

Der Open-Access-Publikationsserver der ZBW – Leibniz-Informationzentrum Wirtschaft  
*The Open Access Publication Server of the ZBW – Leibniz Information Centre for Economics*

Heister, Johannes; Stähler, Frank

Working Paper

## Globale Umweltpolitik und joint implementation: Eine ökonomische Analyse für die Volksrepublik China

Kiel Working Papers, No. 644

**Provided in cooperation with:**

Institut für Weltwirtschaft (IfW)

Suggested citation: Heister, Johannes; Stähler, Frank (1994) : Globale Umweltpolitik und joint implementation: Eine ökonomische Analyse für die Volksrepublik China, Kiel Working Papers, No. 644, <http://hdl.handle.net/10419/46990>

**Nutzungsbedingungen:**

Die ZBW räumt Ihnen als Nutzerin/Nutzer das unentgeltliche, räumlich unbeschränkte und zeitlich auf die Dauer des Schutzrechts beschränkte einfache Recht ein, das ausgewählte Werk im Rahmen der unter

→ <http://www.econstor.eu/dspace/Nutzungsbedingungen> nachzulesenden vollständigen Nutzungsbedingungen zu vervielfältigen, mit denen die Nutzerin/der Nutzer sich durch die erste Nutzung einverstanden erklärt.

**Terms of use:**

*The ZBW grants you, the user, the non-exclusive right to use the selected work free of charge, territorially unrestricted and within the time limit of the term of the property rights according to the terms specified at*

→ <http://www.econstor.eu/dspace/Nutzungsbedingungen>  
*By the first use of the selected work the user agrees and declares to comply with these terms of use.*

# Kieler Arbeitspapiere

# Kiel Working Papers

**Arbeitspapier Nr. 644:**

**Globale Umweltpolitik und Joint Implementation:  
Eine ökonomische Analyse für die Volksrepublik China**

von

Johannes Heister und Frank Stähler

Kiel, im August 1994



Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel  
The Kiel Institute of World Economics

ISSN 0342 - 0787

Institut für Weltwirtschaft  
Düsternbrooker Weg 120  
24105 Kiel

Arbeitspapier Nr. 644:

**Globale Umweltpolitik und Joint Implementation:  
Eine ökonomische Analyse für die Volksrepublik China**

von  
Johannes Heister und Frank Stähler

Kiel, im August 1994

554789

*Zusammenfassung:*

In diesem Papier beschäftigen wir uns mit den Möglichkeiten einer globalen Umweltpolitik, die eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum Ziel hat. Wir konzentrieren uns hierbei auf die im Rahmen des joint-implementation-Ansatzes in die Diskussion eingebrachten Vorschläge und diskutieren diese am Beispiel der Volksrepublik China. Die im Rahmen von joint implementation vorgesehenen Direktinvestitionen stellen Realtransfers dar, die prinzipiell in der Lage sind, internationale Reduktionskostenunterschiede auszunutzen und einen Beitrag zur Lösung der Souveränitätsproblematik zu leisten. Wir diskutieren die Rolle der Volksrepublik China für eine globale Umweltpolitik und evaluieren anschließend die Möglichkeiten dieser Realtransfers. Anhand eines einfachen Transfermodelles und einer Beispielrechnung läßt sich dann zeigen, daß joint implementation keineswegs allein in der Lage ist, eine effektive globale Klimapolitik zu gewährleisten.

Dieses Papier entstand im Rahmen eines von der Volkswagen-Stiftung geförderten Projektes über "Internationale Abkommen zur Reduzierung von Umweltschadstoffen". Wir danken der Volkswagen-Stiftung für die finanzielle Unterstützung, Gernot Klepper und Ernst Mohr für die zahlreichen Anregungen sowie Yvonne Kurkowski für die ausführlichen Datenrecherchen. Selbstverständlich sind nur wir für mögliche Irrtümer verantwortlich.

Für Inhalt und Verteilung der Kieler Arbeitspapiere ist der jeweilige Autor allein verantwortlich, nicht das Institut. Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregung und Kritik direkt an den Autor zu wenden und etwaige Zitate vorher mit ihm abzustimmen.

## 1. Einleitung und Problemstellung

Die Gefahren einer globalen Klimaerwärmung sind in den meisten Ländern der Erde spätestens seit dem Erdgipfel in Rio (UNCED) bekannt. Die Heterogenität der Interessen hat zwar verhindert, daß auf dieser Konferenz ein globaler Klimavertrag mit verbindlichen Reduktionsvorgaben unterzeichnet wurde (Heister, Klepper, Stähler, 1992), einzelne Staaten haben sich jedoch verpflichtet, ein bestimmtes Klimagas, CO<sub>2</sub>, auf nationaler Ebene zu reduzieren. Auch wenn bezweifelt werden muß, ob eine Klimapolitik, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Mittelpunkt stellt, effizient sein kann (Michaelis, 1992, 1993), dominieren entsprechende Reduktionsoptionen die politische Diskussion. CO<sub>2</sub>-Emissionen gehen maßgeblich auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurück. Dementsprechend bedeutet eine Einschränkung dieser Emissionen eine Umstrukturierung des Primärenergieeinsatzes von kohlenstoffreichen hin zu kohlenstofffreien oder kohlenstoffarmen Energieträgern und eine Erhöhung der energetischen Effizienz. Gerade die Erhöhung der energetischen Effizienz scheint in den zu einer nationalen Klimapolitik entschlossenen Ländern, beispielsweise die Bundesrepublik Deutschland, hohe Kosten zu verursachen, wenn sie allein im nationalen Rahmen durchgesetzt werden soll. Diese hohen Kosten einer so ausgerichteten Klimapolitik gehen auf das bereits im internationalen Vergleich hohe Niveau energetischer Effizienz in diesen Ländern zurück.

Vor diesem Hintergrund ist der joint-implementation-Ansatz zu verstehen (Bohm, 1994a, b). Joint implementation bedeutet, daß die für eine Reduktion notwendigen Maßnahmen regional nicht auf das Land beschränkt sein müssen, welches sich zu Reduktionen verpflichtet hat. Dieses Konzept soll den Akteuren, die zu Reduktionsmaßnahmen verpflichtet sind, ermöglichen, entsprechende Maßnahmen alternativ zur nationalen Implementierung in anderen Ländern durchzuführen. Joint implementation geht somit nicht auf eine umfassende globale Klimapolitik zurück, sondern akzeptiert, daß sich eine Reihe von Ländern nicht einem strikten weltweiten Klimaregime unterwirft. Joint implementation will Kostensenkungspotentiale in der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen dadurch realisieren, daß die nationalen Reduktionspflichten auch in Ländern, die sich nicht zu einer Klimapolitik verpflichtet haben, geleistet werden können. Dabei konzentriert sich joint implementation auf Direktinvestitionen in diesen Ländern.

Wir gehen in diesem Papier davon aus, daß sich ein Land, beispielsweise die Bundesrepublik Deutschland, auf eine bestimmte Reduktionsleistung glaubhaft verpflichtet hat. Alternativ zu der Gewährleistung dieses Zieles allein durch nationale Reduktionen diskutieren wir im folgenden die Möglichkeiten und Grenzen einer solchen Politik im

Rahmen des joint-implementation-Ansatzes am Beispiel der Volksrepublik China. Im folgenden Kapitel wird deshalb zunächst die Rolle der Volksrepublik China für globale CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategien dargestellt. Im dritten Kapitel werden die im Rahmen von joint implementation vorgesehenen Maßnahmen ökonomisch interpretiert und ihre mögliche Wirkungsweise für drei verschiedene Optionen diskutiert. Kapitel 4 enthält eine Abschätzung von Reduktionskosten in der Volksrepublik China und vergleicht diese mit diskutierten CO<sub>2</sub>-Steuersätzen. In Kapitel 5 werden Schlußfolgerungen für die Möglichkeiten einer joint-implementation-Politik mit der Volksrepublik China gezogen.

## **2. Die Rolle der Volksrepublik China für globale CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategien**

Die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen stellt ein globales Gut dar, da die ökologischen Auswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Reduktion unabhängig vom Ort der Reduktion sind. Deshalb können die nationalen Emissionen direkt verglichen werden bzw. können Reduktionen an einer Stelle mit Zusatzemissionen an anderer Stelle verrechnet werden. Der joint-implementation-Ansatz greift diese Tatsache auf und schlägt deshalb vor, daß es nationalen Emittenten, die zu einer Reduktion verpflichtet werden, erlaubt sein soll, diese Reduktionen an einem Ort ihrer Wahl, beispielsweise in der Volksrepublik China, durchführen zu lassen. Bevor wir diesen Vorschlag im nächsten Abschnitt näher diskutieren, muß die Frage beantwortet werden, vor welchem Hintergrund joint implementation stattfinden soll. Deshalb geht es in diesem Abschnitt darum, darzulegen, welche Rolle die Volksrepublik China für die jetzigen und zukünftigen weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen spielt.

Tabelle 1 dokumentiert, daß im Jahre 1990 vornehmlich die industrialisierten Länder zu den weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen beigetragen haben. Mit 10,4 Mio. t CO<sub>2</sub> haben die Länder der OECD fast die Hälfte der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen produziert. Die Volksrepublik China ist allerdings schon der Spitzenreiter in der Ländergruppe der Nicht-OECD-Staaten mit einem Volumen von 2,4 Mio. t CO<sub>2</sub>, was bereits deutlich mehr als ein Zehntel der weltweiten Emissionen ausmacht. Dagegen fallen andere Länder deutlich ab; selbst ein Land wie Südkorea, welches sich durch hohe Wachstumsraten in der Vergangenheit auszeichnete, emittiert nur etwa ein Zehntel der chinesischen Emissionen.

