

# Internationale Umweltpolitik

Humboldt-Universität zu Berlin  
Institut für Wirtschaftswissenschaften  
Seminararbeit Public Choice  
Dr. habil. Pio Baake  
WS 2001/2002  
**Henry Heilemann**  
**Ludger Montag**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Koalitionsbildung und Internationale Umweltvereinbarungen .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Ein positives Modell von Finus und Rundshagen (1998).....</b>	<b>11</b>
3.1 Die Große Koalition im statischen Kontext .....	11
3.1.1 Darstellung, Ziele und Grundannahmen des Modells.....	11
3.1.2 Umweltpolitische Instrumente .....	11
3.1.2.1 Quotenlösung .....	12
3.1.2.2 Steuerlösung.....	14
3.1.3 Vergleich der Quotenlösung mit der Steuerlösung .....	15
3.2 Dynamischer Kontext.....	17
3.2.1 Die Große Koalition .....	17
3.2.2 Die Subkoalition .....	26
3.3 Erweiterung des Modells .....	30
<b>4 Zur aktuellen Problematik Internationaler Umweltvereinbarungen .....</b>	<b>35</b>
4.1 Das Kyoto-Protokoll im Rahmen des Modells von Finus und Rundshagen (1998).....	35
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>39</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>38</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorteile aus einer veränderten Klimapolitik.....	8
Abbildung 2: Kooperatives vs. non - kooperatives Gleichgewicht.....	9
Abbildung 3: Anreizmechanismen zum Ausgleich unterschiedlicher Wohlfahrtsniveaus .....	20
Abbildung 4: Wohlfahrt und Reduzierungsquoten unter verschiedenen Szenarien .....	22
Abbildung 5: Wohlfahrtsniveaus und Reduzierungsquote bei unterschiedlichen Subkoalitionen .....	28
Abbildung 6: Wohlfahrt und Emissionsniveaus der Länder unter verschiedenen Szenarien.....	33
Abbildung 7: Aggregierte Wohlfahrt und Emissionsausstoß für verschiedene Szenarien .....	34
Abbildung 8: $CO_2$ -Emissionen ausgewählter Länder (1995).....	36
Abbildung 9: Emissionsniveaus und Reduzierungsziele ausgewählter Länder nach dem Kyoto-Protokoll .....	37

## Variablen- und Abkürzungsverzeichnis

- GVK* - aggregierte Grenzvermeidungskosten  
*GVN* - aggregierter Grenzvermeidungsnutzen  
*GVK<sub>i</sub>* - Grenzvermeidungskosten des Landes *i*  
*GVN<sub>i</sub>* - Grenzvermeidungsnutzen des Landes *i*  
*e<sub>i</sub><sup>S</sup>* - Emission eines Landes im sozialen Optimum  
*e<sub>i</sub><sup>N</sup>* - Emission eines Landes im Nashgleichgewicht  
*E<sup>S</sup>* - Gesamtemission im sozialen Optimum  
*E<sup>N</sup>* - Gesamtemission im Nashgleichgewicht  
*γ* - Gewinn-Kosten-Verhältnis  
*δ* - Diskontierungsfaktor  
IEA - international environmental agreement (internationale Umweltvereinbarung)  
LCD - lowest common denominator (kleinster gemeinsamer Nenner)  
NB - net benefit (NettogewinneWohlfahrt)  
Q - Quote  
T - Steuer  
SW - soziales Wohlfahrts optimum  
GGW- Gleichgewicht  
RSG - reduced stage game (reduziertes Stufenspiel)  
DG - dynamic game (dynamisches Spiel)  
IRG - infinitely repeated game (unendlich wiederholtes Spiel)  
WCP - weakly coalition-proof (schwaches Nachverhandlungsgleichgewicht)  
DO - degree of optimality (Optimalitätsgrad)  
SC - subcoalition (Subkoalition)  
GC - grand coalition (Große Koalition)

### 1 Einleitung

Die Umwelt ist ein lebenswichtiges, aber auch knappes Gut, welches sowohl bei der Produktion als auch dem Konsum von Gütern eingesetzt wird. Dabei wird es allzu oft als öffentlich und unbegrenzt vorhanden angesehen. Die Umweltpolitik ist der Inbegriff von Maßnahmen, um die Verwendung des Gutes Umwelt zu regulieren und zu reglementieren. Diese Maßnahmen sind umweltpolitische Instrumente (Umweltauflagen, Umweltabgaben, Umweltzertifikate, Verhandlungs- und Kooperationslösungen, etc.), die das Verhalten der Menschen beeinflussen und die auftretenden sozialen Kosten internalisieren sollen. Als allgemeine Zielvorstellung von Umweltpolitik kann Folgendes definiert werden: Durch Einsatz umweltpolitischer Instrumente soll erreicht werden, dass bestehende Umweltschäden vermindert und beseitigt, Schäden für Mensch und Umwelt abgewehrt, Risiken für Menschen, Tiere und Pflanzen, Natur und Landschaft, Umweltmedien und Sachgüter minimiert werden sowie Freiräume für die Entwicklung der künftigen Generationen und der Vielfalt der Arten erhalten und erweitert werden.<sup>1</sup> Dabei unterscheidet sich nationale wesentlich von internationaler Umweltpolitik. Die nationale Umweltpolitik baut auf geltendem nationalen Recht auf. Treten Umweltschädigungen in einem Land auf, können entsprechende Maßnahmen durch übergeordnete Instanzen durchgesetzt werden. Ein zentrales Problem internationaler Umweltpolitik ist die Tatsache, dass kein international geltendes Recht zur Reglementierung von Umweltverschmutzung existiert.<sup>2</sup>

Viele der beobachtbaren Umweltprobleme treten jedoch nicht nur regional auf. Vielmehr verursachen Emissionen Schäden über Ländergrenzen hinweg. Somit ist eine regionale Lösung dieser Probleme kaum möglich, sondern erfordert eine Kooperation der beteiligten Staaten. Teilweise müssen Umweltprobleme sogar in einem globalen Kontext gesehen werden. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen einseitigen und reziproken Externalitäten. Einseitige externe Effekte werden von einem oder mehreren Ländern verursacht und betreffen ausschließlich ein oder mehrere andere Länder (z.B. Verschmutzung eines Flusses, der durch weitere Länder fließt).<sup>3</sup> Dahingegen treten reziproke Externalitäten im Zusammenhang mit

---

<sup>1</sup> Vgl. Gabler Wirtschaftslexikon, (1988), S. 2066.

<sup>2</sup> Vgl. Endres und Finus (1999), S. 527.

<sup>3</sup> Vgl. Sauernheimer und Ködding (1995), S. 70.

Globalschadstoffen auf, die sich nach ihrer Emission räumlich gleichmäßig verteilen und somit Schäden global unabhängig vom Ort der Entstehung anrichten.<sup>4</sup>

Da es, wie bereits erwähnt, auf internationaler Ebene keine Institution gibt, die es souveränen Staaten verbieten kann, Schadstoffe auszustoßen, können die hier aufgeführten Probleme lediglich über freiwillige internationale umweltpolitische Vereinbarungen gelöst werden. Nimmt man diese als eine Art übergeordnete Instanz an und weicht somit von der Vorstellung einer Institution in Form eines Gerichtes oder einer Behörde ab, so kann man bereits mehr als 100 Institutionen in Form von Internationalen Umweltvereinbarungen (IEA) finden.<sup>5</sup>

Unter Internationalen Umweltvereinbarungen versteht man eine Verhandlungs- oder Kooperationslösung zwischen mehreren Ländern. In diesen Vereinbarungen formuliert man die angestrebten Vermeidungsziele und die Sanktionen gegen jene, die sich nicht an die Vereinbarungen halten. Als Grundvoraussetzung solcher IEA gilt der selbstbindende Charakter, welcher die Stabilität solcher Kooperationen widerspiegelt.<sup>6</sup> Dies impliziert zwei Grundsätze. Erstens können Länder nicht gezwungen werden, an solchen Verhandlungen teilzunehmen. Zweitens können Länder jederzeit von diesen Vereinbarungen wieder zurücktreten. Somit hängen die Erfolgsaussichten von bestimmten Anreizen und Selbstbindungsmaßnahmen ab, die während des Verhandlungsprozesses vereinbart werden. Darunter versteht man die Anreize der individuellen Rationalität, die Bewältigung des Trittbrettfahrerverhaltens sowie Konsens in den Verhandlungen. Unter Selbstbindungsmaßnahmen werden Sanktionen und Transferleistungen verstanden. Auf diese Faktoren wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

Die Seminararbeit zum Thema „Internationale Umweltpolitik“ baut im Folgenden auf dem Aufsatz von M. Finus und B. Rundshagen (1998): „Toward a positive theory of coalition formation and endogenous instrumental choice in global pollution control“ auf und wird mit aktuellen Themen der Umweltpolitik verglichen.

---

<sup>4</sup> Vgl. Krumm (1995), S. 5.

<sup>5</sup> Vgl. Barret (1994), S. 878.

<sup>6</sup> Vgl. Carraro und Siniscalco (1992), S. 382.

## 2 Koalitionsbildung und Internationale Umweltvereinbarungen

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich lediglich mit reziproken Externalitäten (z. B.  $CO_2$ ) und konzentriert sich dahingehend lediglich auf Internationale Umweltvereinbarungen (IEA) zur Lösung dieser Probleme.

Es ist allgemein bekannt, dass die aggregierte Wohlfahrt aller Länder im Falle eines kooperativen Handelns größer ist<sup>7</sup> als im Vergleich zur Nicht - Kooperation. Nicht - Kooperation entspricht dem Zustand, bei dem jedes Land seinen eigenen Nutzen maximiert (Nashgleichgewicht). Auch das globale Emissionsniveau ist bei Kooperation niedriger, so dass dies zur Lösung des Umweltproblems beitragen kann.

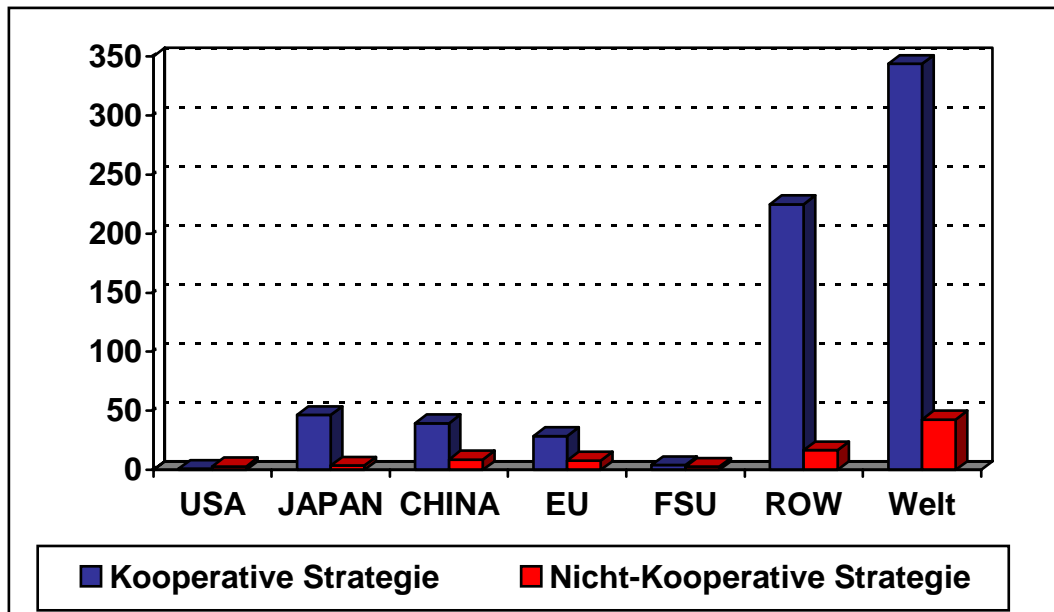
Jedoch existiert für die betroffenen Länder lediglich dann ein Anreiz in Verhandlungen zu treten, wenn die zu erwartende Wohlfahrt des Landes größer ist als im Vergleich zum nicht-kooperativen Ausgangspunkt. Dies ist als individuelle Rationalität bekannt. Staaten müssen somit in Verhandlungen treten, um ein für alle akzeptables Ergebnis zu erzielen. Spieler (hier Staaten) verhalten sich in Verhandlungen strategisch. Um den maximalen Nutzen für sich selbst aus diesen Verhandlungen zu ziehen, werden sie demnach nicht bereit sein, alle ihnen zur Verfügung stehenden Informationen preiszugeben. Das Problem des strategischen Verhaltens steigt mit der Anzahl der teilnehmenden Länder, so dass erfolgreiche Vereinbarungen auf internationaler Ebene als äußerst schwierig einzustufen sind. Wie man diese Problem beikommen kann, wird in Abschnitt 3.1.2.1 dargestellt.

