account project characteristics and country as variables, Seres (2007) finds in two different statistical analyses that technology transfer is significantly encouraged only by Mexico, Thailand, Vietnam, Sri Lanka, Ecuador and Honduras, and deterred by India.

Additional insights can be gained by relating the CDM technology transfer content to various country variables that might potentially impact technology transfer. For example, if the CDM technology transfer content is compared to an FDI index prepared by UNCTAD (2007) consisting of both actual FDI performance and FDI potential, it appears that the relative share of international technology shows a slight relation with those more fundamental investment conditions. Similarly, Pueyo Velasco (2007) analyses FDI flows and finds that they can explain 78% of the variation across countries regarding the number of CDM projects containing technology transfer. However, when controlling also for project-level variables, Dechezleprêtre et al. (2008) find that the actual share of current FDI inflows in the GDP does not impact technology transfer in CDM projects but that pre-existing capital links via subsidiaries of multinational companies and an economy's openness measured via trade do. In addition to these factors, Dechezleprêtre et al. (2008) identify the level of local technological capability as another, albeit ambiguous, influential factor: On one hand, a high technological capability facilitates the adoption of new technologies while on the other hand, it might imply that many technologies are already available locally (Dechezleprêtre et al., 2008).

In conclusion, while the performance of CDM institutions impacts the number of CDM projects, the technology-transfer content of those projects is, rather, driven by a country's general institutional framework and its capability to adopt new technologies or even produce them domestically.

4.3.2.2 Distribution across technologies

While the CDM has increased investments in low-carbon technology in general, differences remain among project types in terms of quantity of CDM projects. A relatively small number of projects focusing on reducing non-CO₂ greenhouse gases dominate the pipeline in terms of expected CERs, whereas renewable energy, mainly wind and hydropower, and energy-efficiency projects dominate in terms of number. This distribution has changed over time because projects' potentials for generating cheap emissions reductions through destruction of industrial gases seem to have been tapped to a large extent. With respect to the technology transfer content, the three most detailed studies (Dechezleprêtre et al., 2008; Haites et al., 2006; Seres, 2007) find that the relative share of technology transfer contained in those projects varies widely among project types (Table 5). Although the studies analyse the

pipeline of CDM projects at different points in time, the results are similar for all three. The slight difference between Seres (2007) and Haites et al. (2006) on the one and Dechezleprêtre et al. (2008) on the other hand is probably due to methodological differences: while the former search PDDs for a set of keywords, the latter study analyses reading the entire PDDs and thus identifying more technology transfer. All three studies consider technology transfer to occur if either equipment, knowledge or both are transferred.

Table 5: Technology Transfer in Different CDM Project Types, identified by left: Dechezleprêtre et al. (2008), center: Haites et al. (2006) right Seres (2007)

Project Type	Number of Projects			Average Project Size (kt CO ₂ e/y)			Projects with technology transfer					
							# of projects in %			Expected CERs in %		
Agriculture*	104	91	170	43	53	44	70	81	94	n.a.	82	89
Biogas*	14	32	127	45	54	64	29	38	57	n.a.	57	58
Biomass energy	141	194	438	56	56	61	19	21	25	n.a.	38	44
Energy efficiency (Industry)	65	109	239	112	77	103	25	14	25	n.a.	18	45
Energy efficiency (own generation)	n.a.	n.a.	112	n.a.	n.a.	176	n.a.	n.a.	42	n.a.	n.a.	62
Fossil fuel switch	14	32	72	34	54	328	43	6	36	n.a.	8	77
HFC, N ₂ O, PFC	19	16	61	4147	4742	2047	100	87	95	n.a.	88	93
Hydro	112	145	500	50	61	81	22	15	9	n.a.	19	9
Landfill gas	51	74	170	279	252	202	80	65	67	n.a.	64	69
Solar	4	5	7	11	11	26	100	80	57	n.a.	99	30
Wind	80	99	260	84	72	81	63	41	57	n.a.	62	73
Others	40	57	137	190	198	329	35	25	31	n.a.	19	36
TOTAL	644	854	2293	208	175	164	43	34	39	84	66	64

Source: Dechezleprêtre et al. (2008), Haites et al. (2006), Seres (2007)

*Agriculture and biogas projects seem to have been classified differently by Dechezlepretre et al. (2008) than by Haites et al. (2006) and Seres (2007).

For this variation in technology-transfer share among different project types, we suggest three explanations: first, the CDM impacts the commercial viability differently for various project types as a result of the differences in carbon value contribution (e.g., non-CO₂ projects like landfill gas and agriculture). Second, technologies exhibit varying degrees of sophistication and respond differently to the level of technological capability within the host countries. Results from Dechezlepretre et al. (2008) confirm that a high technological capability favours transfers in the energy sector and in the chemical industry, while it has a negative impact on projects in agriculture. Third, international intermediaries reported in our interviews that end-of-pipe technologies such as methane recovery from wastewater exhibit a higher probability that international participants initiate the project idea and propose a technology. In contrast to projects in core processes such as energy efficiency, where local firms often know opportunities and local solution providers themselves, end-of-pipe projects

have no value to the implementing firm except generating carbon revenues and thus have rarely caught firms' attention. This is supported by Dechezleprêtre (2008) who find that the four different broad categories of projects, namely end-of-pipe, new unit, input switch, and change in the production process, exhibit different degrees of technology transfer: while end-of-pipe projects are most likely to involve technology transfer (69 % of projects), changes in the production process are least likely to involve technology transfer (20%).

4.3.2.3 Distribution across firms

In contrast to the technology-transfer literature, the CDM literature has focused almost exclusively on project size instead of firm size when assessing technology transfer. Several studies indicate that project size strongly impacts the technology-transfer probability (Dechezleprêtre et al., 2008; Haites et al., 2006; Pueyo Velasco, 2007; Seres, 2007). Seres (2007) finds that 44% of large projects contain technology transfer whereas small-scale projects involve technology transfer in only 33% of the cases. The major reason is the decreased commercial viability due to CDM-specific and general transaction costs, which impact smaller projects more, even though transaction costs for small-scale projects have already been reduced (UNFCCC, 2001).

Second, to our knowledge, no study has analysed firm size or other firm characteristics as determinants for technology transfer under the CDM. Recent empirical research in the Indian pulp and paper industry suggests that mostly big firms are using the CDM. Furthermore, it seems that firms of different sizes pursue different types of CDM projects, which is likely to lead to differences in technology transfer (Hoffmann, 2007). Among other reasons, this might be due to varying endowments of capital, networks, and skills.

While the discussion above sheds some light on the recipients, it is equally interesting to analyse the influence of other firms participating in the transfer process. Dechezleprêtre et al. (2008) find that subsidiaries of companies from Annex I countries are likely to implement CDM projects involving technology transfer. Furthermore, the existence of a credit buyer, i.e. an entity from an Annex I country, also favours technology transfer. These findings support the hypothesis that deal structures relying on strong up-front capital links to Annex I entities increase the likelihood of technology transfer.

4.3.3 Quality of technology transfer under CDM

Regarding the *type of technology*, CDM projects focused in the beginning mainly on end-of-pipe non-CO₂ technologies, as for example HFC and N₂O destruction. PDD data suggests that such projects do not only transfer equipment but also involve significant amounts of

knowledge transfer (Seres 2007). However, the knowledge transfer indicated might have been overstated in order to improve the project's apparent contribution to sustainable development and thus facilitate registration (Dechezleprêtre et al., 2008). In addition, the technology content of such end-of pipe projects is considered to be relatively low, as they are not situated in a firms' core production processes and often embody only a limited amount of technological know-how. In contrast, other technologies like renewable energy and energy-efficiency projects require the improvement of local skills and the diffusion of technical knowledge into the local economy and, consequently, thereby contributing much more to a recipient country's know-how.

In terms of the *deal structure*, CDM projects with equity or forward deals represent long-term investments, as CER generation might last up to ten years after registration and realisation of the project. International CER buyers, mostly CDM project developers or private companies (Dechezleprêtre et al., 2008), often need the CERs with high certainty in order to deliver according to contracts signed with their clients or to comply with their regulatory or voluntary targets. Therefore, it is in their own interest to make sure that the project reliably delivers as many CERs as possible. International intermediaries reported in our interviews that they have an incentive to assist in the project design in order to optimise the project from the beginning, for example by suggesting a technology provider or proposing technical modifications to the project. Thus, whether or not international technology is used in the project, the design can be optimised through knowledge transfer at the start of the project. Furthermore, intermediaries stated that, in order to ensure that the projected amount of CERs is delivered over the long term, they establish implementation teams to monitor the project constantly. A side benefit of this monitoring assistance is that intermediaries become aware of operational problems and consequently can suggest modifications in technology or management of the project. This long-term collaborative quality management between international intermediaries and project hosts or local engineering companies may result in intensive knowledge exchange and network building that have the potential to enhance the innovative capabilities of host-country firms.

4.4 Conclusions

Our study confirms that the CDM contributes to technology transfer in terms of both equipment and know-how, and it demonstrates that CDM is currently the strongest mechanism for technology transfer under the UNFCCC. However, its performance varies considerably along the dimensions of geography, technology, and project size. Three key

findings concerning the CDM's role in contributing to technology transfer emerged mainly from an assessment of the existing empirical literature under our framework and were supported in the expert interviews. We now discuss these key findings and make preliminary policy recommendations related to each.

First, the CDM increases the *commercial viability* of low-carbon technology transfer by setting a price on carbon. Therefore, a high and stable carbon price would be desirable for the future if technology transfer is to be increased under the CDM or a similar mechanism. To this end, policy-makers have to contemplate on the one hand emission-reduction targets for industrially advanced countries and their possible access to CDM credits and, on the other hand, how to reduce transaction costs of the mechanism, possibly by introducing sector-based approaches or similar measures. Second, the actors created as a result of the CDM reduce the barriers of *lacking information* and *access to capital*. With regard to further reducing the lack of information, the UNFCCC could improve the way data are generated and presented from the extensive number of projects. With a requirement for more information on the technological specification and the name of the technology supplier and/or technical project developer in the PDDs, as well as for information on key problems occurring during operation in the monitoring reports, a unique database could be created. If coupled with data on project performance in terms of issued versus projected CERs, this could serve as valuable information for private actors to reduce search costs for choosing the proper technology and its provider. Furthermore, it could serve as a basis for a better risk assessment of different technologies, thereby increasing access to capital. Such a database would also be valuable for policy-makers to continuously assess the CDM's technology-transfer performance and thereby identify capacity-building needs. Third, the CDM does not improve the *institutional framework* of receiving countries, which is considered vital to attracting international technology. Therefore, international and domestic policy-makers need to complement the CDM by fostering host-country-specific improvements in investment conditions for key technologies and not only rely on CDM.

In addition to the above results, we identified two further aspects regarding how common CDM *deal structures* increase the *quality* of technology transfer under CDM. Equity and forward deals with international intermediaries can trigger, first, assistance in project design and, second, long-term collaborative quality management, as long-term CER generation incentivises international intermediaries to assist in both the design phase and the operation phase. Therefore, it is crucial for the design of any future mechanism to maintain such incentives for long-term involvement of organisations that transfer knowledge,

especially the private sector in industrialised countries. In order to further improve the quality of technology transfer under the CDM, one possibility would be to limit the eligibility to project types that potentially yield significant technological spillovers, such as renewable energy and energy efficiency, necessary for changing the development path of developing countries.

In order to give more detailed policy as well as business recommendations, more empirical research is needed to improve the data currently available. First, a detailed study of technologies and their differences should yield further insights into their respective commercial viabilities and the quality of technology transfer involved. It is especially interesting to analyse the financial sensitivity of different technologies towards parameters such as carbon price, baseline and electricity price. Second, detailed analyses of country characteristics should identify country-specific variables responsible for the differences between countries in attracting technology through the CDM such as technology-related policies like feed-in laws. Third, another area for future research concerns the strategic behaviour of private actors. Besides the analysis of technology providers and recipients, research should be undertaken on intermediaries by first increasing the transparency of existing and newly created business models before proceeding to study their influence on the technology decision and the quality of technology transfer in more detail.

5 Ansätze für technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzabkommen

–

Eine Spurensuche nach den Grundlagen

Abstrakt

Verstärkte technologische Kooperation wird vielfach als wichtiger Lösungsansatz zur Bewältigung der Klimaproblematik betrachtet. Was genau darunter zu verstehen ist und welche Anreize für Länder, an derartigen Kooperationen teilzunehmen, sich hinter der Forderung verbergen, wird vielfach nicht näher spezifiziert. Der vorliegende Aufsatz widmet sich dieser Thematik mit dem Ziel, zu einer Systematisierung der Diskussion beizutragen und das *Lösungspotenzial* technologischer Kooperation näher zu ergründen.

Zunächst findet eine definatorische Klärung des Begriffs der technologischen Kooperation statt, welche als Grundlage für zukünftige Diskussionen der Thematik geeignet erscheint. Anschließend wird ein Überblick über Vorschläge einer zukünftigen Klimaschutzpolitik gegeben, die unter dem Schlagwort der technologischen Kooperation in der Literatur diskutiert werden. Darauf aufbauend werden die Kernelemente der Vorschläge hinsichtlich ihrer Anreizwirkungen und praktischen Relevanz diskutiert. Es zeigt sich, dass der Reifegrad der einzelnen Vorschläge in vielen Fällen noch nicht ausreicht, um die theoretischen Konzepte in praktische Politik umzuwandeln.

5.1 Einleitung

Technologische Kooperation wird vielfach als wichtiger Lösungsansatz zur Bewältigung der Klimaproblematik betrachtet (u.a. Milford, 2007; Stern, 2007). Seit der 13. Klimarahmenkonferenz der Vereinten Nationen ist das Thema unter dem Begriff der Zusammenarbeit in der Entwicklung und Verbreitung von Technologie auch als fester Bestandteil in die Verhandlungen über ein zukünftiges Klimaschutzabkommen aufgenommen worden (UNFCCC, 2007a).

Zwei Gründe sind hierfür ausschlaggebend: zum einen soll mittels technologischer Kooperation die Entwicklung und Verbreitung klimafreundlicher Technologien forciert werden. Dies wird als wesentlich erachtet, um eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zu erreichen (Edmonds et al., 2007; IEA, 2008a). Unter der Annahme, dass die hierfür notwendigen Technologien unter Marktbedingungen nur suboptimal bereitgestellt werden (Jaffe et al., 2005), kommt staatlicher Unterstützung des technologischen Fortschritts eine zentrale Rolle zu. In manchen Fällen gilt hierbei eine Zusammenarbeit auf internationaler Ebene als Grundvoraussetzung für die Initiierung des Innovationsprozesses, um eine hinreichende Kosten- und Risikoteilung zu erzielen (Philibert, 2005). In anderen Fällen trägt technologischer Kooperation zu einem unmittelbaren Wissensgewinn, zur Vermeidung von ineffizienten Überschneidungen von Forschungsaktivitäten und/oder zu einer Verringerung von Transaktionskosten bei (Stern, 2007). Technologische Kooperationen helfen die Minderungskosten für Treibhausgase zu verringern, wodurch die Bereitschaft der Länder zunehmen sollte, ihre Reduktionsbemühungen auszuweiten (Esty & Mendelsohn, 1998).

Darüber hinaus wird technologische Kooperation als wichtige Komponente betrachtet, um die Kooperationsanreize innerhalb der gegenwärtigen internationalen Klimaschutzbemühungen zu verbessern. Als sog. Globales Öffentliches Gut ist Klimaschutz im Sinne der Bereitstellung eines *stabilen Klimas* mittels verbindlicher Emissionsobergrenzen durch Nichtrivalität im Konsum und Nichtausschließbarkeit gekennzeichnet. Aufgrund der Nichtausschließbarkeit besteht für Länder die Möglichkeit, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten (Nordhaus, 2000). Im Fall des Trittbrettfahrens verzichten Länder auf eine Beteiligung an internationalen Klimaschutzabkommen bzw. halten sich nicht an die vereinbarten Absprachen zur Emissionsminderung und profitieren dennoch von den Maßnahmen anderer Länder. Trittbrettfahren kann auf internationaler Ebene nur begrenzt

sanktioniert werden, da keine Institution über das nötige Machtgefüge verfügt, um souveränen Staaten ihr Handeln vorzuschreiben (Schelling, 1992). Die Anreize zur Teilnahme an internationalen Klimaschutzabkommen, welche sich auf die Verabschiedung von verbindlichen Emissionsobergrenzen konzentrieren, fallen dementsprechend relativ schwach aus (Barrett, 2007b). Bei auf technologische Kooperationen ausgerichtete Abkommen wird hingegen eine Einigung aufgrund der oben beschriebenen (räumlich begrenzten) Spillover-Effekte als wahrscheinlicher betrachtet (Buchner & Carraro, 2005).

Spieltheoretische Überlegungen aus dem Bereich der *issue linkage* Theorie gehen noch einen Schritt weiter. Sie kommen zu dem Schluss, dass eine direkte Verknüpfung von Verhandlungen über Emissionsobergrenzen mit Verhandlungen über technologische Kooperationen zu einer Verbesserung des Gesamtergebnisses bzw. zu einer Intensivierung der Reduktionsbemühungen beitragen kann (Carraro & Siniscalco, 1995, 1997; Katsoulacos, 1997; Yi, 1997). Derartige Reaktionen erhofft man sich insbesondere auf Seiten der Entwicklungsländer, die mit Verweis auf negative Wirkungen für die eigene Entwicklung jegliche Form der Begrenzung ihrer Treibhausgasemissionen bisher abgelehnt haben (Bodansky, 2007).

Allerdings bleiben die Forderungen nach verstärkter technologischer Kooperation vielfach relativ unspezifisch. Diese fehlende Spezifikation liegt mitunter auch daran, dass sich in der Literatur keine eindeutige Definition finden lässt, was unter dem Begriff der technologischen Kooperation tatsächlich zu verstehen ist. So werden in der englischsprachigen Literatur neben dem Begriff der *technology cooperation* auch die Begriffe *technology collaboration* (Justus & Philibert, 2005) oder *international collaboration on technology* (Philibert, 2005) in ähnlicher Weise verwendet.

Der vorliegende Aufsatz widmet sich dieser Thematik mit dem Ziel, zu einer Systematisierung der Diskussion über technologische Kooperationen beizutragen und das Potenzial technologischer Kooperation als Lösungsansatz für die Klimaproblematik näher zu ergründen. Zunächst findet in Abschnitt 2 eine definatorische Klärung des Begriffs der technologischen Kooperation statt, die als Grundlage für zukünftige Diskussionen der Thematik als geeignet erscheint. Im dritten Abschnitt wird die Idee des *issue linkage* vorgestellt und diskutiert. Anschließend erfolgt in Abschnitt 4 eine Übersicht über aktuelle Vorschläge einer zukünftigen Klimaschutzpolitik, die unter dem Schlagwort der technologischen Kooperation bzw. der Technologieorientierung in der Literatur diskutiert werden. Darauf aufbauend werden die Kernelemente der Vorschläge im Hinblick auf Kooperationsanreize und praktische Relevanz für die internationalen

Klimaschutzverhandlungen diskutiert. Abschnitt 5 fasst die zentralen Erkenntnisse zusammen und liefert politische Empfehlungen.

5.2 Technologische Kooperation

5.2.1 Definitive Grundlagen

Häufig wird technologische Kooperation auf internationaler Ebene mit der direkten Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung (FuE) neuer Technologien in Form von Kostenteilung, Risikotrennung und Wissensaustausch gleichgesetzt. Buchner et al. (2005, S.5) oder auch Buchner und Carraro (2007a, S.94-115) beziehen in ihren Vorschlägen für verstärkte technologische Kooperation im Bereich des Klimaschutzes die „cooperation on technological innovation and diffusion“ mit ein, worunter auch Kooperationen zur Verbreitung von Technologien fallen. Im Fachjargon der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) findet sich der Begriff der „cooperation in the development and transfer of technologies“ wieder (Grubb, 2004, S. 31). Ueno (2006, S.26) betrachtet technologische Kooperation als „energy and environmental innovation policy coordination among countries“ und verweist darauf, dass diese weniger ergebnis- als vielmehr aktionsorientiert ausgerichtet ist. Neben gemeinsamen Projekten in Forschung und Entwicklung schließt er Kooperationen in Form abgestimmter Regulierungen und anderer Politikmaßnahmen in den späteren technologischen Entwicklungsphasen explizit mit ein. Auch Stern (2007) betrachtet die Koordinierung nationaler Maßnahmen als Form technologischer Kooperation.

Derartige Kooperationen können einen sehr unterschiedlichen Grad der Tiefe erreichen. Relativ unverbindliche Vereinbarungen wie Absichtserklärungen, Zukunftsvisionen oder allgemeine Zielvereinbarungen lassen zwar viel Spielraum für die Umsetzung, aber auch das Ergebnis relativ offen. Vereinbarungen, die die Bereitstellung finanzieller Mittel quantifizieren, konkrete Zielvereinbarung beinhalten, bestimmte Mechanismen festlegen oder den Aufbau institutioneller Organe regeln, weisen auf stärkere Kooperationsabsichten hin und bieten mehr Möglichkeiten, die Intensität der Kooperation zu überprüfen. Der Begriff der technologischen Kooperation umfasst folglich ein sehr breites Spektrum an möglichen Politikmaßnahmen. Konkrete Aussagen über die tatsächlichen Wirkungen verstärkter technologischer Kooperation als Element einer zukünftigen Klimaschutzpolitik sind ohne tieferegehende Analysen über die Form und die Ausgestaltung der Kooperation nicht möglich. Um derartigen Analysen eine einheitliche Grundlage zu geben, ist eine Konkretisierung des

Begriffs notwendig. In Anlehnung an obige Überlegungen wird technologische Kooperation innerhalb internationaler Klimaschutzbemühungen im Folgenden definiert als:

eine vertragliche Vereinbarung auf multilateraler Ebene, wodurch finanzielle Mittel bereitgestellt und institutionelle Rahmenbedingungen geschaffen werden, mit dem Ziel, die Entwicklung und Verbreitung von (Klimaschutz-)Technologie zu forcieren.

