

Krumm, Raimund

**Working Paper**

## Koordination im asymmetrischen Externalitätenfeld: Von Richtungsdominanz und Potentialinsuffizienzen

Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 80

**Provided in Cooperation with:**

University of Tuebingen, Faculty of Economics and Social Sciences, School of Business and Economics

*Suggested Citation:* Krumm, Raimund (1996) : Koordination im asymmetrischen Externalitätenfeld: Von Richtungsdominanz und Potentialinsuffizienzen, Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 80, Eberhard Karls Universität Tübingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Tübingen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/104861>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

**Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen**

**Koordination im asymmetrischen  
Externalitätenfeld: von Richtungsdominanz  
und Potentialinsuffizienzen**

RAIMUND KRUMM

Eberhard-Karls-Universität

Tübingen

*Oktober 1996*



**Tübinger Diskussionsbeiträge**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

**Koordination im asymmetrischen  
Externalitätenfeld: von Richtungsdominanz  
und Potentialinsuffizienzen**

RAIMUND KRUMM

Eberhard-Karls-Universität  
Tübingen

*Oktober 1996*

Tübinger Diskussionsbeitrag  
Nr. 80

Wirtschaftswissenschaftliches Seminar  
Mohlst. 36, D-72074 Tübingen

## 1. Grundstrukturen des Externalitätenfeldes

Externe Effekte zwischen Wirtschaftssubjekten spielen in der Ökonomie eine herausragende Rolle. Solche durch wirtschaftliche Aktivität verursachten Externalitäten wirken auf das Wohlfahrtsniveau Dritter ein, ohne daß dafür eine marktliche Kompensation erfolgen würde.<sup>1</sup> Die vorliegende Abhandlung befaßt sich mit reziproken Externalitäten und geht dabei insbesondere auf die ökonomische Relevanz exogener Asymmetrieaspekte ein. Die Untersuchung erfolgt unter expliziter Bezugnahme auf die Situation bilateraler Umweltverschmutzung, da sich in diesem Rahmen die grundlegenden analytischen Zusammenhänge am anschaulichsten darstellen lassen.<sup>2</sup>

Das Externalitätenphänomen schlägt sich definitionsgemäß in den Wohlfahrtsfunktionen der Länder nieder. So ist die Wohlfahrt eines Landes  $i$  durch die folgende Funktion definiert:  $V_i = U_i(e_i) - D_i(b_i)$ . Das Wohlfahrtsniveau eines Landes ist eine Funktion des nationalen Einkommens, dessen Schaffung mit der Emission von Schadstoffen einhergeht. Der (Brutto)Nutzen  $U_i$  aus der Schaffung von Einkommen läßt sich damit als Funktion der nationalen Emissionsmenge ( $e_i$ ) modellieren. Die Grenzproduktivität des "Faktors" Schadstoffemission nehme mit zunehmendem Faktoreinsatz ab:  $U'_i(e_i) > 0$ ,  $U''_i(e_i) < 0$ . Die Emission von Schadstoffen impliziert jedoch nicht nur die nutzenstiftende Schaffung von Einkommen, sondern führt auch zu physischen Umweltschäden. Diese gehen - nach monetärer Bewertung - als Schadenskosten  $D_i$  in die nationale Wohlfahrt ein. Die nationalen Schadenskosten bemessen sich aber nicht unmittelbar nach der Emissionsmenge. Vielmehr ist bei der Messung der Schadenskosten auf die sogenannte inländische Schadstoffdeposition ( $b_i$ ) abzustellen, wobei eine zunehmende Depositionsbelastung mit überdurchschnittlich ansteigenden Schadenskosten verbunden ist:  $D'_i(b_i) > 0$ ,  $D''_i(b_i) > 0$ . Die nationale Depositionsmenge sei dabei nicht nur von der eigenen, sondern auch von der ausländischen Emissionstätigkeit abhängig. Durch diesen Zusammenhang ergibt sich die zwischenstaatliche Externalitätenbeziehung, welche die Grundlage für die nachfolgende Modellierung sein soll. Geht man davon aus, daß die ökologische Verflechtung der Länder nicht durch einseitige, sondern durch wechselseitige Externalitäten gekennzeichnet ist, dann werden diese Zusammenhänge durch das folgende Funktionensystem beschrieben, wobei der Vektor der  $a_{ij}$ -Koeffizienten die räumliche Diffusion der Schadstoffe in ihrer Gesamtheit abbildet:

$$\begin{aligned} b_1 &= f_1(e_1, e_2) = a_{11}e_1 + a_{12}e_2, \\ b_2 &= f_2(e_1, e_2) = a_{21}e_1 + a_{22}e_2. \end{aligned}$$

Das Depositionsniveau in Land 1 ( $b_1$ ) und damit auch dessen Schadenskosten ( $D_1$ ) hängen nach Maßgabe der entsprechenden Diffusionskoeffizienten  $a_{ij}$  vom inländischen und ausländischen

---

<sup>1</sup> Eine Einführung in die Theorie der externen Effekte bieten etwa *Cornes/Sandler (1986)* und *Varian (1996)*. Eine kritische Würdigung des Literaturstandes findet sich in *Richter/Wiegard (1993)*.