Abbildung 1 zeigt die Vorteile, die sich aus Internationalen Umweltvereinbarungen ergeben können. Die blauen Balken stellen dabei die Wohlfahrt bei Kooperation dar, wohingegen die roten Balken die Wohlfahrt darstellen, wenn nicht kooperiert wird.

Aus dieser Abbildung lässt sich erkennen, dass die aggregierte Wohlfahrt bei Kooperation deutlich größer ist. Auffällig ist jedoch, dass die USA als einziges Land einen Wohlfahrtsverlust im Vergleich zum nicht - kooperativen Fall erleiden. Dies ist auf die Heterogenität der Länder zurückzuführen, die sowohl unterschiedlich stark von Emissionen profitieren, als auch unter den Schäden leiden. Die Vorteile der Emission werden dabei durch die nationalen Ausstoßmengen charakterisiert, wohingegen die Schäden aus dem globalen Emissionsniveau resultieren.

---

<sup>7</sup> Vgl. Barrett (1994), S. 878.

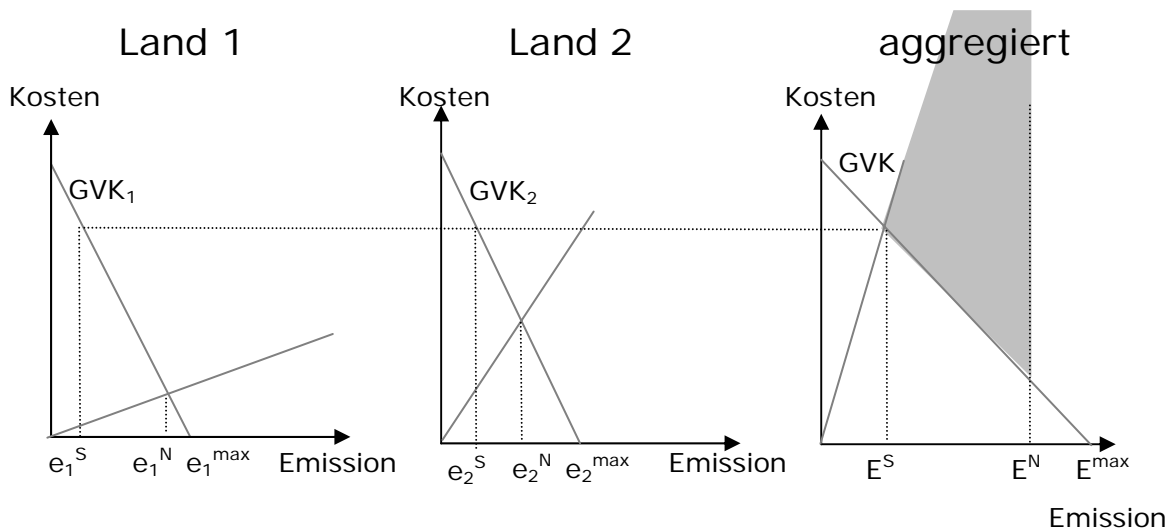


Quelle: RICE Modell, Nordhaus und Yang (1996)

Abbildung 1: Vorteile aus einer veränderten Klimapolitik

Die in Abbildung 1 dargestellten Kooperationsvorteile zeigt Abbildung 2 im theoretischen Kontext. Die beiden betrachteten Länder profitieren analog zum Modell von Finus und Rundshagen (1998) gleich stark von Emissionen, dargestellt durch die Grenzvermeidungskostenkurve (GVK). Eine Verminderung des Emissionsausstoßes würde Opportunitätskosten hervorrufen und die Gewinne senken. Die Länder leiden unterschiedlich stark unter dem globalen Emissionsniveau. Die Schäden werden durch die beiden Grenzvermeidungsnutzenkurven (GVN) dargestellt. Das rechte Diagramm zeigt eine Umweltkoalition zwischen den beiden Ländern, in der beide kooperativ handeln und die soziale Wohlfahrt maximieren. Die globalen GVK ergeben sich durch horizontale Aggregation und die globalen GVN durch vertikale Aggregation.





Quelle: Krumm (1996) S. 15

Abbildung 2: Kooperatives vs. non - kooperatives Gleichgewicht

Dabei bezeichnen die Punkte  $e_i^N$  die Emissionsmenge, wenn das Land für sich allein maximiert (Nashlösung)<sup>8</sup>, und  $E^N$  die Gesamtemission, wenn die beiden Länder nicht kooperieren. Im Fall der Kooperation würde sich durch Rückwärtsinduktion von der wohlfahrtsoptimalen Gesamtausstoßmenge ( $E^S$ )<sup>9</sup> die sozial optimale Ausstoßmenge ( $e_i^S$ ) für das einzelne Land ergeben. Die grau schraffierte Fläche, die sich zwischen den Punkten  $E^N$  und  $E^S$  bildet, ist der Wohlfahrtsverlust, der durch Kooperation vermieden werden kann.

Trotz dieser gezeigten Vorteile bei Kooperation ist das soziale Optimum bei einer großen Anzahl von Teilnehmern wegen des Trittbrettfahrerproblems nicht erreichbar. Das Trittbrettfahrerproblem beinhaltet, dass alle darauf vertrauen, dass es die anderen schon richten werden. Diese Einstellung hat schon vielerorts zum Scheitern von freiwilligen Vereinbarungen geführt.<sup>10</sup> Sobald - wie im Falle öffentlicher Güter - keine Rivalität im Konsum besteht und auch das Prinzip der Nicht-Ausschließbarkeit gilt, treten Trittbrettfahrer auf. Im Zusammenhang mit IEA können zwei Arten von

<sup>8</sup> Dabei müssen Grenzwertungskosten des Landes  $i$  ( $GVK_i$ ) gleich den Grenzwertungsnutzen des Landes  $i$  ( $GVN_i$ ) sein.

<sup>9</sup> Die aggregierten Grenzwertungskosten müssen gleich den aggregierten Grenzwertungsnutzen sein.

<sup>10</sup> Vgl. Janssen und Springer (2001).

Trittbrettfahrern unterschieden werden. Trittbrettfahrer vom Typ 1 sind Nicht - Unterzeichner - Länder und tragen somit nicht zur Reduzierung der Emissionen bei. Die Entscheidung nicht zu reduzieren und somit nicht an dem IEA teilzunehmen beruht dabei weitestgehend auf der Tatsache, dass, wie in Abbildung 1 beispielhaft für die USA dargestellt, das Kriterium der individuellen Rationalität nicht erfüllt wird. Im dynamischen Kontext kann das Problem eines Trittbrettfahrers vom Typ 1 durch entsprechende Anreize gelöst werden.<sup>11</sup> Trittbrettfahrer vom Typ 2 haben die IEA unterzeichnet, halten sich jedoch nicht an die vereinbarten Reduktionsziele. Die Entscheidung, die vereinbarte Reduzierung nicht einzuhalten, ist auf die Anreize von höherer Wohlfahrt im Falle des Ausscherens aus den Vereinbarungen begründet. Im statischen Kontext (einmaliges Spiel) hat jedes Land einen Anreiz, von den Verhandlungen abzuweichen. Im dynamischen Kontext kann durch die Festlegung gewisser Sanktionen und Transferzahlungen dieses Problem gelöst werden.<sup>12</sup>

Diese hier aufgezeigten Probleme sollen nun sowohl im statischen als auch im dynamischen Kontext mit Hilfe des Modells von Finus und Rundshagen (1998) abgebildet werden.

---

<sup>11</sup> Vgl. Finus (2001), S. 10.

<sup>12</sup> Vgl. Finus (2001), S. 11.

### 3 Ein positives Modell von Finus und Rundshagen (1998)

#### 3.1 Die Große Koalition im statischen Kontext

##### 3.1.1 Darstellung, Ziele und Grundannahmen des Modells

Ausgangspunkt des Modells stellt ein internationales Umweltproblem mit reziprokalem Charakter dar (z.B.  $CO_2$ - Emission), von welchem  $N$  Länder betroffen sind. Das aggregierte Emissionsniveau  $E$  wird durch die Summe der länderspezifischen

Emissionen  $E_i$  dargestellt, mit  $E = \sum_{i=1}^N E_i$ . Die Schäden  $D_i(E)$ , die ein Land durch

Emission erleidet, hängen von der Globalemission  $E$  ab. Der Schaden eines Landes wird durch folgende Schadensfunktion wiedergegeben:

$$D_i(E) = i \cdot \frac{c}{2} \cdot E^2, \quad c > 0, \quad i \in \{1, \dots, N\} \quad (1)$$

In dieser formalen Darstellung ist  $c$  ein Kostenparameter. Des Weiteren sind die Schäden (diskret) gleichverteilt. Länder mit einem höheren Index  $i$  leiden dabei stärker unter der globalen Verschmutzung als Länder mit einem niedrigeren Index.

Annahmegemäß entstehen bei der Produktion und dem Konsum von Gütern Emissionen  $E_i$ , die mit der Gewinnfunktion  $B_i(E_i)$  eines Landes positiv korrelieren. Die Gewinne eines Landes lassen sich folgendermaßen durch die Gewinnfunktion ausdrücken:

$$B_i(E_i) = b \left( dE_i - \frac{1}{2} E_i^2 \right), \quad b > 0, \quad d > 0, \quad E_i \leq 2d \quad (2)$$

Dabei stellen  $b$  und  $d$  Gewinnparameter dar. Die Annahme  $E_i \leq 2d$  ist notwendig, um sicherzustellen, dass  $B_i > 0$  gegeben ist. Das Verhalten der Länder wird somit sowohl durch die Gewinne als auch die Schäden eines Landes bestimmt. Dazu verbindet man Gleichung (1) und (2) miteinander und erhält die Wohlfahrt ( $NB_i$ ) eines Landes  $i$ .

$$NB_i = B_i(E_i) - D_i(E) \quad (3)$$

##### 3.1.2 Umweltpolitische Instrumente

Wie im vorigen Abschnitt angedeutet wurde, kann es für alle Länder wohlfahrtssteigernd sein, in Verhandlungen zur Vermeidung eines globalen Umweltproblems zu treten. Ausgehend von der nicht - kooperativen Lösung (Nashgleichgewicht) treffen sich Vertreter der einzelnen Länder, um gemeinsam Vermeidungsziele zu vereinbaren. Die Vermeidungsziele können dabei nur dann eindeutig definiert werden, wenn man sich auf ein geeignetes Instrument verständigt

hat. Annahmegemäß werden im Modell von Finus und Rundshagen (1998) nur zwei umweltpolitische Instrumente betrachtet, die im Folgenden näher erläutert werden.

### 3.1.2.1 Quotenlösung

Bei der Quotenlösung muss jedes Land, ausgehend von der Ausgangssituation (Nashgleichgewicht), die Schadstoffemission um einen bestimmten, aber einheitlichen Prozentsatz reduzieren. Das bedeutet, dass die Quotenlösung eine Mengenregulierung darstellt. Daraufhin sieht sich jedes Land folgendem Maximierungsproblem gegenüber:

$$\max_{R_i^Q} (B_i((1 - R_i^Q) \cdot E_i^N) - D_i(1 - R_i^Q) \cdot E^N) \quad (4)$$

Die vorgeschlagene Quote der Länder hängt von  $N$ ,  $\gamma$ <sup>13</sup> und  $i$  ab. Wie schon oben erwähnt, steigen die Schadenskosten in einem Land mit deren Index. Aus diesem

Maximierungsproblem wird ersichtlich, dass  $\frac{\delta R_i^Q}{\delta i} > 0$  gilt. Dies bedeutet, je höher die

Schadenskosten eines Landes, desto größer wird die vorgeschlagene Reduzierungsquote sein. Diese Tatsache macht eine Übereinkunft schwierig. Daher gibt es zwei denkbare Lösungen:

- a) Man versucht eine Quote zu finden, die alle Länder zufrieden stellt und somit das Kriterium des Konsens erfüllt.
- b) Eine Untergruppe (Subkoalition)<sup>14</sup> versucht eine Einigung zu finden. Diese Lösungsmöglichkeit ist besonders attraktiv für stark geschädigte Länder, da eine Gesamtlösung aus ihrer Sicht mit zu niedrigen Quoten einhergehen könnte.