Der definitorische Verweis auf die notwendige Schaffung institutioneller Rahmenbedingungen verdeutlicht zum einen, dass Vereinbarungen, die keine konkreten Maßnahmen beinhalten, wie z.B. Absichtserklärungen, nicht als technologische Kooperation aufgefasst werden. Zum anderen zeigt die breit gefasste Definition, dass technologische Kooperation nicht nur auf eine direkte, physische Zusammenarbeit ausgerichtet ist, sondern auch indirekte Maßnahmen zur Verbesserung der internationalen Marktbedingungen für klimafreundliche Technologien oder zur Koordinierung nationaler Politikmaßnahmen umfasst. In diesem Sinne erstrecken sich technologische Kooperationen über den ganzen Innovationsprozess und können sowohl Maßnahmen eines *technology push* als auch Maßnahmen eines *market pull* umfassen. Erstere konzentrieren sich darauf, die Entwicklung neuer Technologien zu unterstützen. Dies beinhaltet sowohl die Durchführung gemeinsamer FuE-Aktivitäten als auch die finanzielle Unterstützung privatwirtschaftlicher FuE-Aktivitäten mittels Subventionen und Steuererleichterungen sowie den Aufbau einer forschungsfördernden Infrastruktur, z.B. in Form von internationalen Plattformen und Netzwerken zum Wissensaustausch oder zur Koordinierung einzelner Forschungsaktivitäten (Stern, 2007). Maßnahmen eines *market pull* setzen primär auf (Markt-)Anreize für den privaten Sektor bzw. auf die Schaffung der geeigneten Rahmenbedingungen, um die Nachfrage nach neuen Technologien zu erhöhen. Sie konzentrieren sich stärker auf Technologien, die sich bereits in der Nähe der Marktreife befinden (Grubb, 2004). Zur Abgrenzung von anderen *market pull* Maßnahmen, wie dem internationalen Emissionshandel oder einer CO₂-Steuer, sind technologischen Kooperationen im Sinne eines *market pull* explizit darauf ausgelegt, die Entwicklung und insbesondere den Transfer bestimmter Technologien zu unterstützen. Technologietransfer, als der Transfer von technologischer Ausstattung, Wissen und Erfahrung,¹ stellt aus dieser Perspektive einen Teilbereich technologischer Kooperation dar.

¹ Im Sinne von Mansfield (1975) kann Technologietransfer in drei Bereiche kategorisiert werden: 1) *Material Transfer*, wodurch Produkte und die technologische Ausrüstung transferiert werden 2) *Design Transfer*, als Transfer von Blaupausen und dem Know-how die Maschinen und Produkte zu bedienen und ggf. auch

5.2.2 Anreize für technologische Kooperation

Technologie wird aufgrund seiner Gütereigenschaften häufig als (unreines) Öffentliches Gut oder auch Klubgut bezeichnet. Nichtrivalität bedeutet in beiden Fällen, dass technologisches Wissen gleichzeitig in verschiedenen Verwendungen genutzt werden kann, ohne dass es zu einer Verringerung der vorhandenen Menge an Wissen führt. Unterschiede bestehen im Hinblick auf die Nichtausschließbarkeit. Während bei Öffentlichen Gütern technologisches Wissen aufgrund von Spillovers breit diffundiert, bleibt es bei Klubgütern zumindest für eine bestimmte Zeit räumlich oder personell auf die *Träger* der Technologie begrenzt (vgl. hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 5.3). Die Möglichkeiten zum Trittbrettfahren fallen somit bei Klubgütern wesentlich geringer aus, womit im Umkehrschluss die Anreize zur Kooperation steigen (Buchner & Carraro, 2005).

Die Annahme der Nichtrivalität ist bei Technologie allerdings nicht über den ganzen technologischen Innovationszyklus geeignet, wenn statt der Nutzung die Vermarktung des technologischen Wissens im Zentrum der Betrachtung steht. Unter Vermarktungsaspekten fallen die Anreizwirkungen zur Kooperation innerhalb des Innovationsprozesses stark unterschiedlich aus. Im Sinne von Schumpeter (1911) besteht der Innovationsprozess aus drei Phasen: Invention, Innovation und Diffusion. Als Invention bezeichnet er die Schaffung von neuem technologischen Wissen, als Innovation die Vermarktung von technologischem Wissen und als Diffusion die anschließende Verbreitung der Technologie auf den jeweiligen Märkten. Für Schumpeter (1911) stellt die Innovationsphase, und der dafür verantwortliche *dynamische Unternehmer* die zentrale Komponente für die wirtschaftliche Entwicklung dar. Die Leistungen des *dynamischen Unternehmers* zeigen sich sowohl in der Herstellung neuer Produkte (Produktinnovationen) als auch in der Verbesserungen von Produktionsprozessen (Prozessinnovationen). Im Schumpeter'schen Sinne bedarf es folglich für Innovation nicht unmittelbar einer Invention (Ruttan, 1959). Grubb (2004) verweist darauf, dass Innovationsprozesse nicht zwingend linear verlaufen müssen und Rückkopplungseffekte (Feedbacks) eher die Regel als die Ausnahme sind.

Bereits in der Innovationsphase nehmen Rivalitätsaspekte deutlich zu, wenn die Verbreitung des Wissens dazu führt, dass Nachahmer auf den Markt treten und ökonomische Gewinne abschöpfen (Mankiw & Whinston, 1986). Eine Verbreitung des technologischen Wissens ist demnach häufig nicht im Sinne des *Trägers* der Technologie. Ausnahmen bestehen, wenn hohe Projektkosten, wie z.B. im Fall der Kohlenstoffsequestrierung und -

weiterzuentwickeln und 3) *Capacity Transfer*, wodurch (Innovations-)Fähigkeiten transferiert werden, um neue Technologien anzuwenden und eigenständig zu entwickeln.

speicherung, Rivalitätsaspekte in den Hintergrund treten lassen oder sich das Marktvolumen durch die Weitergabe des technologischen Wissens vergrößern lässt (Philibert, 2005).

Aufgrund dieser zunehmenden Rivalität innerhalb des Innovationsprozesses werden dem Bereich der Grundlagenforschung, d.h. Inventionen, die größten Anreizwirkungen für technologische Kooperationen zugesprochen (Justus & Philibert, 2005). Grundlagenforschung wird überwiegend von staatlichen Akteuren betrieben, wodurch die Koordination von gemeinsamen Forschungsaktivitäten vereinfacht wird. Je weiter eine Technologie im Innovationsprozess voranschreitet, umso stärkere Rivalitäten treten auf. Länder haben zwar weiterhin ein Interesse an der Verbreitung der Technologien, möchten dabei allerdings eigene Wettbewerbsvorteile nicht gefährden. Gleichzeitig sinkt mit fortschreitendem Entwicklungsstadium der Technologie der (direkte) staatliche Einfluss. So hängt die Realisierung von technologischen Kooperationen immer stärker von der Teilnahme- bzw. Kooperationsbereitschaft der privaten Akteure ab, die für einen überwiegenden Teil der Innovationen und der weltweiten Verfügbarkeit von Technologie, d.h. der Diffusion, verantwortlich sind (Heller & Shukla, 2003). Technologische Kooperation wird in dieser Phase von politischen Akteuren bestimmt, benötigt aber die aktive Teilnahme privater Akteure in der Umsetzung und konkreten Ausgestaltung (Stern, 2007).

In der Tat lassen sich Kooperationen, die über den Austausch von Informationen hinausgehen und z.T. starke finanzielle Unterstützung der Beteiligten beinhalten, überwiegend im Bereich der Grundlagenforschung sowie einzelner Demonstrationsprojekte finden (de Coninck et al., 2008). Die Zahl solcher Projekte im Energie- bzw. Klimabereich ist bis dato relativ überschaubar. Die meisten der heute existierenden technologieorientierten Abkommen mit Bezug zum Klimawandel konzentrieren sich auf technologische Kooperationen, die von de Coninck et al. (2008) als *Wissensaustausch und Koordinierung* eingestuft werden. Hierunter fallen z.B. die *International Partnership for the Hydrogen Economy*, die *Methan to Markets Partnership* oder auch die *Asia-Pacific Partnership on Development and Climate*. In der Regel handelt es sich um freiwillige, nicht bindende Vereinbarungen mit relativ niedrigen finanziellen Verpflichtungen, in denen Plattformen für den Informationsaustausch bereitgestellt werden. Auch die Koordinierung und Harmonisierung der Forschungsagenda stellt z.T. einen Bestandteil derartiger Kooperation dar. Die hieraus resultierenden Anreize, Innovationen und Verbreitung von Technologien voranzubringen, werden vielfach als eher gering eingeschätzt (Milford, 2007). Fujiwara (2007) bescheinigt zumindest der *Asia-Pacific Partnership on Development and Climate* trotz einer fehlenden finanziellen Ausstattung gute konzeptionelle Ansätze, da eine starke

Einbeziehung der privaten Akteure und erste Erfolge hinsichtlich eines Transfers von Technologie zu beobachten sind. Karlsson-Vinkhuyzen und van Asselt (2009) bemängeln eine zu hohe Intransparenz, fehlende Offenheit, und zu starke Gestaltungsmacht der beteiligten Regierungen in der APP, heben aber ebenfalls gute Ansätze der auf einzelne Sektoren beschränkten Projekte hervor.

Da sich die meisten dieser Abkommen noch in einem Anfangsstadium befinden, erscheinen Bewertung hinsichtlich ihrer Effektivität allerdings verfrüht.

5.3 Issue Linkage

Spieltheoretische Ansätze aus dem Bereich der sog. *issue linkage* Theorie (für einen guten Überblick über diesen Literaturzweig vgl. Finus, 2001) ermitteln eine erhöhte Bereitschaft zur Kooperation im Bereich des Klimaschutzes, wenn internationale Verhandlungen über Emissionsobergrenzen direkt mit Verhandlungen über technologische Kooperation verknüpft werden (Buchner & Carraro, 2005; Carraro & Siniscalco, 1995, 1997; Katsoulacos, 1997; Yi, 1997).² Die Idee beruht auf der Annahme, dass technologische Kooperation primär die oben angesprochenen Eigenschaften eines Klubgutes aufweist. Technologische Kooperation generiert demnach Spillover von denen Nichtteilnehmer einer Kooperation zumindest vorübergehend ausgeschlossen werden können.

Die spieltheoretischen Modelle zeigen,³ dass eine Verknüpfung von Klimaschutzbemühungen mit technologischer Kooperation zu einer sowohl intern als auch extern stabilen Koalition führen kann, an der sich ein Großteil der Länder beteiligt. Interne Stabilität besagt, dass keines der teilnehmenden Länder aus der Koalition ausscheiden möchte. Externe Stabilität bedeutet, dass kein nicht teilnehmendes Land Interesse zeigt, an der Koalition teilzunehmen. Die Form der technologischen Kooperation wird in den Vorschlägen der *issue linkage Theorie* sehr allgemein gehalten. Carraro und Siniscalco (1995; 1997) sprechen allgemein von FuE-Kooperationen. Yi (1997, S.2) beschreibt die Kooperationen als „research coalitions with complementary research asset“, die negative Externalitäten für Nichtmitglieder verursachen. Buchner et al. (2005, S.5) bezeichnen die gewünschte Form der Kooperation als „cooperation in technological innovation and diffusion“, beziehen also auch

² Ein *issue linkage* wird auch mit Handelsfragen (Barrett, 1995, 1997b; Rundshagen, 2004) oder Verhandlungen über einen internationalen Schuldenausgleich (Mohr, 1995; Mohr & Thomas, 1998) in Verbindung gebracht.

³ Die Aussagen der Modellierungen gelten unter Berücksichtigung weiterer Annahmen hinsichtlich der Koalitionsbildung, z.B. inwieweit Koalitionen auseinander brechen dürfen oder Nichtmitglieder ohne Zustimmung von Mitgliedern einer Koalition beitreten können. Veränderungen der Regeln zur Koalitionsbildung können zu abweichenden Aussagen über die Stabilität der Koalition führen (Yi, 1997).

Kooperationen zur Verbreitung von Technologien mit ein, ohne diese näher zu erläutern. Die Frage, welche Mechanismen im Rahmen der Kooperationen angewendet werden können, wird in keiner der genannten Quellen thematisiert. Es geht grundsätzlich nur um die Bereitstellung eines Klubguts mittels technologischer Kooperation. Je stärker dieser Klubgutcharakter ausgeprägt ist, umso höher fallen die Anreize zur Kooperation aus.

Auch bei Klubgütern stellt Nichtrivalität zwischen den Teilnehmern eine wichtige Voraussetzung dar, um zu gewährleisten, dass vorhandenes technologisches Wissen offen geteilt wird und jeder Teilnehmer seinen *größtmöglichen* Beitrag leistet. Wie oben dargestellt, bringt hierfür der Grundlagenbereich die besten Voraussetzungen mit. Da in diesem Bereich häufig eine allgemeine Nichtrivalität zu erwarten ist, liefert der bewusste Verzicht auf das technologische Know-how von nicht am Abkommen beteiligten Ländern allerdings ein suboptimales Ergebnis in Bezug auf die Effizienz der technologischen Kooperation. Zum einen verzichtet man auf externes technologisches Wissen aus Ländern, die sich nicht an einem gekoppelten Abkommen beteiligen. Zum anderen schränkt man die Verbreitung des technologischen Wissens ein, obwohl hieraus keine (Rivalitäts-)Kosten entstehen. Im Sinne von Barrett (2003) führt ein derartiges Verhalten zu kontraproduktiven Ergebnissen für das Klima, weil die Minderungskosten zur Reduzierung von Treibhausgasen und damit die Emissionen in nicht am Abkommen teilnehmenden Ländern langsamer als technisch möglich absinken. Murray et al. (2009) bestätigen in einer Untersuchung, dass ein offener Umgang mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen eine wichtige Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten und die Initiierung neuer Entwicklungsprozesse darstellt.

Darüber hinaus lassen sich in der Literatur im Hinblick auf eine mögliche Ausschließbarkeit wenig konkrete Beispiele finden, welche Technologie bzw. in welchem Stadium des technologischen Innovationszyklus ein Klubgutcharakter am wahrscheinlichsten (realisierbar) ist. Eine – bewusste oder unbewusste – Ausschließbarkeit von Forschungsergebnissen aus technologischen Kooperationen erscheint in frühen Stadien des technologischen Innovationszyklus am ehesten gegeben. Das technologische Wissen ist in dieser Phase meist auf wenige Personen begrenzt, es müssen keine Informationen öffentlich gemacht werden (wie später bei Patenten) und es existieren noch keine Produkte, deren technologischer Inhalt z.B. durch *reverse engineering*, entschlüsselt werden kann. In der Diffusionsphase beruht eine Nichtausschließbarkeit stärker auf einem beschränkten Zugang zu finanziellen Mitteln sowie institutionellen Einschränkungen, z.B. im Hinblick auf die Wahrung von Eigentumsrechten und deren Durchsetzung. Es ist fraglich, inwieweit diese *künstliche* Nichtausschließbarkeit mittels internationaler Abkommen gesteuert werden kann.

Denn die meisten dieser institutionellen Faktoren liegen auch weiterhin in der Einflussosphäre nationaler Regierungen.

Buchner et al. (2007a; 2005) oder Kemfert (2004) gelangen in ihren Modellierungen eines *issue linkage* anhand integrierter Bewertungsmodelle⁴ zu positiven Einschätzungen hinsichtlich der (internen und externen) Stabilität einer Koalition bei gekoppelten Verhandlungen. Während Kemfert (2004) sogar für die USA eine Vorteilhaftigkeit zur Kooperation attestiert, betrachten Buchner et al. (2005) deren Teilnahme an einem gekoppeltem Abkommen als äußerst unwahrscheinlich. Denn aufgrund der amerikanischen Vormachtstellung in Forschung und Entwicklung werden die anderen Länder auch im Fall einer Nichtteilnahme der USA an einem Klimaschutzabkommen weiterhin mit den USA im technologischen Bereich kooperieren. Erstere verzichten demnach eher auf den Umweltnutzen als auf den Nutzen aus technologischer Kooperation. Um ein solches Verhalten zu verhindern, müsste glaubwürdig sichergestellt werden, dass es im Falle eines Scheiterns der Verhandlungen im Bereich des Öffentlichen Gutes Klimaschutz auch nicht zu technologischen Kooperationen außerhalb des Abkommens kommt.

In der Praxis stellt sich – neben der Identifizierung geeigneter Klubgüter – diese fehlende Glaubwürdigkeit als eines der zentralen Probleme dar. Wie kann man (und wer kann) autonomen Ländern verbieten, außerhalb von internationalen Klimaschutzverhandlungen bilaterale bzw. multilaterale Abkommen über technologische Zusammenarbeit einzugehen?

Offen bleibt auch, inwieweit bestehende Kooperation in ein Abkommen integriert oder neue Kooperationsbereiche aufgebaut werden sollen. Aufgrund der angenommenen Vorteilhaftigkeit sollte eine Vielzahl der technologischen Kooperationen eigentlich schon existieren. Demnach müssen bestehende Projekte, wie z.B. in der Kernfusionsforschung, als *Verhandlungsmasse* herangezogen werden. Dabei ist zu bezweifeln, ob es gelingt bzw. als sinnvoll zu betrachten ist, die mühsam ausgehandelten Verträge (de Coninck et al., 2008) nochmals neu zu verhandeln. Als problematisch erweist sich zudem, dass eine steigende Komplexität der Verhandlungen in Folge der Koppelung der beiden Verhandlungsbereiche in den Modellen nicht berücksichtigt wird (Grubb, 2004). Folglich ist nicht gewährleistet, dass es im Rahmen der Verhandlungen überhaupt zu einem Abschluss – weder im Klima- noch im Technologiebereich – kommt. Auch hinsichtlich der Fragen, welche Länder an den

⁴ Hierbei handelt es sich um computerisierte, numerische Modelle, die Wissen aus mehreren Forschungsfeldern bündeln, um sämtliche Ursachen und Wirkungen des Klimawandels zu erfassen (Nordhaus, 2000).

Verhandlungen teilnehmen sollten, bzw. über was konkret verhandelt werden sollte, bleibt in der Literatur über *issue linkage* vieles unbeantwortet.

Buchner et al. (2007a; 2005) sowie Buchner und Cararro (2005) zeigen in ihrer Modellierung allerdings auch, dass ohne eine Koppelung der beiden Bereiche bzw. ohne die Verabschiedung bindender Emissionsobergrenzen, das Erreichen ambitionierter Stabilisierungsziele schwer zu realisieren ist. Denn hinsichtlich der vermeintlichen Emissionsreduktionen eines Abkommens über technologische Kooperation sind zwei gegensätzliche Effekte zu berücksichtigen. Einerseits bewirken die technologischen Kooperationen einen verstärkten Einsatz klimafreundlicher Technologien im Produktionsprozess, welche eine Verringerung der Emissionen je produzierter Einheit bewirken. Andererseits tragen sie zu einem stärkeren wirtschaftlichen Wachstum bei und erhöhen somit die Emissionen. Folglich bestimmt die Geschwindigkeit des durch das Abkommen induzierten technologischen Fortschritts klimafreundlicher Technologien dessen *Emissionsreduktionspotenzial*. Mittels optimistischer Annahmen über den technologischen Fortschritt lassen sich in Modellen Stabilisierungsszenarien in dem von der Europäischen Union angestrebten Zielbereich einer Treibhausgaskonzentration von 550 ppme⁵ konstruieren. Als sehr wahrscheinlich ist eine deartige Effizienzsteigerung allerdings zu nicht betrachten.

So ist zusammenfassend festzuhalten: die Vorschläge des *issue linkage* liefern eine hilfreiche gedankliche Stütze, um die grundsätzliche Bedeutung verstärkter technologischer Kooperation zu unterstreichen. Sie zeigen auch, dass sich mit einer auf technologische Kooperation ausgerichteten Klimaschutzpolitik Reduktionsziele nicht ex ante bestimmen lassen. Als Grundlage für konkrete Politikempfehlungen sind die Ausführungen des *issue linkage* allerdings nicht geeignet.

5.4 Technologieorientierte Ansätze

Es gibt eine Reihe von Vorschlägen, die eine stärkere Fokussierung zukünftiger Klimaschutzabkommens auf technologische Kooperation fordern. Wie die Übersicht im folgenden Abschnitt zeigt, unterscheiden sich die Ansätze z.T. deutlich. Sie ähneln sich allerdings in ihrem Grundgedanken, dass technologische Kooperation Anreize zur Kooperation verstärkt. Im Gegensatz zum *issue linkage* sind die Vorschläge allesamt nicht

⁵ Der Anteil aller Treibhausgase in der Atmosphäre wird in Kohlenstoffäquivalente umgerechnet und als *parts per million equivalents (ppme)* angegeben. Gegenwärtig liegt die Konzentration im Bereich von 400 bis 420 ppme (Stern, 2007).

formal theoretisch begründet und setzen zumeist keinen Klubgutcharakter von Technologie voraus.

5.4.1 Übersicht über einzelne Vorschläge

Edmonds und Wise (1998; 1999) sowie Edmonds (1999) schlagen die Etablierung eines *Technology Backstop Protocols* vor, falls *effizientere* Instrumente wie Steuern oder Zertifikate nicht verhandelbar sind. Ihre Vorschläge beinhalten keine direkte Form der technologischen Zusammenarbeit, sondern beruhen auf der Festlegung institutioneller Rahmenbedingungen. Kernelement bildet die verbindliche Regelung, dass jedes Stromkraftwerk und jede Raffinerie, welche nach 2020 in Industrieländern gebaut werden, kohlenstoffneutral sein müssen. Sämtlicher Kohlenstoff, der im Produktionsprozess entsteht, soll abgetrennt (sequestriert) und gespeichert werden. Ausnahmen sind für Entwicklungsländer eingeplant. Diese müssen den Verpflichtungen erst nachkommen, sobald ihr Einkommen, ausgedrückt in Kaufkraftparitäten, dem durchschnittlichen Einkommen der Industrieländer des Jahres 2020 entspricht. Um die Kostennachteile eines derartigen Protokolls aufgrund der Nichtberücksichtigung unterschiedlicher Grenzkosten der Vermeidung von Treibhausgasen zu reduzieren, befürworten die Autoren die Einführung von ausgleichenden Maßnahmen, wie sie auch im Kyoto-Protokoll durch den CDM verankert sind. Kraftwerke dürfen demnach auch weiterhin Emissionen produzieren, wenn gewährleistet wird, dass in gleichem (oder größerem) Umfang Emissionen in nicht teilnehmenden Sektoren oder Ländern reduziert werden. Wie Untersuchungen zu den Wirkungsweisen des CDM zeigen (Michaelowa & Purohit, 2007), ist die Gewährleistung dieser Additionalität von Emissionsminderungen mit großen Unsicherheiten behaftet.