<sup>2</sup> Zu diversen Aspekten grenzüberschreitender Umweltexternalitäten vergleiche *Siebert (1985)* und *Cansier (1996)*, insbesondere S. 337ff; mit speziellem Bezug zur europäischen Umweltproblematik "Schwefeldioxidemission" siehe beispielsweise *Bartsch (1992)*.

dischen Emissionsniveau ( $e_1$  bzw.  $e_2$ ) ab. Zwischen Emissions- und Depositionsmengen wird jeweils ein linearer Zusammenhang unterstellt. Die Stärke des externen Effekts richtet sich nach dem Niveau des relevanten Diffusionskoeffizienten. Im vorliegenden Fall liegt eine negative Externalität vor, da die Aktivität des einen Landes (nämlich die Schadstoffemission) das Wohlfahrtsniveau des anderen Landes negativ beeinflusst.

Die zugrunde gelegte Externalitätenbeziehung kann aber auch auf andere Art modelliert werden, indem man denselben Sachverhalt aus einem anderen Blickwinkel heraus betrachtet. Der entsprechende analytische Zugriff stellt nun nicht mehr explizit auf die Größen Emissions- und Depositionsniveau ab, sondern wählt folgende Vorgehensweise. Danach ist die Wohlfahrt eines Landes  $i$  - nun definiert als  $W_i = B_i(r_i) - C_i(q_i)$  - in negativer Weise vom Umfang ( $q_i$ ) der inländischen Emissionsminderungen abhängig, da die entsprechende Rückführung beim Einsatz des "Produktionsfaktors" Schadstoffemission automatisch mit einem Rückgang des nationalen Einkommens verbunden ist. Die entsprechenden Einkommenseinbußen schlagen sich als sog. Vermeidungskosten  $C_i$  in der nationalen Wohlfahrtsrechnung nieder. Die zugrunde gelegten produktionstechnischen Annahmen implizieren, daß die Vermeidungskosten mit zunehmender Emissionsvermeidung überproportional ansteigen:  $C'_i(q_i) > 0$ ,  $C''_i(q_i) > 0$ . Andererseits bewirken die im Inland durchgeführten Maßnahmen zur Emissionsvermeidung auch eine Minderung der nationalen Schadstoffdeposition, wobei der daraus resultierende Nutzen mit zunehmender Depositionsminderung ( $r_i$ ) lediglich unterproportional ansteigt:  $B'_i(r_i) > 0$ ,  $B''_i(r_i) < 0$ . Dies ist Reflex des an früherer Stelle zugrunde gelegten Verlaufs der depositionsbedingten Schadenskosten. Die Minderung der inländischen Schadstoffdeposition ergibt sich aber nicht nur durch Emissionsvermeidungsmaßnahmen im eigenen Land, sondern auch durch entsprechende ausländische Maßnahmen ( $q_j$ ). Darin kommt bei der nun gewählten analytischen Vorgehensweise die Externalitätenbeziehung zum Ausdruck. Im Gegensatz zum vorigen Ansatz bilden die Externalitäten aber nun positive externe Effekte ab, weil die im Ausland durchgeführten Emissionsvermeidungsmaßnahmen im Inland zu einem Rückgang der Schadstoffdeposition führen und damit dort wohlfahrtssteigernd wirken. Die reziproken externen Effekte lassen sich dann durch das nachfolgend angeführte Funktionensystem abbilden, wobei wiederum die oben erwähnten Diffusionskoeffizienten  $a_{ij}$  relevant sind. Diese Koeffizienten bringen nun aber nicht mehr lineare Zusammenhänge zwischen Emissions- und Depositionsniveaus, sondern zwischen Emissions- und Depositionsminderungs-niveaus zum Ausdruck:

$$\begin{aligned} r_1 &= g_1(q_1, q_2) = a_{11}q_1 + a_{12}q_2, \\ r_2 &= g_2(q_1, q_2) = a_{21}q_1 + a_{22}q_2. \end{aligned}$$

Eine Minderung der Schadstoffemission in Land 1 ( $q_1$ ) verteilt ihre Wirkung auf beide Länder. Sie führt gemäß dem Diffusionskoeffizienten  $a_{11}$  zu einer Depositionsminderung im eigenen Lande ( $r_1$ ), während das Ausland von der inländischen Emissionsminderung nach