Zunächst setzen wir uns mit der Lösungsmöglichkeit a) auseinander. Dazu wird eine Quote gesucht, die alle Länder zufrieden stellt. Hier sind verschiedene Ansätze denkbar (LCD<sup>15</sup>-Ansatz, Medianwähler-Ansatz). Wir beschränken uns auf den Ansatz des kleinsten gemeinsamen Nenners (LCD-Gesetz), da nur so eine Übereinkunft aller Länder gewährleistet werden kann. Bei diesem Ansatz ist die Wahrheit zu sagen immer die dominante Strategie, da man sich auf den niedrigsten Konsens einigt. Unter Konsens versteht man im Allgemeinen eine Übereinkunft von Individuen über ein

---

<sup>13</sup>  $\gamma$  kann als Gewinn - Kosten - Verhältnis interpretiert werden. ( $\gamma = \frac{b}{c}$ )

<sup>14</sup> Mehr dazu siehe unter 3.2.2.

<sup>15</sup> LCD bedeutet „lowest common denominator“.

gemeinsames Anliegen mit unterschiedlichen Interessen. Im Falle der IEA sind die unterschiedlichen Interessen in Form der Asymmetrie der Länder gegeben und das gemeinsame Interesse liegt in der höheren Wohlfahrt bei Kooperation begründet. Bei IEA werden mehrere Entscheidungen auf einmal getroffen, die jede für sich dem Kriterium des Konsens genügen muss. Zu denken sei dabei an die Höhe der Emissionsreduzierung, die Verteilung der Vermeidungslast sowie mögliche Transferzahlungen und deren Nutznießer. Da, wie zuvor angedeutet, ein IEA nur freiwillig zu Stande kommt, müssen alle getroffenen Vereinbarungen miteinander verbunden einen Konsens ergeben.<sup>16</sup> Ein Land hat demnach keinen Anreiz, sich in den Verhandlungen strategisch zu verhalten. Dies ist eine wichtige Voraussetzung bei internationalen Verhandlungen, da die wahren Kosten schwer abzuschätzen sind und das Trittbrettfahrerverhalten, wie oben erwähnt, ein ernst zu nehmendes Problem darstellt. Als weitere Bedingung ist anzuführen, dass die Opportunitätskosten der Vermeidung bekannt sein müssen. Aufbauend auf dem LCD-Ansatz, ist die vorgeschlagene Quote von Land 1 maßgebend, da dies den geringsten Schaden erleidet und somit den kleinsten gemeinsamen Nenner darstellt. Diese Quote stellt sich dann wie folgt dar:

$$R_i^Q = \frac{2N(2N\gamma - 2\gamma - N^2 + N)}{4\gamma^2 + 8N^2\gamma - 4N\gamma + N^4 - 2N^3 + N^2} \quad (5)$$

Dabei gilt  $\forall i$ , dass die Wohlfahrt im Quotengleichgewicht ( $NB Q$ ) größer gleich der Wohlfahrt im Nashgleichgewicht ( $NB Nash$ ) ist. Dies bedeutet, dass alle Länder einen Vorteil aus der vorgeschlagenen Reduzierung ziehen. Außerdem gilt:

$$NB SW > NB Q > NB Nash \quad (6)$$

$$E SW < E Q < E Nash \quad (7)$$

Diese Ungleichungen zeigen, dass sich alle im Vergleich zur Ausgangssituation verbessert haben, jedoch nicht das soziale Wohlfahrts optimum erreicht wird. Dieser Nachteil begründet sich durch institutionelle Beschränkung einer Einheitslösung (LCD-Ansatz), die zudem nicht kosteneffizient ist. Die sozial optimale Reduzierungsquote lässt sich ausdrücken als:

$$R^{Q*} = \frac{N(N^2 - 1)(6\gamma + N)}{12\gamma^2 + 6\gamma N^3 + 6\gamma N^2 + N^4 - N^2} \quad (8)$$

Die Quotenlösung ist durch die Regulierung der Menge zwar ökologisch effizient, jedoch nicht kosteneffizient.

---

<sup>16</sup> Vgl. Finus (2001), S. 12.

### 3.1.2.2 Steuerlösung

Bei der Steuerlösung wird ein einheitlicher Steuersatz ermittelt, den die Koalitionsteilnehmer zu zahlen haben. Dies bedeutet, dass die Steuerlösung eine Preisregulierung darstellt. Die resultierenden Steuereinnahmen verbleiben in dem jeweiligen Land, in dem sie entstanden sind. Ein Land sieht sich dann dem folgenden Maximierungsproblem gegenüber:

$$\max_{t_i} \left[ B_i(E_i^t(t_i)) - D_i \left( \sum_{j=1}^N E_j^T(t_i) \right) \right] \quad (9)$$

Mit der Bedingung  $\frac{\delta t_i}{\delta i} > 0$  ergibt sich, dass der Vorschlag des Steuersatzes bei

Ländern mit höheren Schadenskosten größer ist. Bei der Steuerlösung sind andere Informationsanforderungen notwendig. So müssen die Länder bei der Steuerlösung, im Gegensatz zur Quotenlösung, die Nettonutzen der anderen Länder kennen. Auch bei der Steuerlösung ist Land 1 maßgebend für die Entscheidungsregel (LCD-Gesetz) verantwortlich. Allgemein lässt sich die Lösung des Maximierungsproblem wie folgt darlegen:

$$t_i = \frac{ibcdN^2}{b + icN^2} \quad (10)$$

Für Land 1, das hier abermals der Entscheider ist, lässt sich die Formel vereinfachen und ergibt:

$$t_1 = \frac{bcdN^2}{b + cN^2} \quad (11)$$

Diese Gleichung spiegelt den Steuersatz von Land 1 wider, den es in der Verhandlung vorschlagen wird. Zur besseren Vergleichbarkeit ziehen Finus und Rundshagen (1998) die relative Verminderung zum Nashgleichgewicht heran:

$$R_1^T = \frac{N^2 - N}{2(\gamma + N^2)} \quad (12)$$

Dabei gilt  $\forall i$  außer  $i = 1$ , dass die Wohlfahrt im Steuergleichgewicht (NB T) größer gleich der Wohlfahrt im Nashgleichgewicht (NB Nash) ist. Außerdem gilt:

$$NB SW > NB T > NB Nash \quad (13)$$

$$E SW < E T < E Nash \quad (14)$$

Dies bedeutet, dass zwar eine Verbesserung aller im Vergleich zur Ausgangssituation erreicht wurde, wir uns jedoch nicht im sozialen Wohlfahrtsoptimum befinden. Aus

dieser Tatsache heraus ist auch diese Lösung lediglich eine „second best“-Lösung. Der Grund für die „second best“-Lösung ist nicht wie im vorhergehenden Fall das Instrument an sich, weil die Steuerlösung die Vermeidung kosteneffizient umsetzt. Die Abweichung vom sozialen Optimum ist vielmehr auf die Entscheidungsregel (LCD-Gesetz) zurückzuführen. Durch Herleitung des sozialen wohlfahrtsoptimalen Steuersatzes (Pigou Steuer):

$$t^* = \frac{bcdN^2(N+1)}{2b + cN^3 + cN^2} \quad (15)$$

lässt sich wieder die optimale Reduzierung im Vergleich zum Nashgleichgewicht herleiten:

$$R^{T^*} = \frac{N(N^2 - 1)}{2\gamma + N^3 + N^2} \quad (16)$$

Dabei gilt:  $R^{T^*}$  (sozial wohlfahrtsoptimal)  $>$   $R_1^T$  (LCD-Ansatz) und  $R^{T^*} = R^{SW}$ ,  $R^{SW} = \Delta E$ .<sup>17</sup>

Die Steuerlösung ist zwar durch die Preisregulierung kosteneffizient, jedoch nicht ökologisch effizient. Je größer die Anzahl der Länder ist, die unter der globalen Externalität leiden, und je kleiner das Gewinn-Kosten-Verhältnis ( $\gamma$ ) ist, desto wichtiger ist es, eine kooperative Verhandlungslösung zu erreichen.<sup>18</sup>

### 3.1.3 Vergleich der Quotenlösung mit der Steuerlösung

Die Ausstoßmengen in beiden Lösungen hängen entscheidend von dem Gewinn-Kosten-Verhältnis ( $\gamma$ ) und der Anzahl der betroffenen Länder ( $N$ ) ab. Drei verschiedene Fälle sind möglich:

$$E^T > E^Q \text{ wenn } \gamma > \frac{N(N+1)}{2} \quad (17)$$

$$E^T < E^Q \text{ wenn } \gamma < \frac{N(N+1)}{2} \quad (18)$$

$$E^T = E^Q \text{ wenn } \gamma = \frac{N(N+1)}{2} \quad (19)$$

---

<sup>17</sup> Finus und Rundshagen (1998) analysieren die relative Differenz zwischen der aggregierten Emission

im Nashgleichgewicht und im sozialen Optimum:  $\Delta E = \frac{(E^N - E^S)}{E^N}$ ;  $\frac{\delta \Delta E}{\delta N} > 0$ ;  $\frac{\delta \Delta E}{\delta \gamma} < 0$

<sup>18</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S.152.

Daraus lässt sich eine Rangordnung der verschiedenen Lösungen erstellen. Bei gegebener Anzahl ( $N$ ) teilnehmender Länder ist die weltweite Emission aus der Quotenlösung ( $E^Q$ ) geringer als bei der Steuerlösung ( $E^T$ ), wenn die Vermeidungskosten<sup>19</sup>, ausgedrückt durch  $b$ , im Vergleich zu den Schadenskosten, ausgedrückt durch  $c$ , hoch sind. Daraus ergibt sich, dass das Gewinn-Kosten-Verhältnis ( $\gamma$ ) groß sein muss.

Ebenso kann ein Vergleich bezüglich der Wohlfahrt in den beiden Lösungen untersucht werden. Dabei ergeben sich folgende Konstellationen:

$$NB^T < NB^Q \text{ wenn } \gamma > 2N^2 \quad (20)$$

$$NB^T > NB^Q, \text{ wenn } \gamma < \frac{N(N+1)}{2} \quad (21)$$

Dies bedeutet, dass bei gegebener Anzahl ( $N$ ) teilnehmender Länder die aggregierte Wohlfahrt bei der Quotenlösung ( $NB^Q$ ) im Vergleich zur Steuerlösung ( $NB^T$ ) größer ist, wenn die Vermeidungskosten im Vergleich zu den Schadenskosten hoch sind. Daraus ergibt sich, dass das Gewinn-Kosten-Verhältnis ( $\gamma$ ) groß sein muss.

Finus und Rundshagen (1998) greifen in ihrem Modell auf diese beiden umweltpolitischen Instrumente zurück. Sie gehen davon aus, dass sich im Verhandlungsprozess die Vertreter der Länder entweder auf ein gemeinsames Reduzierungsziel anhand einer Quote (analog Auflagen) oder einen einheitlichen Steuersatz einigen. Wie Finus und Rundshagen (1998) im Modell zeigen, bringen beide Lösungen geringere Emissionen im Vergleich zum Nashgleichgewicht mit sich. Außerdem steigern beide Instrumente die Wohlfahrt der Länder. Versucht man jedoch die Vorteilhaftigkeit des einen Instruments gegenüber dem anderen herauszuarbeiten, so fällt auf, dass aufgrund der Asymmetrie der Länder unterschiedliche Präferenzen bei der Wahl des Instrumentes auftreten. Dies erschwert das bereits weiter oben beschriebene Problem der Wahl der Höhe der Reduzierungsziele noch um einen weiteren Unsicherheitsfaktor, der Frage nach dem optimalen Reduzierungsinstrument. Wie oben gezeigt wurde, ist keine eindeutige Aussage über die Stabilität einer Verhandlungslösung möglich. Zwar können alle Länder von einer Zusammenarbeit profitieren, da sie sich unabhängig vom Instrument gegenüber dem Nashgleichgewicht besser stellen. Jedoch kann das Kriterium des Trittbrettfahrerverhaltens im statischen

---

<sup>19</sup> Vermeidungskosten bedeuten hier Opportunitätskosten, d. h. entgangener Gewinn aus der Produktion.



Kontext nicht erfüllt werden, da jedes Land als Trittbrettfahrer von den Emissionsreduzierungen der anderen Länder profitieren würde. Man kann also davon ausgehen, dass zwischen den Verhandlungspartnern kein Konsens hinsichtlich der Wahl des umweltpolitischen Instruments besteht und so Anreize existieren würden, die Koalition zu verlassen. Zusammenfassend lässt sich für eine Große Koalition im statischen Kontext festhalten, dass bei beiden Instrumenten keine stabile Lösung erreicht wird.