Tabelle 1: Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in ausgewählten Ländern und Regimen (1990)

	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mio. t CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf in t CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Einheit BSP in t CO <sub>2</sub> pro 1000 USD (in Preisen von 1985)	Anteil an den weltweiten CO <sub>2</sub> -Emissionen
Deutschland	1039	13,05	1,34	4,82
Frankreich	384	6,8	0,64	1,78
Großbritannien	589	10,26	1,11	2,73
Europäische Union	3180	10,15 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	14,74
USA	5020	19,97	1,09	23,27
Japan	1060	8,58	0,63	4,91
OECD	10400	14,97 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	48,21
Brasilien	223	1,48	0,88	1,03
Indien	594	0,72	2,10	2,75
Polen	358	9,4	5,15	1,66
Südkorea	246	5,74	1,63	1,14
China	2400	2,11	5,78	11,13
Welt	21570	k. A. <sup>b</sup>	k.A. <sup>b</sup>	100

Quelle: IEA (1992), S. 28

<sup>a</sup>eigene Berechnungen

<sup>b</sup>keine Angaben. Die fehlende Angabe gründet sich auf nicht verfügbare Daten für viele ehemalige Ostblockländer.

Tabelle 1 offenbart auch, daß sich die Pro-Kopf-Emissionen deutlich unterscheiden. Die Volksrepublik China weist selbst im Vergleich mit den anderen Nicht-OECD-Ländern eine deutlich geringere Pro-Kopf-Emission auf. Dies verdeutlicht, daß für eine globale CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategie, die jedem Land die gleichen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf zubilligt, starke Umverteilungseffekte zu erwarten wären. Die Pro-Kopf-Emissionen sind jedoch für die Möglichkeiten des joint-implementation-Ansatzes weniger relevant, denn hier kommt es zunächst auf die mit einer Reduktion verbundenen Kosten an. Die dritte Spalte der Tabelle 1 bildet die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einheit Bruttosozialprodukt ab. Diese Maßzahl ist ein Ausgangspunkt, um der Frage nachzugehen, wieviel Einheiten Bruttosozialprodukt für eine Einheit CO<sub>2</sub>-Reduktionen aufgegeben werden muß.

Die Volksrepublik China weist hier den mit Abstand höchsten Wert auf. Dies bedeutet, daß in China das Bruttosozialprodukt sehr kohlenstoffintensiv erstellt wird. Demgegenüber weisen die Länder der OECD Werte auf, die im Schnitt weniger als ein Fünftel ausmachen. Dies ist ein plausibles Ergebnis, weil die Länder der OECD bereits ein relativ hohes Maß an energetischer Effizienz erreicht haben. Der Kehrwert dieser Maßzahl ist ein Indiz für die Obergrenze der Durchschnittskosten von Reduktionen in den unterschiedlichen Regionen, da er angibt, wieviel Einheiten Bruttosozialprodukt mit einer Einheit Emissionen produziert wurden, auf die im Falle einer Reduktion im Durchschnitt höchstens verzichtet werden muß. Demnach ist zu vermuten, daß die Volksrepublik China der lukrativste potentielle Partner für ein internationales Geschäft mit CO<sub>2</sub>-Reduktionen ist, da dort Reduktionen anscheinend mit den mit Abstand geringsten Sozialproduktverlusten verbunden sind. Dies ist ein guter Grund, die Volksrepublik China in eine international koordinierte Klimapolitik einzubeziehen. Neben der Tatsache, daß aufgrund der Globalität des Klimaproblems möglichst viele Länder in eine internationale Umweltpolitik integriert werden sollten, scheint eine wie auch immer ausgestaltete Integration Chinas in eine weltweite Klimapolitik die Möglichkeit zu bedeuten, die Kosten einer Eindämmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beträchtlich zu senken. Kein anderes Land bietet *heute* offensichtlich so günstige Reduktionsmöglichkeiten wie die Volksrepublik China.

Nun kann allerdings nicht erwartet werden, daß sich die Emissionen auf dem Niveau des Jahres 1990 stabilisieren, weil viele Länder, u.a. die Volksrepublik China, schnell wachsen, was mit einem weiteren Anstieg der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen einhergeht. In Tabelle 2 und 3 sind Projektionen der Internationalen Energieagentur (IEA) abgebildet, die die absoluten bzw. relativen erwarteten Änderungen wiedergeben.

Tabelle 2: IEA-Projektion der voraussichtlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Mrd. t CO<sub>2</sub>

	1990	2000	2010
OECD	10,4	11,8	13,4
• Nordamerika	5,5	6,2	6,9
• Europa	3,6	4,0	4,5
• Pazifische Länder	1,4	1,6	1,9
Frühere Ostblockstaaten	4,8	3,9	4,6
China	2,4	3,4	5,0
Ostasien	1,0	1,7	2,6
Südasien	0,7	1,0	1,7
Andere	2,4	3,3	4,7
Welt	21,7	25,1	32,0

Quelle: IEA (1994), S. 90. Abweichungen durch Rundung.

Tabelle 3: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten in v. H. der voraussichtlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in der IEA-Projektion

	von 1990 bis 2000	von 2000 bis 2010
OECD	1,27	1,28
• Nordamerika	1,2	1,07
• Europa	1,06	1,18
• Pazifische Länder	1,34	1,73
Frühere Ostblockstaaten	- 2,05	1,66
China	3,54	3,93
Ostasien	5,45	4,34
Südasien	3,63	5,45
Andere	3,23	3,6
Welt	1,51	2,43

Quelle: IEA (1994), S. 90, eigene Berechnungen

Dieses Referenzszenario, welches die voraussichtlichen Entwicklungen abbildet, wenn sich die jetzt beobachtbaren Trends und Entwicklungsmuster ungehemmt fortsetzen und keine CO<sub>2</sub>-Reduktionsmaßnahmen ergriffen werden, gibt keinerlei Anlaß zu Optimismus. Mit Ausnahme der früheren Ostblockländer, die weiterhin unter dramatischen Produktionseinbrüchen zu leiden haben, erwartet die IEA in allen Regionen einen weiteren Anstieg der Emissionen. Die totalen Emissionen nehmen von 1990 bis



2010 um etwa die Hälfte auf 31,9 Mio. t CO<sub>2</sub> zu. Die Volksrepublik China muß in diesem Szenario als ein globaler "Klimamacher" bezeichnet werden, da sie ihre Emissionen in diesem Zeitrahmen sogar mehr als verdoppelt. Insgesamt steigt der Anteil der Nicht-OECD-Staaten an den weltweiten Emissionen.

Dies wird auch an den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten deutlich. Hier liegt China zwar nicht an erster Stelle; die ost- und südasiatischen Staaten, die die höchsten Wachstumsraten aufweisen, spielen dennoch keine so große Rolle, weil ihre Emissionen von einer wesentlich kleineren Basis aus wachsen. Prägnant ist die Tatsache, daß alle Regionen der OECD unter der Weltwachstumsrate und alle Regionen der Nicht-OECD über der Weltwachstumsrate liegen. Eine Politik, die allein auf eine Koordination der OECD-Länder vertraut, kann deshalb sehr schnell gegenstandslos werden. Dies belegt auch eine Modellrechnung, die Tabelle 4 abbildet. Die OECD-Länder müßten ihre projektierten Emissionen um mehr als drei Viertel reduzieren, wenn sie die Zuwächse in anderen Teilen der Welt so ausgleichen wollte, daß die Gesamtemissionen des Jahres 1990 nicht überschritten werden.

Tabelle 4: Notwendige Reduktionen der OECD, um die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Stand von 1990 einzufrieren, in Mrd. t CO<sub>2</sub>

	1990	2000	2010
CO <sub>2</sub> -Emissionen der Nicht-OECD-Länder	11,3	13,3	18,6
davon China	2,4	3,4	5,0
Erlaubte Restemissionen der OECD-Länder		8,3	3,0
Notwendige Reduktionen der OECD-Länder			
- bezogen auf projektierte Emissionen		3,5	10,4
- bezogen auf 1990		2,1	7,4
Vermeidungsquote <sup>A</sup> (vH)		29,7	77,6
Vermeidungsquote <sup>B</sup> (vH)		20,2	71,2

Quelle: IEA (1994), S. 90, eigene Berechnungen, Abweichungen von Tabelle 2 durch Rundung.

$$^1 \text{ Vermeidungsquote A} = \frac{\text{notwendige Reduktionen OECD}}{\text{projektierte Emissionen OECD}}$$

$$^2 \text{ Vermeidungsquote B} = \frac{\text{notwendige Reduktionen bezogen auf 1990, OECD}}{\text{Emissionen 1990, OECD}}$$

Um eine gemeinsame Politik mit China mit dem Ziel einer Umstrukturierung des Energiesystems angehen zu können, bedarf es einer dezidierteren Darlegung der hohen Kohlenstoffabhängigkeit des chinesischen Energiesystems. Tabelle 5 zeigt die Struktur des Primärenergieeinsatzes in der Volksrepublik China. Demnach war und wird das Energiesystem der Volksrepublik China vom Einsatz fester Brennstoffe dominiert. Dies ist auf die sehr großen nationalen Steinkohlereserven zurückzuführen, die bei weitem den größten Anteil an den gesamten chinesischen Energiereserven stellen und die China eine expansive Energieangebotspolitik ohne Zahlungsbilanzprobleme erlauben. Chinas Kohlevorräte, die im wesentlichen Steinkohlevorräte sind, belaufen sich nach Schätzungen zwischen 730 und 900 Mrd. t, was mindestens 35% der Weltkohlereserven ausmacht; die vermuteten Reserven liegen nach amtlichen chinesischen Angaben sogar bei 4000 Mrd. t (Wang, 1993). Die nach westlichen Maßstäben tatsächlich nachgewiesenen Reserven wurden zwar 1985 nur zwischen 70 und 100 Mrd. t geschätzt (Smil, 1988), das hohe vermutete Reservepotential wird durch diese Abschätzung jedoch nicht bestritten.

Tabelle 5 zeigt, daß der relative Anteil der kohlenstoffreichen festen Brennstoffe zwar leicht zurückgeht, sich das absolute Einsatzniveau jedoch von 1990 bis 2010 nahezu verdoppelt. Den höchsten relativen Zuwachs erwartet die IEA für den Primärenergie-träger Öl, der im Hinblick auf Klimaschädlichkeit nur wenig günstiger als die festen Brennstoffe abschneidet. Dem kohlenstoffarmen Gas sowie den kohlenstofffreien Energieträgern Kernenergie und Wasserkraft fällt nur eine untergeordnete Rolle zu.