Mit ähnlichen Überlegungen setzt Benedick (2001) in seinem Vorschlag auf die Etablierung von langfristigen Technologiestandards. Darüber hinaus hält er an der Einführung von spezifischen, unverbindlichen Emissionszielen fest und plädiert für die Implementierung einer globalen CO₂-Steuer. Des Weiteren fordert er, die Einnahmen einer kleinen (ebenfalls noch einzuführenden) nationalen Benzinsteuern für staatliche Forschungsanstrengungen zu verwenden und verweist in diesem Zusammenhang auf die Möglichkeiten, derartige Forschungen in Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern und dem Privatsektor zu unternehmen. Im Hinblick auf einen Technologietransfer in Entwicklungsländer betrachtet Benedick (2001) den Ansatz des Montreal Protokoll zum Schutz der Ozonschicht als Erfolg versprechenden Grundlage für ein zukünftiges Abkommen.

„Governments and industry in the industrialized countries should become serious, as they were in the ozone treaty, about expeditiously transferring new energy-related technologies to the developing world. They should vigorously support indigenous capacity to develop local energy solutions” (Benedick, 2001, S.6).

Tamura (2003) plädiert für die Einführung eines globalen FuE-Fonds als Ergänzung zur Verabschiedung von Emissionszielen. Wie im Fall des *issue linkage*, betrachtet der Autor Technologische Kooperation im Bereich von Forschung und Entwicklung als Klubgut. Nach seinen Vorstellungen erhalten nur Länder, die auch verbindliche Emissionsziele akzeptieren, Zugang zu den Forschungsmitteln und -ergebnissen. Länder ohne verbindliche Emissionsziele, die keinen direkten Zugang zu den FuE-Ressourcen erhalten, sollen über den CDM und andere Mechanismen eines Technologietransfers in den Genuss der FuE-Spillover kommen. Um welche anderen Mechanismen es sich dabei handelt, wird nicht näher erläutert.

Die Überlegungen von Barrett (2002; 2006; 2007a) gehen deutlich weiter. Sein Konzept beinhaltet sowohl Elemente eines *technology push* als auch *market pull*. Er schlägt hierfür die Verabschiedung verschiedener, voneinander unabhängiger Protokolle vor: 1) die Einrichtung eines globalen FuE-Fonds, um die Entwicklung neuer Technologien zu forcieren, 2) ein Protokoll zur Etablierung von Technologiestandards, um Anreize für die Vermarktung neuer, emissionsarmer Technologien zu setzen, 3) die Schaffung eines multilateralen Fonds, um neue Technologien in Entwicklungsländern zu verbreiten, und 4) eine Vereinbarung, um die Verbreitung von Technologien zur Beseitigung/Absorbierung der Treibhausgase aus der Atmosphäre (*geoengineering*) zu fördern. Barrett rät, auf verpflichtende Emissionsreduktionen zu verzichten, und die Motivation der Länder für Klimaschutzmaßnahmen eher mittels eines *pledge and review systems* zu erhöhen. In diesem Sinne sollen Länder freiwillige Verpflichtungen eingehen, die in regelmäßigen Abständen einer öffentlichen Überprüfung (*naming and shaming*) unterzogen werden. Die Anreize zur technologischen Kooperation entstehen in seinem Konzept aus Skalenerträgen und Netzwerkexternalitäten. In welchem institutionellen Umfeld die unterschiedlichen Verhandlungen stattfinden sollten, wird nicht näher erläutert.

Auch Sugiyama und Synton (2005) befürworten in ihrem *Orchestra of treaties* die Verabschiedung einzelner Protokolle, darunter 1) ein *Group of Emission Markets*, in dem zunächst in Industrieländern unabhängige nationale Emissionshandelssysteme ohne

verbindliche internationale Emissionsziele aufgebaut werden, 2) ein *Zero Emission Technology Treaty* (ZETT), der langfristig ausgerichtet den technologischen Wandel beschleunigen soll, und 3) ein *Climate-wise Development Treaty*, der sich den Interessen der Entwicklungsländer im Hinblick auf wirtschaftliche Entwicklung, Anpassung an den Klimawandel (Adaptation), Technologietransfer und Vermeidung von Treibhausgasemissionen (Mitigation) annimmt.

Der ZETT hat zum Ziel, die energiebezogenen CO₂-Emissionen langfristig auf Null zu senken. Ein konkreter Zeitpunkt wird nicht festgelegt. Länder sollen nationale, bilaterale oder regionale Zusammenschlüsse bilden, um gemeinsame Forschungsaktivitäten zu intensivieren und Nischenmärkte für aufkommende Technologien zu etablieren. Letzteres soll mittels freiwilliger länderspezifischer Maßnahmen, wie z.B. der Einführung von Standards zur Energieeffizienz oder Festlegung bestimmter Marktanteile für erneuerbare Energien realisiert werden. Dabei darf jedes Land selber entscheiden, ob die Regelungen verbindlich gelten oder nicht.

Alle Abkommen sollen auf freiwilliger Basis erfolgen. Die Autoren erwarten nicht, dass es zu globalen sondern lediglich regionalen Kooperationen kommen wird, da Ressourcenausstattung und politischer Wille zu stark zwischen einzelnen Ländern variieren. Zur Vereinfachung der Verhandlungen sollen alle drei Abkommen außerhalb der UNFCCC verabschiedet werden. Der UNFCCC wird lediglich eine Rolle als zentrale Informations-, Organisations- und Kontrollplattform zugesprochen, unter deren Leitung insbesondere die finanzielle Unterstützung der am wenigsten entwickelten bzw. am stärksten betroffenen Länder geregelt wird.

5.4.2 Diskussion der Kernelemente

Tabelle 1 zeigt die Kernelemente der einzelnen Vorschläge auf. Die Vorschläge unterscheiden sich in Fokus und Tiefe der Ausarbeitung. Mit Ausnahme von Edmonds (1999) bzw. Edmonds und Wise (1998) bleiben alle auf einer relativ abstrakten Ebene. Es wird nicht immer offensichtlich, welche Bereiche der Vorschläge unter dem Aspekt einer technologischen Kooperation verstanden werden bzw. zu verstehen sind. Generell wird den Ländern in den Vorschlägen ein hohes Maß an Entscheidungs- und Gestaltungsfreiheit eingeräumt.

Tabelle 1: Vorschläge für technologieorientierte Klimaschutzabkommen

Quelle	Zentrale Elemente	Emissionsobergrenzen (Caps)	Technologietransfer als Bestandteil des Abkommens	Umfang der Kooperation	Ort der Verhandlungen
Edmonds und Wise (1999)	Standards	Nein	Indirekt, durch Verweis auf ausgleichende Maßnahmen	Anfangs Industrieländer, später auch Entwicklungsländer	Keine Angabe
Benedikt (2001)	Standards, nationale FuE-Fonds	Nein, aber dafür kleine globale CO ₂ -Steuer	Ja, mit Verweis auf Multilateral Fonds des Montreal Protokoll	Primär national ausgerichtet Nord-Süd Kooperationen	Keine Angabe
Tamura (2003)	Globaler FuE-Fonds	Ja	Ja, CDM und andere (nicht näher spezifizierte) TT-Mechanismen	Direkte FuE-Kooperationen zwischen Ländern mit Caps	UNFCCC
Barrett (2007a)	Mehrere Protokolle: Standards, globaler FuE-Fonds, Fonds für TT in Entwicklungsländer	Nein	Ja, aber separates Protokoll	Offen, je nach Teilnahme in einzelnen Protokollen	Keine Angabe
Sugiyama und Sinton (2005)	Mehrere Protokolle: u.a. ZETT (int. Zielvereinbarungen, Standards, nationale Regelungen)	Nationale Vereinbarungen, nicht zwingend bindend	Ja, aber separates Protokoll	Offen, Tendenz Richtung bilateral oder regional	Außerhalb der UNFCCC

Quelle: Eigene Darstellung

Lediglich Tamura (2003) fordert weiterhin die Verabschiedung von verbindlichen Emissionsobergrenzen. Die anderen Autoren verzichten entweder darauf oder beschränken sich auf freiwillige nationale Reduktionsvereinbarungen. Diese Einschätzung ist im Einklang mit kritischen Stimmen (u.a. Schelling, 2007a; 2002; Victor, 2004), die verbindliche Minderungsziele aufgrund der mangelhaften Durchsetzungsfähigkeit auf internationaler Ebene als nicht praktikabel betrachten. Ein Verzicht auf bindende Emissionsobergrenzen erhöht allerdings die Gefahr, dass es nicht zu den von der Klimarahmenkonvention angestrebten Emissionsminderungen kommt. Zum einen aufgrund der im Rahmen des *issue linkage* bereits angesprochenen Problematik eines steigenden Wirtschaftswachstums aufgrund verstärkter technologischer Kooperation. Zum anderen werden die Anreize für Politiker, den klimatechnologischen Wandel zu forcieren, bei einem Fehlen verbindlicher Emissionsobergrenzen als deutlich geringer eingestuft (Fisher & Newell, 2005).

Die Ausführungen hinsichtlich der gemeinsamen FuE-Aktivitäten deuten auf eine unterschiedliche Ausgestaltung der Kooperationen hin. Bei Sugiyama und Sinton (2005)

sowie Benedick (2001) liegt die Finanzierung, Durchführung und Koordinierung der Forschungsaktivität primär im nationalen Aufgabenbereich. Tamura (2003) und Barrett (2002; 2006; 2007a) setzen den Fokus stärker darauf, die Forschungsaktivitäten aus internationalen Töpfen zu finanzieren und zentral zu steuern. Aufgrund der fehlenden internationalen Abstimmung werden im ersteren Fall Spillovereffekt nicht in hinreichendem Maße genutzt (Stern, 2007). Dafür fällt der Koordinierungsaufwand deutlich geringer aus.

Der Erfolg global koordinierter FuE-Kooperationen hängt stark von der Finanzierungsbereitschaft der einzelnen Länder und den institutionellen Strukturen ab. So ist darauf zu achten, den richtigen Mittelweg zwischen freiem Zugang zu Forschungsmitteln und Auflagen zur Überprüfung der Sinnhaftigkeit der Forschungsvorhaben zu finden, um eine effiziente Forschung ohne die Entstehung eines bürokratischen Ungetüms zu ermöglichen. Wer die Forschungsaktivitäten betreiben soll und wie die Verteilung der Kosten bei den Forschungsanstrengungen geregelt werden kann, wird in den Vorschlägen nur unzureichend diskutiert. Tamura (2003, S.15) schlägt vor, das Prinzip „(...) of ability and willingness (with reference to the United Nations scale of assessments) and that of reciprocity for the funding process“ anzuwenden. In diesem Sinne sollen sich Länder an den Finanzierungskosten gemäß ihrer Zahlungsfähigkeit und -bereitschaft beteiligen. Unter Reziprozität versteht man grundsätzlich, dass faires Verhalten belohnt und unfaires Verhalten bestraft wird, selbst wenn damit Kosten verbunden sind. Wie eine derartige Forderung im politischen Prozess umgesetzt werden kann, bleibt vage. Barrett (2007a) hält fest, dass es keine allgemeine Lösung gebe, sondern eine Vielzahl an Ansätzen notwendig sei. Um welche Ansätze es sich dabei handelt, lässt auch er unbeantwortet. Die Allgemeingültigkeit dieser Aussagen zeigt, dass hinsichtlich einer konkreten Umsetzung noch etliche Fragen offen bleiben.

Im Hinblick auf *market pull* Maßnahmen ist der Fokus in den technologieorientierten Vorschlägen auf die Etablierung einheitlicher Standards gerichtet. Stern (2007) hält fest, dass mittels einheitlicher Standards die Markttransparenz erhöht, Unsicherheiten beseitigt und Transaktionskosten gesenkt werden können. Laut Barrett (2007a, 2007b) genießen Standards zudem den großen Vorteil, dass für die Einführung keine universelle Akzeptanz notwendig ist, da Standards häufig einen sog. Tipping-Effekt erzeugen. In diesem Fall wird der Standard durch eine kleinere Gruppe von (bedeutenden) Ländern gesetzt. Andere Länder übernehmen diesen im Anschluss, um technologischen Anschluss zu halten und weiterhin von Netzwerkexternalitäten profitieren zu können (Philibert, 2005).

Eine Harmonisierung weltweiter Standards bringt allerdings auch Schwierigkeiten mit sich. Unterschiede zwischen Ländern hinsichtlich der klimatischen Bedingungen, des

wirtschaftlichen Entwicklungsstand oder auch nationaler Konsumentenneigungen können in manchen Fällen einheitliche Standards als zu ambitioniert oder auch bedeutungslos erscheinen lassen. Gerade auf Seiten der Entwicklungsländer besteht die Gefahr, dass eine frühzeitige Einführung von Standards deren wirtschaftliche Entwicklung negativ beeinträchtigt. Produkte, die den höheren Ansprüchen eines Standards nicht genügen, sind auf dem Weltmarkt nicht mehr zu verkaufen. Aus diesem Grund fordert Barrett (2007a) zusätzliche finanzielle Anreize für Entwicklungsländer bereitzustellen, um die Diffusion klimafreundlicher Technologien mittels einheitlicher Standards zu forcieren.

Zudem müssen Standards regelmäßig an technologische Entwicklungen angepasst werden, um eine technologische Weiterentwicklung zu garantieren. Kontinuierliche Neuverhandlungen sind folglich unerlässlich. Darüber hinaus muss gesichert sein, dass die Standards auch eingehalten werden. Die Einhaltung wird häufig als „weakest link in policy“ bezeichnet wird (IPCC, 2000, S.126). Denn aufgrund der mangelhaften Durchsetzbarkeit von vertraglichen Vereinbarungen auf internationaler Staatenebene sind die Möglichkeiten begrenzt, Länder zur Einhaltung der Standards zu verpflichten.

Trotz dieser Schwierigkeiten zeigt ein Blick in die Praxis, dass Kooperationen zur Harmonisierung von Standards in vielen Wirtschaftsbereichen erfolgreich auf internationaler Ebene stattfinden. Eine zentrale Rolle nimmt hierbei die *International Organisation for Standardization* ein, die sich als Non-Profit-Organisation aus 157 nationalen Standardinstituten zusammensetzt und als zentrales Kommunikations- und Organisationsorgan fungiert. Bisher wurden rund 12.000 internationale Standards verabschiedet, von denen viele durch verbindliche Regeln auf nationaler Ebene unterstützt werden (International Standardization Organisation, 2008).

Maßnahmen für einen Transfer von Technologien in Entwicklungsländer werden in allen Vorschlägen thematisiert. Allerdings tauchen sie primär als indirektes oder separates Element auf. Es ist nicht ersichtlich, inwieweit ein Transfer von Technologien als Anreiz förderndes Element technologischer Kooperation von den Autoren aufgefasst wird. Im Hinblick auf die Verbesserung der Anreizsituation stellt Technologietransfer eine Art Graubereich der technologischen Kooperation dar. Denn staatlich initiiertes Technologietransfer beruht vielfach auf finanziellen Zugeständnissen seitens der Industrieländer, um die fehlende Zahlungsfähigkeit von Entwicklungsländern auszugleichen (de Coninck et al., 2008). Mit gewissen Einschränkungen können diese als vorteilhaft für die Geberländer betrachtet werden, wenn dadurch neue Märkte entstehen auf denen die eigenen Unternehmen ihre Marktführerschaft ausbauen können. De Coninck et al. (2008)

identifizieren auf Technologietransfer ausgerichtete Abkommen, die stärkere finanzielle Zugeständnisse seitens der Industrieländer beinhalten, lediglich bei dem im Rahmen des Montreal Protokolls initiierten Multilateral Fonds, sowie bei der General Environmental Facility (GEF) der UNFCCC. Die überschaubare Zahl derartiger Abkommen verdeutlicht, dass auf Technologietransfer ausgerichtete Abkommen alleine kaum überlebensfähig sind. Demnach ist eine direkte Vorteilhaftigkeit auf Seiten der Industrieländer nur sehr eingeschränkt zu erwarten. Das IPCC (2000) verweist allerdings darauf, dass Technologietransfer nicht auf finanzielle Aspekte zu reduzieren ist sondern auch andere Formen der Kooperation (z.B. Wissensaustausch, Beseitigung von institutionellen Barrieren, Aufbau von personengebundenem Wissen) beinhaltet, von denen beide Seiten profitieren können.

Ob die Verhandlungen über technologische Kooperation innerhalb oder außerhalb der UNFCCC stattfinden sollten, bleibt ungeklärt. Alle Vorschläge gehen davon aus, dass die Teilnahme an technologischen Kooperationen nicht global erfolgen, sondern sich auf regionale bzw. partielle Gruppierungen beschränken werden. Aufgrund der zunehmenden Komplexität von Verhandlungen bei steigender Teilnehmerzahl, sowie den starken Asymmetrien zwischen den einzelnen Ländern, ist diese Annahme zu unterstützen. So lassen sich im Energie- bzw. Klimabereich nur wenige technologische Kooperationen auf globaler Ebene finden. Bei der überwiegenden Zahl der verabschiedeten Abkommen der letzten Jahre handelte es sich um bilaterale und subglobale Abkommen, die aus Initiativen einzelner Länder entstanden sind (Philibert, 2005).

5.5 Erkenntnisse

Die umfassendsten Konzepte für technologieorientierte Abkommen stellen die Vorschläge von Barrett (2002; 2006; 2007a) sowie Sugiyama und Sinton (2005) dar, in denen sich mit Ausnahme einer CO₂-Steuer⁶ alle Elemente der anderen Vorschläge wieder finden lassen: Verstärkte FuE-Anstrengungen, Technologietransfer in Entwicklungsländer und die Verabschiedung von internationalen Standards. Beide Vorschläge streben die Verabschiedung unabhängiger Protokolle an. Sie verzichten bewusst auf eine Koppelung der Verhandlungsbereiche, um die Erfolgsaussichten einzelner Abkommen nicht zu gefährden und um die technologische Entwicklung in nicht beteiligten Ländern nicht einzuschränken.

⁶ Die Wahrscheinlichkeit der Einführung einer solchen globalen CO₂-Steuer, wird in der Literatur aufgrund des politischen Widerstands als äußerst gering eingestuft (McKibbin & Wilcoxon, 2002).

Diese Vorgehensweise zeigt, dass die Anreize zur Partizipation in den jeweiligen Bereichen unterschiedlich ausfallen. Offen bleibt, mit welchen Unterschieden gerechnet wird bzw. wie hoch die Anreize zur Kooperation in den einzelnen Bereichen einzuschätzen sind.

Die Vielzahl an existierenden Standards belegt, dass trotz der zahlreichen Probleme aufgrund der großen Heterogenität zwischen den Ländern in vielen Wirtschaftsbereichen Anreize zur Kooperation bei der Vereinheitlichung von Standards gegeben sind. Dem Autor sind keine Argumente bekannt, warum dies im Bereich klimafreundlicher Technologie anders sein sollte. So lassen sich denn auch erste Anzeichen erkennen, dass Standards in den internationalen Klimaschutzverhandlungen der UNFCCC stärker in den Fokus rücken (International Standardization Organisation, 2008). Innerhalb der Gruppe der großen Wirtschaftsnationen wurden ebenfalls erste Versuche unternommen, die allerdings bei Weitem noch nicht als institutionalisiert betrachtet werden können (Egenhofer et al., 2007). Klärungsbedarf besteht weiterhin hinsichtlich der Frage, inwieweit die Verabschiedung von Standards mit geltendem Recht der Welthandelsgesellschaft kollidiert und unter welchem Dach derartige Verhandlungen sich als sinnvoll erweisen.

Als wichtigste Institution im Bereich des Klimaschutzes (Michaelowa et al., 2005a) liefert die UNFCCC mit ihrer langjährigen Erfahrung gute Argumente auch unabhängige Protokolle unter ihrem Dach auszuhandeln. Allerdings besteht die Gefahr, dass aufgrund der vielfältigen Interessen eine klare Abgrenzung der einzelnen Verhandlungsbereiche innerhalb der UNFCCC nicht gewährleistet werden kann. Andere Institutionen sind hier im Vorteil. Hierzu zählt insbesondere die Internationale Energieagentur, die einen großen Anteil an der Entstehung zahlreicher bi- und multilateraler Abkommen einer technologischen Kooperation in den letzten Jahre hatte (Philibert, 2005). Auch die aus der erweiterten Gruppe der großen Wirtschaftsnationen hervorgegangene *Major Emitters Initiative* (jetzt *Major Economies Forum on Energy and Climate*), in der siebzehn der weltgrößten Treibhausgasemittenten zusammengefunden haben, stellt eine alternative Plattform dar.

Die schwierigen Verhandlungen im Rahmen der UNFCCC im Hinblick auf das Thema Technologietransfer lassen etliche Zweifel bestehen, dass es zu einem tragfähigen Protokoll in diesem Bereich kommen wird. Denn außer moralischen Appellen (Benedick, 2001) finden sich in den Vorschlägen keine Begründungen, warum Länder bei der Verabschiedung unabhängiger Protokolle mehr Technologietransfer in Entwicklungsländer betreiben werden als dies im Rahmen der UNFCCC bisher geschieht. Auch die Frage, inwieweit unmittelbare Anreize sowohl auf Seiten der Industrie- als auch Entwicklungsländer aus den Kooperationen resultieren, bleibt unbeantwortet.

Problematisch gestaltet sich auch die Einschätzung hinsichtlich der Anreize aus verstärkten FuE-Anstrengungen. Solche Einschätzungen werden stark von der Frage beeinflusst, ob eine Steuerung technologischer Kooperation eher zentral oder dezentral mittels nationaler Regelungen vorgenommen werden soll bzw. kann. Im ersteren Fall müssen sich die Länder bereit erklären, neue institutionelle Organe mit hinreichenden finanziellen Mitteln und Entscheidungskompetenzen auszustatten. Die Schaffung solcher Institutionen würde ein deutliches Signal für die tatsächliche Kooperationsbereitschaft und das Potenzial technologischer Kooperation setzen. Die begrenzte Zahl an existierenden, finanziell gut ausgestatteten Kooperationen im Energiebereich lässt am Erreichen einer Einigung innerhalb von internationalen Klimaschutzabkommen zweifeln.

Ein Abkommen im Sinne von Sugiyama und Sinton (2005), welches primär auf der Verabschiedung von internationalen Zielvereinbarungen und nationalen Regelungen basiert, wird eine höhere Teilnahmebereitschaft erreichen. Wie eingangs erwähnt, kann aber der Wille in der Umsetzung relativ verhalten ausfallen. Vor allem wenn man berücksichtigt, dass es sich um längerfristig ausgerichtete Ziele handelt, die sich nur schlecht überprüfen lassen. Starke Anreize zur Partizipation an technologischen Kooperationen sind somit nicht mit deren Erfolg gleichzusetzen.⁷ Aber in einer Welt, in der sich *First-Best Optionen* in der praktischen Politik häufig nicht umsetzen lassen, stellt dieser Ansatz im Sinne einer *Second-Best Option* möglicherweise die einzig realisierbare Variante dar. Die Beurteilung über ihren Erfolg ließe sich erst zu einem späteren Zeitpunkt vornehmen.