Eine rein statische Analyse gibt jedoch keine aufschlussreichen Ergebnisse, und man kann mit großer Sicherheit davon ausgehen, dass ohne vorhandene Anreizmechanismen Trittbrettfahrer auftreten. Daher untersuchen Finus und Rundshagen (1998) die Verhandlungsergebnisse des Modells im dynamischen Kontext.

### 3.2 Dynamischer Kontext

#### 3.2.1 Die Große Koalition

Wie gezeigt wurde, kann mit Hilfe des statischen Umfeldes keine stabile Kooperationslösung gefunden werden. Die Gründe hierfür bestehen in Anreizen, von den Emissionsreduzierungen der anderen Länder zu profitieren und die Kosten als Trittbrettfahrer zu sparen. Des Weiteren ist es im Zusammenhang mit Internationalen Umweltvereinbarungen wichtig, eine langfristig erfolgreiche und effektive Vereinbarung über die Vermeidung von Emissionen zu treffen. Das aus diesen Annahmen entstehende Spiel lässt sich als stetige Wiederholung des zuvor durchgeführten Stufenspiels interpretieren.<sup>20</sup> Wird dieses Spiel wie im vorliegenden Modell unendlich durchgeführt, so spricht man von Superspielen.<sup>21</sup> Die Chancen der Kooperation sind in solchen Superspielen bedeutend größer.<sup>22</sup>

Um solche Verhandlungen zu modellieren, existieren in der Spieltheorie zwei Modellansätze, RSG- und DG-Modelle.<sup>23</sup> Ziel dieser Modelle ist es zu untersuchen, wie viele und welche Länder an internationalen Umweltvereinbarungen teilnehmen, von

---

<sup>20</sup> Vgl. Krumm (1996), S. 105.

<sup>21</sup> Diese Veränderung führt im Vergleich zu endlichen Spielen zu entscheidenden Konsequenzen. Siehe Krumm (1996), S. 109.

<sup>22</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 157.

<sup>23</sup> RSG und DG stehen dabei für reduced stage game respektive dynamic game. Vgl. auch Finus (2001), S. 16.

welchen Faktoren dies abhängig ist<sup>24</sup> und ob eine Koalition die globale Externalität beseitigen kann.<sup>25</sup>

RSG-Modelle sind durch mehrere Stufen gekennzeichnet, auf denen in verschiedenen Schritten entschieden wird. Zuerst wird über die Teilnahme an einer IEA, danach über die Höhe der Emissionsreduzierung und in der letzten Stufe über die Verteilung des Wohlfahrtsgewinnes verhandelt.

Das vorliegende Modell gehört zu den DG-Modellen mit unendlichem Charakter und kann somit auch als IRG-Modell<sup>26</sup> bezeichnet werden. Um das Kriterium der Unendlichkeit zu erfüllen, muss lediglich die Bedingung des unbekanntes Endes des Spiels gegeben sein.

Wie bereits unter 1. angedeutet, müssen für erfolgreiche Verhandlungen diverse Anreizkriterien erfüllt werden. Die Kriterien der individuellen Rationalität sowie des Konsens können auch im statischen Kontext erfüllt werden. Das Problem des Trittbrettfahrerverhaltens kann jedoch nur im dynamischen Kontext gelöst werden. Die Literatur unterscheidet dabei zwei Formen von Trittbrettfahrern, die auch mit interner und externer Stabilität von Koalitionen bezeichnet werden. Interne Stabilität bezeichnet den Zustand, in dem verhindert werden soll, dass ein Land, welches die Vereinbarung unterschrieben hat, keinen Anreiz hat, diese zu brechen. Externe Stabilität beschreibt den Zustand, in dem ein Nicht-Unterzeichnerland von den Umweltschutzmaßnahmen der anderen Länder profitiert, aber selbst nur seinen eigenen Nutzen maximiert.<sup>27</sup> Der Nachteil von IRG-Modellen ist, dass sie sich nur dem ersten Typ von Trittbrettfahrern widmen und somit externe Stabilität ausgeklammert wird.<sup>28</sup>

---

<sup>24</sup> Unter Faktoren sei hier die Wahl des umweltpolitischen Instruments, die Höhe der Emissionsreduzierung sowie der Einfluß von Interessengruppen etc. verstanden.

<sup>25</sup> Vgl. Finus (2001), S. 58.

<sup>26</sup> IRG steht für infinitely repeated game. Vgl. Finus (2001), S. 23.

<sup>27</sup> Vgl. Finus (2001), S. 17.

<sup>28</sup> Vgl. Finus (2001), S. 26.

Eine Vereinbarung in einem IRG-Modell ist genau dann stabil, wenn die diskontierte Wohlfahrt eines Teilnehmers bei der Einhaltung der Vereinbarung größer ist als im Vergleich zur Wohlfahrt des Trittbrettfahrers mit anschließender Bestrafung.<sup>29</sup>

Die intertemporale Wohlfahrt eines Landes ergibt sich dabei als Summe der gewichteten Periodenwohlfahrtsniveaus ( $NB_i$ ):

$$NB_i = \sum_{t=0}^{\infty} \delta_i^t NB_{i,t}(E_{i,t})$$

Die Periodenwohlfahrtsniveaus werden dabei mit dem Diskontierungsfaktor  $\delta_i^t$  gewichtet, der die Zeitpräferenz eines Landes ausdrückt. Diese ist dabei um so größer, je stärker sich  $\delta$ <sup>30</sup> Null annähert. In diesem Fall werden zukünftige Wohlfahrtsniveaus von den Verhandlungsvertretern kaum berücksichtigt. Das entgegengesetzte Szenario ergibt sich bei  $\delta$  nahe 1. In diesem Fall werden die Wohlfahrtsniveaus zukünftiger Generationen fast genauso stark gewichtet wie die heutiger.<sup>31</sup> In der Realität sollte man von einer Maximierung der Wiederwahlwahrscheinlichkeit der Politiker ausgehen, so dass im Rahmen der Public Choice Theorie ein Diskontierungsfaktor bedeutend kleiner eins als wahrscheinlich gilt.<sup>32</sup>

Damit im dynamischen Kontext das Trittbrettfahrerverhalten vermieden wird, können mit Hilfe verschiedener Maßnahmen unterschiedliche Wohlfahrtsanreize der einzelnen Länder ausgeglichen und somit stabile Umweltvereinbarungen durchgesetzt werden. Heister beschreibt diese Maßnahmen als glaubwürdige Sanktionen und anreizkompatible Ausgleichsmaßnahmen<sup>33</sup>, die in Abbildung 3 dargestellt sind.

---

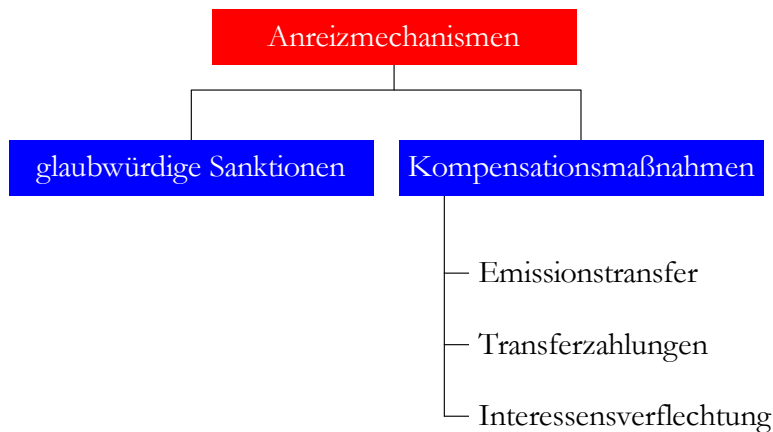
<sup>29</sup> Vgl. Finus (2001), S. 24.

<sup>30</sup>  $\delta = 1/(1+r)$ .

<sup>31</sup> Vgl. Krumm (1996), S. 107.

<sup>32</sup> Vgl. Finus (2001), S. 28.

<sup>33</sup> Vgl. Heister (1995), S. 19.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3: Anreizmechanismen zum Ausgleich unterschiedlicher Wohlfahrtsniveaus

In dem vorliegenden Modell kommen lediglich glaubwürdige Sanktionen in Form von Emissionstransfers vom Vertragsverletzer an die Unterzeichnerländer zum Tragen, die im Folgenden näher erläutert werden. Eine Interessensverflechtung kann lediglich zwischen Ländern mit ähnlich starken Umweltschäden angenommen werden, wird jedoch nicht im Rahmen dieses Modells abgebildet. Da die anderen Maßnahmen im Modell nicht weiter zum Tragen kommen, gehen wir nicht weiter darauf ein.<sup>34</sup>

Die im Modell abgebildeten glaubwürdigen Sanktionen beziehen sich auf das schwache renegotiation-proof equilibrium nach Farrell und Maskin (1989), welches im Folgenden mit WCP<sup>35</sup> bezeichnet wird. Um einen angemessenen Stabilitätstest im Sinne von WCP durchführen zu können, haben Finus und Rundshagen (1998) das Spiel in zwei Phasen unterteilt. Die erste, als Normale Phase bezeichnete, Stufe beschreibt den Zustand, in dem die  $N$  Länder das verhandelte  $E^*$  spielen, mit  $E^* = (E_1^*, \dots, E_N^*)$ . Falls ein Land die Gesamtmenge  $E^*$  verletzt, wird es in den folgenden Phasen bestraft. Dabei beschreibt  $E_i$  den neuen Emissionsvektor, bei dem Land  $i$  bestraft wird, mit  $E^i = (E_1^i, \dots, E_i^i, \dots, E_N^i)$ . Die anderen Länder wählen daraufhin in der folgenden Periode das Bestrafungsemissionsniveau folgendermaßen:  $E_{-i}^i = \sum_{j \neq i} E_j^i$ . Innerhalb

dieser Bestrafungsphase können zwei mögliche Reaktionen des Verletzers eintreten. Entweder Land  $i$  akzeptiert die Bestrafung in Höhe und Zeitraum. Dann wird nach der Bestrafungsphase wieder zum Ausgangspunkt  $E^*$  zurückgekehrt. Diese Möglichkeit bezeichnen Finus und Rundshagen (1998) als Reuephase. Oder das Land  $i$  wählt seine

<sup>34</sup> Zu Vertiefung vgl. Heister (1995), S. 19 ff.

<sup>35</sup> WCP steht für weakly coalition proof. Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 157.

beste Antwort auf die Bestrafung  $E_i(E_{-i}^i)$  und die Bestrafung wird unendlich fortgesetzt. Diese Phase bezeichnen Finus und Rundshagen (1998) als Vergeltungsphase.

Damit das ausgehandelte Emissionsniveau  $E^*$  den Anforderungen eines WCP entspricht, müssen die folgenden 4 Bedingungen erfüllt sein.

$$NB_i^P(E_i^i, E_{-i}^i) \geq NB_i^D(E_i(E_{-i}^i), E_{-i}^i) \quad (b1)$$

$$(1 - \delta_i)NB_i^{\max}(E_i^*(E_{-i}^*), E_{-i}^*) + \delta_i NB_i^P(E_i^i, E_{-i}^i) \leq NB_i^*(E_i^*, E_{-i}^*) \quad (b2)$$

$$NB_j^*(E^*) \leq NB_j^R(E^i) \quad \forall j \neq i \quad (b3)$$

$$NB_i^P = (1 - \delta_i^t)NB_i^R + \delta_i^t NB_i^* \quad \text{und} \quad 0 \leq \delta < 1 \quad (b4)$$

Bedingung (b1) fordert, dass Land  $i$  einen Anreiz haben muss, zur normalen Phase zurückzukehren. Dazu muss die Wohlfahrt des Verletzers, der zur normalen Phase zurückkehrt ( $NB_i^P$ ), größer sein als die Wohlfahrt des Verletzers, der die Bestrafung unendlich fortsetzt ( $NB_i^D$ ).

Bedingung (b2) fordert, dass Land  $i$  einen Anreiz haben muss, dauerhaft die normale Phase vorzuziehen. Daher muss die Wohlfahrt aus dem Abweichen ( $NB_i^{\max}$ ) plus die Wohlfahrt aus der akzeptierten Bestrafung ( $NB_i^P$ ) kleiner sein als die Wohlfahrt, wenn  $i$  dauerhaft  $E^*$  spielen würde.