Tabelle 5 erklärt den selbst im Weltmaßstab enormen Anstieg der chinesischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Grund für diese Entwicklung ist ein starkes Wachstum der chinesischen Volkswirtschaft (in den vergangenen 10 Jahren im Durchschnitt ca. 10 v. H.) in Verbindung mit einer weiterhin sehr schlechten angebots- und nachfrageseitigen Energieeffizienz. Ohne eine Integration Chinas in eine globale Umweltpolitik erscheint ein Erfolg äußerst unwahrscheinlich. Neben den offensichtlich geringen Kosten von Reduktionen in diesem Land macht deshalb die projektierte Entwicklung der chinesischen Energiewirtschaft eine Umweltkooperation erforderlich. Im folgenden Abschnitt werden wir die Möglichkeiten und Grenzen einer solchen Politik im Rahmen des joint-implementation-Ansatzes näher diskutieren. Dabei darf der Erfolg dieser Politik nicht an den historischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des ersten Jahres der Betrachtungsperiode gemessen werden, sondern muß sich als Differenz zu den Emissionen ergeben, die ohne eine entsprechende Politik entstanden wären. Es kann deshalb nicht erwartet werden, daß eine Politik der joint implementation eine absolute Eindämmung der chinesischen Emissionen gewährleistet, sondern allenfalls den Anstieg derselben bremst.

Tabelle 5: Primärenergieeinsatz in der Volksrepublik China in Mtoe

	vH							
	1971	1991	2000	2010	1971	1991	2000	2010
festе Brennstoffe	190	525	699	995	80,7	78,9	73,8	69,9
Öl	40	116	193	313	16,9	17,4	20,4	22,0
Gas	3	13	28	55	1,3	2,0	3,0	3,9
Kernenergie	0	1	4	18	0	0,1	0,4	1,3
Wasserkraft	3	11	23	42	1,1	1,6	2,5	2,9
insgesamt	236	665	948	1422	100	100	100	100

Quelle: IEA (1994), S. 248

### 3. Realtransfers als Instrument der internationalen Umweltpolitik

Jede internationale Umweltpolitik hat im Vergleich zu nationalen Umweltpolitiken eine zusätzliche Koordinierungsaufgabe zu lösen, die auf den grundsätzlichen Souveränitätsvorbehalt der beteiligten Staaten zurückgeht. Die prinzipielle Souveränität der Staaten bedeutet für eine globale Klimapolitik zum einen, daß kein Staat zur Teilnahme an international koordinierten Umweltschutzmaßnahmen gezwungen werden kann, und zum anderen, daß jeder Staat jederzeit die Teilnahme an einer internationalen Klimapolitik einseitig beenden kann. Die nationale Umweltpolitik kann die betreffenden Akteure durch eine entsprechende Gesetzgebung zum Umweltschutz zwingen. Im internationalen Kontext existiert jedoch keine solche den Staaten übergeordnete Instanz. Die notwendige Freiwilligkeit internationaler Umweltschutzvereinbarungen birgt deshalb die Gefahr, daß bestimmte Staaten die Mitarbeit verweigern, weil sie ohne eigene Leistung von den Reduktionsleistungen anderer Staaten profitieren wollen, und daß Staaten einen Umweltschutzvertrag dann brechen oder kündigen, wenn es ihnen vorteilhaft erscheint. Aus dieser Tatsache ergeben sich im Vergleich zur nationalen Umweltpolitik bedeutende Probleme, die bedingen, daß eine internationale Umweltpolitik wesentlich anders ausgestaltet werden muß. Dabei ist zu erwarten, daß sie nicht in der Lage ist, vollkommen effiziente Lösungen zu implementieren.<sup>1</sup>

Die im Rahmen der joint-implementation-Debatte eingebrachten Vorschläge scheinen einen Beitrag zur Lösung dieses Problems leisten zu können.<sup>2</sup> Joint implementation sieht vor, daß Reduktionsmaßnahmen nicht auf den nationalen Rahmen beschränkt bleiben sollen. Die Möglichkeit, Maßnahmen im Ausland durchzuführen, stellt eine Direktinvestition dar, die es offenkundig zuläßt, daß internationale Kostenvorteile der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen realisiert werden. Jeder Emittent in der Bundesrepublik Deutschland wird Reduktionen in der Volksrepublik China finanzieren, solange diese Kosten unter den vermiedenen Kosten (beispielsweise der Steuerlast aus der Erhebung einer CO<sub>2</sub>-Steuer) in der Bundesrepublik liegen. Deshalb kann joint implementation einen substantiellen Effizienzbeitrag leisten. Zusätzlich ist joint implementation aber auch geeignet, einen Beitrag zur Lösung der Souveränitätsproblematik zu leisten. Joint implementation basiert nämlich auf Realtransfers, die sich im Vergleich zu finanziellen Transfers dadurch auszeichnen, daß sie vom Empfänger schwerer umgewidmet werden können. Stähler (1992, 1993b) hat gezeigt, daß Realtransfers in einer solchen Situation monetären Transfers überlegen sein können.

<sup>1</sup> Zur Ökonomie internationaler Umweltschutzabkommen vgl. beispielsweise Barrett (1992), Bauer (1992), Carraro, Siniscalco (1992) und Stähler (1993a).

<sup>2</sup> Andere Instrumente diskutieren u.a. Heister (1993) und Mohr, Thomas (1993).

Realtransfers stellen Transfers dar, die in Form einer realen Güterübertragung geleistet werden, wohingegen monetäre Transfers in Zahlungsmitteln geleistet werden. Ein souveräner Staat ist prinzipiell in der Lage, die ihm übertragenen Ressourcen für Zwecke zu verwenden, die ihm allein wichtig erscheinen. Er hat deshalb die Möglichkeit, Ressourcen umzuwidmen, da es keine internationale Gerichtsbarkeit gibt, die eine bestimmte Verwendung durchsetzen bzw. zweckentfremdete Ressourcen wieder einziehen kann. Realtransfers sind jedoch weniger gefährdet, vom Empfänger zweckentfremdet zu werden, da ein spezifisches Gut immer nur für bestimmte Verwendungen geeignet ist. Kann man einen Realtransfer so ausgestalten, daß nur eine (vom Geber gewünschte) Bestimmung möglich ist, sind Realtransfers monetären Transfers überlegen, da sie direkt mit dem in Frage stehenden Ziel verbunden sind.

Beispielsweise bedeutet der Bau eines Kraftwerkes in der Volksrepublik China durch westliche Firmen oder Regierungen einen Realtransfer, der die Effizienz der chinesischen Energiewirtschaft direkt beeinflußt, da ein Kraftwerk nur zur Energiegewinnung eingesetzt werden kann. Wäre der Transfer in Form von Zahlungsmitteln mit der Bedingung, Reduktionen selbst durchzuführen, erfolgt, hätte die Volksrepublik China aufgrund ihrer Souveränität durchaus die Möglichkeit, diese Ressourcen anderen Verwendungen zuzuführen, die der Intention des Transfers weniger genügen. Dieses Ergebnis stimmt optimistisch und könnte Veranlassung geben zu glauben, daß sich die Industrieländer faktisch durch Realtransfers von der Last einer CO<sub>2</sub>-Minderungspolitik "freikaufen" können und dies aufgrund der oben dokumentierten großen Möglichkeiten in der Volksrepublik China nur geringe Kosten verursacht.

Hier sind allerdings zwei wesentliche Möglichkeitseinschränkungen von Realtransfers zu berücksichtigen. Erstens können Realtransfer immer nur zusätzliche Maßnahmen betreffen, da die Volksrepublik China nicht gezwungen werden kann, ein Kraftwerk zu schließen, wenn die Industrieländer ein effizientes erstellen lassen. Man muß deshalb sorgfältig abwägen, inwieweit der Nettoeffekt der Reduktionen wirklich signifikant positiv ist. Zweitens gründet sich die theoretische Überlegenheit von Realtransfers auf die Annahme, daß sich das Nehmerland in einem ökonomischen Gleichgewicht befindet. Eine entsprechende Gleichgewichtsbedingung verlangte für das Energiesystem der Volksrepublik China, daß bereits alle Effizienzreserven aus chinesischer Sicht ausgeschöpft wären, d.h. zumindest die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Energieerzeugung minimal wären. Dies ist für die Energiewirtschaft der Volksrepublik China eine unhaltbare Prämisse. Administrativ niedrig gehaltene Energiepreise sorgen dafür, daß Angebot und Nachfrage nicht zu einem marktanalogem Ausgleich gebracht werden können (Weltbank, 1993). Wenn die Energiepreise die Bereitstellungskosten nicht decken, führt dies zu chronischen Energieengpässen, die andere als preisliche Allokationsmechanismen erforderlich machen (Perlack et al., 1993). Deshalb kann für das

mit chronischer Angebotsknappheit kämpfende Energiesystem der Volksrepublik China nicht von einem gleichgewichtigen Zustand gesprochen werden, solange keine kostendeckende Preispolitik durchgesetzt wurde. Da hier anscheinend bedeutende politische Hemmnisse eine Neuorientierung der Energiepolitik erschweren, muß eine Politik der joint implementation ihre Auswirkungen aufgrund von nicht-marktlichen Allokationsmechanismen berücksichtigen.