Maßgabe des Koeffizienten  $a_{21}$  profitiert. Die beiden Koeffizienten addieren sich zu eins.  $a_{11}$  bezeichnet den Inlandskoeffizienten des Landes 1 und bringt damit den Grad der Internalisierung eigener Emissionsminderungsleistungen zum Ausdruck. Die Residualgröße  $a_{21}$  bildet für Land 1 den Exportkoeffizienten, da diese das Ausmaß der Externalisierungswirkung der eigenen Emissionsminderungsmaßnahmen erfaßt. Damit bildet  $a_{21}$  gleichzeitig den Importkoeffizienten des Landes 2. Ergreift aber das Ausland (Land 2) Emissionsvermeidungsmaßnahmen, dann importiert Land 1 positive Externalitäten gemäß seinem Importkoeffizienten  $a_{12}$ . Der Koeffizient  $a_{22}$  (Auslandskoeffizient von Land 1 und Inlandskoeffizient von Land 2) hat für Land 1 nur insofern eine Bedeutung, als dieser die Residualgröße zu seinem Importkoeffizienten darstellt. Insgesamt gelten also die folgenden Zusammenhänge: Der Inlands- und der Exportkoeffizient eines Landes summieren sich zu eins, ebenso dessen Import- und Auslandskoeffizient. Der Exportkoeffizient (Inlandskoeffizient) des einen Landes bildet gleichzeitig den Importkoeffizienten (Auslandskoeffizienten) des anderen Landes.

## 2. Asymmetriestrukturen des Externalitätenfeldes

Sieht man vom Symmetriefall ab, bei dem für alle Diffusionskoeffizienten  $a_{ij}=0,5$  gilt, dann lassen sich mehrere Asymmetrieaspekte unterscheiden, wobei nachfolgend aus der Sicht von Land 1 argumentiert wird.<sup>3</sup> Man kann zur Bestimmung eines Asymmetriegrades der Externalitätenbeziehung zunächst einmal auf das Verhältnis zwischen Export- und Inlandskoeffizient eines Landes abstellen. Zwischen den beiden Koeffizienten gilt der feste Zusammenhang  $a_{21}=1-a_{11}$ , d.h. der eine Koeffizient bildet die Residualgröße des anderen: je höher der Inlandskoeffizient eines Landes, um so niedriger der Exportkoeffizient und umgekehrt. Ist für Land 1 der Exportkoeffizient höher als der Inlandskoeffizient ( $a_{21}>a_{11}$ ), dann ist dieses Land "externaldominant", weil die überwiegende ökologische Wirkung der inländischen Emissionstätigkeit externalisiert wird. Ist dagegen  $a_{21}<a_{11}$ , liegt für Land 1 Internaldominanz vor. Ist im Grenzfall der Exportkoeffizient  $a_{21}=1$  und damit notwendigerweise der Inlandskoeffizient  $a_{11}=0$ , dann liegt der Grenzfall einer asymmetrischen Externalität vor, nämlich die "Vollexternalisierung". Dies ist nicht gleichbedeutend mit einer "einseitigen Externalität". Vollexternalisierung impliziert nämlich nur dann eine einseitige Externalität, wenn zusätzlich der Importkoeffizient  $a_{12}=0$  ist.

Ein zweites Asymmetriemaß zieht Import- und Inlandskoeffizient heran und stellt damit auf den Grad des diffusionsexogenen Unvermögens eines Landes ab, das inländische Depositionsniveau durch rein nationale Maßnahmen - d.h. "aus eigener Kraft" - zu steuern. Insofern könnte man von (relativer) "Potentialinsuffizienz" sprechen.<sup>4</sup> Die beiden Koeffizienten sind nicht eindeutig korreliert, sondern voneinander unabhängig. Ist der Importkoeffizient von

<sup>3</sup> Der hier angesprochene Symmetriefall entspricht im übertragenen Sinne dem Fall sogenannter Globalschadstoffe, bei deren Modellierung aufgrund analoger Symmetriezusammenhänge keine Diffusionskoeffizienten ausgewiesen werden; siehe *Krumm (1996)*, S. 10f.

<sup>4</sup> Zum Problem der Potentialinsuffizienz im Fall von Globalschadstoffen, vgl. *Krumm (1996)*.

Land 1 höher als sein Inlandskoeffizient ( $a_{12} > a_{11}$ ), dann ist die Potentialinsuffizienz von Land 1 relativ stark ausgeprägt (starke Potentialinsuffizienz). Ist die Koeffizientenrelation umgekehrt, gilt also  $a_{12} < a_{11}$ , so liegt für Land 1 nur schwache Potentialinsuffizienz vor. Hat Land 1 einen Importkoeffizienten nahe Null, kann man von Potentialsuffizienz sprechen.