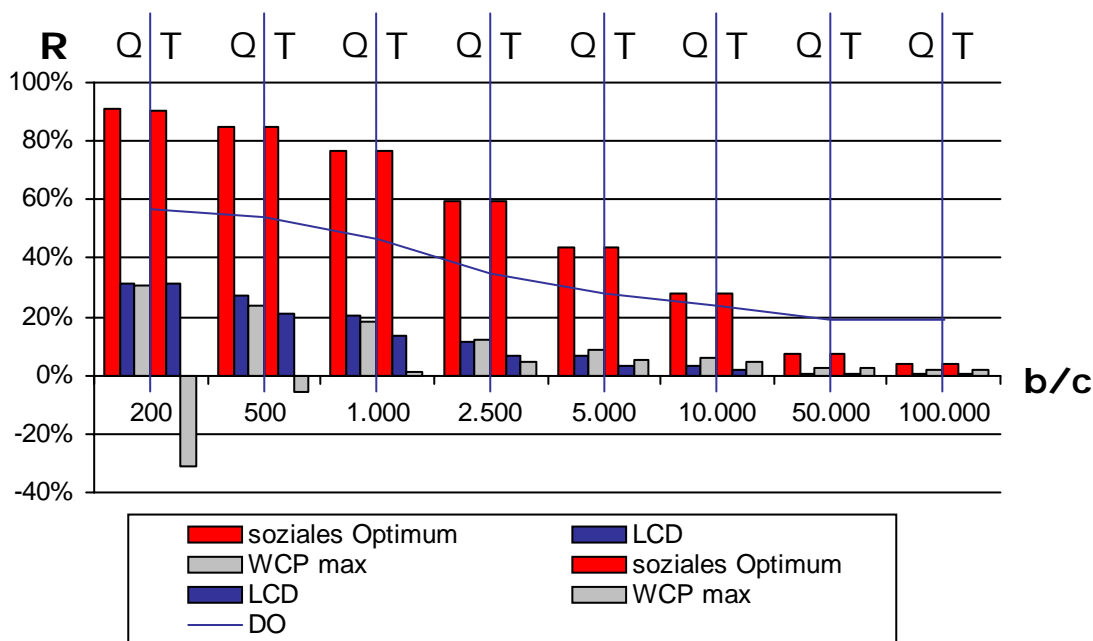
Bedingung (b3) fordert, dass für die Bestrafer keine Anreize bestehen dürfen, die beschlossene Bestrafung neu zu verhandeln, so dass die Wohlfahrt der Bestrafer (alle anderen Länder außer  $i$ ) bei  $E^*$  kleiner ist als die Wohlfahrt der gleichen Länder in der Bestrafungsphase.<sup>36</sup>

Bedingung (b4) bestimmt die Höhe der Wohlfahrt bei fortschreitender Bestrafung mit  $t$  als Bestrafungszeitraum.  $NB_i^P$  ist dabei die Wohlfahrt der Bestrafung, die sich aus dem gewichteten Mittel der Wohlfahrt in der Vergeltungsphase und der normalen Phase ergibt.

---

<sup>36</sup> Dieses Charakteristikum unterscheidet renegotiation proof equilibria von einem subgame perfect equilibrium.

Auf Grundlage dieses WCP-Gleichgewichtsansatzes wurden von Finus und Rundshagen (1998) Simulationen durchgeführt, da eine analytische Lösung dieser Bedingungen für  $N > 2$  unmöglich ist.<sup>37</sup> Finus und Rundshagen (1998) differenzieren dabei zwischen einem Diskontfaktor nahe 1 und einem Diskontfaktor deutlich kleiner 1. Wie weiter oben angedeutet, sollte man in der Realität von dem zweiten Fall ausgehen, der eine Präferenz heutiger Wohlfahrt im Vergleich zu morgiger darstellt.



Wie die Ergebnisse der Simulationen von Finus und Rundshagen (1998) jedoch zeigen, scheint eine große Koalition unter diesen Annahmen als sehr unwahrscheinlich und ineffektiv im Hinblick auf die Vermeidung der globalen Umweltverschmutzung.

### Diskontfaktor ( $\delta$ ) nahe 1

Mit Hilfe der zuvor spezifizierten glaubwürdigen Sanktionen in Form des WCP-Gleichgewichtes testen Finus und Rundshagen (1998) die Stabilität und die Emissionsreduzierung sowohl im Quoten- als auch im Steuersystem. Grundlage bilden dabei unterschiedliche Annahmen hinsichtlich  $N$  und  $\gamma$ . Ein Ausschnitt der dabei gefundenen Ergebnisse ist in Abbildung 4 dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4: Wohlfahrt und Reduzierungsquoten unter verschiedenen Szenarien

<sup>37</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 160.

In dieser Grafik<sup>38</sup> wird von  $N=20$  Ländern ausgegangen, die unterschiedlichen Werte für  $\gamma$  sind auf der Abszisse abgetragen. Des Weiteren werden sowohl für die Quotenlösung (Q - links vom blauen Strich) als auch die Steuerlösung (T - rechts vom blauen Strich) die möglichen Verhandlungslösungen in Form der Balken als Reduzierungsziel abgebildet. Das soziale Optimum dient als Referenzwert für die Bestimmung des Grades der Optimalität (DO)<sup>39</sup>, welcher in der Grafik lediglich für die Quotenlösung dargestellt ist. Damit die Verhandlungslösung nach dem kleinsten gemeinsamen Nenner (LCD) ein stabiles Gleichgewicht nach WCP ergibt, darf die verhandelte Emissionsreduzierung unter LCD nicht größer sein als die unter WCP bestimmte Emissionsreduzierung. Für die Grafik bedeutet dies, dass alle blauen Balken, die höher sind als die grauen Balken, für das jeweilige Instrument keine stabile Lösung bringen würden. Der erste stabile Zustand tritt demzufolge in der Quotenlösung bei einem  $\gamma$ -Wert von 2.500 ein, bei dem die nach dem LCD bestimmte Emissionsreduzierung das Kriterium das WCP erfüllt. Zu beobachten ist dabei, dass die Steuerlösung bei dem gleichen  $\gamma$ -Wert kein stabiles Gleichgewicht aufzeigt. Finus und Rundshagen (1998) haben diese Simulation für eine unterschiedlich große Zahl an Ländern durchgeführt. Dabei konnten sie folgende Beobachtungen feststellen:

- (1) Insofern die potenziellen Wohlfahrtsgewinne aus den Verhandlungen groß sein würden, d. h. die Umweltschädigung betrifft eine große Anzahl von  $N$  Ländern und  $\gamma$  ist klein, würde das Kriterium der Stabilität im Sinne von WCP nicht erfüllt werden und die Verhandlungen wären unabhängig von der Wahl des Instruments zum Scheitern verurteilt.
- (2) Die sozial optimale Lösung ist nur in sehr unwahrscheinlichen Fällen als mögliche Lösung denkbar. Dies trifft für eine kleine Anzahl von  $N$  Ländern und sehr große  $\gamma$ -Werte ein.
- (3) Die Steuerlösung zeigt aufgrund ihrer Kosteneffizienz höhere Werte für den Grad der Optimalität und die Reduzierungsmenge. Wichtiger scheint jedoch

---

<sup>38</sup> Die Werte sind dem Aufsatz Finus und Rundshagen (1998), S. 160 f. entnommen.

<sup>39</sup> Der Grad der Optimalität kann folgendermaßen dargestellt werden:

$$DO^T = \frac{(NB^T - NB^{Nash})}{(NB^{SW} - NB^{Nash})} \text{ für die Steuerlösung und } DO^Q = \frac{(NB^Q - NB^{Nash})}{(NB^{SW} - NB^{Nash})} \text{ für die Quotenlösung.}$$

die Tatsache, dass die Quotenlösung schon bei geringeren  $\gamma$ -Werten Stabilität aufweist.

- (4) Für die nicht kritischen Parameterlösungen (kleine Anzahl von  $N$  Ländern und große  $\gamma$ -Werte) ist die Steuerlösung hinsichtlich Grad der Optimalität und Höhe der Emissionsreduzierung der Quotenlösung vorzuziehen. Insofern jedoch mehr als 5 Länder ( $\gamma > 500$ ) bzw. 10 Länder ( $\gamma > 50000$ ) von dem Umweltproblem betroffen sind, ist die Quotenlösung vorzuziehen.

Die in diesem Abschnitt gefundenen Ergebnisse zeigen deutlich auf, wie schwer eine Internationale Umweltvereinbarung durchzusetzen ist, insbesondere wenn viele Länder von dem globalen Umweltproblem betroffen sind. Zu bemerken sei vor allem, dass die wenigen gefundenen stabilen Parameterkonstellationen nur sehr geringe Emissionsreduzierungen aufweisen, so dass auf diesem Wege dem Umweltproblem wohl kaum beizukommen wäre. Interessant scheint die Beobachtung, dass, je mehr Länder unter dem globalen Umweltproblem leiden, die Quotenlösung der Steuerlösung vorzuziehen wäre. Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass selbst unter der sehr restriktiven Annahme von  $\delta$  nahe 1 eine große stabile Koalition als sehr unwahrscheinlich gilt und die damit erreichten Emissionsreduzierungen kaum zur Lösung des Umweltproblems beitragen würden.

### **Diskontfaktor ( $\delta$ ) $\ll 1$**

Die beobachteten Ergebnisse aus dem vorigen Abschnitt verstärken sich noch, wenn man einen Diskontierungsfaktor bedeutend kleiner 1 annimmt. Dies beschreibt einen Zustand, in dem heutige Wohlfahrt morgiger vorgezogen wird, und stimmt mit den Standardannahmen der Wirtschaftswissenschaften überein. Betrachtet man insbesondere die Nutzenmaximierung von Politikern, die ihre Wiederwahlwahrscheinlichkeit maximieren wollen, so spielt kurzfristige Wohlfahrt in diesem Kontext eine entscheidende Rolle.<sup>40</sup> Gerade bei Umweltproblemen kann man beobachten, dass die Kosten der Emissionsreduzierung vor allem von der heutigen Gesellschaft getragen werden müssen, der Wohlfahrtszuwachs wahrscheinlich jedoch erst viele Jahre, wenn nicht Jahrzehnte im Nachhinein auftritt. Das lässt die Vermutung nahe liegen, dass ein Diskontierungsfaktor deutlich kleiner als 1 als sehr wahrscheinlich gilt. Jedoch zeigen Finus und Rundshagen (1998) in ihrem Aufsatz, dass die

---

<sup>40</sup> Vgl. Hahn (1987), S. 300.



Wahrscheinlichkeit einer stabilen großen Koalition unter diesen Annahmen noch weiter sinkt. Bei ihren Simulationen ziehen sie nur diese Parameterkonstellationen in Betracht, die bei  $\delta$  nahe 1 Stabilität aufweisen. Die folgenden Haupterkenntnisse aus diesen Simulationen zeigen eine quasi Unmöglichkeit einer großen Koalition.

- (1) Nur bei einer sehr geringen Anzahl von betroffenen Ländern (max.  $N=10$ ) kann ein stabiles Gleichgewicht erwartet werden. Dabei liegt der Diskontierungsfaktor bei einem  $\gamma$  von über 200 deutlich unter 2 %, wohingegen in Standardmodellen wie z. B. dem RICE-Modell von Nordhaus und Yang (1996) ein Diskontierungsfaktor von mindestens 3 % angenommen wird.
- (2) Die Quotenlösung ist hinsichtlich der Anforderungen an den Diskontierungsfaktor weniger restriktiv und ermöglicht somit eher eine stabile Koalition als die Steuerlösung.

Nimmt man also reale Szenarien im Sinne eines Diskontierungsfaktors kleiner 1 an, so wird die Problematik der Stabilität einer Koalition selbst unter sehr restriktiven Annahmen ( $N$  sehr klein) offensichtlich. Erstaunlich ist jedoch, dass auch in diesem Szenario die Quotenlösung Vorteile gegenüber der Steuerlösung aufweist. Finus und Rundshagen (1998) schlussfolgern aus diesen und den Erkenntnissen aus dem vorhergehenden Abschnitt, dass die Quotenlösung im Vergleich zur Steuerlösung bei Internationalen Umweltvereinbarungen bevorzugt eingesetzt wird.<sup>41</sup>

Die hier gefundenen Ergebnisse zeigen deutlich auf, dass eine große Koalition zur Erreichung eines Vermeidungszieles als sehr unwahrscheinlich gilt. Dies stimmt mit existierenden Abkommen überein, an denen nur ein Teil der  $N$  betroffenen Länder teilnimmt.<sup>42</sup> Dies ist, wie bereits angedeutet, auf die unterschiedlichen Interessen der Länder und auf die Restriktionen in den Verhandlungen zurückzuführen. Speziell die Anforderung des Konsens in Form des kleinsten gemeinsamen Nenners macht große Koalitionen ineffektiv, da so ein viel zu niedriges Vermeidungsziel durchgesetzt wird. Zudem erschwert die Unsicherheit, dass weniger umweltbewusste Länder sich als Trittbrettfahrer verhalten können, eine stabile Umweltvereinbarung in Form einer großen Koalition. Vor diesem Hintergrund untersuchen Finus und Rundshagen (1998) die Effektivität einer Subkoalition.