Wir werden im folgenden von der plausiblen Annahme ausgehen, daß die Realtransfers im Rahmen eines joint-implementation-Ansatzes keinerlei Umwidmung zulassen. Um unseren empirischen Überlegungen zur Rolle von Realtransfers in der Volksrepublik China eine fundierte Basis zu geben, werden wir im folgenden ein Modell vorstellen, welches die oben beschriebenen Effekte abbilden kann. Wir gehen davon aus, daß sich ein Geberland G, beispielsweise die Bundesrepublik Deutschland, zu einer bestimmten Reduktion R ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet hat, die - wenn sie national umgesetzt werden - Kosten in Höhe von C<sub>G</sub>(R<sub>G</sub>) verursachen. Alternativ zur nationalen Umsetzung ist es ebenso möglich, mittels Realtransfers Reduktionen in einem Nehmerland N zu finanzieren. Auf einer ersten Stufe lassen sich diese Realtransfers danach differenzieren, ob sie die Nachfrage- oder die Angebotsseite betreffen. Nachfrageseitige Maßnahmen zielen darauf ab, die Endenergienachfrage von Haushalten, Gewerbe und Industrie durch Bereitstellung effizienterer Endenergienutzungsanlagen zu verringern und damit einen geringeren Primärenergieeinsatz zu bewirken. Allerdings müssen wir für eine Politik der joint implementation nachfrageseitige Maßnahmen ausschließen:

Erstens sind die durch nachfrageseitige Maßnahmen erzielten Reduktionen nicht verifizierbar. So kann beispielsweise nicht nachgewiesen werden, wieviel Emissionen durch die Finanzierung von Maßnahmen zur Wärmedämmung vermieden werden. Nachfrageseitige Maßnahmen zeichnen sich gerade dadurch aus, daß die Wirkungskette hin zum Primärenergieverbrauch sehr lang ist und einen prohibitiv hohen administrativen Evaluierungsaufwand erforderlich zu machen scheint. Zweitens bedingen nicht-kostendeckende Energiepreise und Angebotsengpässe, daß die Nachfrage nach Energie und Energiegeräten sich noch gar nicht an den realen Knappheiten ausrichten konnte. Drittens scheint die chinesische Regierung selbst Effizienzverbesserungen auf der Angebotsseite zu präferieren. So hat die Energy Conservation Division des chinesischen Energieministeriums zwar auch Energiesparmaßnahmen in Haushalten und Gewerbebetrieben als effizienzsteigernde Maßnahmen identifiziert, legt aber eindeutig das Gewicht von ihr als notwendig erachteter Maßnahmen auf die Angebotsseite (Wang, Zhou, 1991). Insbesondere die unmögliche Zurechenbarkeit nachfrageseitiger Maßnahmen auf reale Reduktionen bedingt, sich im Rahmen von joint implementation

auf die Angebotsseite konzentrieren zu müssen, wenn selbst dann das Einsparpotential auf der Nachfrageseite viel größer ist.

Die angebotsseitigen Realtransfers lassen sich am Beispiel des Kraftwerkparcs in drei unterschiedliche Maßnahmen aufgliedern:

- Realtransfers, die die Effizienz bestehender Kraftwerke verbessern (Option A),
- Realtransfers, die geplante Neubauten von Kraftwerken derart subventionieren, daß das neue Kraftwerk einen höheren energetischen Wirkungsgrad als geplant aufweist (Option B), und
- Realtransfers, die den Neubau eines (nicht geplanten) Kraftwerkes finanzieren (Option C).

Auf Basis dieser drei angebotsseitigen Optionen lassen sich drei verschiedene Transferfunktionen  $T_A(R_A)$ ,  $T_B(R_B)$  und  $T_C(R_C)$  formulieren. Jede Transferfunktion bildet den Zusammenhang zwischen der notwendigen Höhe der Realtransfers und der damit erzielten Reduktionen ab. Für das Geberland stellt sich nun die Aufgabe, die Reduktionen auf die nationalen Reduktionsmaßnahmen  $R_N$  und auf die Maßnahmen im Nehmerland, d.h. auf  $R_A$ ,  $R_B$  und  $R_C$ , so aufzuteilen, daß die totalen Kosten minimiert werden. Entsprechend sollte joint implementation garantieren, daß die nationalen Reduktionen und die Realtransfers das Minimierungsproblem

$$\min_{R_G, R_A, R_B, R_C} \{C_N(R_G) + T_A(R_A) + T_B(R_B) + T_C(R_C)\}$$

s.t.  $R = R_A + R_B + R_C + R_G = \text{const.}$

lösen.<sup>3</sup>

Die Diskussion anhand von Transferfunktionen soll dokumentieren, daß die Effizienz von Realtransfers nicht allein anhand einer Aufreihung einzelwirtschaftlicher Reduktionskosten vorgenommen werden kann. Transferfunktion und Kostenfunktion fielen nur dann zusammen, wenn ex ante sichergestellt wäre, daß jede durch eine Maßnahme erzielte Reduktion nicht an anderer Stelle durch Mehremissionen gegenkompensiert wird. Der entscheidende Unterschied liegt deshalb darin, daß die Transferfunktionen die Nettoeffekte der *Bruttoreduktionsmaßnahmen* zum Gegenstand haben. Kostenfunktionen weisen jedem Reduktionsniveau die zu tragenden Minimalkosten zu,

<sup>3</sup> Wir unterstellen durch diese Art der additiven Modellierung, daß die Optionen A, B und C separat diskutiert werden können. Für ein allgemein formuliertes Minimierungsproblem bedeutete dies, daß die den Optimalwerten zugrunde liegende Hesse-Matrix positiv definit ist.

Transferfunktionen weisen jedem *Nettoreduktionsniveau* die Höhe der damit verbundenen mindestens notwendigen Realtransfers zu.

Bevor wir die einzelnen Optionen diskutieren, kann dieser Effekt an einem einfachen Beispiel, welches für alle drei Optionen Gültigkeit hat, verdeutlicht werden. Nachrüstung, die Finanzierung eines Technologiesprunges und erst recht der Neubau eines nicht geplanten Kraftwerkes können alle eine größere Angebotskapazität bedingen, die wegen des Transfers für die Energieproduzenten keine höheren Kosten bedeutet. Eine größere Angebotskapazität zu gleichbleibenden Kosten ermöglicht eine Senkung der Energiepreise und daraus folgend eine größere Nachfrage.<sup>4</sup> In diesem Fall würde sich am Primärenergieeinsatz weniger ändern als im hypothetischen Fall eines unveränderten Angebots. Die Möglichkeiten eines größeren Angebots bedeuten, daß die durch die Maßnahme erzielten Effizienzgewinne teilweise wieder verlorengehen. Die Kostenfunktion bestimmt die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Minderungskosten als Quotient der Kosten durch die hypothetische Minderung unter der Annahme, daß es keinen kompensierenden Effekt gibt. Die Transferfunktion hingegen berücksichtigt, daß nur ein Teil der hypothetischen Minderung realisiert wird, weil die Gesamtnachfragesteigerung einen guten Teil der Reduktionsbemühungen gegenkompensieren kann. Deshalb liegt die Transferfunktion immer über der Kostenfunktion.

Dieser Zusammenhang ist von großer Relevanz, weil allein auf einzelwirtschaftliche Reduktionskosten beruhende Ansätze vermutlich eine starke Übertreibung der realen Umsetzungsmöglichkeiten im Rahmen von joint implementation bedingen. Trotz der Tatsache, daß weder die genauen Kostenfunktionen noch die Transferfunktionen bekannt sind, werden wir im folgenden versuchen, mögliche Bestimmungsgründe der Transferfunktionen herauszuarbeiten. Die Aufteilung in die verschiedenen Optionen erlaubt es uns, die Abweichungen der Transferfunktionen von den Kostenfunktionen für die verschiedenen Optionen zu vergleichen.

Die Kosten- und Transferfunktionen beziehen sich immer auf eine bestimmte Periode. Da joint implementation auch von Ländern in die Diskussion eingebracht wurde, die sich auf ein bestimmtes Reduktionsziel bis zur Jahrtausendwende verpflichtet haben, macht es wenig Sinn, über Kosten- und Transferfunktionen zu spekulieren, die sich auf einen Zeitraum von 50 Jahren erstrecken. Deshalb wird für die folgende Diskussion unterstellt, daß joint implementation ein Ansatz ist, der zumindest mittelfristig, d.h. für einen Zeitraum von 5 bis maximal 20 Jahren, seine Tauglichkeit unter Beweis

---

<sup>4</sup> Diese Überlegung soll nicht suggerieren, daß die Energiepreise in der Volksrepublik China kostendeckend seien. Das Gegenteil ist der Fall (vgl. die Ausführungen oben). Eine höhere Angebotskapazität ohne Zusatzkosten erlaubt jedoch auch hier eine Preissenkung, wenn das Niveau der Energiepreissubventionierung unverändert bleibt.



stellen muß.<sup>5</sup> Eine solche Fristigkeit bedeutet für eine Politik der Realtransfers in die Volksrepublik China, daß diese weiterhin auf die Besonderheiten des chinesischen Energiesystems Rücksicht nehmen muß. Dies gilt insbesondere für die nicht-marktlichen Allokationsmechanismen und die damit verbundenen Angebotsverknappungen. Eine solche Zeitperspektive paßt auch weitgehend in den Rahmen, den die Lebensdauer von Projekten im Energiesektor steckt. Ebenso muß deutlich gemacht werden, daß sich Reduktionen immer auf einen in Abschnitt 2 diskutierten Referenzfall beziehen, der realistischerweise einen deutlichen Anstieg der chinesischen Emissionen vorsieht.

Generell ergeben sich die Kostenfunktionen für die genannten Optionen ( $C_A$ ,  $C_B$ ,  $C_C$ ) aus der meritorischen Reihung alternativer Projekte, die mit Realtransfers durchgeführt werden sollen. Die Kostenfunktion, die die Kosten der hypothetischen Reduktionen dokumentiert, hat deshalb allein eine technologische Dimension als meritorische Ordnung von Minimalkostenkombinationen. Sie beantwortet die Frage, mit welchen minimalen Kosten ein bestimmtes Reduktionsniveau erreicht wird, wenn jede Maßnahme die maximal mögliche Primärenergieminderung realisiert. Wird beispielsweise durch eine bestimmte Maßnahme die energetische Effizienz von 30 auf 35% erhöht, nimmt die Kostenfunktion an, daß das Angebot konstant bleibt und deshalb der Primärenergieeinsatz um ca. 14% gesenkt wird.