Welches *Lösungspotenzial* sich tatsächlich hinter den vorgeschlagenen technologieorientierten Abkommen verbirgt kann demnach auch die Systematisierung der diskutierten Vorschläge nur unzureichend ergründen. Im Hinblick auf eine praktische Ausgestaltung technologischer Kooperationen im Rahmen internationaler Klimaschutzabkommen bleiben weiterhin viele Fragen über die Form oder die Ausgestaltung der technologischen Kooperation sowie den tatsächlichen Nutzen für die beteiligten Länder aus den einzelnen Kooperationsbereichen offen. Nichtsdestotrotz liefern die Vorschläge wichtige Erkenntnisse, in dem sie auf aktuelle Probleme hinweisen und Ergänzungen zur gegenwärtigen Klimaschutzpolitik aufzeigen.

⁷ Vgl. hierzu Kapitel 3.2.

6 Assessing the UNFCCC's Potential for Development and Transfer of Technology

-

Is There Something to Build On?

Abstract

The current international climate regime under the UNFCCC and its Kyoto-Protocol are frequently criticized for 1) lacking mechanisms that encourage technological innovation, and 2) having too few financial and technical transfer incentives to promote mitigation and adaptation technologies in developing countries. Both issues have been identified as one of the key building blocks for reaching an agreement on a future regime to combat climate change

Based on experiences gathered through expert interviews undertaken during the 13th Conference of the Parties in Bali, this article takes a broad look at the UNFCCC's potential to improve in both areas. The analysis focuses on improving the potential of existing technology transfer mechanisms and evaluates several new ideas on this topic. It shows that to some extent cooperation on technology issues can be improved, but that the UNFCCC is unlikely to overcome major barriers due to its heterogeneity and universal approach. Based on these findings, the article concludes with preliminary policy recommendations and advice on how to deal with this issue in future climate regimes.

Abstrakt

Die gegenwärtige internationale Klimaschutzpolitik unter dem Dach der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und ihres Kyoto-Protokolls wird häufig kritisiert für 1) fehlende Mechanismen, um technologische Innovationen voranzubringen, und 2) für das Fehlen von Anreizen, um den Transfer von Minderungs- und Anpassungstechnologie in Entwicklungsländer zu unterstützen. Unter dem Schlagwort *Technologie* wurde die Thematik als eines der vier Schlüsselthemen für die Verabschiedung eines zukünftigen Klimaschutzabkommens identifiziert. Aufbauend auf Experteninterviews, die während der 13. Klimarahmenkonferenz auf Bali vorgenommen wurden, untersucht der Aufsatz das *Entwicklungspotenzial* der UNFCCC in diesem Feld. Die Analyse konzentriert sich hierbei sowohl auf eine Verbesserung der bestehenden Mechanismen für einen Technologietransfer als auch auf die Identifizierung neuer Ansätze, um Kooperationen im Technologiebereich zu intensivieren. Es zeigt sich, dass die UNFCCC zwar ein gewisses *Entwicklungspotenzial* vorweisen kann, viele der bestehenden Barrieren aufgrund ihrer Heterogenität und ihre universellen Ansatzes aber nicht überwinden kann. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden politische Empfehlungen geben, wie mit der Thematik zukünftig im Bereich der internationalen Klimaschutzpolitik verfahren werden sollte.

6.1 Introduction

Developing countries are increasingly contributing to the problem of greenhouse gas emission due to their rapid economic growth. Consequently, stabilization greenhouse gas concentration that “prevents dangerous anthropogenic interference with the climate system” (UNFCCC, 1992, Article 2), will not be possible without significant modification to the development path of developing countries, particularly the largest ones. Moreover, climate change is assumed to hit the poorest countries the hardest (IPCC, 2007a), making adaptation an essential requirement for developing countries. Participating in the development of technological innovation and access to existing technology is commonly viewed as a prerequisite to reducing emissions in developing countries and helping them adapt to climate change.

In this regard, the current international climate regime under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and its Kyoto Protocol are frequently criticized (Barrett, 2002, 2007a; Nordhaus, 2005; Schelling, 2002) for 1) lacking mechanisms that encourage technological innovation, and 2) having too few financial and technical transfer incentives to promote mitigation and adaptation technologies in developing countries. Thus, incentives for (developing) countries to reduce their emissions appear to be limited. However, the latest discussions in the post-Kyoto process signal that those concerns are likely to gain more importance, as the issue of technology has been identified as one of the key building blocks for reaching an agreement on a future regime to combat climate change (UNFCCC, 2007a).

In an effort to contribute to this process, the main purpose of this article is to analyze how a future climate regime built on the existing structure of the UNFCCC can be structured so as to be more likely to encourage cooperation in the development and transfer of climate-friendly technology. In addition to conclusions drawn from theoretic literature, the work here is chiefly based on information gathered through expert interviews with a range of different stakeholders during and after the 13th Conference of the Parties in Bali (COP 13).

After setting out some basic definitions, the general feasibility of cooperation in the development and transfer of technology is outlined, followed by a short description of the current technology transfer system under the UNFCCC (Section 2). Section 3 highlights the main aspects of the methodology used in this article. Section 4 presents the main findings in regard to the experts' assessment of the current system and points out a few differences in general perception across experts. Section 5 outlines the idea of *technology packages* under a

future regime and discusses how such packages would impact large emerging economies. Based on this analysis, Section 6 concludes with preliminary policy recommendations and advice on how to deal with this issue in a future climate regime.

6.2 Basics

6.2.1 Definitions

Cooperation in the development of technology can be defined as a type of international policy that provides financial and institutional support to encourage fundamental research into breakthrough technologies. It is more difficult to give a straightforward definition of technology transfer, as there is little consensus in the literature as to what a technology transfer really is (de Coninck et al., 2007). The following discussion will employ the definition used by the IPCC (2000, p.3), which defines technology transfer as:

“a broad set of processes covering the flows of know-how, experience and equipment for mitigating and adapting to climate change amongst different stakeholders such as governments, private sector entities, financial institutions, NGOs and research/education institutions. [...] The broad and inclusive term ‘transfer’ encompasses diffusion of technologies and technology cooperation across and within countries.”

This definition considers cooperation in the development of technology as a subissue and “is much broader than that in the UNFCCC or of any particular Article of that Convention”(Seres, 2007, p.5). However, in order to analyze the whole potential of development and transfer of technology within a future climate regime, it seems important to emphasize that the transfer issue encompasses more than just delivering machinery – the cooperation aspect extends, or should extend, well beyond that.

6.2.2 The role of development and transfer of technology

The importance of development and transfer of new technology to halting the threat of climate change has been frequently emphasized in the recent literature (e.g. Buchner & Carraro, 2007a; Philibert, 2005; Pizer & Popp, 2007). Moreover, as any international environmental agreement must be self-enforcing due to the absence of a supra-national enforcement authority, cooperation in development and transfer of technology can be used to increase the incentive to participate within an international climate regime (Buchner & Carraro, 2005).

Often, such cooperation is portrayed as a financial burden for developed countries that results in the loss of their competitive advantages. However, this does not necessarily have to be the case. Joint research and development (R&D) efforts lower investment risk, create knowledge spillovers, and help overcome market imperfections resulting from the (partly) public good character of technology in the early stages of its development cycle. Though ownership issues become more relevant when the technology nears commercialization, cooperation in the international deployment of technology still holds the promise of technological leadership and the tapping of new markets. Hence, the idea of focusing more on the development and deployment of technology—either as a complement to or a substitute for the present regime—has been proposed in the literature by, among others, Edmonds and Wise (1999), Benedick (2001), and, especially, Barrett (2002; 2006; 2007a). In particular Barrett's proposals aim to make free riding on the climate issue less attractive by providing more *push incentives* affecting the supply of technologies (support of R&D), along with *pull incentives* (such as international standards, or financial incentives) that increase the demand for the benefits of R&D. Under the assumption that technology is underprovided in a market environment due to the existence of spillovers (Jaffe et al., 2005), the incentive structure for cooperation on the technology issue seems clearly favorable. However, without any clear commitment to emission control, it may not lead to a sufficient abatement of greenhouse gas concentrations (Buchner et al., 2005; Fisher & Newell, 2005). Thus, a first-best solution would be a technology-oriented climate regime that includes control mechanisms sufficient to provide an incentive for countries to comply with emission standards or requirements.

The extent to which the institutional frame of the UNFCCC is capable of providing a foundation for such a technology-oriented agreement is controversial. Literature on noncooperative game theory (Carraro, 2007) indicates that the UNFCCC, as a top-down approach aimed at universal participation and with its strong focus on equity issues, is unsuited to the task due to asymmetries across countries and the implied tradeoff between efficiency and equity. Consequently, negotiations within the UNFCCC are believed to be too complex and difficult to be practical (Bodansky, 2007) and unlikely to successfully bind countries (Schelling, 2002; Victor, 2007).

Others point out that universal participation is needed to create legitimacy and that the UNFCCC is by far the single most important process in this area. Due to it being perceived as a stable regime with a long institutional lifetime, the UNFCCC is considered capable of achieving greater cooperation among countries (Frankel, 2007). Under this view, the convention should not be treated as a static construction, but instead be viewed as a flexible

process implying a “high level of freedom for future development” (Michaelowa et al., 2005a, p.26). As a matter of fact, the UNFCCC already provides some institutional framework to build on in regard to development and transfer of technology. Developing countries often quote Article 4.5 of the Convention, which can be read to imply that “[industrialized countries] ... shall take all practicable steps to promote, facilitate and finance, as appropriate, the transfer of, or access to, environmentally sound technologies” (UNFCCC, 1992). Certain other articles, such as Articles 4.1(c) or 4.7, also refer to promoting international cooperation in the development, application, and diffusion of technology. In summary, there is some indication that the current platform could support a structure built about the promotion of cooperation in the development and transfer of technology.

6.2.3 Mechanisms to encourage transfer of technology under the UNFCCC

There are already some mechanisms under the UNFCCC that, deliberately or not, aim to promote transfer of technology, mainly in relation to capacity building and diffusion of existing technologies. A mechanism to promote R&D does not exist (Egenhofer et al., 2007).

6.2.3.1 Funding System

The UNFCCC's main funding framework for technology transfer is the Global Environmental Facility (GEF), which also acts as the operating entity for the other (smaller) funds under the UNFCCC. The GEF finances projects in support of the diffusion of energy efficiency and renewable energies, combined with wider investments in demonstration projects, local capacity building, and institutional development (Stern, 2007). Between 1995 and 2006, the GEF provided, in its climate change focal area, around US\$ 2.5 billion in grants, but was leveraging approximately four to five times that sum through co-financing (Egenhofer et al., 2007). Although the biggest proportion goes to large emerging economies, a considerable budget is reserved for projects in least-developed countries.

6.2.3.2 Clean Development Mechanism

The Clean Development Mechanism's (CDM) official mandate is not to encourage technology transfer, but to help industrialized countries in achieving their emission reduction targets cost efficiently and to foster sustainable development in developing countries (UNFCCC, 1997). However, as it motivates the private sector to finance emission reduction projects, it potentially contributes to transferring technologies previously unavailable in developing countries. In regard to the CDM's potential as a technology transfer mechanism, Schneider, Holzer, and Hoffmann (2008) argue from a theoretical point of view that the CDM

— apart from its bureaucratic obstacles — is capable of lowering various barriers to technology transfer. For instance, it reduces information and capital deficits by bringing into the market new actors whose willingness to cooperate is relatively higher due to the long-term commitment of CDM projects. Several empirical studies (de Coninck et al., 2007; Dechezleprêtre et al., 2008; Haites et al., 2006; Pueyo Velasco, 2007; Seres, 2007) confirm that the CDM has an impact on technology transfer, but that such is concentrated within a few countries. Studies show a clear influence of project structure (unilateral or bilateral) and type of technology, while the influence of the host country's technological capacity remains ambiguous (Dechezleprêtre et al., 2008).

6.2.4 Expert Group on Technology Transfer

The Expert Group on Technology Transfer (EGTT), established at the 2001 climate change meeting in Marrakesh, is the UNFCCC's main instrument for information provision and capacity building. Taking to heart criticism for focusing too much on the public supply of technology and the roles of governments and international organizations (Forsyth, 2005), the EGTT started to look more closely at the business needs of companies. To date, the EGTT's most important activities involve 1) supporting developing countries with technology needs assessments (TNAs) and 2) organizing workshops and seminars and publishing guidebooks (UNFCCC, 2006a, 2006b) to inform stakeholders about technology options, existing barriers to technology transfer, and innovative financing options. Although many developing countries seemed unsatisfied with the EGTT, its mandate was extended at COP 12 in Nairobi (Egenhofer et al., 2007).

6.3 Methodology of Interviews

The following findings are chiefly based on the evaluation of 22 interviews with experts in the fields of business, academia, and policy. Such stakeholder consultations are often used in the assessment of environmental problems (e.g. Morgan, Adams, & Keith, 2006; Nordhaus, 1994a; Zickfeld et al., 2007) to obtain information that goes beyond what can be gleaned from the peer-reviewed literature (Doerr-MacEwen & Haight, 2006).

To the author's knowledge, this method has not been used to date in an assessment of the (technology cooperation) capacity of an institutional process like the UNFCCC. Possibly this lack is due to the fact that such an approach for this type of topic is somewhat more difficult than using it in a more purely scientific investigation. Institutional and policy aspects

are less easy to capture than scientific ones, which rely more frequently on data that can be measured statistically. Due to the ambiguity of certain wording, for example, *very important* or *high potential*, a quantitative assessment might differ substantially in its *dimensional* understanding within a (heterogeneous) group of experts. Consequently, scaling the answers to retain quantitative information did not seem appropriate for most parts of the questionnaire. Instead, following the method of Meuser and Nagel (2005), each expert answer is taken as a basis and evaluated in a contextual manner. The main goal of this approach, which goes beyond a simple comparison of individual cases, is to identify supra-individual similarities that can be used to build a more realistic framework for technology cooperation.

Experts were chosen based on personal experience with them at the Conference of the Parties in Nairobi (five cases), publications relating to the issue of technology cooperation and transfer (nine cases), and recommendations from other experts (eight cases). Most of the interviews were conducted in person during COP 13; three were conducted via telephone after the conference. The semi-structured interviews were based on a questionnaire and lasted on average between 45 to 50 minutes (see Appendix B).

To obtain a broad-based overview of the topic and allow the data to be of use in other research, the literature recommends embracing various hierarchies and different points of view (Meuser & Nagel, 2005). Moreover, lengthy experience is identified as the main contributor to expertise. Therefore, to be considered an expert, the following requirements were imposed—in addition, of course, to attendance at COP 13 in Bali and being willing to participate—1) more than 10 years of professional experience with climate-related topics and the UNFCCC process; 2) daily work generally related to the climate change issue or to the UNFCCC; 3) technology issues as a central concern of daily business life or personal research agenda; and 4) inside knowledge of a certain group (policy, business, or country group specific).

As the interview subjects were asked for opinions and statements about an ongoing negotiation process, answers, particularly from the policy side, might have been affected by some kind of strategic behavior. No such behavior was actually recognized, but such cannot be completely ruled out as any political or professional bias is difficult to discover through cross-checking given the heterogeneity of the expert group and of the collected information (Lambsdorff & Fink, 2006). To limit such influences, scientists considered to be the most eligible due to their broad, more objective knowledge base are overrepresented in the group (see Table 1 and Appendix A for a more detailed description of the participants). In the interest of anonymity, it is not possible to reveal the identity of the interviewees. However,

some general tendencies can be observed. Participants from the policy side proved to be more optimistic about the UNFCCC's potential. Participants from the developing countries side assessed the current level of development and transfer of technology, on average, as lower and emphasized more frequently the need for additional financial support. Participants with deeper inside knowledge of market-based mechanisms showed more confidence in the ability of such mechanisms to encourage development and transfer of technology.

Table 1: Categorization of Interview Participants

Participants	Policy	Business	Research	Total
Developed Countries	3	3	9	15
Developing Countries	3	2	2	7
Total	6	5	11	22

6.4 Experts' assessments

6.4.1 Assessing the current status

Expert evaluations of the current level of cooperation in the development and transfer of technology provided by the convention and its Kyoto Protocol ranged from “not happening”¹⁶ to “hardly existing”¹³ to “there is some”,⁹ which was the highest evaluation and was given mostly in reference to CDM-activities.

The experts considered the technology transfer impact of the GEF and its subfunds as very limited. Some believe this is due to insufficient money in the funding system. Compared to the magnitude of the technology transfer challenge posed by climate change, most experts thought that current spending level is relatively low, even taking newly created funds into account. However, participants also criticized the GEF for being too bureaucratic and inefficient (“many delays and implementation and procurement problems”⁹), a perception widely shared at the field level among projects and government partners, and, at least in the past, also by agencies (Global Environmental Facility, 2004).

The bureaucratic burdens imposed by the GEF were identified as even more constraining for small-scale projects. Indeed, projects with funding of less than a million US\$ are rarely found in the portfolio (Global Environmental Facility, 2004). However, the participants did not place the entire blame for this imbalance on the GEF, as several experts

¹ Numbers refer to the quoted expert as listed in Annex A.

mentioned the shortage of good projects proposals, which was ascribed to a lack knowledge by project developers on how to best approach public and private investors. Frequently, there were considerable financial resources available for projects but many projects were poorly elaborated and unable to attract investment.

In regard to the CDM's potential as a technology transfer mechanism, a slight majority of expert opinions were in line with the findings in the literature described above. However, experts from the developing countries policy side (as well as some researchers) expressed major skepticism about the mechanism's overall potential and had strong reservations about the CDM as an efficient system of technology transfer due to its strong geographic concentration and explicit focus on certain technologies. Experts in support of the CDM pointed out that, in general, awareness among negotiators that CDM contributes to technology transfer is still rather low. In this context, many were in favor of a employing a broader scope when defining technology transfer, as undertaken by Schneider et al. (2008), to include, for example, awareness rising of emission reduction opportunities.

UNFCCC efforts in regard to information provision and capacity building received some positive acknowledgment. Differences arose in assessing the role of the EGTT. Some complimented the group on improving project developers' capacities and initiating TNAs for developing countries, which was seen as a good database to work with in the future. However, there was some concern over whether the technologies identified in such TNAs are an accurate reflection of the needs of developing countries. Critics argued that understanding the technology needs of a country is a complex task for which an ex ante management by bureaucrats is not well suited ("lacking the matching"¹¹). Major criticism was aimed at the information provided through the technology information system TT:CLEAR. Although acknowledging that the general idea of a web-based information system was a good one, the experts spoke of TT:CLEAR as unfocused and outdated—in short, nearly useless as a medium for transferring technology information to developing countries. A usability study confirmed that this platform is a fairly unused website (Global Environment & Technology Foundation, 2004) that is not reaching its desired audiences. Overall, the experts considered the EGTT's influence to be rather limited so far.

6.4.2 Differences in perception

Although literature acknowledged improvements since COP 4 (IPCC, 2000), a vast majority of the experts mentioned that differences in perception remain, "not among specialists, but even among negotiators"¹¹ between the developed and the developing countries. To some

extent, this situation was reflected within the interviewed expert group. The area over which perceptions differ most involves the transfer of existing technologies, which has been the focus of past negotiations. Examination of the interviews and a review of the literature suggest that — apart from strategic behavior engaged in to improve bargaining position — there are three main items over which perception differences: the nature of technology, the role of the Montreal Protocol, and the role of intellectual property rights (IPRs).

6.4.2.1 Nature of technology

Experts pointed out that negotiators from developed countries mostly speak out in favor of strengthening market forces, whereas negotiators from developing countries frequently emphasize the public good character of technologies and see governments of the former group as responsible for (referring to Article 4.5) and capable of facilitating (free of charge) access to existing technologies. According to this position, the limited progress of technology transfer under the convention is basically due to the developed world's lack of willingness to *deliver* technical equipment and know-how. Consequently, negotiators from the developing world focus mostly on government-to-government programs, relying on increased financial and technical support to stimulate the supply of technology (Tamura, 2006).

Some experts (including researchers) acknowledged the validity of this position, at least to some degree, as EST are assumed to transfer less easily in a market environment compared to other technologies due to differences in regard to their need of public regulation and financing (Andersen, Sarma, & Taddonio, 2007). In particular, the importance of stronger public efforts to encourage technology transfer to least-developed countries was frequently mentioned. However, other experts raised concerns that focusing mainly on government programs carries the danger of limiting technology transfer to machinery only and ignores the fact that technology transfer today mainly occurs in the private sector (UNFCCC, 2007b) whose commercial interest must be taken into account. As private sector decisions are mainly influenced by domestic market conditions and the absorptive capacity within the developing countries (Heller & Shukla, 2003; Stern, 2007; UNFCCC, 2007b), public influence on the flow of private sector technology transfer via financial subsidies is limited.

Hence, all the experts agreed that apart from financing transfers directly, there is a need to create an (enabling) environment conducive to private sector technology transfer. This includes removal of technical, legal, and administrative barriers, the installation of a sound regulatory framework (including environmental laws and regulations) to promote trade and investment flows, building up human and institutional capacities, and the creation of

infrastructures supportive of technological development and innovation (IPCC, 2000). Many such measures rely on national authorities in both developing and developed countries; however, there is a role for supra-national institutions, which can improve local capacities, set up knowledge networks, facilitate agreements on regulatory issues, and finance efforts to boost private-public partnerships.

In addition, many of the measures for reducing carbon emission (e.g., energy efficiency) or adapting to climate change (e.g., crop cultivation habits) are fairly basic and rely mostly on provision of information and capacity to adopt new technologies. Frequently, such information cannot be purchased on international markets as it involves transfer of tacit and uncodified knowledge (IPCC, 2000). Consequently, the experts were in overall agreement that efforts in information sharing and capacity building to inform stakeholders about low-cost mitigation and adaptation options are key to encouraging successful technology transfer.