---

<sup>41</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 164.

<sup>42</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 167.

### 3.2.2 Die Subkoalition

Wie oben gezeigt wurde gibt es viele Hindernisse, die beim zu Stande kommen einer stabilen großen Koalition auftreten können. Die Länder sehen sich einem Dilemma gegenüber. Auf der einen Seite wollen sie so viele Teilnehmer wie möglich zu einer IEA bewegen, um die Umweltqualität zu erhalten oder zu verbessern. Auf der anderen Seite findet die Entscheidungsregel des kleinsten gemeinsamen Nenners (LCD-Gesetz) Anwendung, was wiederum bei einer großen Anzahl teilnehmender Länder eine sehr niedrige Reduzierungsquote erwarten lässt.<sup>43</sup> Ländern mit hohen Schadenskosten werden die Reduzierungen nicht ausreichend sein. Daher besteht die Alternative, sich mit anderen Ländern zusammenzuschließen, die ähnlich stark unter dem Umweltproblem leiden. Ergebnis dieses Prozesses ist eine Subkoalition, bestehend aus lediglich einem Teil der  $N$  Länder. Die Bildung einer Subkoalition beschreiben Finus und Rundshagen (1998) als einen sequentiellen Prozess. Dabei wird in einem ersten Schritt vom Instrument abstrahiert, und die Länder mit dem höchsten Umweltinteresse sind die Initiatoren der Verhandlungen. Dies ist Land  $N$ , welches den höchsten

Umweltschaden erleidet. Im weiteren Ablauf werden die Länder in  $i$  abnehmend nach einer Koalition gefragt, wobei zur Ermittlung der Höhe der Reduktion die Entscheidungsregel des kleinsten gemeinsamen Nenners Anwendung findet. Das neu aufgenommene Mitglied hat einen kleineren Index als das Land  $N$ , und somit spiegelt dies den kleinsten gemeinsamen Nenner wider. Die Vergrößerung einer Koalition wird dann entsprechend der Mehrheitsregel vollzogen. In einem zweiten Schritt wird das Instrument mit der Mehrheitsregel entschieden. Dabei präferieren Länder mit höherem Index (z.B. Land  $N$ ) die Steuerlösung, wohingegen Länder mit kleinerem Index die Quotenlösung bevorzugen. Wenn als Instrument die Quotenlösung gewählt wird, dann

---

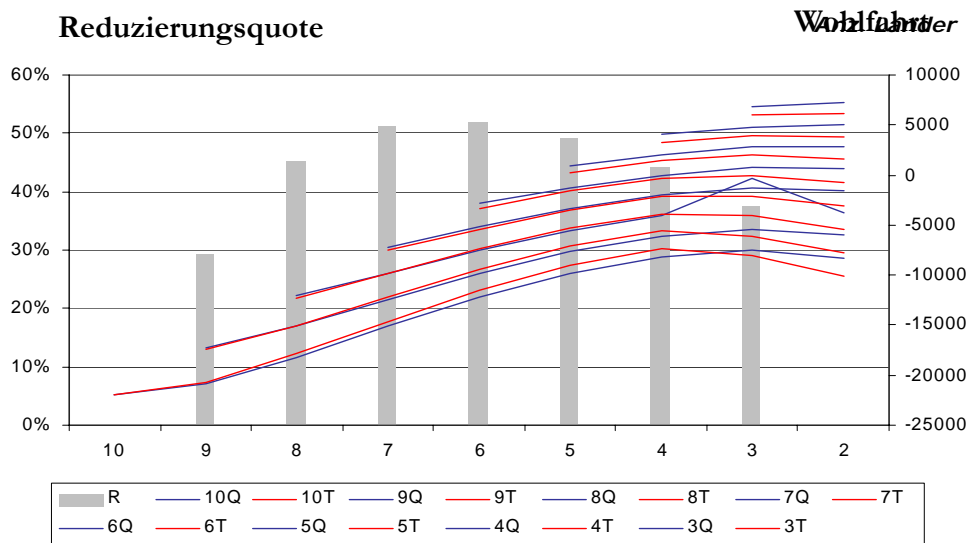
<sup>43</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 167.

ist eine größere Koalition möglich, da mit steigender Größe der Subkoalition die Länder mit einem höheren Index, die vorher für die Steuerlösung gestimmt haben, sich nun für die Quotenlösung entscheiden würden.<sup>44</sup> Dieser Bildungsprozess einer Subkoalition ist in Abbildung 5 dargestellt.

Quelle: Finus und Rundshagen (1998) S. 171f.

Abbildung 5: Wohlfahrtsniveaus und Reduzierungsquote bei unterschiedlichen Subkoalitionen<sup>45</sup>

Diese Abbildung zeigt die Reduzierungsquoten und die Wohlfahrt ( $NB_i$ ) bei der Bildung einer Subkoalition. Die Simulation basiert auf  $N=10$  Ländern,  $b=300$ ,  $c=1$  und  $d=10$ . Die roten Linien stellen die Wohlfahrt in der Steuerlösung und die blauen Linien die Wohlfahrt in der Quotenlösung der einzelnen Länder dar. Insofern die rote oberhalb der blauen Linie liegt, präferiert das jeweilige Land die Steuer- gegenüber der Quotenlösung und vice versa. Anhand dieser Grafik möchten wir exemplarisch



darstellen, wie eine Subkoalition zu Stande kommen kann. Das Land mit dem größten Schaden beginnt mit den Koalitionsverhandlungen. Annahmegemäß ist dies das Land  $N$ . In diesem Beispiel übernimmt Land 10 die Initiative und verhandelt mit Land 9. Im weiteren Verlauf wird die Subkoalition nur noch vergrößert, wenn die Mehrheit sich dafür entscheidet. Wenn bei der Quotenlösung 8 Länder an der Subkoalition teilnehmen, dann sind nur noch 3 Länder für eine weitere Vergrößerung der Koalition. Das zeigt sich in den fallenden Wohlfahrtsniveaus (blaue Linien), die man bei Land 3 ablesen kann. Im Gegensatz dazu beträgt die maximale Teilnehmerzahl der

<sup>44</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 170.

<sup>45</sup> Für diese Berechnungen wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:  $N=10$ ,  $b=300$ ,  $c=1$ ,  $d=10$ .

Subkoalition unter dem Steuerregime lediglich 7 Länder. Dies ist an den fallenden Wohlfahrtsniveaus (rote Linien) bei Land 4 zu erkennen.<sup>46</sup> Die erzielten Reduzierungsquoten sind anhand der grauen Balken für die jeweilige Subkoalition abzulesen.

Schließlich lässt sich herausstellen, dass die Vorteile der Subkoalition gegenüber der großen Koalition in einer höheren Emissionsreduzierung und einer höheren globalen Wohlfahrt liegen. Bei einer großen Anzahl von Teilnehmern an dieser Subkoalition wird eher die Quotenlösung gewählt, denn die Länder mit einem höheren Index sind bei entsprechend großer Teilnehmerzahl bereit, sich der Quotenlösung anzuschließen. Da die Quotenlösung, wie oben erwähnt, eine Mengenregulierung ist und jedes Land eine bestimmte Quote reduzieren muss, wird bei vielen Teilnehmern die aggregierte Gesamtemissionsreduzierung hoch sein. Somit sind die Interessen der Länder mit hohen Indizes erfüllt, denn diese wollten eine möglichst hohe Reduzierung erreichen, da sie besonders stark unter der Schadstoffemission leiden.

Zusammenfassend lassen sich folgende vier Schlussfolgerungen ziehen:

- (1) Die relative Koalitionsgröße  $\left(\frac{N^*}{N}\right)$  reagiert nicht so stark auf Veränderungen der Parameterwerte, außer bei einem Anstieg von  $N$  und einem Sinken von  $\gamma$ . Dies impliziert, dass die Anzahl der Teilnehmer für kritische Parameterwerte kleiner wird ( $N$  groß und  $\gamma$  klein).
- (2) Bei Anwendung der Entscheidungsregel des kleinsten gemeinsamen Nenners ist der Grad der Optimalität bei der Subkoalition ( $DO^{SC}$ ) größer als bei der großen Koalition ( $DO^{GC}$ ). Die Differenz ist abhängig von den kritischen Parameterwerten.
- (3) Für kritische Parameterwerte ( $N$  groß und  $\gamma$  klein) ist der Optimalitätsgrad der Subkoalition ( $DO^{SC}$ ) höher als bei der großen Koalition, bei welcher die höchstmöglichen Emissionsreduzierungen gewählt werden,  $DO^{GC_{\max}}$  (z. B.  $N=20$  und  $\gamma=2500$ ).

---

<sup>46</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S. 170.

In den meisten Fällen geht die Quotenlösung als Sieger aus dem Entscheidungsprozess hervor. Nur wenn  $N$  klein ist, wird die Steuerlösung unter den Teilnehmern bevorzugt.<sup>47</sup>

### 3.3 Erweiterung des Modells

Die von Finus und Rundshagen (1998) dargestellten Ergebnisse der Subkoalition weisen einige wenig realistische Annahmen hinsichtlich des Verhaltens der nicht an der Koalition beteiligten Länder auf. Wie bereits angedeutet, wird die externe Stabilität solcher Verhandlungen nicht von dem Modell berücksichtigt. Jedoch wird angenommen, dass die externen Länder sich analog dem im ersten Abschnitt berechneten Nashgleichgewicht verhalten und somit nicht auf Reduzierungen des globalen Emissionsniveaus durch die Bildung einer Subkoalition reagieren.<sup>48</sup> Da die Reaktionsfunktionen der Länder jedoch einen negativen Anstieg haben, impliziert dies bei einer Reduzierung der Emission eines anderen Landes eine Erhöhung der Emission des Landes, das nicht an der Koalition teilnimmt. Deswegen haben wir im Folgenden versucht, eine Simulation der Quotenlösung für 4 Länder durchzuführen, indem die möglichen Gleichgewichte bestimmt wurden und auch auf die veränderte globale Emission Rücksicht genommen wurde. In diesem 4-Länderfall sind folgende Szenarien denkbar.

- (1) soziales Optimum
- (2) Subkoalition von 3 Ländern
- (3) Subkoalition von 2 Ländern
- (4) Nashgleichgewicht

Das Vorgehen bei der Bildung einer Subkoalition geschieht dabei analog Abschnitt 3.2.2. Das Nashgleichgewicht und das soziale Optimum wurden dabei analog den Formeln aus Abschnitt 3.1 berechnet. Im Falle der Subkoalition von drei Ländern wird lediglich Land 1 sich als Trittbrettfahrer verhalten. Ausgangspunkt der Bestimmung des optimalen Emissionsniveaus des Landes 1 und der optimalen Reduzierungsquote der anderen drei Länder ist eine zunächst angenommene Emissionsquote  $q$ .<sup>49</sup> Land 1 maximiert dabei seine Wohlfahrt über das Emissionsniveau  $E_1$ , gegeben die anderen

---

<sup>47</sup> Vgl. Finus und Rundshagen (1998), S 176.

<sup>48</sup> Diese von Finus und Rundshagen (1998) getroffene Annahme ist im Übrigen konform zu anderen Aufsätzen wie z. B. Barret (1994), S. 878.

<sup>49</sup> Die Reduzierungsquote  $R$  entspricht demnach  $R=1-q$ .