Eine andere Asymmetriemaßzahl nimmt auf das Verhältnis zwischen Export- und Importkoeffizient eines Landes (also  $a_{21}$  und  $a_{12}$ ) Bezug. Dabei ist zu beachten, daß die beiden Koeffizienten nicht eindeutig miteinander korreliert sind. So ist zum Beispiel ein hoher Exportkoeffizient eines Landes mit jeglichem Niveau seines Importkoeffizienten vereinbar. Ist der Exportkoeffizient von Land 1 höher als sein Importkoeffizient ( $a_{21} > a_{12}$ ), dann ist dieses Land exportprävalent. Bei umgekehrtem Koeffizientenverhältnis ( $a_{21} < a_{12}$ ) ist Land 1 durch Importprävalenz gekennzeichnet. Ist im Grenzfall der Exportkoeffizient  $a_{21}=1$  und darüber hinaus zufälligerweise der Importkoeffizient  $a_{12}=0$  (bzw. umgekehrt), dann liegt der Sonderfall einer asymmetrischen Externalität, nämlich der einer einseitigen Externalität vor. In diesem Fall überwälzt ein Land die Wirkung seiner Aktivität vollständig auf das andere, während in der Gegenrichtung keinerlei Wirkungstransfer erfolgt. Da ein Exportkoeffizient  $a_{21}=1$  einen Inlandskoeffizienten  $a_{11}=0$  impliziert, ist im Falle einer "einseitigen Externalität" automatisch "Vollexternalisierung" gegeben. "Einseitige Externalität" bedeutet also immer auch "Vollexternalisierung". Dagegen ist der umgekehrte Zusammenhang nicht zwingend.

EXPORT-INLAND-RELATION (Bezug: Emission)	IMPORT-INLAND-RELATION (Bezug: Deposition)	EXPORT-IMPORT-RELATION (Bezug: Austausch)
$a_{21} > a_{11}$ <i>Externaldominanz</i>	$a_{12} > a_{11}$ <i>Starke Potentialinsuffizienz</i>	$a_{21} > a_{12}$ <i>Exportprävalenz</i>
$a_{21} < a_{11}$ <i>Internaldominanz</i>	$a_{12} < a_{11}$ <i>Schwache Potentialinsuffizienz</i>	$a_{21} < a_{12}$ <i>Importprävalenz</i>

**Tabelle 1:** Kennziffern für exogene Asymmetrien im Externalitätenfeld

Die durch die Relation von Diffusionskoeffizienten bestimmten Externalitätenasymmetrien haben für beide Länder exogenen Charakter, da diese für sie nicht beeinflussbar sind. Die Diffusionskoeffizienten werden zum Beispiel bei Luftverschmutzung durch die vorherrschenden Windrichtungen innerhalb und zwischen den Ländern bestimmt, oder im Falle der Gewässerverschmutzung durch den internen und grenzüberschreitenden Verlauf von Flüssen. Ist etwa der Verlauf der in Land 1 entspringenden Flüsse so, daß 70% des entsprechenden Wasservolumens über die Grenze nach Land 2 transportiert wird, dann ist der Exportkoeffizient von Land 1  $a_{21}=0,7$  und sein Inlandskoeffizient  $a_{11}=0,3$ . Erfolgt bei den in Land 2 originären Flußsystemen eine Grenzüberschreitung nach Land 1 dagegen nur zu lediglich 20%, so impliziert dies für Land 1 einen Importkoeffizienten von  $a_{12}=0,2$  und einen Auslandskoeffizienten von  $a_{22}=0,8$ . Der Externalitätencharakter kann aber auch weiter gefaßt werden, als dies durch die *exogene* Größe Diffusionskoeffizient (Externalitätenbegriff im engeren Sinne) zum Ausdruck kommt. Zusätzlich kann die *endogene* Größe Emissions- bzw.

Vermeidungsniveau einbezogen werden. Stellt man beim Asymmetrieaspekt also nicht auf die Relation der Diffusionskoeffizienten, sondern auf die tatsächlichen zwischenstaatlichen Schadstoffströme ab, dann kommt man zu einem erweiterten Externalitätenbegriff, der neben dem exogenen zwischenstaatlichen Schadstoffdiffusionsraster zusätzlich die endogen bestimmten Größen Emissions- bzw. Vermeidungsniveau erfaßt. In diesem Sinne ergibt sich als externer Effekt die durch Emissionsminderung des einen Landes ( $q_j$ ) bewirkte Depositionsminderung im anderen Lande ( $r_i$ ), also  $r_i(\bar{q}_i, q_j) = a_{ij} \cdot q_j$ , und zwar durch die relevante partielle Diffusionsminderungsfunktion. Der Asymmetrieaspekt dieser Externalität (im weiteren Sinne) stellt dann auf die Ungleichheit der auslandsinduzierten Depositionsminderung,  $r_i(\bar{q}_i, q_j) \neq r_j(q_i, \bar{q}_j)$ , ab, wobei die Asymmetrie auf ungleiche Diffusionskoeffizienten und/oder ungleiche Emissionsvermeidungsmengen zurückzuführen ist. In der vorliegenden Untersuchung wird in bezug auf die Asymmetrieaspekte auf den engen, d.h. den auf reine (Diffusions-)Exogenitäten abstellenden, Externalitätenbegriff zurückgegriffen.