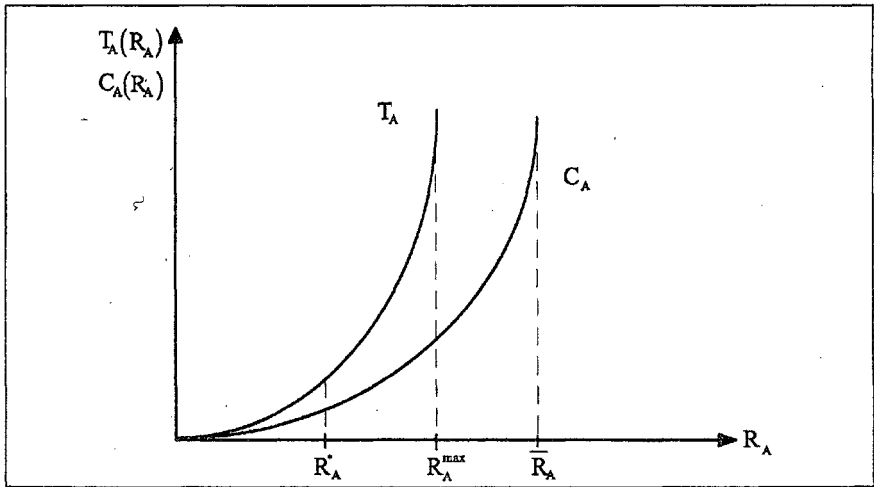
Die Transferfunktion beinhaltet neben dieser technologischen Dimension noch eine weitere Dimension, die den kompensierenden Effekt berücksichtigt. Dieser kompensierende Effekt faßt alle möglichen Angebotserweiterungen zusammen, die die Maßnahme verursacht. Wenn in unserem Beispiel die Maßnahme lediglich dazu führt, daß das Angebot um 14% erhöht und von der Nachfrage aufgenommen wird, würde sich de facto gar keine Reduktion ergeben, da ein größeres Angebot die höhere energetische Effizienz vollständig kompensiert. Die Transferfunktion kombiniert die notwendigen Kosten und die Nettoreduktionen und bildet daraus die entsprechende meritorische Ordnung. So kann beispielsweise ein kostengünstigeres Projekt einem kostengünstigen zu vorzuziehen sein, weil beim ersten Projekt ein geringeres Maß an kompensierenden Effekten zu erwarten ist.

Wir nehmen an, daß die unter Option A subsumierten effizienzsteigernden Nachrüstungsmaßnahmen einen Kostenverlauf haben, der durch  $C_A$  in Abbildung 1 wiedergegeben werden kann. Dieser Kostenverlauf stellt in Rechnung, daß es eine natürliche Grenze  $\bar{R}_A$  gibt, die sich dadurch bestimmt, daß die technologisch maximal erreichba-

<sup>5</sup> Eine solche Betrachtungsperiode erscheint auch aus naturwissenschaftlicher Sicht als gerechtfertigt, weil  $\text{CO}_2$ -Emissionen in dieser Frist durchaus als temporal substituierbar betrachtet werden können.

ren Reduktionen determiniert sind durch den Kraftwerksbestand heute und den maximalen Effizienzgewinnen durch Nachrüstung.<sup>6</sup> Die Kostenfunktion berücksichtigt bereits, daß Nachrüstungsmaßnahmen einen alten Kapitalstock betreffen, der eine geringere Lebensdauer aufweist als Kraftwerksneubauten. Dieser Effekt wird allerdings von Wiesegart (1990) als nicht dominant erachtet, da Nachrüstungsmaßnahmen einen vintage-Effekt dadurch teilweise ersetzen, daß die Nachrüstung die wirtschaftliche Restnutzungsdauer auf 20 Jahre erhöht.

Abbildung 1: Transfer- und Kostenfunktion für Option A



Die Transferfunktion unterscheidet sich von der Kostenfunktion durch zwei Effekte. Zum einen ist aufgrund der vielfältigen Angebotsrestriktionen im chinesischen Energiesystem zu erwarten, daß die maximal erzielbaren Nettoerhöhungen deutlich niedriger liegen, weil wir vermuten, daß ein bestimmtes Teil der Nachrüstung zu einer Kapazitäts- und Nachfrageausweitung führt, so daß maximal  $R_A^{\max}$  erreichbar ist. Zum anderen kann nicht davon ausgegangen werden, daß die technologisch kostengünstigsten Umrüstungsmaßnahmen auch im Nettoeffekt am günstigsten abschneiden. Deshalb liegen die Grenztransfers stets über den Grenzkosten. Dieser Effekt ist bei Projekten am geringsten, bei denen keine oder keinerlei gravierende nicht-marktliche Angebotsengpässe zu konstatieren sind. Abbildung 1 zeigt auf, wie die beschriebenen Effekte die hypothetischen Möglichkeiten einschränken können.

<sup>6</sup> Wir gehen im folgenden von stetigen, zweifach differenzierbaren Kosten- und Transferfunktionen aus. Ebenso unterstellen wir einen konvexen Verlauf der Kostenkurven.

Für jedes einzelne Projekt müssen deshalb zwei Fragen geprüft werden: Erstens, inwieweit jede Maßnahme des Projektes potentiell durch eine effektive Angebotserweiterung und Nachfragesteigerungen gegenkompensiert werden kann. Zweitens muß geklärt werden, welcher Teil der geplanten Maßnahmen die Kapazität der Anlage unbeeinflusst läßt und deshalb nur den Primärenergieeinsatz mindert und welcher Teil der Maßnahmen die Kapazitäten erhöht. Alle drei Komponenten, d.h. die potentiell mögliche Angebotserweiterung, der Anteil der kapazitätserhöhenden und der Anteil der nicht-kapazitätserhöhenden Maßnahmen, definieren die Nettoerduktionen des Projektes. Die meritorische Reihung dieser Projekte ergibt die dargestellte Transferfunktion.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für Realtransfers, die einen Technologiesprung subventionieren. Abbildung 2 zeigt, daß es auch hier eine technologisch bedingte maximale Reduktionsmenge  $\bar{R}_B$  gibt, die sich aus der Anzahl der geplanten Neubauten, dem vorgesehenen Wirkungsgrad dieser Anlagen sowie dem Wirkungsgrad hocheffizienter Anlagen ergibt. Die beiden Fragen, die in Zusammenhang mit Option A aufgeworfen wurden, müssen auch für jedes Projekt der Option B gestellt werden.

Abbildung 2: Transfer- und Kostenfunktion für Option B

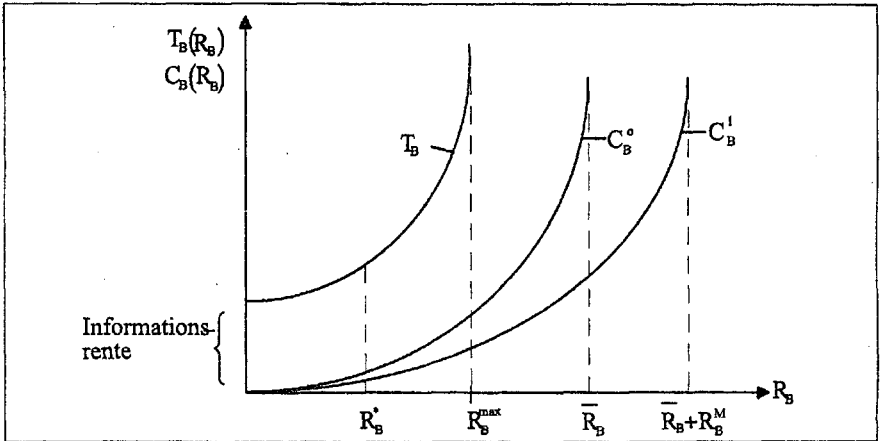


Abbildung 2 trägt auch einer bedeutenden Anreizproblematik Rechnung. Es ist zu erwarten, daß allein eine Ankündigung der möglichen Finanzierung eines Technologiesprungs die chinesische Regierung veranlassen wird, zum einen ihre geplanten Zubauten zu übertreiben und zum anderen die dafür vorgesehenen Wirkungsgrade zu untertreiben. Eine solche Strategie würde ihr ein hohes Maß an Finanzierung für Maßnahmen sichern, die eigentlich sowieso vorgesehen waren. Daß sie für die chinesische

Regierung sehr lukrativ sein kann, beweisen (noch anscheinend von Ankündigungen unbeeinflusste) chinesische Planungsdaten, wonach der Primärenergieverbrauch von 1990 bis zum Jahre 2000 nur um 3% p.a. bei einem jährlichen Wirtschaftswachstum von 8 bis 10 % zunehmen soll (Polenske, Lin, 1993). Geping (1992) erwartet sogar, daß sich Chinas Bruttosozialprodukt bis zum Jahre 2000 verdoppeln wird, wohingegen die Energieproduktion nur um die Hälfte zunehmen soll. Diese Zahlen verdeutlichen, daß die von einer Politik der joint implementation unbeeinflussten Planungsdaten keine geringen Effizienzinvestitionen vorsehen, die durch die Finanzierung von Technologiesprüngen fraglich werden.

Dieser Mitnahmeeffekt, der kaum vermeidbar sein dürfte, führt dazu, daß jede Politik, die Neubauten subventioniert, zunächst ein Niveau an eigentlich per se durch Effizienzinvestitionen vorgesehenen Reduktionen finanzieren muß, ohne daß sich im Vergleich zum eigentlichen Referenzpfad eine Reduktion eingestellt hat.  $C_B^0$  dokumentiert die Kostenfunktion, wenn die chinesische Regierung dem Geberland ihre wahren Planungsdaten mitteilt,  $C_B^1$  dokumentiert eine Kostenfunktion, bei der sich die Reduktionen auf die von der Regierung verzerrten Planungen beziehen.  $R_B^M$  (dargestellt als Addition zur Möglichkeitsgrenze  $\bar{R}_B$ ) stellt den Unterschiedsbetrag dar, um den diese Ankündigung die geplanten Reduktionen vermindert. Seine Höhe ist jedoch dem Geberland prinzipiell unbekannt. Übersetzt in die Transferfunktion bedeutet der Mitnahmeeffekt, daß im Vergleich zum eigentlichen Referenzpfad eine Informationsrente gezahlt werden muß, da nur das Nehmerland den wirklichen Referenzpfad kennt.<sup>7</sup> Dies ist in Abbildung 2 dadurch dokumentiert, daß die Transferfunktion  $T_B$  Fixtransfers aufweist, die unabhängig von der Reduktionsmenge geleistet werden müssen.