6.4.2.2 The role of the Montreal Protocol

Some experts, mainly from the developing countries side, in line with the literature (e.g. Andersen et al., 2007; Benedick, 2001; Esty, 2007), referred to the Montreal Protocol for the protection of the ozone layer, with its particular focus on funding of technology transfer, as *the* successful role model for implementing the technology transfer within a future climate regime. Since entering into force in 1987, the level of ozone-destroying gases in the lower atmosphere has declined significantly and a phase out of various ozone-depleting substances is expected to take place within the next decades (Barrett, 2007b). However, other experts were alert to the fact that ozone depletion is only partially comparable to the climate issue. While the Montreal Protocol provides some good examples, particularly with regard to exchanging information on technology options, capacity building measures in developing countries, and efficiency of project development, it was based on very different premises (Barrett, 2007b; Murdoch & Sandler, 1997). First, although some uncertainty about the causes and effects of the ozone hole still existed at the time of the Protocol, the consequences and costs of ozone layer depletion were far more certain than is the case for climate change. Second, the scale of the problem was minute as compared to climate change, as the needed technologies were already largely available in developed countries and simply needed to be deployed to a certain number of sectors throughout the developing world (Andersen et al., 2007). In contrast, greenhouse gases are emitted in all sectors, and involve industry as much as society. As Expert 22 pointed out: “There is hardly any climate related technology which transfers as easily as technologies to substitute CFC.”

Consequently, the costs of implementing the Montreal Protocol were relatively small and turned out to be even lower than initially projected. From 1991 to 2006, the Multilateral Fund (MLF) established under the Montreal Protocol approved a total of 5,520 projects with total funding of around US\$ 2.1 billion in 143 developing countries (Andersen et al., 2007). Thus, total spending to date under the Montreal Protocol is less than under the existing funding system of the UNFCCC.

6.4.2.3 Role of intellectual property rights (IPRs)

Compensating companies for providing technology played a central role in the MLF of the Montreal Protocol (Andersen et al., 2007), and there are other examples of similar schemes, such as in the pharmaceutical industry. Because such an approach has proved to be an effective and feasible solution, these examples are frequently aired as a justification for setting up a new funding system under the UNFCCC to buy out IPRs (Tamura, 2006). However, the literature is ambiguous about the real impact of IPRs on technology transfer (Correa, 2005). On the one hand, strong IPR legislation attracts FDI investment. On the other hand, such restrictions attach significant costs to the adoption of new technology, which might slow down its diffusion. The experts were similarly ambiguous on this subject, and the issue was considered of more importance by the developing countries side (see Table 2).

Table 2: Importance of IPRs

Experts	Policy	Business	Research
Developed Countries	+	+	+
Developing Countries	++	+	++

+ low, ++ medium, +++ high

In the case of EST, recent studies (Barton, 2008; Ockwell et al., 2007) indicate that IPR impact is rather small. A closer look at the Montreal Protocol experience shows that almost all the ozone-safe technologies were successfully diffused throughout developing countries without binding restrictions on intellectual properties (Andersen et al., 2007). Moreover, various experts emphasized that IPRs are rarely a major topic of discussion by practitioners, for several reasons. First, with few exceptions, such as computer systems for energy use or coal gasification, the costs of refinancing/protecting R&D efforts are small compared to the case of pharmaceuticals. Second, markets for EST are mostly characterized by a large number of companies using basically the same technology, thus making its protection unnecessary. Third, IPR enforcement is assumed to be rather weak in many developing countries and thus

there is no need to *buy* out any property rights as the chance of being caught or punished for simply taking them is very slim. Moreover, companies frequently abandon the option of securing their technology by taking out a patent, which obliges them to make the technology information public. Certainly, more research is needed in this area, but in practice negotiations should not see IPR issues as a central barrier to technology transfer.

6.5 Elements of a technology agreement within a post-Kyoto agreement

There was no overall agreement among experts as to how a future regime might deal with the technology issue. Obviously, general differences in perception lead to divergence in the evaluation of various elements and their likely implementation. Nevertheless, evaluation of the interviews provides at least some idea of the important elements that would most likely be included in a technology agreement under the UNFCCC. The likelihood that different elements will be a part of such a *technology package* and their hypothetical impact is shown in Table 3. The table illustrates that “technology standards” and “mechanisms to promote cooperation in R&D” are considered the least likely to be included.

Table 3: Likely elements of a future technology package under the UNFCCC

“Elements”	Likelihood of being an important part of a “technology package” under the UNFCCC	Likely impact on development and transfer of technology
Mechanisms to promote cooperation in R&D	+	+++
Funding system	+++	++
Market-based mechanisms	++	++
Technology standards	+	++
Knowledge transfer mechanisms	++	+++
Implementation of existing technology-oriented agreements	+	+

+ low, ++ medium, +++ high

6.5.1 Mechanisms to promote cooperation in R&D

Overall consensus among experts was reached that emerging economies have a general interest in the development of breakthrough technologies and could contribute significantly. For instance, in China and India alone around 500,000 engineers and scientists graduate each year, twice as many as in the United States and the European Union combined (Stern, 2007). However, although options such as R&D funding and research cooperation are currently being discussed within the UNFCCC process (UNFCCC, 2007d), most experts believe that their potential to become key elements of a post-Kyoto agreement is rather limited. According to some experts, the main thrust will be to continue to maintain “a few small government programmes”¹¹, as there are too many obstacles to R&D cooperation in general and within the UNFCCC in particular.

First, international R&D cooperation requires a willingness to share information and large investment resources. However, uncertainty about the outcome, or questions about ownership issues and the division of the economic benefits, may lessen the incentive of some players to cooperate (Philibert, 2005). Technology collaborators may be tempted not to disclose all information about their ongoing research and progress until they know their relative position in relation to others (Tamura, 2006). Consequently, trust in persons and institutions is a precondition for successful technology collaboration. Experts from the developing world (in particular India) mentioned a lack of trust in the developing world and raised concerns that benefits from joint R&D efforts would not be shared equally among participants because developed countries would abuse their knowledge advantage. Such concerns are likely to be less constraining in collaborative precompetitive research, where government influence is strong, than in cooperation over near-commercial processes and products (Justus & Philibert, 2005). However, such basic R&D areas are not as easy to identify as is occasionally assumed. The literature mainly refers to nuclear fusion (Barrett, 2007b; Stern, 2007; Victor, 2004) as a positive example of successful international R&D cooperation involving large financial contributions from various countries. However, ever since the cooperation was set up in 1985, the process has been attended (some might say hampered) by debate over location of the project and distribution of funds. Only in 2001 was an agreement reached to start construction of the facility and the future output of the project is still highly uncertain (de Coninck et al., 2008);

Most other technologies aimed at emissions reduction are at a stage of development where the private sector is heavily involved in the research effort. For instance, in the case of

hydrogen and fuel cells, government-supported research is assumed to be in the range of US\$ 1 billion per year, while private-sector R&D efforts add up to as much as US\$ 3 to 4 billion (Justus & Philibert, 2005). The situation is similar for other mitigation technologies, such as biodiesel, concentrating solar power, or integrated gasification combined cycle. Nevertheless, international cooperation involving diverse stakeholders and the wide deployment of such technologies still appears possible at this stage of the game. However, various experts emphasized that unresolved ownership questions and, in particular, the heterogeneity of the developing countries enormously complicates the UNFCCC's decision about joint R&D efforts. Composed as it is of countries as diverse as oil exporting nations, large emerging economies, and least-developed countries (LDC), there is no real interest in making cooperation on breakthrough technologies a serious item of negotiation under the UNFCCC. Many LDC can neither participate in research cooperation nor negotiate over it, as they lack the necessary skills and capacities. Moreover, since their technological capacity is not likely to improve significantly in the medium future, the chances that they will benefit from the implementation of new technologies is assumed to be rather low. Therefore, "international support for R&D means basically supporting large emerging economies"⁹. Consequently, effective implementation of joint R&D mechanisms would require that such issues were discussed separately within a smaller group of countries and, in principle, the institutional frame of the UNFCCC can accommodate such a procedure. Several specialized bodies with limited membership have been established to address specific areas. However, the nature of their work is mainly technical and their conclusions and recommendations must be reported to the two existing subsidiary bodies of the UNFCCC. Currently, there is no indication that their decision-making power will be expanded.

6.5.2 Funding mechanism for transfer of technologies

6.5.2.1 GEF system

The experts acknowledged the potential for improving the funding system. Some good approaches in regard to public-private partnerships already exist (such as GEEREF² of the European Commission, or MLF of Montreal Protocol) to show how funding could be handled more efficiently and leverage more private money. For the most part, such so-called innovative financing options do not require new funding mechanism, but instead involve new

² The Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund of the European Commission (GEEREF) aims to blend capital of public and private investors, and support small and medium-size projects and enterprises. The fund recognizes that private investors need higher financial returns and that public investors value the economic, social, and environmental benefits of renewable energy investments more than do most private investors.

combinations or adjustments of existing instruments and resources. However, the possibility that governments, even with the United States back in the game, will donate substantially more money to the climate process was not rated as very high due to the still limited public concern about climate change and the limited political power of negotiators within their governments. Evaluation of expert judgments suggests that funding under the UNFCCC might increase if 1) climate concern and political pressure in industrialized countries continues to increase; 2) ministers of finance become more involved in the climate process; 3) official development assistance (ODA) is made applicable to the climate change process;³ and 4) money is obtained from the private sector by either taxing market-based mechanisms (as done in case of the Adaptation fund), establishing a harmonized carbon tax among likeminded countries (as somehow proposed by Benedick, 2001), or skimming revenues through auctioning of trading certificates. Indeed, if just 10 percent of allowances for the period 2008–2012 in the EU emission trading scheme, which sum up to 2.08 billion tons of CO₂ per year, had been auctioned, assuming a carbon price of 15 to 20 Euros per ton, this would have raised a total of 15.6 to 20.8 billion Euros. However, even using just a portion of such amounts to finance technology transfer is rather unlikely to garner much political support if one takes a look at the difficulties industrialized countries have in fulfilling their 0.7 percent goal of ODA (UNFCCC, 2007b). Moreover, if a considerable amount of such funding was going to be directed to emerging economies such as China, India, or Brazil, this would have a further dampening effect on the probability of an agreement on a harmonized carbon tax or auctioning of trading certificates to finance technology transfer. In conclusion, the available funding is very unlikely to get anywhere close to the amount required for the desired emissions reduction in developing countries.

6.5.2.2 New funds

At COP 12 in Nairobi, developing countries proposed the creation of a *Multilateral Technology Acquisition Fund* (MLTAF) aimed, in particular, at the development and transfer of technology. Views on the need for this new fund were far from in agreement. While some experts (mainly from developing countries' policy side) considered the fund an “excellent opportunity for a new way of funding”⁸, a majority did not see the necessity. According to their assessment, additional financial support for technology transfer could build on the existing funding system. The GEF might need to be improved in its design, but its mission already covers many of the items proposed in the MLTAF, for example, buying patents and

³ However, even today, ODA is granted for climate issues, as in many projects development and adaptation goals are likely to be the same.

licenses. It seems unlikely that a new fund would be of any substantial size either, or that overall funding would increase. The biggest advantage of a new fund would be that its creation demonstrates a “willingness to do something”¹⁵ in this regard and might put some political pressure on developing countries.

6.5.3 Market-based mechanisms

In regard to efficiency, market-based mechanisms appear to be the best option for encouraging technology transfer. However, as mentioned above, any market-based mechanism predominantly favors emerging economies and therefore is not attractive for many developing countries. Consequently, there is already high, and likely to increase, resistance to making market-based mechanisms an official part of the technology transfer package if equity concerns gain even more importance within the negotiation process.

It is often assumed that full emission trading is one of the best ways of increasing technology transfer, as such an institutional framework provides incentives to reduce emissions in places where reduction costs are lowest, mainly developing countries, and implies less transaction costs than project-based mechanisms (Philibert, 2005). However, developing countries would need to accept binding emission caps or at least participate in a flexible cap and trade system. Experts did not have much hope of this happening. Even flexible targets, which would provide no real restrictions on development, are rejected out of a fear that such targets might lead to fixed caps in the future. To some extent, this doubt as to the effectiveness of emissions trading was related not just to a lack of willingness, but also to implementing problems. Even large emerging economies frequently appear to be “still not capable of measuring and monitoring carbon emission exactly in the whole economy”²². However, sector wide, emissions trading could be an option as recent developments in the Chinese cement industry have shown, where companies took the first steps toward measuring and managing CO₂ emissions across the entire sector.

If emissions trading is not enforceable, the CDM could be the second-best option. A majority of experts believe that the CDM has the potential for more technology transfer if it continues to grow in scope and scale, for example, through programmatic or sectoral CDM (for proposals in this regard see Baron & Ellis, 2006; Figueres, 2005; Sterk & Wittneben, 2006). Moreover, CDM could be used for some demonstration projects, for example, in the case of CCS for coal gasification. However, the experts considered it rather unlikely that the CDM will be treated as an official technology transfer mechanism within a future regime due

to strong reservations among many negotiators. Many countries likely fear that funding will be even more constrained if CDM is given official status as a technology transfer mechanism.

Some experts recommended the creation of a new market-based mechanism especially designed to deal with the technology transfer issue. Such an approach has already been proposed — by the G-77⁴ and China during the negotiations in Nairobi— but so far it remains just a concept, a long ways from practical implementation. The idea is that, similar to the CDM, countries or companies could receive credits for transferring technology and, according to Expert 12, “it is likely that this proposal will come up again in the future negotiations.” Thus, the proposal is worth some serious thought and research should be directed toward answering a few basic questions.

- 1) What kind of technologies would be eligible? Mitigation technologies, adaptation technologies, or any less-carbon-intensive technologies?
- 2) How could technology transfer be quantified? In particular, how could knowledge transfer be captured? The price of imported technology might be an option, but this approach is likely to reduce technology transfer to transfer of machinery only. Moreover, it requires the difficult task of setting up a baseline in order to avoid subsidizing any kind of imported goods. On the macro level, Gupta (2003) proposed setting up numerical targets for technology transfer in relation to national income. Under this scheme, national governments could enforce unilateral (market-based) measures to support technology transfer, including, for example, export crediting or tax reductions. This is basically a reasonable idea, but poses several challenges, such as agreeing on specific numerical targets or quantifying the overall amount of technology transfer. Furthermore, it gives rise to new market distortions when, for example, market-based decisions are *overruled* by export subsidies.
- 3) Who would pay the bill? If credits in the form of certificates, such as the CDM's Certified Emission Reductions (CER), are issued, companies and countries with emission reduction obligations could buy the certificates. If the overall supply of CER increased, its price would decrease, resulting in other owners of CER becoming worse off. Moreover, it would create another additionality problem and weaken environmental outcome.

⁴ The Group of 77 (G-77) was founded in 1964 in the context of the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) and now functions throughout the United Nations system, comprising 132 members. It consists of small island countries, oil-exporting countries, LDCs, industrializing countries, and middle-income countries.

- 4) What could such a system do differently or better than the CDM? Could it promote technology transfer in areas and countries that underperform under the CDM?

The creation of such a system could signal that developed countries are trying harder on the technology transfer front. However, if questions raised above are not adequately addressed, there is a possibility (and a fear) that such a new market-based mechanism will create more problems than it solves.

6.5.4 Setting up technology standards

The importance of and need for technical standards and codes is well recognized by the technical community all over the world, and such have been successfully applied in many areas of economic life, frequently supported by mandatory regulations on a national level (Philibert, 2005). For standards to be effective, enforcement is crucial. While enforcement is often assumed to be the weakest link in any policy (IPCC, 2000), Barrett (2007a) believes that enforcement can be made easy by creating trade restrictions. The experts had various opinions regarding the extent to which the UNFCCC is legally capable of creating trade restrictions without interfering with agreements under the World Trade Organisation (WTO). Examples such as the Montreal Protocol demonstrate that international environmental agreements can impose enforceable trade restrictions (Andersen et al., 2007). However, the relationship between UNFCCC or any environmental agreement and the WTO has not been clearly defined yet. WTO rules imply that measures to protect the environment may be imposed by member states, but may not interfere with trade rules or be imposed in place of alternatives with smaller trade effects. To date, almost all environment-trade-related disputes settled by the WTO found the trade restrictions to be illegal (Rundshagen, 2004). However, so far, none of the disputes has been initiated to complain about trade restrictions that are part of an international environmental agreement. Still, some experts raised concerns that nonparticipants of an international climate regime could take successful legal action against any climate-related trade restriction.

Apart from such technical concerns, most experts were skeptical about the potential of international technology standard setting under the UNFCCC and doubted that a broad political consensus could be reached. There were several reasons given for this skepticism. First, the developing countries have a general resistance to discuss standard setting due to fears that such commitments may lead to more binding commitments in the future (as Expert 7 put it, they “do not want to get involved in any kind of obligation”). Second, there is a

general reluctance on the part of all countries to cede national authority and autonomy so as to cooperate with other countries on purely domestic policies. Additionally, and on this point, differences in climate, electricity prices, consumer attitudes, and other factors make such harmonization difficult and, in some cases, inappropriate. The third reason relates to a perception that the UNFCCC process is sluggish. Technology standards will, almost by definition, become obsolete with time and, thus, for such standards to be effective they must have the capacity for timely adjustment and updating, an situation that could be a “complicated matter within the slow-moving process of the UNFCCC “¹⁸.

In summary, there are several barriers to making a technology standard protocol work within a climate regime. However, standards setting does not require universal acceptance at the start, as it often creates a tipping effect (Barrett, 2003). It is sometimes sufficient if a group of large countries adopt a certain standard. In time, others will adopt the standards, too, so as to benefit from network externalities, cost considerations, or to avoid a lock in. This has been the case with many safety standards in various domains (Philibert, 2005). Therefore, once again, it would be useful to negotiate this item within a smaller group of countries.

6.5.5 Mechanisms for knowledge sharing and provision of information

Most experts consider the UNFCCC with its multilateral focus and continuous meetings as a good platform for increasing efforts in knowledge sharing. The EGTT could play a more central role as a think tank and coordinating group. Its importance has already increased as various high-level negotiators have recently become members of the group. As close personal relationships are an aspect of the bargaining processes that should not be underestimated, the group has potential to work as a trust-building entity in the future negotiations. In this regard, the very open-minded dialogue on long-term cooperative action to address climate change, established at COP 11 in Montreal (UNFCCC, 2007c), was considered by the experts as a useful trust-building process as well.

As an example of how knowledge sharing efforts within the UNFCCC could be improved the institutional set up of the *Asian-Pacific Partnership on Clean Development and Climate* (APP) was mentioned by a few of the experts as an approach worth study. Officially launched in Sydney in 2006, the APP consists today of seven countries: the United States, Canada, Australia, Japan, South Korea, China, and India. Without common legally binding rules and restricted financial support, the impact of the APP on emissions reduction seems to be limited, but its design as a so-called bottom-up approach (Bodansky, 2004b; Carraro & Egenhofer, 2007) with a limited number of participating countries and a portfolio of

(currently 110) projects within key sectors has created a variety of cooperation efforts among businesses (including companies from China and India) ranging from technology development and deployment to data sharing and knowledge exchange, especially about best practices. Moreover, the APP has committed to the development of tools for measuring progress, such as benchmarking (e.g., Aluminum, Cement, Steel), performance metrics or indicators (e.g., Power Generation and Transmission, Steel), and economic, energy efficiency, or environment indices (Fujiwara, 2007).

Peer-reviewed research on the success of the projects has not yet been published. However, some experts acknowledged the relatively strong interactions between participating companies and confirmed the existence of knowledge transfer. Moreover, it seems that not only firms from developing countries but also some from industrialized countries, “mainly Japan”⁷ benefit from such cooperation by obtaining inside experience in foreign markets. It seems likely that the success of the APP will be quite heterogeneous as incentives to cooperate differ substantially between sectors. In general, coordination and cooperation is easier in sectors where the number of companies is rather small. Moreover, in some sectors, for example, the electricity sector, willingness to cooperate is expected to be relatively strong because there is no global competition between electricity provision companies. In addition, companies can even benefit from efficiency improvement in developing countries, as overall demand for resources is reduced. In the case of steel and aluminum industries, however, the situation is likely to be different.

Discussion in the literature whether the APP influences the UNFCCC process in a positive or negative way is still open and finds arguments to support both views (Karlsson-Vinkhuyzen & van Asselt, 2009). However, most experts were in line that the APP has had little if any influence on the UNFCCC process. But, instead of viewing the APP as an unwanted (and unsuccessful) opponent, some experts highlighted that its project structure should be seen as a useful approach for learning about emissions reduction opportunities and, moreover, as a way to “help to build trust and confidence within the participating groups”⁷. This could be particularly relevant if sectoral approaches were to be given more attention in the negotiations.

6.5.6 Implementing existing technology-oriented agreements under the UNFCCC

In addition to the APP, a large number of multilateral or bilateral agreements on technology and scientific cooperation outside the UNFCCC have been signed in recent years between developed and developing countries, including governments, supra-national institutions,

and/or businesses with quite different participation structures, financial contributions, and technology goals and ambitions (see for an overview de Coninck et al., 2008; Philibert, 2005). For instance, the EU and China set up a *Partnership on Climate Change* that includes plans to develop a near-zero-emissions coal plant in China within the next decade. The International Energy Agency (IEA) initiated a range of so-called Implementing Agreements where funding is provided to support domestic R&D efforts in participating countries. The United States launched various multilateral initiatives, including the *Carbon Sequestration Leadership Forum*, the *International Platform on the Hydrogen Economy*, and the *Methane to Markets Initiative*, to promote the use of such technologies and provide platforms for knowledge sharing among participants. Although some recent work has been done in this field (de Coninck et al., 2008), there is still a lack of research into the effectiveness of certain institutional arrangements and mechanisms, thus making it difficult to quantify the results of these agreements. There are three main reasons for this lack of information. First, it is difficult to gain insight about the structure and real focus of work done within such technology-oriented agreements. Second, there are difficulties in measuring the output, as many benefits result in so-called technology spillovers, which can hardly be determined empirically (Hoekman et al., 2004). Third, there is the problem of causality. New technologies often emerge not from a single focused project, but as a combined effect of results gained in diverse areas. Consequently, linkage of the observed output to any particular input effort is sometimes far from clear.

Still, the literature indicates that agreements like the IEA's implementing agreements are quite successful in increasing the efficiency of global energy technology development and deployment (de Coninck et al., 2008; Justus & Philibert, 2005). Thus integration of such approaches within the UNFCCC is likely to augment incentives to cooperate on emission control mechanisms. However, as such cooperation is based on voluntary commitments that do not imply any binding obligations, it appears to be a difficult task. Most experts (particularly those from the business and research side) were not in favor of this option at all, particularly if such cooperation was part of an existing and functioning institutional framework. It was frequently pointed out that the UNFCCC is (and is likely to remain) a very difficult, bureaucratic, and complicated process. For instance, at COP 13 in Bali there were 3,264 registered participants from 188 countries, accompanied by another 5,126 participants from observer organizations. Numerous working groups and contact groups were initiated and had to be coordinated and balanced in order to integrate the different proposals within a final agreement. Consequently, the integration of any existing agreement on cooperation in the

development and transfer of technology within the climate regime opens the door to political controversy and strategic behavior and thus “would not help in terms of efficiency”⁵.