### 3. Koordinationspotentiale und Externalitätenasymmetrien

Im folgenden werden die Verhaltensweisen der Länder unter alternativen Koordinationsstrukturen untersucht.<sup>5</sup> Dabei wird regelmäßig unterstellt, daß die Länder die Maximierung ihrer nationalen Wohlfahrt anstreben. Zunächst soll der zwischenstaatlich unkoordinierte Fall betrachtet werden. Stimmen die Länder ihre Emissions- bzw. Vermeidungsaktivitäten nicht aufeinander ab und nehmen sie das Emissionsniveau des jeweils anderen Landes als gegeben an, dann bestimmt Land 1 sein optimales Vermeidungsniveau nach dem folgenden Ansatz:<sup>6</sup>

$$(1) \quad \max_{q_1} \{B_1(r_1) - C_1(q_1)\} \quad \text{s.t.} \quad r = a \cdot q.$$

Damit ergibt sich für Land 1 die folgende Optimierungsbedingung (wobei für Land 2 die analoge Bedingung gilt):

$$(2) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1}.$$

Die Vermeidungsaktivität wird also so weit ausgedehnt, bis auf nationaler Ebene die Grenzkosten der Emissionsvermeidung und die Grenznutzen der dadurch induzierten inländischen Depositionsminderung übereinstimmen. Der Inlandskoeffizient, hier  $a_{11}$ , determiniert die optimale Relation zwischen Grenzvermeidungskosten und internalisierten Grenznutzen. Bei Externaldominanz, d.h. bei unterproportionalem Inlandskoeffizient ( $a_{11} < 0,5$ ), gehen die Grenznutzen im Vergleich zu den Grenzkosten nicht einmal zur Hälfte in das Optimierungskalkül ein. Je größer also die Internalisierungslücke  $1 - a_{11}$  ( $= a_{21}$ ) ist, um so niedriger fällt die optimale inländische Vermeidungsmenge aus.

<sup>5</sup> Ausgewählte spieltheoretische Ansätze behandelt beispielsweise *Pethig (1982)*. In bezug auf institutionelle Aspekte, vergleiche von *Weizsäcker/Welsch (1991)*.

<sup>6</sup> In der Nebenbedingung ist das Diffusionsraster in der Form der Matrixnotation abgebildet.

Gegenüber der zwischenstaatlich unkoordinierten Situation ergeben sich Effizienzpotentiale durch gegenseitige Abstimmung der Emissionsminderungsaktivitäten. Ein Land wird seine Maßnahmen zur Emissionsvermeidung aber nur dann erhöhen, wenn es sich dadurch gegenüber dem nichtkoordinierten Zustand nicht verschlechtert (Nichtverschlechterungsvorbehalt): es ist wohlfahrtsmäßig also mindestens so zu stellen, wie wenn es nicht kooperiert und damit sein Wohlfahrtsniveau  $W_2^N$  auf der Grundlage der Optimierungsbedingung (2) determiniert hätte. Sucht z.B. Land 1 die für sich im Kooperationsfall optimale Vermeidungsallokation  $(q_1, q_2)$ , dann hat es zu beachten, daß die Nichtverschlechterungsbedingung von Land 2 nicht verletzt wird ( $W_2^N = \text{const}$ ). Für Land 1 folgt dann als Optimierungsansatz:

$$(3) \max_{q_1, q_2} \left\{ B_1(r_1) - C_1(q_1) - \mu_1 \left[ \bar{W}_2^N - B_2(r_2) + C_2(q_2) \right] \right\} \quad \text{s.t.} \quad r = a \cdot q.$$

Unter diesen Umständen ergeben sich für die Bestimmung der Vermeidungsniveaus die nachstehenden Optimierungsbedingungen, die gleichzeitig Pareto-Effizienz sicherstellen:

$$(4a) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}\mu_1 \frac{dB_2}{dr_2} \quad \text{und} \quad (4b) \quad \frac{dC_2}{dq_2} = a_{22} \frac{dB_2}{dr_2} + a_{12}\mu_1^{-1} \frac{dB_1}{dr_1}.$$