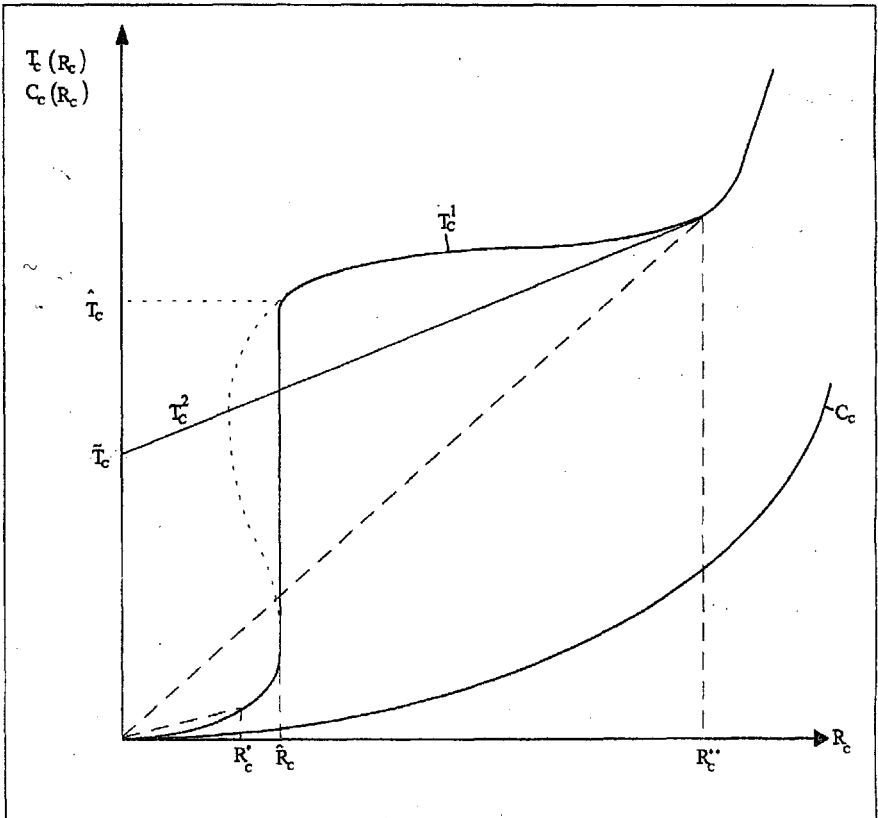
Für Realtransfers, die den Zubau neuer Kraftwerke betreffen (Option C), ergibt sich keine natürliche Kapazitätsgrenze, so daß wir vermuten, daß die Kostenfunktion über den gesamten in Frage stehenden Reduktionsbereich definiert ist. Im Hinblick auf die Transferfunktion müssen allerdings zwei Fälle unterschieden werden, die in Abbildung 3 durch  $T_C^1$  und  $T_C^2$  wiedergegeben sind.

Beide Transferfunktionen liegen oberhalb der Kostenkurve, weil für Zubaumaßnahmen ein deutlicher Kompensationseffekt zu erwarten ist. Die Transferfunktion  $T_C^1$  geht davon aus, daß es Regionen in der Volksrepublik China gibt, deren Energieversorgung nicht von Angebotsengpässen und nicht-marktlichen Allokationsmechanismen dominiert werden. Unter dieser Voraussetzung erzielen Zubaumaßnahmen eine Netto

<sup>7</sup> Abbildung 2 stilisiert diesen Effekt nur, der eigentlich im Rahmen eines Prinzipal-Agent-Modelles herausgearbeitet werden müßte.

reduktion, weil die kompensierenden Effekte die Realtransfers nicht vollständig kompensieren. Nachdem allerdings das Potential in diesen Regionen ausgeschöpft ist und das Reduktionsniveau  $\hat{R}_C$  realisiert ist, verpufft jeder Realtransfer durch eine vollständige Kompensation des Reduktionseffektes, da nun lediglich Angebotsengpässe beseitigt werden. Ab einem Transferriveau  $\hat{T}_C$  haben die Realtransfers jedoch alle Angebotsengpässe beseitigt und der weitere Zubau kann wieder Nettoerduktionen erzielen.

Abbildung 3: Transfer- und Kostenfunktion für Option C



Die Transferfunktion  $T_C^2$  geht hingegen davon aus, daß alle Regionen der Volksrepublik China von Angebotsengpässen dominiert werden. Es ist deshalb zunächst ein gewisses Transferriveau  $\bar{T}_C$  notwendig, welches diese Angebotsengpässe durch Zubau beseitigt. Jeder weitere Zubau erzielt dann Nettoerduktionen, da wir ohne Angebotsrestriktionen keinerlei vollständige Kompensation mehr erwarten. Welche der beiden

Transferfunktionen für die Volksrepublik China Gültigkeit hat, ist aufgrund der Fristigkeit unserer Überlegungen äußerst schwer zu entscheiden. Für eine Transferfunktion in der Gestalt von  $T_C^2$  spricht die chronische Energieknappheit in Ballungsgebieten. Aber selbst wenn man heute Regionen ohne dominante Angebotsengpässe identifiziert, so muß durch den Bau neuer Hochspannungsleitungen und Transportwege, die Angebotsknappheiten in Nachbarregionen mildern, ein hoher Kompensationseffekt befürchtet werden. Die Transferfunktion  $T_C^1$  hat also nur dann Gültigkeit, wenn Regionen als Investitionsstandort ohne dominante Angebotsengpässe identifiziert werden können, die sich auch in Zukunft noch durch eine "Insellage" im chinesischen Energiesystem auszeichnen.

Es muß in Zusammenhang mit Abbildung 3 auch darauf hingewiesen werden, daß beide Szenarien sehr optimistisch sind, weil sowohl  $T_C^1$  als auch  $T_C^2$  einen Anstieg der Emissionen über das Referenzniveau nicht zulassen. Es kann jedoch generell nicht ausgeschlossen werden, daß die Emissionen durch den Zubau neuer Kraftwerke insgesamt ansteigen. In diesem Fall würden auf Zubau ausgerichtete Realtransfers für eine globale Umweltpolitik kontraproduktiv sein. Diese Möglichkeit ist für die Transferfunktion  $T_C^1$  durch die gepunktete Linie angedeutet. Option C beinhaltet jedoch auch eine Chance, die die anderen Optionen nicht ermöglichen. Der Zubau zusätzlicher Anlagen läßt dem Geberland weitgehend die Wahl des Brennstoffeinsatzes.<sup>8</sup> Das Errichten eines Kraftwerkes, welches nicht auf Basis fester Brennstoffe oder Öl betrieben wird, kann dann zu einer deutlichen Senkung der Emissionen beitragen. Diese Option wird allerdings dadurch eingeschränkt, daß Gas ein leitungsgebundener Energieträger ist, die Errichtung von Wasserkraftwerken auf bestimmte Standorte beschränkt ist und der Bau von Kernkraftwerken in den Geberländern politisch schwer durchsetzbar sein kann.

Vergleicht man die drei Optionen im Hinblick auf den Unterschied zwischen Transfer- und Kostenfunktion, so wird deutlich, daß bei Option A die geringsten Abstriche zu machen sind. Option B trägt die Zusatzlast eines bedeutenden Informationsproblems. Option C läuft Gefahr, ein hohes Transferpotential für die Beseitigung der Angebotsengpässe zu opfern. Allen drei Optionen ist gemeinsam, daß eine Politik, die sich an den Kostenfunktionen ausrichtet, das Reduktionspotential überschätzt und damit das Gesamtreduktionsziel voraussichtlich deutlich unterschreitet.

<sup>8</sup> Eine ähnliche Politik könnte zwar auch im Rahmen der Option B betrieben werden, indem neben den Zusatzkosten einer höheren energetischen Effizienz auch die Zusatzkosten eines anderen Primärenergieträgereinsatzes getragen werden. Diese Möglichkeit ist jedoch dadurch eingeschränkt, daß die verschiedenen Energieträger nur für bestimmte Lastbereiche effizient eingesetzt werden können.

Die Eigenschaften der dargelegten Transferfunktionen erlauben eine Darstellung der optimalen Reduktionsmaßnahmen, die in den Abbildungen 1 bis 3 durch  $R_A^*$ ,  $R_B^*$ ,  $R_C^*$  bzw.  $R_C^{**}$  angezeigt sind. In diesen Punkten haben die relevanten Transferfunktionen eine identische Steigung, die im Kostenminimum mit den (nicht dargestellten) Grenzkosten der nationalen Vermeidung zusammenfallen. Sowohl für  $T_B$  als auch für  $T_C^2$  gilt, daß ein bestimmtes Niveau von Realtransfers geleistet werden muß, ohne daß Reduktionen erzielt werden. Es kann deshalb auch optimal sein, auf die Optionen B und C vollständig zu verzichten, weil dieses Niveau an wirkungslosen Realtransfers in keinem Verhältnis zu den Kosten der nationalen Vermeidung und zu Umrüstungsmaßnahmen der Option A steht.

Eine weitere Besonderheit ergibt sich für die Transferfunktion  $T_C^1$ , deren Grenztransfers bei einem Transferniveau von  $R_C^*$  und  $R_C^{**}$  identisch sind. Für diesen Fall gibt es somit zwei relative Realtransferminima, die verglichen werden müssen, d.h. das Geberland muß evaluieren, welches der beiden Realtransferebenen die Gesamtkosten minimiert. Aufgrund der Separierbarkeit kann dieser Vergleich anhand der Durchschnittskosten in den Punkten  $R_C^*$  bzw.  $R_C^{**}$  erfolgen, die sich als Steigung der Sekante der Funktion ergeben und in der Abbildung 3 durch zwei gestrichelte Linien wiedergegeben sind. Für die in Abbildung 3 angenommene Transferfunktion ergeben sich für das höhere Transferebene höhere Durchschnittskosten, weshalb hier das absolute Kostenminimum Realtransfers in Höhe von  $R_C^*$  impliziert.