Länder emittieren lediglich das  $q$ -fache ihrer Nashgleichgewichtsemission (mit  $i=1$  und  $j=2,3,4$ ):

$$\max_{E_i} \rightarrow NB_i = b \left( dE_i - \frac{1}{2} E_i^2 \right) - i \frac{c}{2} E^2 = b \left( dE_i - \frac{1}{2} E_i^2 \right) - i \frac{c}{2} \left( E_i + q \sum_{j=2}^4 E_j^N \right)^2$$

Die daraus resultierende Reaktionsfunktion des Landes 1 auf die Emissionen der anderen Länder sieht dann folgendermaßen aus:

$$E_1 = \frac{bd - cq \sum_{j=2}^4 E_j^N}{(b+c)}$$

In der nächsten Stufe maximiert jetzt die Subkoalition ihre Wohlfahrt. Maßgebend ist dabei nach dem LCD-Gesetz Land 2, welches in Verhandlungen die Quote  $q$  bestimmt. Somit stellt sich in der zweiten Stufe das Maximierungsproblem in Bezug auf die Quote  $q$  folgendermaßen dar:

$$\max_q \rightarrow NB_2 = b \left( d(qE_2^N) - \frac{1}{2} (qE_2^N)^2 \right) - 2 \frac{c}{2} \left( E_1 + (qE_2^N) + q \sum_{j=3}^4 E_j^N \right)^2$$

Die auf die Emissionsmenge des Landes 1 beste Antwort der Subkoalition kann dann wie folgt dargestellt werden:

$$q = \frac{bdE_2^N - 2cE_1 \left( E_2^N + \sum_{j=3}^4 E_j^N \right)}{b(E_2^N)^2 + \left( 2cE_2^N + 2c \sum_{j=3}^4 E_j^N \right) \left( E_2^N + \sum_{j=3}^4 E_j^N \right)}$$

Durch einen mehrstufigen Iterationsprozess der Anpassung des Landes 1 und der Subkoalition kann man nun die optimalen Niveaus für  $E_1$  und  $q$  bestimmen.

Analog dem Vorgehen bei der Subkoalition von drei Ländern kann man die optimalen Reaktionen im Falle der Subkoalition von zwei Ländern bestimmen. Hier sieht das Maximierungsproblem durch das Trittbrettfahrerverhalten der Länder 1 und 2 etwas abgewandelt aus.

$$\max_{E_i} \rightarrow NB_i = b \left( dE_i - \frac{1}{2} E_i^2 \right) - i \frac{c}{2} \left( \sum_{i=1}^2 E_i + q \sum_{j=3}^4 E_j^N \right)^2$$

Sowohl Land 1 als auch Land 2 maximieren ihre Wohlfahrt über ihre Emissionsniveaus gegeben die Emissionsquote der Subkoalition. Die Reaktionsfunktion des Landes 1 sieht dann folgendermaßen aus:

$$E_1 = \frac{bd(b+2c) - cbd + cbq \sum_{j=3}^4 E_j^N}{(b^2 + 2cb + cb)}$$

Land 2 reagiert auf dieses gegebene Emissionsniveau des Landes 1 anhand der folgenden Funktion:

$$E_2(E_1) = \frac{bd - 2c \left( E_1 + q \sum_{j=3}^4 E_j^N \right)}{(b+2c)}$$

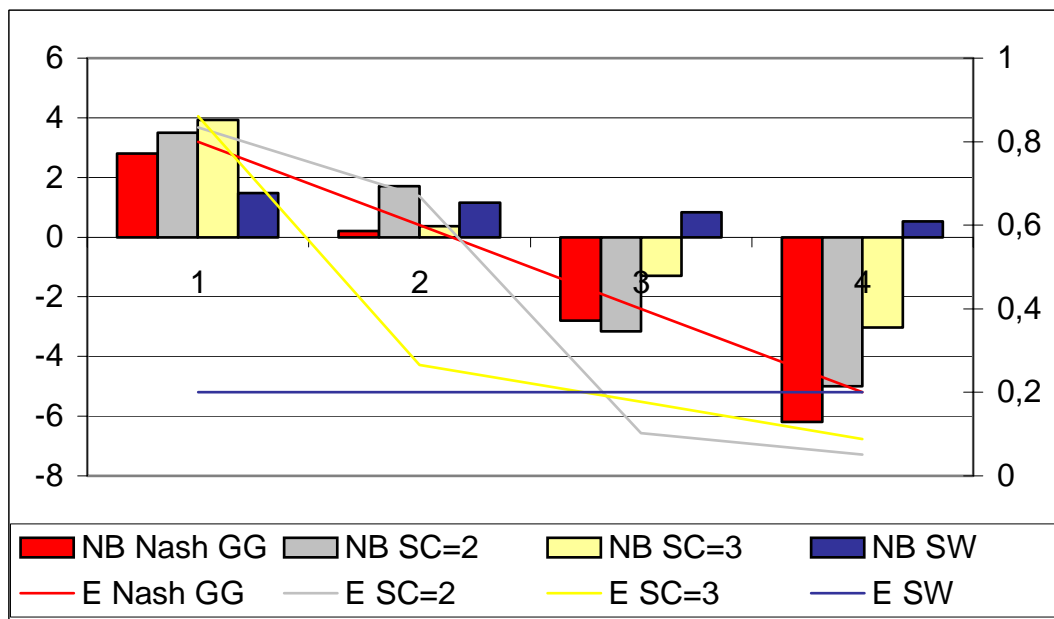
In der zweiten Stufe maximiert diesmal Land 3 als Bestimmungsgröße nach dem LCD-Gesetz seine Wohlfahrt und bestimmt  $q$  für die Subkoalition. Dabei steht er folgendem Maximierungsproblem gegenüber:

$$\max_q \rightarrow NB_3 = b \left( d(qE_3^N) - \frac{1}{2}(qE_3^N)^2 \right) - 3 \frac{c}{2} (E_1 + E_2 + qE_3^N + qE_4^N)^2$$

Die resultierende beste Antwort der Subkoalition lautet:

$$q = \frac{bdE_3^N - 3c(E_1 + E_2)(E_3^N + E_4^N)}{b(E_3^N)^2 + (3cE_3^N + 3cE_4^N)(E_3^N + E_4^N)}$$

Auch hier kann über einen Iterationsprozess die optimale Emissionsquote bestimmt werden.



Die folgenden Grafiken zeigen die Ergebnisse für gewählte Zahlenparameter.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Die gewählten Parameter lauten:  $b=10$ ,  $d=1$ ,  $c=1$ ,  $N=4$ .



Quelle: eigene Darstellung

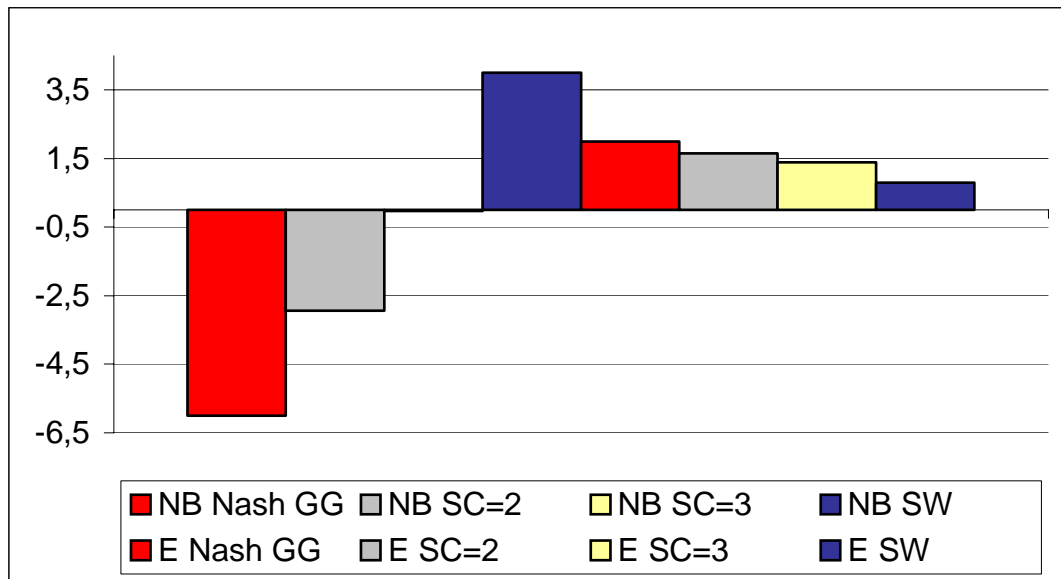
Abbildung 6: Wohlfahrt und Emissionsniveaus der Länder unter verschiedenen Szenarien

Abbildung 6 gibt die Wohlfahrtsniveaus sowie die Emissionen der Länder 1 bis 4 für die verschiedenen Zustände an. Ausgangspunkt ist jeweils der linke rote Balken, das Nashgleichgewicht. Land 4 würde nun anfangen, Koalitionspartner zu suchen und zwar das jeweils nächste Land. Dies würde es jedoch nur machen, wenn es im nächsten Zustand (Subkoalition von zwei Ländern) eine höhere Wohlfahrt erfährt als im jetzigen Zustand. Wie man für Land 4 erkennen kann, steigt die Wohlfahrt im jeweiligen nächsten Zustand stetig, bis im sozialen Optimum das Maximum erreicht wird. Land 3 hingegen erfährt im Falle einer Subkoalition von zwei Ländern eine geringere Wohlfahrt als im Nashgleichgewicht. Die Koalitionsverhandlungen würden somit an diesem Punkt stoppen, da das Kriterium der individuellen Rationalität für Land 3 verletzt wird. Der Zustand der Subkoalition von drei Ländern wird nicht erreicht werden, da Land 2 in diesem Zustand eine geringere Wohlfahrt hat als im Falle der Subkoalition von zwei Ländern. Tests mit weiteren Parameterkonstellationen<sup>51</sup> ergaben ebenfalls keine stabilen Lösungen. Die hier gefundenen Ergebnisse stimmen somit weitestgehend mit den Ergebnissen von Finus und Rundshagen (1998) überein, auch wenn diese auf anderen Grundannahmen aufbauen.

In Abbildung 7 sind noch einmal grafisch die aggregierte Wohlfahrt sowie die aggregierten Emissionsniveaus der vier Länder dargestellt. Dies stimmt mit den theoretischen Modellen überein und zeigt mit steigender Anzahl der an der Koalition beteiligten Länder höhere aggregierte Wohlfahrts- und sinkende Emissionsniveaus.

---

<sup>51</sup> Dabei wurden analog den Simulationen von Finus und Rundshagen (1998) höhere  $\gamma$ -Werte getestet.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 7: Aggregierte Wohlfahrt und Emissionsausstoß für verschiedene Szenarien

## 4 Zur aktuellen Problematik Internationaler Umweltvereinbarungen

Der Aufsatz von Finus und Rundshagen (1998) soll im folgenden Abschnitt auf die Kongruenz der Annahmen und Ergebnisse mit aktuellen Umweltproblemen untersucht werden. Vor diesem Hintergrund stehen vor allem diese Umweltprobleme im Vordergrund, die ebenfalls durch reziprokale Externalitäten gekennzeichnet sind. Das wohl aktuellste und bedeutendste internationale Umweltproblem ist das Kyoto-Protokoll, welches die Reduzierung der anthropogenen Treibhausgasemissionen<sup>52</sup> vorsieht. Dabei ist analog den Annahmen im Modell der auftretende Schaden unabhängig vom Ort der Entstehung. Auf das Kyoto-Protokoll gehen wir im folgenden Abschnitt näher ein und stellen sowohl Parallelitäten als auch Unterschiede zum Modell dar.

### 4.1 Das Kyoto-Protokoll im Rahmen des Modells von Finus und Rundshagen (1998)

Das 1997 in Kyoto unterzeichnete Abkommen sieht eine Reduzierung der globalen Treibhausgase um 5,2 % unter das Niveau von 1990 vor. Es entstand als Folge der 1992 in Rio de Janeiro verabschiedeten Klimarahmenkonvention<sup>53</sup> und sieht differenzierte Vermeidungsziele für 39 der am weitesten entwickelten Industrie- und Schwellenländer vor.<sup>54</sup> Das Kyoto-Protokoll tritt dabei nur in Kraft, nachdem mindestens 55 Staaten mit insgesamt mehr als 55 % der Ausstoßmenge das Protokoll ratifiziert haben. Neben dem Emissionshandel gibt es diverse Transfermechanismen, die im Kyoto-Protokoll als flexible Mechanismen bezeichnet werden.<sup>55</sup>

Das Kyoto-Protokoll zeigt durch die Beschränkung der Emissionsreduzierung auf einige wenige Länder eine Parallelität zum Konzept der Subkoalition im Modell von Finus und Rundshagen (1998) auf. Dabei muss jedoch zwischen den beiden Arten von Subkoalitionen deutlich unterschieden werden. Im Modell von Finus und Rundshagen (1998) finden sich Länder zu einer Subkoalition zusammen, die am stärksten von den

---

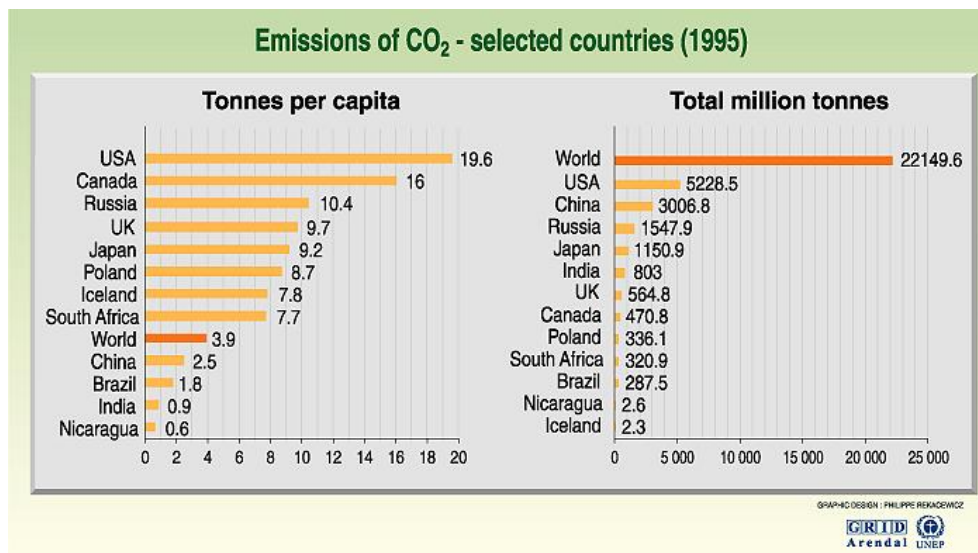
<sup>52</sup> Vgl. United Nations (1997), Kyoto-Protokoll, Artikel 3. Die wichtigsten Treibhausgase sind Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Distickstoffoxid ( $N_2O$ ). Neben dem natürlichen Treibhauseffekt, der ein Leben auf der Erde ermöglicht, beschreibt der anthropogene Treibhauseffekt die durch den Menschen hervorgerufene Verstärkung der Erderwärmung.