Im Vergleich zum Nichtkooperationsfall erkennt man einen positiven Zusatzterm auf der rechten Seite der Optimierungsbedingungen. Dieser basiert auf einer gewissen, wenn auch ungenauen, Berücksichtigung der externen Grenznutzen aus inländischer Vermeidungsaktivität, und zwar nach Maßgabe des Lagrangemultiplikators. Da dieser Koeffizient positiv ist ( $\mu_1 > 0$ ) impliziert dies für beide Länder eine gegenüber Nichtkooperation erhöhte optimale Vermeidungsmenge. Bei der bisherigen Analyse der Koordinationspotentiale wurde unterstellt, daß die Länder als Verhandlungsmasse lediglich die nationalen Vermeidungsmengen zur Verfügung hätten. Wird zusätzlich die Möglichkeit zwischenstaatlicher Seitenzahlungen einbezogen, dann ergibt sich eine Flexibilisierung der Verhandlungssituation. Damit werden die bisherigen Komponenten der nationalen Wohlfahrtsfunktionen um einen Transferterm ergänzt, wobei  $+Z$  für einen Zugang und  $-Z$  für einen Abgang an Seitenzahlungen steht. Die optimalen nationalen Vermeidungsniveaus sowie die optimale Höhe der zwischenstaatlichen Transferzahlung lassen sich dann mit Hilfe des nachstehenden Kalküls ermitteln:

$$(5) \max_{q_1, q_2, Z} \left\{ B_1(r_1) - C_1(q_1) + Z - \mu_1 \left[ \bar{W}_2^N - B_2(r_2) + C_2(q_2) + Z \right] \right\} \quad \text{s.t.} \quad r = a \cdot q.$$

Die Einbeziehung der Transferoption bewirkt, daß das Gleichungssystem (4a)-(4b) um die folgende Zusatzbedingung ergänzt wird:

$$(6) \quad \mu_1 = - \frac{dW_1 / dZ}{dW_2 / dZ}.$$

Da aber der Zusammenhang  $dW_1 / dZ = 1 = -dW_2 / dZ$  gilt, folgt aus der Zusatzbedingung (6)  $\mu_1 = 1$ . Das aus den Gleichgewichtsbedingungen (4a), (4b) und (6) bestehende Gleichungssystem vereinfacht sich damit zu nachstehenden Bedingungen, welche die zwischenstaatliche Vermeidungsallokation determinieren:

$$(7a) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21} \frac{dB_2}{dr_2} \quad \text{und} \quad (7b) \quad \frac{dC_2}{dq_2} = a_{22} \frac{dB_2}{dr_2} + a_{12} \frac{dB_1}{dr_1}.$$

Man erkennt, daß bei der Festsetzung der nationalen Vermeidungsmengen die ausländischen Grenznutzen und damit die jeweiligen (positiven) Externalitäten nun exakt mitberücksichtigt werden: der gegenüber dem Nichtkooperationsfall einzubeziehende Zusatznutzen fällt bei Externaldominanz eher hoch, bei Internaldominanz eher gering aus. Gleichwohl ist das optimale Vermeidungsniveau in jedem Fall höher als im nichtkoordiniertem Zustand, da die positiven externen Effekte dort gänzlich vernachlässigt wurden. Der vorliegende "transferflankierte" Ansatz gewährleistet gleichzeitig die Maximierung des gemeinsamen Wohlfahrtsniveaus der beiden Länder. Dies impliziert jedoch nicht notwendigerweise zwischenstaatliche Kosteneffizienz. Zu einem Ausgleich der Grenzvermeidungskosten zwischen den Ländern kommt es nämlich nur dann, wenn die Grenznutzen  $B'_i(r_i)$  der beiden Länder im Optimum zufälligerweise übereinstimmen. In diesem Fall wird dem Land mit dem flacheren Verlauf der marginalen Emissionsminderungskosten die umfangreichere Vermeidungspflicht zugewiesen. Durch die Einbeziehung der Transferoption bleibt aber in jedem Fall die Nichtverschlechterung gegenüber dem unkoordinierten Zustand sichergestellt.