Dies muß jedoch nicht allgemein gelten. Vielmehr kommt es entscheidend auf den Verlauf der Transferfunktion an, inwieweit entweder eine *Politik des marginalen Zubaus* oder eine *Politik des großen Zubaus*, die die Angebotsengpässe beseitigt, zu bevorzugen ist. Eine Politik des marginalen Zubaus beläßt die existierenden Angebotsrestriktionen und konzentriert sich auf die Projekte, die einen geringen Kompensationseffekt verursachen. Eine Politik des großen Zubaus beseitigt diese Angebotsengpässe zunächst (mit einigen Kosten) und erreicht dann wesentlich mehr Reduktionen, da die Kompensationseffekte nach Beseitigung der Angebotsengpässe noch wesentlich geringer sind. Dies verdeutlicht, wie wichtig eine möglichst genaue Evaluierung der Transferfunktion ist, bzw. welche Vorsicht bei einer Politik der joint implementation durch Zubau geboten ist, wenn man die Transferfunktion nicht hinreichend bestimmen kann. Die Lage der Transferfunktion entscheidet in diesem Fall darüber, ob überhaupt Zubau Sinn hat bzw. auf welchem Niveau er sich sinnvollerweise vollziehen sollte.

#### 4. Eine Abschätzung der hypothetischen Reduktionskosten in der Volksrepublik China

Realistischerweise kann über die Gestalt der Transferfunktionen allenfalls spekuliert werden. Man kann jedoch einen Eindruck über die hypothetischen Durchschnittskosten gewinnen und diese als weiteren Ansatzpunkt für einen Vergleich der Optionen nutzen. Die weiterhin hohe Dominanz der Steinkohle im chinesischen Energiesystem läßt es als gerechtfertigt erscheinen, die Kosten der Optionen A bis C für Effizienzmaßnahmen, die sich auf Steinkohlekraftwerke beziehen, näher zu betrachten. Eine solche Modellrechnung ist in Tabelle 6 wiedergegeben.

Wir möchten betonen, daß Tabelle 6 nur eine Beispielrechnung abbildet, die nicht hinreichend für eine gesamtwirtschaftliche Beurteilung der verschiedenen Optionen ist. Für diese Beispielrechnung wurde unterstellt, daß sich Effizienzmaßnahmen der Nachrüstung in der Steigerung des Wirkungsgrades von 30 auf 37% und Effizienzmaßnahmen in der Finanzierung eines Technologiesprunges bzw. eines Neubaus in der Steigerung des Wirkungsgrades von 30 auf 40% erschöpfen. Deshalb berücksichtigt diese Beispielrechnung nicht das Effizienzpotential, welches sich beispielsweise aus einer Kraft-Wärme-Koppelung ergibt. Ebenso ist nicht berücksichtigt, daß die Kraftwerksbetreiber Kostenersparnisse realisieren, da sie weniger Primärenergie einsetzen. Diese Tabelle setzt deshalb voraus, daß die Transfergeber die entsprechenden Investitionskosten voll tragen müssen, ohne daß sie diese um den Gegenwartswert der Einsparung an Primärenergie mindern können. Dies entspricht zwar nicht dem Prinzip der Finanzierung der inkrementellen Kosten, stellt aber eine realistische Annahme dar, da eine marktgerechte Abschätzung der Gestehungskosten der Steinkohle in der Volksrepublik China kaum möglich sein dürfte und die eingesparten Primärenergiekosten von Kraftwerksbetreibern deshalb als marginal angenommen werden können.

Um einen Vergleich mit diskutierten CO<sub>2</sub>-Steuersätzen zu ermöglichen, haben wir auf Basis zweier Zinssätze von 4% und 8% die sich ergebenden Annuitäten berechnet. Für die hypothetischen durchschnittlichen Reduktionskosten haben wir gemäß der oben getroffenen Definition von Kostenfunktionen angenommen, daß jede Primärenergieeinsparung zu 100% eine entsprechende CO<sub>2</sub>-Reduktion bedingt. Daraus ergeben sich die durchschnittlichen Reduktionskosten pro t CO<sub>2</sub> der verschiedenen Optionen. Sie schwanken für Option A zwischen 17,42 und 36,18 US-Dollar, für Option B zwischen 20,72 und 47,75 US-Dollar und Option C zwischen 51,82 und 79,59 US-Dollar.



Tabelle 6: Eine Beispielrechnung der Investitionskosten und hypothetischen durchschnittlichen Reduktionskosten in US-Dollar für chinesische Steinkohlekraftwerke

	Investitionskosten pro Kapazität KW	Annuität <sup>d</sup> pro Kapazität kW bei		hypothetische durchschnittliche Reduktionskosten <sup>e</sup> pro t CO <sub>2</sub> bei	
		r = 4 %	r = 8 %	r = 4 %	r = 8 %
Option A: Nachrüstung <sup>a</sup>	300 - 450	22,07 - 33,11	30,55 - 45,83	17,42 - 26,14	24,11 - 36,18
Option B: Finanzierung des Technologiesprungs <sup>b</sup>	600 - 900 <sup>c</sup>	34,70 - 52,05	53,30 - 79,94	20,73 - 31,09	31,84 - 47,75
Option C: Neubau <sup>b</sup>	1500 <sup>c</sup>	86,75	133,24	51,82	79,59

Quelle: Wiesegart (1990), eigene Annahmen und eigene Berechnungen

<sup>a</sup> Nachrüstung: Verbesserung des Wirkungsgrades von 30 auf 37 %. Restumfang: 20 Jahre (vgl. Wiesegart, 1990, S. 218).

<sup>b</sup> Alte Technologie: Wirkungsgrad von 30 %, neue Technologie: Wirkungsgrad von 40 %, beide Technologien. 30 Jahre Nutzung.

<sup>c</sup> Eigene Annahmen, d. h. Investitionskostenannahme für alte Technologie: 600 - 900 \$ pro KW.

<sup>d</sup> Annuität berechnet als Investitionskosten  $\cdot \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}}$  mit n = (Rest)Nutzungsdauer.

<sup>e</sup> Berechnet als Verhältnis aus Annuität und maximal vermiedenen t CO<sub>2</sub>. Maximale Vermeidung als Produkt aus Primärenergieremissionseinsparung und Emissionskoeffizient von 93 t CO<sub>2</sub>/TJ (vgl. Enquete-Kommission, 1991, S. 148), unterstellte jährliche Betriebsdauer aller Optionen: 6000 h.

Es zeigt sich zum einen, daß die Reihung der Optionen, die wir anhand des Vergleichs von Transfer- und Kostenfunktionen vorgenommen haben, mit der Reihung auf Basis eines Kostenvergleiches selbst identisch ist. Option A schneidet hier am günstigsten ab, gefolgt von Option B und Option C. Daß Option B der Option C überlegen ist, ist nicht verwunderlich, da Option B nur die Zusatzkosten eines Technologiesprunges trägt, wohingegen Option C die Gesamtkosten zu tragen hat.

Zum anderen ist das Niveau der Durchschnittskosten bemerkenswert. Die hohen Werte für die Optionen B und C sind dabei weniger erstaunlich, da sie die realistische Annahme reflektieren, daß die Volksrepublik China den Neubau von Kraftwerken in Zukunft nach Weltmarktpreisen bewertet. Ins Auge fallen jedoch die ebenfalls relativ hohen Werte für die Nachrüstungsoption. Auf Basis der Tabelle 1 hatten wir in Kapitel 2 bemerkt, daß die Volksrepublik China anscheinend der potentiell interessanteste Partner für eine gemeinsame Klimapolitik ist. Die hohe Kohlenstoffintensität des chinesischen Sozialprodukt scheint aber nach den Berechnungen der Tabelle 7 weniger durch die Energieangebotsseite als durch die Energienachfrageseite verursacht zu werden. Die auf Basis der Tabelle 1 vermuteten Einsparpotentiale sind deshalb hauptsächlich bei nachfrageseitigen Maßnahmen zu suchen. Wir hatten eine Berücksichtigung nachfrageseitiger Realtransfers verwerfen müssen, da für solche Maßnahmen kein Reduktionsmaß verifizierbar ist. Deshalb leidet jede rationale Politik der joint implementation darunter, daß ihr das größte Potential gar nicht zugänglich ist.

Diese Tatsache schränkt die vermuteten Möglichkeiten einer Politik der joint implementation drastisch ein. Dies wird auch deutlich, wenn man die in Tabelle 6 dargestellten durchschnittlichen Kosten mit Steuervorschlägen und Steuerabschätzungen vergleicht.

Es zeigt sich, daß sich ein Realtransfer in die Volksrepublik China nicht in jedem Fall rechnet, selbst wenn man davon ausgehen kann, daß Kompensationen ausgeschlossen sind. Ausgehend von den niedrigen Steuerschätzungen, von denen die größte politische Akzeptanz erwartet werden kann, wäre auf dieser Basis jeglicher Realtransfer in die Volksrepublik China fraglich. Es ist bemerkenswert, daß die hypothetischen Durchschnittskosten der Tabelle 6 nur für die höchsten Abschätzungen, d.h. für das hohe Nordhaus-Szenario sowie für die Steuermaxima der Europäischen Union und einer US-Politik der Emissionsstabilisierung, einen durchschnittlichen Kostenvorteil andeuten können.

Tabelle 6 dokumentiert eine Abschätzung für ein Projekt und damit allenfalls einen bestimmten Punkt der in den Abbildungen 1 bis 3 wiedergegebenen Kostenfunktionen. Günstigere Projekte liegen links von diesem Punkt, ungünstigere Projekte liegen rechts von diesem Punkt. Der relevante Punkt auf der Transferfunktion liegt oberhalb der

Tabelle 7: Übersicht über CO<sub>2</sub>-Steuersätze

Bewertungsmethode	geschätzte/vorgeschlagene Steuer in US \$/t CO <sub>2</sub>	Quelle
Marginale Schadensabschätzung	niedriger Schätzwert: 0,468 mittlerer Schätzwert: 1,898 hoher Schätzwert: 17,16	} basierend auf weltweite } Kosten-Nutzen-Ab- } schätzung
Eingeführte Steuern	Finnland: 1,586 Niederlande und Schweden: 11,7	Sha, Larson (1992)
Vorgeschlagene Steuern	US Kongress: von 1,3 auf 6,5 wachsend (1995) Europäische Union: von 2,34 auf 18,2 wachsend (2000)	Sha, Larson (1992)
Notwendige Steuer, um die Treibhausgasemissionen der USA 2000 auf das Niveau von 1988 zu reduzieren	von 2,6 in 1991 jährlich um 2,6 anwachsend auf 26 in 2000	CBO (1990)

Quelle: Schneider (1993), Umrechnung: 1 \$ / t C = 0,26 \$ / t CO<sub>2</sub>

entsprechenden Werte der Tabelle 6. Wenn beispielsweise diese Maßnahmen dazu führen, daß die Hälfte der hypothetischen Reduktionen durch ein Mehrangebot gegenkompensiert werden, verdoppeln sich die durchschnittlichen Realtransfers, die sich ja auf die Nettoerduktionen beziehen.