6.5.7 Incentives provided through a *technology package*

There was overall agreement among experts that the number one priority in large emerging economies is still economic development, although experts from India and China have observed a recent, albeit slight, shift toward environmental concerns. Moreover, consensus was reached that although countries such as China or India have some EST that can be considered state of the art and are home to several companies in this field, such wind turbine manufacturers, which are competitive on the world market (Lewis, 2007), they still have a strong need to improve their technological capacity. Many regions and sectors still lack basic technological know-how and expertise. One expert told of a visit to a Chinese chemical factory where “they were still carrying highly toxic substances in buckets”⁴.

However, all experts emphasized that large emerging economies hardly need the UNFCCC to improve their technological capacities. On the one hand, many of them are members of other multilateral and bilateral technology agreements, which most likely will not be integrated within the UNFCCC. On the other hand, there is much such countries can do via unilateral actions, for example, by improving their investment environment. For example, foreign companies that want to invest can be forced to cooperate with local firms and share their technologies. As recent examples such as Airbus have illustrated, foreign companies are frequently willing to accept such requirements in order to benefit from the attractive market potential offered by countries such as China or India (ChinaDaily, 2005). Moreover, their growing wealth enables them to obtain technologies on the world market via acquisition of foreign firms. For instance, China has built up huge currency reserves and recently founded a state-owned investment fund in the startling amount of roughly US\$ 200 billion set up to specifically invest in clean energy and environmentally-friendly corporations worldwide (Anderlini, 2008). In 2007, the Indian firm Suzlon out bid its French rival Areva and bought the German wind power manufacturer Repower for around US\$ 1.6 billion to reinforce its position as one of the leading suppliers of wind turbines in the world (Hollinger & Leahy, 2007). This sort of tactic attempts is likely to be one of the best options for obtaining state-of-the-art technology *and* the know-how to use it properly.

As large emerging economies have declared in the past that “they will *do more* on emission reduction if the issue of technology [transfer] is treated more seriously within the UNFCCC”²¹, reputational concerns could become relevant if a *substantial deal* on technology

transfer was arranged. Experts (mainly from the developing world) already perceive an increasing pressure on those countries to take on stronger commitments under the UNFCCC. This pressure is likely to grow if other developing countries start to realize that they can improve their bargaining position by separating from large emerging economies in the negotiations. Nevertheless, a majority of experts assessed reputational matters as of rather low importance, possibly increasing slightly if the United States reenters the negotiations. Hence, acceptance of commitments will rely mostly on the content of the *technology package* itself.

As discussed above, the impact of joint R&D activities is expected to remain low. Efforts in knowledge sharing can be improved significantly, but it is questionable to what extent such efforts will bear fruit. So far, the primary focus in the technology arena is on financial aspects. Although a great *proportion* of such technology transfers will be directed to large emerging economies, the actual *numbers* will not be really impressive (“We will not be able to compete with hundreds of billions of dollars”¹²). Even an increased and improved funding system including (new) market-based mechanisms is likely to raise a maximum of a few billion US dollars per year and maybe even less if other developing countries are able to enforce stronger equity concerns within the new climate regime and restrict the use of market-based mechanisms.

Moreover, even if large emerging economies did make a commitment, it seems rather unlikely, not to mention almost impossible to monitor, that such commitments will have any significant impact on business as usual. Some efforts to combat climate change are being undertaken at a national level as they help reduce local environmental problems, raise energy security, or lower costs for energy provision. For instance, China has announced quite ambitious goals on renewable energy capacity and energy efficiency for the next decade (Zhang, 2007). India has also made some forays into energy standards and the funding of renewable energies (Ministry of Environment and Forests, 2004), although the real impact of such intentions cannot be measured yet.

In summary, chances that a more technology-oriented agreement under the UNFCCC will provide more incentives for countries to cooperate appear small.

6.6 Findings and implications

Technology is likely to play a more central role in the future of the UNFCCC. This study confirms that there is some room for improvement on the technology transfer front. Thus it is crucial to increase awareness that the issue of development and transfer of technology needs

to be considered in a much broader way and covers both financial and nonfinancial aspects, in this latter regard, most specifically information provision and knowledge sharing between different stakeholders.

Financial aspects involve improving the efficiency of existing mechanism and expanding the bases of financing. Efficiency improvements can be achieved by studying existing funding systems, such as the MLF, or strengthening so-called innovative financing mechanisms, such as GEEREF. The financial basis is likely to remain unsatisfactory. Overall volume could be increased if market-based mechanisms were considered more seriously as technology transfer mechanisms. There is a suggestion on the table for creating a new financial mechanism that is fed by private-sector money and used to support, directly or indirectly, technology transfer. However, much more research is needed on how such a mechanism should be designed. As any market-based mechanism works most in favor of rather advanced developing countries, for equity reasons it is feasible to concentrate public efforts more on emissions reduction and adaptation measures within less developed countries. Equity reasons are likely to become more central within the negotiation if LDCs improve their negotiation capacities and distance themselves from emerging economies. By doing so, they could receive more funding and focus more attention on adaptation issues. However, the irony is that overall money in the funding system will be reduced (to the detriment of LDCs) if market-based approaches (to the benefit of developed countries) are not considered to their full extent.

Evaluation of the expert interviews suggests that in its current form the UNFCCC is not able to stimulate the full range of cooperation possible in the development and transfer of technology. In line with game theory, the heterogeneity of (developing) countries and the universal decision-making process remain the biggest barriers. Interest in cooperating on R&D or standard setting is often limited, as many countries are neither able to participate nor to benefit from such medium- or long-term approaches.

Consequently, to make approaches such as joint R&D and standard setting work within the UNFCCC process, the process needs to be fragmented. This will require the creation of smaller groups (with limited membership) that negotiate over standards and joint R&D efforts, which will most likely aid in terms of trust building as well. However, to date, it seems unlikely that the UNFCCC will be able to develop such flexibility, as there are no signs that any fragmentation has or will be accepted by the *left-out countries*. Consequently, it seems unlikely that any technology package under the UNFCCC will provide large incentives

for emerging economies to take on commitments that will have any impact on business as usual.

The above described institutional problems of the UNFCCC clearly signal the need for additional processes to encourage cooperation in the development and transfer of technology and, more generally, to cope with the problem of climate change. Much of the responsibility to encourage development and transfer of technology will be left to national governments or take a regional approach, where participants' needs and concerns are more homogenous (Egenhofer et al., 2007). In this regard, the APP, with its more central private-sector involvement, could be a useful approach to copy or adapt. In addition, the Major Emitters Initiative, now known as the Major Economies Forum on Energy and Climate, relaunched by the United States in March 2009 is likely to become another notable process, as it includes countries (taking the EU-25 as one) responsible for around 80 percent of worldwide emissions (IPCC, 2007a). Both institutions were set up by a smaller group of countries, a situation where decisions can be made more easily and flexibility is higher. In general, such initiatives should not be considered as rivals or opponents to the UNFCCC but as necessary, constructive supplements to it (Carraro & Egenhofer, 2007).

In conclusion, the UNFCCC is a useful process, but with limited capacity to foster the development and transfer of technology and, thus, combat climate change. It can contribute, but only to a limited extent, to solving the problem of global warming. It should take a pragmatic view of its limits, and realize that by trying to achieve less it might actually achieve more.

Literatur

- Acemoglu, D., P. Aghion, & F. Zilibotti (2002). Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth. *NBER Working Paper* No. 9066.
- Aghion, P. (2005). Growth and Institutions. *Empirica*, 32(1), 3-18.
- Aghion, P. & P. Howitt (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Aldy, J.E., S. Barrett, & R.N. Stavins (2003). Thirteen plus one: a comparison of global climate policy architectures. *Climate Policy*, 3, 373-397.
- Aldy, J.E. & R.N. Stavins (2007a). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Aldy, J.E. & R.N. Stavins (2007b). *Introduction: International policy architecture for global climate regime*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 1-30. Cambridge: Cambridge University Press.
- Anand, S. & A. Sen (2000). Human Development and Economic Sustainability. *World Development*, 28(12), 2029-2049.
- Anderlini, J. (2008). *China fund to shun gambling and guns*; Financial Times, http://www.ft.com/cms/s/0/75e9683e-39aa-11dd-90d7-0000779fd2ac.html?nclick_check=1; abgerufen am 19.06.2008.
- Andersen, S.O., K.M. Sarma, & K.N. Taddonio (2007). *Technology transfer for the ozone layer – lessons for climate change*. London: Earthscan.
- Anthoff, D., C. Hepburn, & R.S. Tol (2009). Equity weighting and the marginal damage costs of climate change. *Ecological Economics*, 68(3), 836-849.
- Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine*, 41, 237-276.
- Arrow, K.J. (1971). *Essays in the Theory of Risk Bearing*. Amsterdam: North-Holland.
- Arrow, K.J., W.R. Cline, K.-G. Mäler, M. Munasinghe, R. Squitieri, & J.E. Stiglitz (1996a). *Intertemporal equity, discounting and economic efficiency*. In: J. P. Bruce, H. Lee & E. F. Haites (Eds.). *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, IPCC Working Group III Report, 125-144. Cambridge: Cambridge University Press.
- Arrow, K.J. & A.C. Fisher (1974). Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility. *The Quarterly Journal of Economics*, 88(2), 312-319.
- Arrow, K.J., J. Parikh, & G. Pillet (1996b). *Decision-making frameworks for addressing climate change*. In: J. P. Bruce, H. Lee & E. F. Haites (Eds.). *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*. IPCC Working Group III Report, 53–77. Cambridge: Cambridge University Press.
- Aslam, M.A. (2001). Technology transfer under the CDM: Materializing the myth in the Japanese context? *Climate Policy*, 1(4), 451-464.
- Atkinson, A.B. & J.E. Stiglitz (1980). *Lectures on Public Economics*. New York: McGraw-Hill.
- Azar, C. & S.H. Schneider (2002). Are the economic costs of stabilising the atmosphere prohibitive? *Ecological Economics*, 42(1-2), 73-80.
- Bardt, H. & J.-W. Selke (2007). Klimapolitik nach 2012 – Optionen für den Internationalen Klimaschutz. *Beiträge zur Ordnungspolitik aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln*, 29.

- Baron, R. & J. Ellis (2006). *Sectoral crediting mechanisms for greenhouse gas mitigation: institutional and operational issues*. OECD, Paris.
- Barrett, S. (1995). *Trade Restrictions in International Environmental Agreements*, mimeo. London Business School.
- Barrett, S. (1997a). The strategy of trade sanctions in international environmental agreements. *Resource and Energy Economics*, 19(4), 345-361.
- Barrett, S. (1997b). *Towards a Theory of International Cooperation*. In: C. Carraro & D. Siniscalco (Eds.). *New Directions in the Economic Theory of the Environment*, 239-280. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barrett, S. (2002). Towards a better climate treaty. *World Economics*, 3(2), 35-45.
- Barrett, S. (2003). *Environment and Statecraft*. Oxford: Oxford University Press.
- Barrett, S. (2006). Climate Treaties and “Breakthrough” Technologies. *American Economic Review*, 96(2), S. 22-25.
- Barrett, S. (2007a). *A multitrack climate treaty system*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 237-259. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barrett, S. (2007b). *Why cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*. Oxford: Oxford University Press.
- Barton, J. (2007). *New Trends in Technology Transfer*. International Centre for Trade and Sustainable Development ICTSD Programme on IPRs and Sustainable Development, Issue Paper No. 18.
- Barton, J. (2008). *Technology Transfer, Intellectual Property and access to clean energy Technologies in China*. ICTSD, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva.
- Bazelon, C. & K. Smetters (1999). Discounting Inside the Beltway. *Journal of Economic Perspectives*, 13(4), 213-228.
- Becker, A., K. Beckmann, R. Lüdeke, & M. Werding (2008). *Finanzwissenschaft*, homepage.mac.com/beckes/Files/Skript-Fiwi-ISA.pdf abgerufen am 14.04.2009.
- Beckmann, K. & M. Werding (1999). *Die öffentlichen Einnahmen*. Passau: Universität Passau.
- Benedick, R.E. (2001). Striking a New Deal on Climate Change. *Issues in Science and Technology*, Fall: 71-76.
- Berk, M.M., J.G. van Minnen, B. Metz, W. Moomaw, M.G.J. den Elzen, D.P. van Vuuren, & J. Gupta (2002). *Climate OptiOns for the Long term (COOL) - Global Dialogue Synthesis Report*. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Black, D. (1958). *The Theory of Committees and Elections*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bodansky, D. (2004a). *Climate Commitments: Assessing the options*. In: J. E. Aldy (Ed.). *Beyond Kyoto: Advancing the international efforts against climate change*, 37-60: Pew Center on Global Climate Change.
- Bodansky, D. (2004b). *International climate efforts beyond 2012: A survey of approaches*. Pew Center on Global Climate Change.
- Bodansky, D. (2007). *Targets and timetables*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 57-66. Cambridge: Cambridge University Press.
- Broecker, W. (1987). Unpleasant surprises in the greenhouse? *Nature*, 328, 123-126.
- Broome, J. (1992). Discounting the future. *Philosophy and Public Affairs*, 23, 128-156.
- Broome, J. (2004). *Weighing lives*. Oxford: Oxford University Press.
- Buchanan, J.M. & G. Tullock (1962). *The Calculus of Consent*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

- Buchner, B. & C. Carraro (2005). Economic and environmental effectiveness of a technology-based climate protocol. *Climate Policy*, 4(3), 229-248.
- Buchner, B. & C. Carraro (2007a). *Participation incentives and technological change: from top-down to bottom-up climate agreements*. In: C. Carraro & C. Egenhofer (Eds.). *Climate and Trade Policy – Bottom-up Approaches Towards Global Agreement*, 94-115. Cheltenham: Edward Elgar.
- Buchner, B. & C. Carraro (2007b). *Regional and sub-global climate blocs: a cost-benefit analysis of bottom-up climate regimes*. In: C. Carraro & C. Egenhofer (Eds.). *Climate and Trade – Policy Bottom-up Approaches Towards Global Agreement*, 16-41. Cheltenham: Edward Elgar.
- Buchner, B., C. Carraro, I. Cersosimo, & C. Marchiori (2005). *Back to Kyoto? US Participation and the Linkage between R&D and Climate Cooperation*. In: A. Haurie & L. Viguier (Eds.). *The coupling of Climate and Economic Dynamics – Essays on Integrated Assessment*, 173-204. Dordrecht: Springer.
- Buen, J. (2006). Danish and Norwegian wind industry: The relationship between policy instruments, innovation and diffusion. *Energy Policy*, 34(18), 3887-3897.
- Capoor, K. & P. Ambrosi (2007). *State and Trends of the Carbon Market 2007*.
- Carraro, C. (2007). *Incentives and institutions*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post- Kyoto World*, 161-172. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carraro, C. & C. Egenhofer (2007). *Climate and trade policy bottom-up approaches towards global agreement*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Carraro, C. & D. Siniscalco (1995). *Policy Coordination for Sustainability: Commitments, Transfers and Linkes Negotiations*. In: I. Goldin & A. Winters (Eds.). *The Economics of Sustainable Development*, 264-283. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carraro, C. & D. Siniscalco (1997). *R&D Cooperation and the Stability of International Environmental Agreements*. In: C. Carraro (Ed.). *International Environmental Agreements: Strategic Policy Issues*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Cesar, H. & A. de Zeew (1996). *Issue linkage in global environmental problems*. In: A. Xepapadeas (Ed.). *Economic Policy for the Environment and Natural Resources*, 158-173. Cheltenham: Edward Elgar.
- ChinaDaily (2005). *Airbus deal may make China a production hub*, http://www.chinadaily.com.cn/english/doc/2005-12/07/content_501174.htm; abgerufen am 6.5.2008.
- Cline, W.R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Institute for International Economics, Washington, D.C.
- Cohen, W.M. & D.A. Levinthal (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. *The Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- Copenhagen Consensus Center (2008). *Copenhagen Consensus 2008 – Results.*, <http://www.copenhagenconsensus.com/Default.aspx?ID=953>; abgerufen am 6.1.2009.
- Correa, C. (2005). *Can the TRIPS Agreement Foster Technology Transfer to Developing Countries?* In: K. E. Maskus & J. H. Reichman (Eds.). *International Public Goods and Transfer of Technology – Under a Globalized Intellectual Property Regime*, 227-256. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. (1974). On some alternative criteria for justice between generations. *Journal of Public Economics*, 3(4), 405-423.
- Dasgupta, P. (2007). Commentary: the Stern review's economics of climate change. *National Institute Economic Review*, 199(1), 4-7.
- Dasgupta, P. (2008). Discounting climate change. *Journal of Risk and Uncertainty*, 37(2), 141-169.

- Dasgupta, P. & G.M. Heal (1979). *Economic Theory and exhaustible resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- de Coninck, H., C. Fischer, R.G. Newell, & T. Ueno (2008). International technology-oriented agreements to address climate change. *Energy Policy*, 36(1), 335-356.
- de Coninck, H.C., F. Haake, & N. van der Linden (2007). Technology transfer in the Clean Development Mechanism. *Climate Policy*, 7, 444-456.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, & Y. Ménière (2008). The Clean Development Mechanism and the international diffusion of technologies: An empirical study. *Energy Policy*, 36(4), 1273-1283.
- Dixit, A. & R.S. Pindyck (1994). *Investment Under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
- Doerr-MacEwen, N. & M. Haight (2006). Expert Stakeholders' Views on the Management of Human Pharmaceuticals in the Environment. *Environmental Management*, 38(5), 853-866.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147-162.
- Downs, A. (1968). *Ökonomische Theorie der Demokratie*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Economist (2007). *Doffing the cap – Tradable emissions permits are a popular, but inferior, way to tackle global warming*, Economist vom 16.6.2007.
- Edmonds, J. & M. Wise (1998). *Building Backstop Technologies and Policies to Implement the Framework Convention on Climate Change*. Pacific Northwest National Laboratory, Washington, DC.
- Edmonds, J.A. (1999). Beyond Kyoto: Toward A Technology Greenhouse Strategy. *Consequences*, 5(1), 17-28.
- Edmonds, J.A., S.H. Kim, M.C. MacCracken, R.D. Sands, & M.A. Wise (1997). *Return to 1990: The cost of mitigating United States carbon emissions in the post-2000 period*. Pacific Northwest National Laboratory, Washington, D.C.
- Edmonds, J.A. & M. Wise (1999). *Exploring a technology strategy for stabilizing atmospheric CO₂*. In: C. Carraro (Ed.). *International Environmental Agreements on Climate Change*, 131-154. Dordrecht: Kluwer.
- Edmonds, J.A., M.A. Wise, J.J. Dooley, S.H. Kim, S.J. Smith, P.J. Runci, L.E. Clarke, E.L. Malone, & G.M. Stokes (2007). *Global Energy Technology Strategy - Addressing Climate Change, Phase 2, findings from an international public-private sponsored research program*. Global Energy Technology Strategy Program.
- Egenhofer, C., L. Milford, N. Fujiwara, T.L. Brewer, & M. Alessi (2007). *Low Carbon Technologies in the Post-Bali Period: Accelerating their Development and Deployment*. Centre for European Policy Studies, ECP Report, No. 4, Brussels.
- Ellis, J. & S. Kamel (2007). *Overcoming Barriers to Clean Development Mechanism Projects*. OECD, Paris.
- Ellis, J., H. Winkler, J. Corfee-Morlot, & F. Gagnon-Lebrun (2007). CDM: Taking stock and looking forward. *Energy Policy*, 35(1), 15-28.
- Endres, A. (2008). Ein Unmöglichkeitstheorem für die Klimapolitik. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 9(3), 350-382.
- Esty, D.C. (2007). *Beyond Kyoto: learning from the Montreal Protocol*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 260-269. Cambridge: Cambridge University Press.
- Esty, D.C. & R. Mendelsohn (1998). Moving from national to international environmental policy. *Policy Sciences*, 31(3), 225-235.
- Feess, E. (2007). *Umweltökonomie und Umweltpolitik*. München: Vahlen.

- Figueres, C. (2005). Policies and programs under the CDM, Sectoral CDM: Opening the CDM to the yet unrealized goal of sustainable development. *International Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 2, 1–19.
- Finus, M. (2001). *Game theory and international environmental cooperation*. Cheltenham [u.a.]: Edward Elgar.
- Fischedick et al., M. (2007). *RECCS – Strukturell ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS) – Kurzfassung*. Arbeitsgemeinschaft Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Berlin.
- Fischer, C., C. Egenhofer, & M. Alessi (2007). *The Critical Role of Technology for International Climate Change Policy*. Centre for European Policy Studies, Brussels.
- Fisher, C. & R.G. Newell (2005). *Environmental and Technology Policies for Climate Change and Renewable Energy*. Resources for the Future, Discussion Paper 04-05, Washington, D.C.
- Fisher, E., J. Jones, & R. von Schomberg (2006). *Implementing the precautionary principle perspectives and prospects*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Folmer, H., P. van Mouche, & S. Ragland (1993). Interconnected games and international environmental problems. *Environmental and Resource Economics*, 3(4), 313-335.
- Forsyth, T. (2005). *Partnerships for Technology Transfer: How can Investors and Communities Build Renewable Energy in Asia?* Royal Institute of International Affairs, Sustainable Development Programme Briefing Paper 05/01.
- Frankel, J. (2007). *Formulas for quantitative emission targets*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 31-56. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fujiwara, N. (2007). *The Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate: What it is and what it is not*. Centre for European Policy Studies, Policy Brief, No. 144.
- Galbraith, J.K. (1985). *The New Industrial State*. (4th ed.). Boston: Houghton-Mifflin.
- Gerlagh, R. & O. Kuik (2007). Carbon Leakage with International Technology Spillovers. *FEEM-Working Paper 33/2007*.
- Gersbach, H. (2008). A New Way to Address Climate Change: A Global Refunding System. *The Economists' Voice*, 5(4(2)).
- Global Environment & Technology Foundation (2004). *TT: CLEAR Usability Study*. Arlington.
- Global Environmental Facility (2004). *Climate change program study 2004*. GEF Office of Monitoring and Evaluation, Washington, D.C.
- Gollier, C., B. Jullien, & N. Treich (2000). Scientific progress and irreversibility: an economic interpretation of the 'Precautionary Principle'. *Journal of Public Economics*, 75(2), 229-253.
- Golombek, R. & M. Hoel (2006). Second-Best Climate Agreements and Technology Policy. *Advances in Economic Analysis & Policy*, 6(1).
- Gossen, H.H. (1854). *Entwicklung der Gesetze des menschlichen Verkehrs, und der daraus fließenden Regeln für menschliches Handeln*. Braunschweig: Vieweg.
- Goulder, L.H. & W.A. Pizer (2006). The Economics of Climate Change. *NBER Working Paper, No. W11923*.
- Goulder, L.H. & S.H. Schneider (1999). Induced technological change and the attractiveness of CO2 abatement policies. *Resource and Energy Economics*, 21(3-4), 211-253.
- Groom, B., C. Hepburn, P. Koundouri, & D. Pearce (2005). Declining Discount Rates: The Long and the Short of it. *Environmental and Resource Economics*, 32(4), 445-493.