#### 4. Koordinationsregime und Externalitätenasymmetrien

##### a) Regime "Quotenlösung"

Es dürfte jedoch wahrscheinlicher sein, daß sich die Länder auf eine einfachere Koordinationsstruktur einigen. Dabei kommt zum Beispiel eine Quotenlösung in Frage, welche zudem die Relevanz einer asymmetrischen Informationsverteilung zwischen In- und Ausland entschärfen könnte.<sup>7</sup> Haben die Länder in einer ersten Verhandlungsstufe bereits ein bestimmtes zwischenstaatliches Verhältnis der Vermeidungspflichten  $\pi_1 = q_2 / q_1 (= \pi_2^{-1})$  festgeschrieben und müssen sie sich nur noch auf die konkreten - mit dieser Quote kompatiblen - absoluten Vermeidungspflichten  $q_1$  und  $q_2$  einigen, dann kann Land 1 das von ihm präferierte Niveau seiner Vermeidungspflicht  $q_1$  (und damit die ausländische Vermeidungspflicht  $q_2 = \pi_1 q_1$ ) durch den folgenden Ansatz bestimmen:

$$(8) \quad \max_{q_1} \{B_1(a_{11}q_1 + a_{12}\pi_1q_1) - C_1(q_1)\}.$$

<sup>7</sup> Zum Einfluß von Informationsasymmetrien vergleiche *Kuhl (1987)*; mit speziellem Bezug zum Fall einseitiger Externalitäten siehe *Buchholz/Haslbeck (1991/92)*.

Dahinter steht die folgende Überlegung: Eine marginale Erhöhung  $dq_1$ , hier verstanden als Ausweitung der angestrebten inländischen Vermeidungspflicht, würde im Falle der vertraglichen Einigung zunächst einmal eine Depositionsminderung  $dr_1 = a_{11}dq_1$  bedeuten. Darüber hinaus würden jedoch auch für das Ausland zusätzliche Vermeidungspflichten induziert, und zwar im Umfang  $dq_2 = \pi_1 dq_1$ , die eine weitere Depositionsminderung  $dr_1 = a_{12}\pi_1 dq_1$  mit sich brächten (induzierter Import). Auf dieser Grundlage bestimmt sich die Präferenzbedingung von Land 1 also folgendermaßen:

$$(9) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{12}\pi_1 \frac{dB_1}{dr_1}.$$

Im Vergleich zum Nichtkooperationsfall geht der inländische Grenznutzen nicht nur entsprechend dem Inlandskoeffizienten ein. Vielmehr wird zusätzlich der Importkoeffizient berücksichtigt, und zwar nach Maßgabe der relativen Vermeidungspflicht  $\pi_1$ . Im Sonderfall  $\pi_1 = q_2 / q_1 = 1$  (d.h. bei gleichen absoluten Vermeidungspflichten) vereinfacht sich der Gewichtungsfaktor des inländischen Grenznutzens zur Summe aus Inlands- und Importkoeffizient. Der kooperationsinduzierte - ins Kalkül einzubeziehende - Zusatznutzen fällt um so höher aus, je ausgeprägter die nationale Potentialinsuffizienz ist, die durch die Relation  $a_{12}/a_{11}$  gemessen wird.

Die soeben abgeleiteten Ergebnisse unterstellen, daß die Länder sich vorab bereits auf eine Emissionsvermeidungsquote  $\pi_1 (= \pi_2^{-1})$  verständigt haben. Bei der Festlegung diese Quote könnte folgende Überlegung eine Rolle gespielt haben. Das Land, welches aufgrund eines überdurchschnittlichen Importkoeffizienten - d.h. ausgeprägter Potentialinsuffizienz - im "Übermaß" von ausländischen Emissionsvermeidungsanstrengungen profitiert, sollte eine überproportionale Vermeidungspflicht zugewiesen werden. Die konsequenteste Umsetzung dieser Überlegung wäre, die Vermeidungsquote entsprechend der zwischenstaatlichen Importrelation festzulegen:  $\pi_1 = a_{21} / a_{12} (= \bar{q}_2 / \bar{q}_1)$ . Eine solche Vorgehensweise stellt auf die Export-/Importkoeffizienten-Relation des Landes 1 ab. Ist Land 1 (aufgrund des Diffusionsrasters) exportprävalent und damit Land 2 automatisch importprävalent, gilt also  $a_{21} > a_{12}$ , dann wird Land 2 eine höhere Vermeidungspflicht zugewiesen als Land 1, da für dieses mit einer ausländischen Emissionsvermeidungseinheit eine höhere Depositionsminderung verbunden ist als für Land 1. Wurde die Vermeidungsquote entsprechend diesem Schema festgelegt, so führt dies zu einem vereinfachten Ansatz zur Bestimmung der national präferierten Vermeidungspflicht. Für Land 1 ist dann das nachstehende Kalkül relevant:

$$(10) \quad \max_{q_1} \{B_1(a_{11}q_1 + a_{21}q_1) - C_1(q_1)\}.$$

Berücksichtigt man die Tatsache, daß  $a_{11} + a_{21} = 1$  ist, so läßt sich der Ansatz in noch kürzerer Weise darstellen. Dies soll jedoch unterbleiben, um die abzuleitende Optimierungsbedingung

besser mit der entsprechenden Bedingung für den Nichtkoordinationsfall vergleichen zu können. Als Bedingung zur Festsetzung der von Land 1 präferierten nationalen Vermeidungspflicht  $q_1$  ergibt sich dann:

$$(11) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21} \frac{dB_1}{dr_1} \quad \text{bzw.} \quad \frac{dC_1}{dq_1} = \frac{dB_1}{dr_1}.$$