<sup>53</sup> Vgl. United Nations (1992).

<sup>54</sup> Die vollständige Liste der verpflichteten Länder ist dem Anhang des Kyoto-Protokolls zu entnehmen.

<sup>55</sup> Dies sind Joint Implementation und der Clean Development Mechanism. Vgl. United Nations (1997).

Umweltbelastungen betroffen sind bzw. das stärkste Interesse an der Emissionsreduzierung haben. Im Kyoto-Protokoll hingegen finden sich die Hauptverursacher der Umweltverschmutzung zusammen, da diese im Sinne des Pro-Kopf-Ausstoßes auch am meisten von der  $CO_2$ -Emission profitieren. Eine Verpflichtung der Entwicklungsländer würde vor dem Hintergrund des bevorzugten Interesses der wirtschaftlichen Entwicklung gegenüber dem Umweltschutz wenig Sinn



Source : International Energy Agency, 1996.

machen.

Der Pro-Kopf-Ausstoß einiger Länder ist in Abbildung 8 dargestellt.

Quelle: International Energy Agency, 1995

Abbildung 8:  $CO_2$ -Emissionen ausgewählter Länder (1995)

Hier zeigt sich somit ein weiterer Unterschied zwischen dem Modell und dem Kyoto-Protokoll auf. Die Länder profitieren aufgrund der verschiedenen Lebensstandards unterschiedlich stark vom Ausstoß an  $CO_2$ . Weiterhin sei analog dem Modell von Finus und Rundshagen (1998) anzunehmen, dass Länder unterschiedlich stark unter der globalen Emission leiden. So kann man bei einer erwarteten Temperaturerhöhung und einem damit einhergehenden Ansteigen des Meeresspiegels z. B. davon ausgehen, dass tiefer gelegene Länder wie Bangladesch oder die Niederlande mit höheren Schäden aufgrund von Überschwemmungen rechnen müssen als andere Länder.

Die Reduzierungsziele sowie die absoluten und relativen Emissionen einiger Länder aus dem Jahre 1990 sind in Abbildung 9 dargestellt.

Land	Emission 1990 (in Mio. Tonnen)	Anteil an der weltweiten CO2 Emission (in %)	Reduzierungsziel (in %) <sup>56</sup>
Australien	288,965	2,1	108
Deutschland	1012,443	7,4	92
Japan	1173,360	8,5	94
Kanada	457,441	1,2	94
Russland	2388,720	17,4	100
Schweden	61,256	0,4	92
USA	4957,022	36,1	93

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 9: Emissionsniveaus und Reduzierungsziele ausgewählter Länder nach dem Kyoto-Protokoll

Als umweltpolitisches Instrument soll laut Kyoto-Protokoll der Emissionshandel eingesetzt werden. Dabei wird analog einer Quotenlösung für jedes Land eine maximale Ausstoßmenge festgelegt. Im Unterschied zur Quotenlösung können Emissionszertifikate auf einem Markt gehandelt werden, so dass es zu einem weltweiten Ausgleich der GVK kommt.<sup>57</sup> Wie man Abbildung 9 entnehmen kann, findet im Gegensatz zu dem vorliegenden Modell von Finus und Rundshagen (1998) eine differenzierte Reduzierung der Emissionsniveaus statt. Dies ist auf die Anwendung verschiedenartiger Gerechtigkeitskriterien<sup>58</sup> bei den Verhandlungen zurückzuführen und bewirkt eine unterschiedlich starke Lastenverteilung an der Umweltverbesserung. Grundlage für die Wahl dieser Kriterien im Kyoto-Protokoll war ebenso wie im Modell von Finus und Rundshagen (1998) das Kriterium des Konsens. Die im Modell als so wichtig dargestellten glaubwürdigen Sanktionen zur Erreichung eines stabilen Gleichgewichtes wurden bis dato im Kyoto-Protokoll lediglich erwähnt, ohne sie zu spezifizieren. Jedoch werden im Kyoto-Protokoll zwei

---

<sup>56</sup> Zur Erläuterung: 108 % bedeutet, dass ein Land im Zielzeitraum zwischen 2008 - 2012 8 % mehr CO<sub>2</sub> ausstoßen darf als im Jahr 1990.

<sup>57</sup> So kann der Emissionshandel eine Umsetzung vom Umweltauflagen zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten realisieren. Vgl. Wicke (1982), S.208.

<sup>58</sup> Im Modell von Finus und Rundshagen (1998) findet der Gerechtigkeitsansatz der Souveränität Anwendung, der auf eine für alle Länder gleiche Emissionsreduzierung anhand einer Quote aufbaut. Vgl. dazu Rose, Stevens, Edmonds und Wise (1998) S. 30 und S. 36. Im Kyoto-Protokoll hingegen kam der Ad-Hoc-Ansatz zur Anwendung, der eine Reduzierung in Abhängigkeit von bestimmten Umständen festlegt. Berücksichtigt wurden dabei vor allem Kriterien wie Wohlstand eines Landes, die Abhängigkeit von bestimmten Energieträgern sowie früher stattgefunden Reduzierungen.

Transfermechanismen<sup>59</sup> vorgeschlagen, die einen Technologietransfer umsetzen sollen. Die dabei nicht exakt definierten Transfermechanismen als auch Sanktionen könnten auf der einen Seite für die Erfolgsaussichten des Protokolls eine Gefahr, auf der anderen Seite aber auch eine Chance darstellen, da so auf die veränderten Umstände in den Gesellschaften sowie auf weitere Forschungsergebnisse zu diesem Themen zurückgegriffen werden kann.<sup>60</sup>

Das Modell kann das Kyoto-Protokoll somit nur teilweise abbilden, gibt aber gute Ansätze, die bereits in der Realität berücksichtigt wurden. Fraglich scheint der Einfluss der verschiedenen Gerechtigkeitsansätze und die offen gelassenen exakten Definitionen im Kyoto-Protokoll. So haben z. B. Bosello und Roson (2000) gezeigt, dass selbst die Ausgestaltung des Emissionszertifikatsmarktes deutlichen Einfluss auf die Verteilung der Vermeidungslast hat.

---

<sup>59</sup> Dies sind die flexiblen Mechanismen CDM und JI.

<sup>60</sup> Mehr dazu siehe Eerola (2002), S. 2.

### 5 Zusammenfassung

Die Notwendigkeit internationaler Umweltvereinbarungen zur Lösung der drohenden Umweltkatastrophen scheint nicht bestreitbar zu sein. Die Problematik des Eigennutzorientierten Menschen (*homo oeconomicus*) erschwert dabei die Stabilität von Vereinbarungen und verhindert ökologisch effiziente Reduzierungsziele. Das Modell von Finus und Rundshagen (1998) hat einen guten Einblick in die Schwierigkeit solcher Verhandlungsprozesse gegeben und einige interessante Ergebnisse aufgezeigt. So konnte unter verschiedenen Annahmen (Große Koalition, Subkoalition, verschiedene Diskontierungsfaktoren) gezeigt werden, warum in der internationalen Umweltpolitik die Quotenlösung der Steuerlösung vorgezogen wird. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass stabile und effektive Subkoalitionen gegenüber einer großen Koalition aus  $N$  Ländern wahrscheinlicher sind. Doch ebenso wurde klar, dass bei realwirtschaftlichen Annahmen mit einem Diskontierungsfaktor deutlich kleiner 1 eine Koalition quasi zum Scheitern verurteilt ist. Als wichtige Erkenntnis des Modells sei zu beachten, dass IEA ohne glaubwürdige Sanktionen bzw. anderen Anreizmechanismen das Problem des Trittbrettfahrerverhaltens wohl nicht beseitigen können. Dies scheint speziell im Hinblick auf das Kyoto-Protokoll interessant, in dem bis heute keine entsprechenden Sanktionen definiert wurden. Fragt sich also, welche Chancen dieser IEA gegeben werden kann und ob die Staaten unserer Erde es schaffen, die Problematik der drohenden Klimakatastrophe damit in den Griff zu bekommen. Wahrscheinlich ist es nur ein erster aber wichtiger Schritt in die richtige Richtung.

**Literaturverzeichnis:**

**Barrett, S.** (1994), Self-Enforcing International Environmental Agreements, in: Oxford Economic Papers, vol 45(0), S. 878-894.

**Bosello, F. and R. Roson** (2000), Carbon Emissions Trading and Equity in International Agreements, F. E. E. Mattei, Milan.

**Brockhaus**

**Carraro, C. und D. Siniscalco** (1992), The international dimension of environmental policy, in: European Economic Review 36, S. 379–387.

**Eerola, E.** (2002) Ratification and minimum coalition requirement in international environmental agreements, FPPE, University of Helsinki.

**Endres, A. und M. Finus** (1999), International Environmental Agreements: How the Policy Instrument Affects Equilibrium Emissions and Welfare, in: Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE),vol. 155, H. 3, S. 527-550

**Farrell, J. und E. Maskin** (1989), Renegotiation in Repeated Games, in: Games and Economic Behavior, vol 1, S. 327-360.

**Finus, M.**(2001), Game Theory and International Environmental Cooperation: Any Practical Application?, Diskussionsbeitrag Nr. 282, Fernuniversität Hagen, Hagen

**Finus, M. und B. Rundshagen** (1998), Toward a positive theory of coalition formation and endogenous instrumental choice in global pollution control, in: Public Choice, vol 96, S. 145-186.

\*Gabler Wirtschaftslexikon (1988)

**Hahn, R.W.** (1987), Jobs and Environmental quality: Some implications for instrument choice, in: Policy Sciences, vol. 20, S. 289-306.

**Heister, J.** (1995), Economic and Legal Aspects of International Environmental Agreements: the Case of Enforcing and Stabilising an International CO2 Agreement, Institut für Weltwirtschaft, Arbeitspapier Nr. 711, Kiel.

\*Jansen und Springer (2001) → unbedingt seite einfügen



**Krumm, R.** (1996), Internationale Umweltpolitik, Springer, Berlin u.a.

**Nordhaus, W.D. und Z. Yang** (1996), A Regional Dynamic General Equilibrium Model of Alternative Climate Change Strategies, in: The American Economic Review, vol. 86, n.4, S. 741-765.

**Rose, A., B. Stevens, J. Edmonds and M. Wise** (1998), International Equity and Differentiation in Global Warming Policy: An Application to Tradable Emission Permits, in: Environmental and Resource Economics, vol 12(1): 25-51.

**Sauernheimer, K. und G. Ködding** (1995), Internationale Aspekte der Umweltökonomie, in: Junkernheinrich, M. et al. (Hrsg.): Handbuch zur Umweltökonomie, Analytica, Berlin, S. 69-75.

**United Nations** (1992), Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (KRRK), <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>

**United Nations** (1997), Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, <http://www.bmu.de/download/dateien/protodt.pdf>

**Wicke, L.** (1982), Umweltökonomie, München.