- Grubb, M. (2004). Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options. *Keio Economic Studies*, 41(2), 103-132.
- Guo, J., C. Hepburn, R. Tol, & D. Anthoff (2006). Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty. *Environmental Science & Policy*, 9(3), 205-216.
- Gupta, J. (1997). *The Climate Change Convention and Developing Countries: From Conflict to Consensus*. Dordrecht: Kluwer.
- Gupta, J. (2003). *Engaging Developing Countries in Climate Change: (KISS and Wake-up)*. In: D. Michel (Ed.). *Climate Policy for the 21st Century: Meeting the Long-term Challenge of Global Warming*, 233-264. Washington, D.C.: Centre for Transatlantic Relations.
- Haites, E., M. Duan, & S. Seres (2006). Technology transfer by CDM projects. *Climate Policy*, 6(3), 327.
- Hanks, J. (2002). Voluntary agreements, climate change and industrial energy efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 10(2), 103-107.
- Hansjürgens, B. (2007). *Thomas Schelling und das Klimaproblem*. In: I. Pies & M. Leschke (Eds.). *Thomas Schellings strategische Ökonomik*, 85-111. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Hansjürgens, B. & N. Schuldt (1994). *Zur Begründung des Vorsorgeprinzips aus ökonomischer Sicht*. In: H. Zimmermann & B. Hansjürgens (Eds.). *Prinzipien der Umweltpolitik in ökonomischer Sicht*, 31-67. Bonn: Economica Verlag GmbH.
- Harberger, A.C. (1978). On the Use of Distributional Weights in Social Cost-Benefit Analysis. *The Journal of Political Economy*, 86(2), 87-120.
- Heal, G. & B. Kriström (2002). Uncertainty and Climate Change. *Environmental and Resource Economics*, 22(1), 3-39.
- Heller, T.C. & P.R. Shukla (2003). *Development and Climate: Engaging Developing Countries*. In: J. E. Aldy (Ed.). *Beyond Kyoto: Advancing the International Effort Against Climate Change*. Arlington: Pew Center on Global Climate Change.
- Henry, C. (1974). Investment Decisions Under Uncertainty: The "Irreversibility Effect". *The American Economic Review*, 64(6), 1006-1012.
- Hoekman, B.M., K.E. Maskus, & K. Saggi (2004). *Transfer of technology to developing countries: unilateral and multilateral policy options*. Washington, D.C.: World Bank.
- Hoffert, M.I., K. Caldeira, G. Benford, D.R. Criswell, C. Green, H. Herzog, A.J. Jain, H.S. Kheshgi, K.S. Lackner, J.S. Lewis, H.D. Lightfoot, W. Manheimer, J.C. Mankins, M. Mauel, L.J. Perkins, M. Schlesinger, T. Volk, & T. Wigley (2002). Advanced technology paths to climate stability: energy for a greenhouse planet. *Science*, 298, 981-987.
- Hoffmann, V.H. (2007). *Firms' Responses to the CDM - The Case of the Indian Pulp and Paper Industry*, Presentation at the Research Seminar Corporate Strategy and Policy Area. Bangalore, Indian Institute of Management.
- Hollinger, P. & J. Leahy (2007). *Suzlon wins Repower battle*; Financial Times, <http://www.ft.com/cms/s/0/7dbfcee4-0b26-11dc-8412-000b5df10621.html>; abgerufen am 19.6.2008.
- Hope, C.W. (2006). The marginal impact of CO2 from Page 2002: an Integrated Assessment Model incorporating the IPCC's five reasons for concern. *The Integrated Assessment Journal*, 6(1), 19-56.
- IEA (2007). *World Energy Outlook 2007 – China and India Insights – Executive Summary*. Paris.
- IEA (2008a). *Energy Technology Perspectives 2008: Fact Sheet – The Blue Scenario*. Paris.
- IEA (2008b). *World Energy Outlook 2008*. Paris.
- International Standardization Organisation (2008). *The ISO system. The trusted partner. Annual Report 2007*. Geneva.

- IPCC (2000). *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer – A Special Report of IPCC Working Group III*. Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.
- IPCC (2007a). *Climate Change 2007 – Mitigation – Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – Summary for Policymakers and Technical Summary*. Geneva.
- IPCC (2007b). *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis – Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently asked Questions*. Geneva.
- IPCC (2007c). *Synthesis Report – Summary for Policymakers: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva.
- IRENA (2008). *Gründung einer Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA) – Erneuerbare Energien weltweit fördern*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- IRENA (2009). *List of Signatory States*, http://www.irena.org/downloads/Founconf/Signatory%20States_20090317.pdf; abgerufen am 14.04.2009.
- Jaffe, A.B. (1986). Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value. *American Economic Review*, 76(5), 984–1001.
- Jaffe, A.B., R.G. Newell, & R.N. Stavins (2003). *Technological change and the environment*. In: K. G. Mäler & J. R. Vincent (Eds.). *Handbook of Environmental Economics*, 1, 461-516. Amsterdam: Elsevier Science.
- Jaffe, A.B., R.G. Newell, & R.N. Stavins (2005). A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164-174.
- Jaffe, J. & R. Stavins (2007). *Linking Tradable Permit Systems for Greenhouse Gas Emissions: Opportunities, Implications, and Challenges*. IETA, Geneva.
- Johansson-Stenman, O. (2005). Distributional Weights in Cost-Benefit Analysis – Should We Forget about Them? *Land Economics*, 81(3), 337-352.
- Johnson, A. & S. Jacobsson (2002). "The Emergence of a Growth Industry: A Comparative Analysis of the German, Dutch and Swedish Wind Turbine Industries", paper presented at the DRUID conference. Copenhagen.
- Jones, C. & J. Williams (1998). Measuring the Social Rate of Return to R&D. *Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 119-135.
- Jung, M. (2006). Host country attractiveness for CDM non-sink projects. *Energy Policy*, 34(15), 2173-2184.
- Justus, D. & C. Philibert (2005). *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. OECD/IEA, Paris.
- Karlsson-Vinkhuyzen, S. & H. van Asselt (2009). Introduction: exploring and explaining the Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 9(3), 195-211.
- Katsoulacos, Y. (1997). *R&D Spillovers, R&D Cooperation, Innovation and International Environmental Agreements*. In: C. Carraro (Ed.). *International Environmental Agreements: Strategic Policy Issues*, 97-109. Cheltenham: Edward Elgar.
- Kaul, I., I. Grunberg, & M.A. Stern (1999). *Defining Global Public Goods*. In: I. Kaul, I. Grunberg & M. A. Stern (Eds.). *Global Public Goods: International Cooperation in the 21st Century*. New York: Oxford University Press.
- Kemfert, C. (2004). Climate coalitions and international trade: assessment of cooperation incentives by issue linkage. *Energy Policy*, 32, 455-465.
- Kirchgässner, G. (2008). *Homo Oeconomicus*. Tübingen: Mohr Siebeck.

- Kirchgässner, G. & F. Schneider (2003). On the Political Economy of Environmental Policy. *Public Choice*, 115(3/4), 369-396.
- Klaus, V. (2007). *Blauer Planet in grünen Fesseln – Was ist bedroht: Klima oder Freiheit?* Bratislava: Carl Gerold's Sohn Verlagsbuchhandlung.
- Kolstad, C.D. (1992). Regulating a Stock Externality Under Uncertainty with Learning. *University of Illinois, Department of Economics, Working Paper No. 92-0112*.
- Kolstad, C.D. (1996). Fundamental irreversibilities in stock externalities. *Journal of Public Economics*, 60(2), 221-233.
- Lambsdorff, J.G. & H. Fink (2006). Combating Corruption in Colombia: Perceptions and Achievements. *Passauer Discussionpapers*, V-44-06.
- Lawson, N. (2006). *An Appeal to Reason: A Cool Look at Global Warming*. London: Duckworth Overlook.
- Lenton, T., H. Held, E. Kriegler, J. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, & H.J. Schellnhuber (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 1786-1793.
- Lewis, J. (2007). Technology Acquisition and Innovation in the Developing World: Wind Turbine Development in China and India. *Studies in Comparative International Development (SCID)*, 42(3), 208-232.
- Lomborg, B. (2002). *The skeptical environmentalist measuring the real state of the world*. Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.
- Lomborg, B. (2004). *Global Crises, Global Solutions*. New York: Cambridge University Press.
- Lomborg, B. (2007). *Cool It – The Sceptical Environmentalist's Guide to Global Warming*. New York: Alfred A. Knopf.
- Löschel, A. (2002). Technological Change in Economic Models of Environmental Policy: A Survey. *Ecological Economics*, 43, 105-126.
- Lukacs, E. (2005). The Economic Role of SMEs in World Economy, Especially In Europe. *European Integration Studies*, 4(1), 3-12.
- Maddison, D. & A. Bigano (2003). The amenity value of the Italian climate. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(2), 319-332.
- Mankiw, N.G. & M.D. Whinston (1986). Free entry and social inefficiency. *Rand Journal of Economics*, 17, 48-58.
- Manne, A. & R. Richels (2004). The impact of learning-by-doing on the timing and costs of CO2 abatement. *Energy Economics*, 26(4), 603-619.
- Mansfield, E. (1975). International Technology Transfer: Forms, Resource Requirements, and Policy. *American Economic Review*, 65(2), 372-376.
- Mansfield, E. (1977). Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations. *Quarterly Journal of Economics*, 91, 221-240.
- Marcotte, C. & J. Niosi (2005). Small and Medium-sized Enterprises Involved in Technology Transfer to China: What do their Partners Learn? *International Small Business Journal*, 23(1), 27-47.
- Marshall, A. (1885). *The Present Position of Economics*. London: Macmillan.
- Mayer-Kuckuk, F. (2008). *Ohne uns*, Tagesspiegel, 10.07.2008. Berlin.
- McKibbin, W.J. & P. Wilcoxon (2003). [Global Warming Policy]: Reply from Warwick J. McKibbin and Peter Wilcoxon. *The Journal of Economic Perspectives*, 17(3), 205-206.
- McKibbin, W.J. & P. Wilcoxon (2007). *A credible foundation for cooperation*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 185-208. Cambridge: Cambridge University Press.

- McKibbin, W.J. & P.J. Wilcoxon (2002). The Role of Economics in Climate Change Policy. *The Journal of Economic Perspectives*, 16(2), 107-129.
- Meinshausen, M., B. Hare, T. Wigley, D. Van Vuuren, M. Den Elzen, & R. Swart (2006). Multi-gas Emissions Pathways to Meet Climate Targets. *Climatic Change*, 75(1), 151-194.
- Mendelsohn, R. (2005). *Memorandum to the House of Lords concerning the economics of climate change*. Parliament of the United Kingdom, 21.6.2005, 19.6.2008, London.
- Mendelsohn, R., A. Dinar, & L. Williams (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries. *Environment and Development Economics*, 11(02), 159-178.
- Mendelsohn, R.O. (2007). A Critique of the Stern Report – Is there a case for aggressive, near-term mitigation of greenhouse gases? *Regulation*, 29(4), 40-47.
- Meuser, M. & U. Nagel (2005). *ExpertInneninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion*. In: A. Bogner & W. Menz (Eds.). *Expertenwissen und Forschungspraxis: die modernisierungstheoretische und die methodische Debatte um die Experten. Zur Einführung in ein unübersichtliches Problemfeld*, 2, 71-93. Berlin: VS, Verlag für Sozialwissenschaften.
- Michaelowa, A. (2003). Global Warming Policy. *The Journal of Economic Perspectives*, 17(3), 204-205.
- Michaelowa, A., S. Butzengeiger, & M. Jung (2005a). Graduation and Deepening: An Ambitious Post-2012 Climate Policy Scenario. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 5(1), 25-46.
- Michaelowa, A. & P. Purohit (2007). *Additionality determination of Indian CDM projects. Can Indian CDM project developers outwit the CDM Executive Board?* Climate Strategies, Zürich.
- Michaelowa, A., K. Tangen, & H. Hasselknippe (2005b). Issues and Options for the Post-2012 Climate Architecture – An Overview. *International Environmental Agreements*, 5, 5-24.
- Milford, L. (2007). *Consultative Group on Climate Innovation – A Proposed Complementary Technology Track for the Post-2012 Period*. Paper presented at the Road to Copenhagen Conference on Leadership, Sustainable Development and Climate Change, 23. November, Brussels.
- Millock, K. (2002). Technology transfers in the Clean Development Mechanism: an incentives issue. *Environment and Development Economics*, 7, 449-466.
- Ministry of Environment and Forests (2004). *India's Initial National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Government of India, New Delhi.
- Mohr, E. (1995). International Environmental Permit Trade and Debt: The Consequences of Country Sovereignty and Cross-Default Policies. *Review of International Economics*, 3, 1-19.
- Mohr, E. & J.P. Thomas (1998). Pooling Sovereign Risks: The Case of Environmental Treaties and International Debt. *Journal of Development Economics*, 55, 173-190.
- Montgomery, W.D. & A.E. Smith (2005). *Price, Quantity, and Technology Strategies for Climate Change Policy*, Präsentation auf der 1. CRA International Conference.
- Morgan, M., P. Adams, & D. Keith (2006). Elicitation of Expert Judgments of Aerosol Forcing. *Climatic Change*, 75(1), 195-214.
- Müller, B. (2002). Viewpoint: A New Delhi Mandate? *Climate Policy*, 79, 1-3.
- Murdoch, J.C. & T. Sandler (1997). The voluntary provision of a pure public good: The case of reduced CFC emissions and the Montreal Protocol. *Journal of Public Economics*, 63, 331-349.

- Murray, F., P. Aghion, M. Dewatripontz, J. Kolevchand, & S. Stern (2009). Of Mice and Academics: Examining the Effect of Openness on Innovation. *NBER Working Paper No. 14819*.
- Newell, R. & W. Pizer (2003). Discounting the distant future: how much do uncertain rates increase valuations? *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(1), 52-71.
- Newell, R.G., A.B. Jaffe, & R.N. Stavins (1999). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), 941-975.
- Newell, R.G. & W.A. Pizer (2004). Uncertain discount rates in climate policy analysis. *Energy Policy*, 32(4), 519-529.
- Niederberger, A.A. & R. Saner (2005). Exploring the Relationship Between FDI Flows and CDM Potential. *Transnational Corporations*, 14(1), 1-41.
- Nondek, L. & A.A. Niederberger (2005). Statistical Analysis of CDM Capacity-Building Needs. *Climate Policy*, 4(3), 249-268.
- Nordhaus, W. (1982). How Fast Should We Graze the Global Commons? *The American Economic Review*, 72(2), 242-246.
- Nordhaus, W.D. (1991). To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect. *The Economic Journal*, 101(407), 920-937.
- Nordhaus, W.D. (1994a). Expert opinion on climatic change. *American Scientist*, 82(1), 45-51.
- Nordhaus, W.D. (1994b). *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Nordhaus, W.D. (2000). *Globale Öffentliche Güter*. In: W. Krull (Ed.). *Zukunftsstreit*, 187-201. Göttingen: Velbrück Wissenschaft.
- Nordhaus, W.D. (2005). Life after Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming Policies. *NBER Working Paper Series, No. 11889*
- Nordhaus, W.D. (2006). The Stern Review on the Economics of Climate Change. *NBER Working Papers Series, No. 12741*.
- Nordhaus, W.D. (2007a). A review of the Stern Review on the economics of climate change. *Journal of Economic Literature*, 45(3), 686-702.
- Nordhaus, W.D. (2007b). To Tax or Not to Tax: Alternative Approaches to Slowing Global Warming. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 26-44.
- Ockwell, D., J. Watson, G. MacKerron, P. Pal, F. Yamin, N. Vasudevan, & P. Mohanty (2007). *UK-India collaboration to identify the barriers to the transfer of low carbon energy technology*. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Oleschak, R. & U. Springer (2007). Measuring host country risk in CDM and JI projects: a composite indicator. *Climate Policy*, 7(6), 470-487
- Olmstead, S.M. (2007). *The whole and the sum of its parts*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement - Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 173-184. Cambridge: Cambridge University Press.
- Olmstead, S.M. & R.N. Stavins (2006). An international Policy Architecture for the Post-Kyoto Era. *American Economic Review*, 96(2), 35-38.
- Olsen, K. (2007). The clean development mechanism's contribution to sustainable development: a review of the literature. *Climatic Change*, 84(1), 59-73.
- Osborne, M.J. & A. Rubinstein (1990). *Bargaining and Markets* San Diego: Academic Press.
- Pacala, S. & R. Socolow (2005). Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*, 305(5686), 968-972.

- Pan, J. (2005). Meeting Human Development Goals with Low Emissions: An Alternative to Emissions Caps for post-Kyoto from a Developing Country Perspective. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 5(1), 89-104.
- Pearce, D., W. Cline, A. Achanta, S. Fankhauser, R. Pachauri, R. Tol, & P. Vellinga (1996). *The Social Cost of Climate Change: Greenhouse Damage and the Benefits of Control*. In: J. Bruce, H. Lee & E. Haites (Eds.). *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, 179-224. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pearce, D.W. (2003). The social cost of carbon and its policy implications. *Oxford Review of Economic Policy*, 19(3), 362-384.
- Philibert, C. (2005). The role of technological development and policies in a post-Kyoto climate regime. *Climate Policy*, 5(3), 291-308.
- Philibert, C. & J. Pershing (2001). Considering the options: climate targets for all countries. *Climate Policy*, 1(2), 211-227.
- Pies, I. (1999). *Theoretische Grundlagen demokratischer Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik – Der Beitrag Karl Poppers*. In: I. Pies & M. Leschke (Eds.). *Karl Poppers kritischer Rationalismus*, 1-38. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Pindyck, R.S. (1991). Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29(3), 1110-1148.
- Pindyck, R.S. (2000). Irreversibilities and the timing of environmental policy. *Resource and Energy Economics*, 22(3), 233-259.
- Pizer, W. (2006). Economics versus Climate Change. *Resources for the Future, Discussion Paper 06/04*.
- Pizer, W.A. (2007). *Practical Global Climate Policy*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 280-314. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pizer, W.A. & D. Popp (2007). Endogenizing Technological Change – Matching Empirical Evidence to Modeling Needs. *Resources for the Future, Discussion Paper 07-11*.
- Point Carbon (2007). *CDM Host Country Rating, August 2007*.
- Popp, D. (2006). R&D Subsidies and Climate Policy: Is there a “Free Lunch”? *Climatic Change*, 77(3-4), 311-341.
- Portney, P.R. & J. Weyant (1999). *Discounting and intergenerational equity*. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Pueyo Velasco, A. (2007). Variables underpinning technology transfers through the CDM. *Joint Implementation Quarterly*, 13(3), 5-6.
- Ramsey, F.P. (1928). A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, 138(152), 543-559.
- Rawls, J. (1971). *A theory of justice*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- REN21 (2007). *Global Status Report 2006 - Renewable Energies*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- Rennings, K., K.L. Brockmann, & H. Bergmann (1997). Voluntary agreements in environmental protection: experiences in Germany and future perspectives. *Business Strategy and the Environment*, 6(5), 245-263.
- Rosenberg, N. & L.E. Birdzell Jr. (1986). *How the West Grew Rich. The Economic Transformation of the West*. New York: Basic Books Inc.
- Rundshagen, B. (2004). *Strategische Verknüpfung von Umwelt- und Handelspolitik – eine spieltheoretische Analyse internationaler Koalitionsbildung*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag.
- Ruttan, V.W. (1959). Usher and Schumpeter on Invention, Innovation, and Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, 73(4), 596-606.

- Saggi, K. (2002). Trade, Foreign Direct Investment, and International Technology Transfer: A Survey. *World Bank Research Observer*, 17(2), 191-235.
- Saggi, K. (2004). *International technology transfer to developing countries*. London: Commonwealth Secretariat.
- Samuelson, P.A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387-389.
- Sandén, B.A. & C. Azar (2005). Near-term technology policies for long-term climate targets – economy wide versus technology specific approaches. *Energy Policy*, 33(12), 1557-1576.
- Sandler, T. (1997). *Global Challenges: An Approach to Environmental, Political, and Economic Problems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Sathaye, J., J. Sinton, & T. Heller (1999). Doing Better with Less Energy. *IEEE Spectrum*, 42-49.
- Schelling, T. (2007a). *Epilogue*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architecture for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 343-349. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schelling, T.C. (1992). Some Economics of Global Warming. *The American Economic Review*, 82(1), 1-14.
- Schelling, T.C. (1997). The Cost of Combating Global Warming. Facing the Tradeoffs. *Foreign Affairs*, 76(6), 8-14.
- Schelling, T.C. (2002). What Makes Greenhouse Sense? Time to Rethink the Kyoto protocol. *Foreign Affairs*, 81(3), 2-9.
- Schelling, T.C. (2007b). Climate Change: The Uncertainties, the Certainties and What They Imply About Action. *The Economists' Voice*, 4(3, Article 3).
- Schneider, M., A. Holzer, & V.H. Hoffmann (2008). Understanding the CDM's contribution to technology transfer. *Energy Policy*, 36(8), 2920-2928.
- Schumpeter, J.A. (1911). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Seith, A. (2009). *G8 feiert Gipfel der Einigkeit*; Spiegel Online vom 10.07.2009, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,635508,00.html>; abgerufen am 03.08.2009.
- Seres, S. (2007). *Analysis of technology transfer in CDM projects*. Prepared for UNFCCC Registration & Issuance Unit CDM/SDM.
- Sharlin, H.I. (1961). From faraday to the dynamo. *Scientific American*, 31, 865–878.
- Sinn, H.-W. (2008). Das grüne Paradoxon: Warum man das Angebot bei der Klimapolitik nicht vergessen darf. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, Band 9 (Sonderheft), 109 - 142.
- Solow, R.M. (1974a). The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, 64(2), 1-14.
- Solow, R.M. (1974b). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. *The Review of Economic Studies*, 41, 29-45.
- Sterk, W. & B. Wittneben (2006). Enhancing the clean development mechanism through sectoral approaches: definitions, applications and ways forward. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 6, 271-287.
- Stern, N.H. (2007). *The Economics of Climate Change – The Stern Review*. Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.
- Stewart, R.B. & J.B. Wiener (2003). *Reconstructing Climate Policy: Beyond Kyoto*. Washington D.C.: American Enterprise Institute Press.
- Sugiyama, T. & J. Sinton (2005). Orchestra of Treaties: A Future Climate Regime Scenario with Multiple Treaties among Like-minded Countries. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 5(1), 65-88.