Dies bedeutete auf Basis der Tabelle 6, daß die Realtransfers pro t CO<sub>2</sub> für Option A zwischen 34,84 und 72,36 US-Dollar, für Option B zwischen 69,38 und 95,50 US-Dollar und für Option C zwischen 103,64 und 159,18 US-Dollar lägen. Diese Zahlen dokumentieren, daß unsere Beispielrechnung bereits ein Projekt darstellt, welches nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit gewählt werden dürfte. Im Umkehrschluß läßt sich vermuten, daß die relevanten Projekte mehr Effizienzgewinne zu ähnlichen Kosten realisieren müssen. Deshalb ist zu befürchten, daß die Möglichkeiten von effektiven Realtransfers noch als weitaus geringer angenommen werden müssen, als es schon die Beispielrechnung der Tabelle 6 anzeigt, weil anstatt der Kostenfunktionen die Transferfunktionen für die Gesamtbeurteilung relevant sind.

## 5. Schlußfolgerungen

Die Analyse der Möglichkeiten von joint implementation hat offenbart, daß viel theoretische Attraktivität dieses Ansatzes verloren geht, wenn man eine Evaluierung für den offensichtlich lukrativsten Partner dieser Politik, der Volksrepublik China, versucht. Wir haben gezeigt, daß man keinesfalls auf die Wirksamkeit solcher Maßnahmen vertrauen kann, wenn joint implementation sich in einem institutionellen Rahmen abspielt, der dadurch gekennzeichnet ist, daß sich Industrieländer zu einer Reduktionspolitik verpflichten, die sie auch in Ländern leisten können, die keine strikte Klimapolitik betreiben. Ursächlich für die Schwächen einer solchen Politik war die Tatsache, daß solche Maßnahmen nicht durch die Annahme schönerechnet werden dürfen, daß jede mit einer Maßnahme erzielbare theoretische Reduktion nicht an anderer Stelle zumindest gegenkompensiert wird. Diese Gegenkompensation muß gerade für ein von Angebotsengpässen dominiertes Energiesystem befürchtet werden, weil es hier einen großen Unterschied zwischen den Kosten und dem Niveau der Realtransfers geben kann.

Jede nationale Klimapolitik, die den nationalen Emittenten die Erbringung von Reduktionsleistungen auch im Ausland erlaubt, kann jedoch nicht auf die Transferfunktion rekurren. Aus administrativer Sicht ist nur eine Verrechnung auf Basis der Bruttoreduktionen möglich, da jede Verrechnung nur auf einer verifizierbaren Basis stattfinden kann und nicht auf Basis einer unbekannt Transferfunktion. Wir hatten erläutert, warum u.E. nachfrageseitige Maßnahmen, die offensichtlich ein hohes Effizienzpotential beinhalten, nicht für joint implementation zur Verfügung stehen. Dies bedeu-

tet jedoch nicht, daß die angebotsseitigen Optionen keinerlei oder vernachlässigbare Administrationskosten verursachen, wenn man wirklich die Transferfunktion zugrundelegen wollte. Vielmehr müßte auch für angebotsseitige Maßnahmen *in jedem Einzelfall* der Nettoeffekt geprüft werden, wenn man einem nationalen Emittenten eine entsprechende Direktinvestition nur auf seine Nettoreduktionsleistung anrechnen wollte. Selbst wenn man die entsprechenden administrativen Probleme lösen könnte, würde eine solche Politik für jede Investition ein hohes Risiko bedeuten, weil der Investor auch nicht sicher evaluieren kann, wieviel Nettoreduktionen seine Investition im Zeitablauf erzielt.

Orientiert man sich notwendigerweise an den Bruttoreduktionen, so muß mit einer hohen Kompensationswirkung gerechnet werden, die - falls das Reduktionsziel dennoch gewährleistet werden soll - bedingt, daß die nationalen Reduktionsanforderungen weiter verschärft werden müssen. Allerdings scheint das Potential für angebotsseitige Maßnahmen in der Volksrepublik China geringer als erwartet. Die Modellrechnung zeigte, daß die Einsparpotentiale auf der Nachfrageseite liegen, da die ermittelten Reduktionskosten für die drei angebotsseitigen Optionen relativ hoch sind. Auch wenn diese Rechnung mit äußerster Vorsicht zu interpretieren ist, gab sie und die Überlegungen zu der Nettowirkung der verschiedenen angebotsseitigen Optionen ein Indiz dafür, daß man sich - wenn überhaupt - im Rahmen von joint implementation zunächst auf Nachrüstungsinvestitionen konzentrieren sollte. Nachrüstungsinvestitionen scheinen die geringsten Kosten und auch die geringsten Kompensationseffekte aufzuweisen.

Insgesamt stellt sich zudem die Frage, inwieweit nationale Verpflichtungen vor diesen Einschränkungen wirklich noch Sinn haben. Klimapolitik ist und bleibt ein globales Problem und kann auch durch Direktinvestitionen bestimmter Länder nicht nationalisiert werden, insbesondere dann nicht, wenn diese Direktinvestitionen hohe Kompensationsverluste erleiden können. Wir waren in diesem Papier davon ausgegangen, daß die Volksrepublik China nicht in eine globale Klimapolitik integriert wird. Nach dem eher ernüchternden Fazit unserer Untersuchung muß jedoch überlegt werden, ob jegliche Klimapolitik ohne die Integration Chinas erfolgreich sein kann. Da jede globale Klimapolitik die Souveränität der Staaten, d.h. die notwendige Freiwilligkeit aller Staaten zu einer gemeinsamen Klimapolitik, berücksichtigen muß, stellt sich hier ein im Vergleich zur nationalen Umweltpolitik schwerwiegendes Koordinierungsproblem. Die Lösung dieses Problems scheint jedoch eine Voraussetzung für eine effektive globale Reduktionspolitik zu sein.

## 6. Literatur

- Barrett, S. (1992), International Environmental Agreements as Games, in: Conflicts and Cooperation in Managing Environmental Resources, hrsg. von R. Pethig, Berlin.
- Bauer, A. (1992), International Cooperation over Environmental Goods, Münchener Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge Nr. 92-17.
- Bohm, Peter (1994), On the feasibility of Joint Implementation of carbon emissions reductions, Research Paper in Economics, 1994:2 WE, Dep. of Economics, University of Stockholm.
- Bohm, Peter (1994), Making carbon-emissions quota agreements more efficient: Joint implementation vs. quota tradeability, Research Paper in Economics, 1994:1 WE, Department of Economics, University of Stockholm.
- Carraro, C., Siniscalco, D. (1992), Strategies for the International Protection of the Environment, Nota di LAVORNO della Fondazione Eni Enrico Mattei 4.92.
- CBO (1990), Carbon Charges as a Response to Global Warming: the Effects of Taxing Fossil Fuels, Congress of the United States, Congressional Budget Office.
- Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg), (1991), Schutz der Erde, 3/II: S. 148, Economica Verlag, Bonn; Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- Geping, Q. (1992), China's dual trust strategy: Economic development and environmental protection, Energy Policy, 20: 500-506.
- Heister, J. (1993), Who will win the Ozone Game? On Building and Sustaining Cooperation in the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Kiel Working Paper No. 579, The Kiel Institute of World Economics.
- Heister, J., Klepper, G., Stähler, F. (1992), Strategien globaler Umweltpolitik - die UNCED-Konferenz aus ökonomischer Sicht, Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, 5 : 455-465.
- International Energy Agency/ IEA (1992), Climate Change Policy Initiatives, Energy and Environment Series, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency/ IEA (1994), World Energy Outlook. 1994 Edition, OECD/IEA, Paris.
- Michaelis, P. (1992), Global Warming: Efficient Policies in the Case of Multiple Pollutants, Environmental and Resource Economics, 2: 61-77.
- Michaelis, P. (1993), Stabilising the Global Greenhouse. A Simulation Model, Kiel Working Paper Paper No. 604, The Kiel Institute of World Economics.

- Mohr, E., Thomas, J. (1993), Pooling Sovereignty Risks: The Case of Environmental Treaties and International Debt, Kiel Working Paper No. 568, The Kiel Institute of World Economics.
- Nordhaus, W. (1991), A Sketch of the Greenhouse Effect, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 81: 146-150.
- Perlack, R.D., Russell, M., Shen, Z. (1993), Reducing greenhouse gas emissions in China: Institutional, legal and cultural constraints and opportunities, *Global Environmental Change*, 3: 78-100.
- Polenske, K.R., Lin, X. (1993), Conserving Energy to Reduce Carbon Dioxide Emissions in China, *Structural Change and Economic Dynamics*, 4: 249-265.
- Schneider, R. (1993), The Potential for Trade with the Amazon in Greenhouse Gas Reduction, LATEN Dissemination Note #2, The World Bank, Latin America Technical Department, Environmental Division, o.O.
- Shah, A., Larson, B. (1992), Carbon Taxes, the Greenhouse Effect and Developing Countries, *World Development Report 1992*.
- Smil, V. (1988), *Energy in China's modernisation: Advances and limitations*, New York, London.
- Stähler, F. (1992), Pareto Improvements by In-Kind-Transfers, Kiel Working Paper No. 541, The Kiel Institute of World Economics.
- Stähler, F. (1993a), On the Economics of International Environmental Agreements, Kiel Working Paper No. 600, The Kiel Institute of World Economics.
- Stähler, F. (1993b), Superior In-Kind-Transfers, mimeo, The Kiel Institute of World Economics.
- Wang, B. (1993), Die Entwicklungsprobleme der Elektrizitätsversorgung in der VR China, Frankfurt (Main), Berlin.
- Weltbank (1993), *China: The Achievement and Challenge of Price Reform*, A World Bank Country Study, the World Bank, Washington, D.C.
- Wiesegart, K. (1990), Die Bedeutung von Energie-Einsparstrategien für die VR China, *Osteuropa-Wirtschaft*, 35: 208-223.