- Tamura, K. (2003). *Combining Climate Protocol and Research and Development Protocol as an Incentive for Global Participation*. NIES/IGES Joint Research Report.
- Tamura, K. (2006). *Technology Development and Transfer*. In: A. Srinivasan (Ed.). *Asian Aspirations for Climate Regime Beyond 2012*, 53-76. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies.
- Tangen, K., H. Hasselknippe, & A. Michaelowa (2005). *Modyfing Kyoto*. In: T. Sugiyama (Ed.). *Governing Climate: The Struggle for a Global Framework Beyond Kyoto*, 11-32. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- Tébar Less, C. & S. McMillan (2005). Achieving the successful transfer of environmentally sound technologies: trade-related aspects. *OECD Trade and Environment, Working Paper No. 2005-2*.
- The White House (2009). *Remarks by the President on Major Economies Forum Declaration*, Presseerklärung auf dem G8 Gipfel in L'Aquila, Italien, am 9. Juli 2009, Office of the Press Secretary.
- Tietenberg, T.H. (2006). *Environmental and natural resource economics*. Boston [u.a.]: Pearson [u.a.].
- Tjernshaugen, A. (2005). United States participation in future climate agreements – An assessment. *CICERO Policy Note 2005:01*.
- Tol, R. (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. *Energy Policy*, 33(16), 2064-2074.
- Tol, R. & G. Yohe (2006). A Review of the Stern Review. *World Economics*, 7(4), 233-250.
- Ueno, T. (2006). Reengineering the Climate Regime: Design and Process Principles of International Technology Cooperation for Climate Change Mitigation. *Resources for the Future, Discussion Paper 06-48*.
- Ulph, A. & D. Ulph (2007). Climate change — environmental and technology policies in a strategic context. *Environmental and Resource Economics*, 37(1), 159-180.
- UNCED (1992). *Agenda 21*. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, Rio de Janeiro.
- UNCTAD (1993). *Small and Medium-Sized Transnational Corporations: Role, Impact and Policy Implications*. Geneva.
- UNCTAD (2007). *FDI Indices*, <http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemID=2468&lang=1>; abgerufen am 03.04.2008.
- UNEP (2007). *Guidebook to Financing CDM Projects*. UNEP Risoe Center and EcoSecurities.
- UNEP Risoe (2007). *CDM/JI Pipeline Analysis and Database, November 2007*, <http://cdmpipeline.org/>; abgerufen am 11.12.2007.
- UNEP Risoe (2009). *CDM/JI Pipeline Analysis and Database, March 1st 2009*, <http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm>; abgerufen am 03.04.2009.
- UNFCCC (1992). *United Nations framework convention on climate change. International Legal Materials 31*, 849. New York.
- UNFCCC (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York.
- UNFCCC (2001). *17/CP.7. Modalities and procedures for a clean development mechanism, as defined in Article 12 of the Kyoto Protocol*. Report of the Conference of the Parties on its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001.
- UNFCCC (2004). *Summary of the senior-level round-table discussion on enabling environments for technology transfer, held at the ninth session of the Conference of the Parties*. New York.

- UNFCCC (2006a). *A guidebook on preparing technology transfer projects for financing*. Bonn.
- UNFCCC (2006b). *Technologies for Adaptation to Climate Change*. Bonn.
- UNFCCC (2007a). *Bali Action Plan*. FCCC/CP/2007/L.7/Rev.1, New York.
- UNFCCC (2007b). *Investment and Financial Flows – To address Climate Change*. Bonn.
- UNFCCC (2007c). *Report on the dialogue on long-term cooperative action to address climate change by enhancing implementation of the Convention*. FCCC/CP/2007/4, Bonn.
- UNFCCC (2007d). *Summary of the senior-level round-table discussion on international technology cooperation and partnerships in the development, deployment, diffusion and transfer of environmentally sound technologies and know-how*. FCCC/SBSTA/2007/2, Bonn.
- United Nations (1992). *Agenda 21*. Rio de Janeiro.
- van der Sluijs, J. & W. Turkenberg (2006). *Climate change and the precautionary principle*. In: E. Fisher, J. Jones & R. von Schomberg (Eds.). *Implementing the Precautionary Principle*, 245-269. Cheltenham: Edward Elgar.
- Victor, D.G. (2004). *Climate Change – Debating America’s Policy Options*. New York: Council on Foreign Relations.
- Victor, D.G. (2007). *Fragmented carbon markets and reluctant nations: implications for the design of effective architectures*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement – Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 133-161. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weitzman, M.L. (1974). Prices vs. Quantities. *The Review of Economic Studies*, 41(4), 477-491.
- Weitzman, M.L. (2007). A review of The Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature*, XLV, 703-724.
- Weyant, J. (1999). *The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation*. The Energy Journal, Special Issue, International Association for Energy Economics.
- Weyant, J.P. (2008). A Critique of the Stern Review's Mitigation Cost Analyses and Integrated Assessment. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(1), 77-93.
- Wiener, J.B. (1999). Global Environmental Regulation: Instrument Choice in Legal Context. *Yale Law Journal*, 108, 677-800.
- Wiener, J.B. (2007). *Incentives and meta-architecture*. In: J. E. Aldy & R. N. Stavins (Eds.). *Architectures for Agreement - Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, 67-79. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilkins, G. (2002). *Technology transfer for renewable energy overcoming barriers in developing countries*. London: Earthscan.
- Worrell, E., R. van Berkel, Z. Fengqi, C. Menke, R. Schaeffer, & R. O. Williams (2001). Technology Transfer of Energy Efficient Technologies in Industry: a Review of Trends and Policy Issues. *Energy Policy*, 29(1), 29-43.
- WTO (2006). *International Trade Statistics 2006*.
- Xu, B. & J. Wang (1999). Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD. *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie*, 32(5), 1258-1274.
- Yakowitz, H. & R. Hanmer (1993). *Policy Options - Encouraging Cleaner Production in the 1990s*. In: T. Jackson (Ed.). *Clean Production Strategies - Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Yi, S.-S. (1997). Stable Coalition Structures with Externalities. *Games and Economic Behavior*, 20(2), 201-237.

- Zhang, Z.-X. (2007). China is moving away the pattern of "develop first and then treat the pollution". *Energy Policy*, 35(7), 3547-3549.
- Zickfeld, K., A. Levermann, M.G. Morgan, T. Kuhlbrodt, S. Rahmstorf, & D.W. Keith (2007). Expert judgements on the response of the Atlantic meridional overturning circulation to climate change. *Climatic Change*, 82, 235-265.

Appendix A: List of Interview Participants

Number	Country	Stakeholder´position	Date of interview
1	India	Research	06.12.2007
2	India	Business	11.12.2007
3	Ghana	Policy	23.01.2008
4	Great Britain	Business	21.12.2007
5	Italy	Research	12.12.2007
6	Netherlands	Research	08.12.2007
7	Germany	Research	12.12.2007
8	Belize	Policy	13.12.2007
9	Canada	Research	12.12.2007
10	USA	Research	06.12.2007
11	Germany	Policy	04.12.2007
12	Belgium	Policy	20.12.2007
13	Netherlands	Research	08.12.2007
14	China	Research	09.12.2007
15	USA	Research	13.12.2007
16	Bangladesh	Policy	10.12.2007
17	Germany	Business	10.12.2007
18	Japan	Research	06.12.2007
19	Germany	Research	06.12.2007
20	India	Business	05.12.2007
21	Romania	Policy	05.12.2007
22	Great Britain	Business	07.12.2007

Appendix B: Questionnaire Frame for expert interviews on cooperation in the development and transfer of technologies

Name: _____

Position: _____

Country: _____

Contact address: _____

A: Importance of technological cooperation for solving problem of climate change

7 In your understanding what is cooperation in the development and transfer of technology?

8 Do you think that there is a different perception of the word technology transfer?

9 How often per week are you confronted with the word technology transfer or technology cooperation?

10 Could you shortly describe an example of a project you know of that includes/aims for technology transfer?

11 In general, how would you assess the importance of technology transfer to big developing countries (India, China, Brazil) in order to solve the problem of climate change?

B: Assessment of current Kyoto and UNFCCC mechanism

12 In relation to Article 4, paragraph 5 of the convention, how would you assess the degree of international technology cooperation in development and transfer ... under the UNFCCC and its Kyoto Protocol?

C: Options for a strengthening the technology issue within a post-Kyoto Protocol?

13 Do you think development and transfer of technology (in general and to big developing countries) will play a crucial role within the post-Kyoto negotiations?

[Grey bar for response]

14 Regarding the technology development cycle, where will the focus be pointed at?

[Grey bar for response]

15 In your opinion which mechanisms could be main driving forces for cooperation in development and transfer of technologies (in general and with big developing countries in particular) within a post-Kyoto agreement?

[Grey bar for response]

16 In which areas do you see potential for implementing R&D-based agreements within a post-Kyoto agreement?

[Grey bar for response]

17 If yes, how could such an agreement look like?

[Grey bar for response]

18 What might be major obstacles to overcome (in general and in particular in joint R&D)?

[Grey bar for response]

19 Do you think that stronger technological package (R&D cooperation and diffusion of existing technologies) could provide incentives for countries like China or India to participate (take on stronger commitments) in a post-Kyoto Protocol?

[Grey bar for response]

D: International technological cooperation outside UNFCCC

20 How would you assess the degree of international technology cooperation within the Asian Pacific Partnership for Climate Change and Development (APP) compared to the UNFCCC/Kyoto efforts?

[Grey bar for response]

21 How do you think the APP affects the post-Kyoto-Process?

[Grey bar for response]

Appendix C: Questionnaire Frame on the Indian Pulp and Paper Industry

Questionnaire of the Indian Pulp and Paper Industry

What is the name of your mill?	
What is your position in the mill?	
What is your name? (just for clarification requests)	
Email adress that can be contacted:	
If your mill is part of a larger company, what is the name of this mother company?	
<i>(all informations will be treated absolutely confidential)</i>	

1. General Information

1. What is the legal form of your mill?
- Privately owned Publicly owned
- Mixed ownership

2. Which definition describes your mill best?
- Independent mill
- Part of a larger firm with several production-sites
- Number of sites:

3. Where is your mill located?
- City area Rural area

4. When was your mill founded/established?
- Year:

5. What is the approximate percentage of raw material/furnish used for production in your mill?

Agro	%
Wood & Bamboo	%
Waste Paper	%
Total	100 %

6. What kind of paper does your mill mainly produce?
- Writing & printing grade Newsprint
- Paper board Packaging grade
- Others

7. Did you plan or are you planning to switch to waste paper in your production?
- Yes, entirely Yes, partially No

8. What is the yearly production capacity of your mill?
- Tons/year:

9. What kind of growth trend in the mill's production capacity do you expect for the next two years?
- Reduction Constant Increase

10. How many employees (in total) work at your mill?
- Number of employees:

11. Please indicate the proportions of employees with a university diploma/degree, qualified workers and unqualified workers (in percentage).
- | | |
|--|---|
| University diploma/degree (any discipline) | <input style="width: 50px;" type="text"/> % |
| Qualified workers (e.g. apprenticeship) | <input style="width: 50px;" type="text"/> % |
| Unqualified workers | <input style="width: 50px;" type="text"/> % |
| Total | 100% |

12. Where are the mill's customers located? (Multiple Checks possible)
- Regional National International

13. Approximately, how big is the export share of your mill's sales?
- %

14. Is your mill exchanging knowledge with other Indian firms? (Multiple checks possible)
- Yes, within the Pulp and Paper Industry
- Yes, with other industries like:
- No

15. Is your mill in contact with international (foreign) firms in any of the following ways? (Multiple checks possible)
- Supplier of an international firm
- Customer of an international firm
- Research cooperation
- Personal, informal contact
- Meeting on trade fairs
- No contact

16. Is your mill participating in business associations of the Pulp and Paper (P&P) industry on different geographical levels?
- National International
- No participation

Questionnaire of the Indian Pulp and Paper Industry

17. How do you perceive on a scale from 1 to 7 the regional availability of biomass for energy provision at your mill?

Very bad Very good

18. Please try to roughly quantify the relative proportions of energy sources for your mill's production? (OSE = on-site electricity)

Fossil fuels for OSE or heat production	█ %
Electricity from grid	█ %
Biomass for OSE or heat production	█ %
Other renewables	█ %
Total	100%

2. Technology assessment

1. How do you perceive the average level of the technological standard in the Indian pulp and paper (P&P) industry compared to the best available technologies in the world?

Much lower Equal to best available technology

2. How do you perceive the general technological standard of your mill compared to the average in Indian P&P industry?

Much lower Much higher

3. Which of the following technologies did you already implement or are you planning to implement?

Technology (applicable to all mills)	Implemented	Planned	Not
<i>Energy savings in drying section through energy efficient technologies (e.g. heat recovery system or closed hoods)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Combined Heat and Power Generation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Pressing to high consistency (e.g. by extended nip press (paper making), a higher pressure impulse press)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Efficient closed cycle brown stock washing and screening and process control (e.g. Rotary drum vacuum washer, wash presses or pressurized drum or diffuser washers)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Elemental chlorine free (ECF) bleaching with low AOX</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Collection and incineration of odorous gases in the recovery boiler or lime kiln (e.g. odorous gases (weak and strong) from cooking and evaporation section and transfer these gases using ejectors and blowers).</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Primary or secondary biological treatment or flocculation of wastewater (e.g. Aerobic treatment, Activated sludge process etc.)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Installation of improved washing of lime mud in recausticizing (e.g. pressure filter)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technology (applicable to agro/wood based mills only)	Implemented	Planned	Not
<i>Continuous cooking digester</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Chemical recovery boiler</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Extended modified cooking</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technology (applicable to waste paper mills only)	Implemented	Planned	Not
<i>High or medium consistency pulping</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Cleaning Technology (Floatation)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Ink waste management (drying & burning or Burning as such)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Besides the technologies mentioned in question 3, did your mill recently implement (*i.e. in the last five years*) or is planning (in the next two years) to implement technologies to modernize the technological standard in the production process?

Yes, implemented Yes, planned No

If you answered both questions 3 and 4 with NO, please proceed to Question 18, otherwise please continue with Question 5

5. In which sections were technologies recently implemented/are planned? (Multiple checks possible)

Energy Provision

Production Process (core technologies):

Pulping
 Washing, Screening, Bleaching

Questionnaire of the Indian Pulp and Paper Industry

- Chemical Recovery
- Paper Machine
- Production Process control and auxiliary systems
- Waste Water Treatment

6. How would you rate the average standard of the recently implemented/planned technologies in comparison with the average technological standard in the Indian P&P Industry

Much lower Much higher

7. Have parts of the implemented/planned technologies been used in other industries in India before?

- Yes No Do not know

8. If yes in which industries?

9. If your mill invested or is planning to invest: What were/are main reasons for your technology investments? (No more than three checks)

- To increase output
- To improve energy efficiency for cost reduction
- To benefit from state subsidies
- To comply with new policy regulations
- To improve the quality of the product
- Others like: _____

10. In general, how strongly are inhouse engineers involved in the process of planning and implementing new technologies?

Not at all Totally

11. In general, how important is the training of your workers to use the planned/newly implemented technologies?

No importance Big importance

12. If workers are trained: Who provides the training?

	No Involvement	Strong involvement
Inhouse experts	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Tech. consultant*	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Tech. provider**	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

*Tech consultant: Consultant knowledgeable about implemented technology and independent of your mill and technology provider

**Technology provider: Supplier and/or manufacturer of the technology

13. To what extent do international technology provider supply the recently implemented or planned technologies?

Not at all Totally

14. If international technology providers are involved, in which form are they mainly represented in India?

- Via sales agents
- Own distribution agency
- Joint Ventures with Indian firms
- Own production sites

15. If international technology providers are involved, from which countries do they mainly come from?

16. In what form did/does your mill receive technology support from the technology providers? (Multiple checks possible)

- Installation of the machines
- Training of the workers to operate the machines
- Cooperation with inhouse engineers to improve the implemented technology
- No support (Just delivery of the machine)

17. What were/are major reasons for choosing your technology providers? (No more than three checks)

- Cheapest offer
- Better quality of the product
- Higher reliability on the technology
- Technology provider was easy to identify
- Service offer next to machine (e.g. training)
- No Indian technology provider known
- Others like: _____

18. Did any of the following difficulties in the investment process occur? (No more than three checks)

- Problems of bureaucracy
- Problems to find a technology provider
- Problems to get the investment financed
- Problems to use the new technology (lack of qualification of workers)
- Others like: _____
- No problems

19. In case any investment plans in new technology failed entirely in the planning phase, which reasons were most important? (No more than three checks)

- Problems of bureaucracy
- Difficulties to find a provider of the technology wanted
- Difficulties to finance the investment project
- Difficulties to find somebody to install the technology
- Others like _____

Questionnaire of the Indian Pulp and Paper Industry

3. New Investment Opportunities

1. Would you consider climate change as a concern for your mill in the future?

No concern Huge concern

2. Do you have an inventory/ auditing scheme in order to assess your greenhouse gas emissions?

Yes No

3. How would you estimate the potential for reducing Greenhouse Gas Emissions (e.g. by becoming more energy-efficient) at your mill?

No potential Huge potential

4. Please indicate the three main sections with the highest potential for Greenhouse Gas Emissions Reduction:

Energy Provision

Production Process (core technologies):

Pulping

Washing, Screening, Bleaching

Chemical Recovery

Paper Machine

Production Process control and auxiliary systems

Waste Water Treatment

5. Does your mill know about the Clean Development Mechanism (CDM), which is part of the Kyoto Protocol?

Yes,

Not at all

6. What is your approach to the following technology investment opportunities that have already been registered or are being planned under CDM (all are posted on UNFCCC website)? (Multiple checks possible)

Technologies of registered or planned CDM projects in Indian Pulp and Paper industry	Implemented or planned without CDM	Registered, registration requested or under validation	In PDD writing or idea phase	Not implemented or planned
<i>Methane Extraction and Fuel Conservation Project (e.g. Biomethanation using up flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Combined heat and power generation (CHP) from biomass.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Optimization of steam consumption by applying retrofit measures in blow heat recovery system (BHRS).</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Optimization of steam consumption by installing FFFF evaporator.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Condensate Recovery from Revamping of Falling Film Evaporator and Installation of new Condenser.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Energy efficiency programmes for specific heat recovery technologies (e.g. Recovery and reuse of waste heat emanating from boiler, paper machines and turbine through innovations)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Energy Efficiency improvement measures in electrical and other equipments (i.e. Installation of variable frequency drives, replacement of existing equipments with more efficient equipments, optimization in operation of equipment and controls.)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

If your mill does not know the CDM at all, you may finish the questionnaire here. If yes, please continue.

7. How would you rate your mill's knowledge about the CDM?

Beginner → Expert

•In general

•About the eligibility criteria (Additionality)

•About the detailed procedures of the registration process

•About possible opportunities of CDM in Indian P&P industry

Questionnaire of the Indian Pulp and Paper Industry

8. Where did your mill get first informations about the CDM from?

- Inhouse efforts
- Domestic consultant/project developer
- International consultant/project developer
- Industry association

9. How do you try to improve your mill's knowledge about the CDM? (Multiple checks possible)

- Journals
- UN-Websites
- Industry associations
- Domest. consultant/project Developer
- International consultant/project developer
- Others like:
- Not at all

10. Which importance does CDM have on future investment decisions for your mill?

No importance Huge importance

11. Do you feel, that since CDM has been established your mill's knowledge about different investment opportunities has improved? (Multiple checks possible)

- Yes, about energy efficiency
- Yes, about energy generation
- Yes, about waste treatment
- No

12. Have you already started or are you planning already concrete CDM projects at your mill?

- Yes
- No

13. If no CDM projects are implemented or planned: What are your main reasons for not pursuing CDM projects? (No more than three checks)

- Complexity of CDM process
- No methodology exists for GHG reduction opportunities identified at your mill
- Uncertainty in current CDM process
- Uncertainty about the post-Kyoto regulation (e.g., the validity of Certificates after 2012)
- Lack of capital (even with additional CDM revenues)
- Lack of knowledge about the different opportunities
- Difficulties to find somebody to manage a CDM project

If you answered question 12 with NO please finish the questionnaire here, otherwise please continue

14. How many of your mill's CDM projects are:

registered:

in validation or registration request phase

in PDD writing or idea phase

The next questions apply to the CDM project that is most advanced (idea phase also valid).

15. Please give a very short description of the project/ technology or - if already existing - the name or reference number (optional).

16. In which section of your mill's production chain is the project situated?

- Energy Provision
- Production Process (core technologies):
 - Pulping
 - Washing, Screening, Bleaching
 - Chemical Recovery
 - Paper Machine
- Production Process control and auxiliary systems
- Waste Water Treatment

17. Who manages the CDM-Project?

- Inhouse
- Private consultant/project developer
- Non-Governmental-Organisation
- Public Organisation (e.g. World Bank)
- Not yet decided

18. If the project involves international managers, from which country do the CDM project managers come?

19. Who finances the part of the investment project that is not related to certified emissions reductions (CERs)?

- Inhouse
- Domestic private investor
- Domestic public investor
- International private investor
- International public investor
- Not yet decided

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung internationaler Klimaschutzabkommen – Eine ökonomische Nutzen-Kosten-Betrachtung am Beispiel der technologischen Kooperation

selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe und dass alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, als solche gekennzeichnet sind. Ich habe die Dissertation noch nicht einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich habe bisher noch keinen Dokortitel erlangt oder versucht einen zu erlangen.

Andreas Holzer

Karlsruhe, den 3. September 2009