Im Vergleich zum unkoordinierten Zustand geht nun der Grenznutzen aus einer Depositionsminderung nicht mehr nur nach Maßgabe des Inlandskoeffizienten ins Kalkül ein, sondern wird nun vollständig berücksichtigt, da als zusätzlicher Gewichtungsfaktor der Exportkoeffizient einzubeziehen ist. Es gilt also  $C'_1(q_1) = B'_1(r_1)$ . Man erkennt, daß damit der Fall simuliert wird, bei dem keine zwischenstaatliche Externalitätenbeziehung (mehr) besteht.<sup>8</sup> Die Relevanz diffusionsbedingter Asymmetrien im Externalitätenfeld wird dadurch gänzlich aufgehoben.

#### b) Regime "Subventionslösung"

Die zwischenstaatliche Koordination der Länderaktivitäten kann auch auf der Grundlage fiskalischer Kooperationsstrukturen erfolgen. So könnten die Länder die gegenseitige Subventionierung ihrer nationalen Vermeidungsaktivitäten vereinbaren, wobei eine zwischenstaatliche Differenzierung des Subventionssatzes (etwa nach verteilungspolitischen Vorstellungen) in Betracht kommt. Die ursprüngliche nationale Wohlfahrtsfunktion ist dann um den Subventionsterm zu ergänzen. Für den Fall eines einheitlichen Subventionssatzes würde sich dieser Term vereinfachen, und zwar zum Produkt aus Subventionssatz und zwischenstaatlicher Vermeidungsmengendifferenz. Berücksichtigt man aber explizit die Möglichkeit einer Differenzierung des Subventionssatzes, dann ergibt sich für die Festlegung des optimalen nationalen Vermeidungsniveaus der Ansatz

$$(12) \quad \max_{q_1} \{ B_1(r_1) - C_1(q_1) + z_1 q_1 - z_2 q_2 \},$$

wobei für die zwischenstaatliche Nettosubvention der Zusammenhang  $Z_1 = z_1 q_1 - z_2 q_2 = -Z_2$  gilt. Im Vergleich zum Nichtkooperationsfall sind damit nicht mehr die vollen Grenzvermeidungskosten zu berücksichtigen, sondern nur der Teil, der über die Stücksubvention hinausgeht.<sup>9</sup> Gleichzeitig aber erfolgt eine extern induzierte im Inland wirksame Depositionsminderung nicht mehr "kostenlos", da auch das Ausland seinerseits Ansprüche auf Vermeidungssubventionen geltend machen kann. Damit folgt als Optimierungskalkül

$$(13) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + z_1.$$

<sup>8</sup> Darüberhinaus gilt, daß eine inländische Emissionsminderung im Umfang von einer Einheit auch zu einem Rückgang der Deposition um genau eine Einheit führt ( $dr_1 = 1 \cdot dq_1$ ).

<sup>9</sup> Für ein bestimmtes Intervall liegen die Grenzvermeidungskosten sogar unter der Stücksubvention.

Ein Land dehnt seine Vermeidungsaktivität soweit aus, bis die internalisierten Grenznutzen einer Depositionsminderung zuzüglich der ihm zustehenden Stücksubvention den nationalen Grenzvermeidungskosten entsprechen. Während die von ihm beanspruchte Stücksubvention in sein Kalkül eingeht, vernachlässigt er entsprechende marginale Zahlungen an das Ausland, da er von einer vorgegebenen Vermeidungsleistung des anderen Landes ausgeht. Entspricht der Subventionssatz zufälligerweise dem im Optimum realisierten ausländischen Grenznutzen einer Depositionsminderung, also  $a_{21} \cdot B'_2(r_2)$ , dann ist dieser Ansatz mit globaler Wohlfahrtsmaximierung kompatibel. Land 1 ist innerhalb des Subventionsregimes dann Nettosubventionsempfänger, wenn zwischen den ("bewerteten") Vermeidungsniveaus der beiden Ländern der Zusammenhang  $q_1 > (z_2/z_1)q_2$  gilt. Die Subventionsquote  $z_1/z_2$  determiniert also zusammen mit der Vermeidungsrelation die fiskalische Nettoposition der Länder.

Es ist denkbar, daß bei der Differenzierung des Subventionssatzes auf die zwischenstaatlichen Diffusionsvorgänge abgestellt wird. So könnte ein einheitlicher Basissubventionssatz  $z$  mit dem Exportkoeffizienten des betreffenden Subventionsberechtigten gewichtet werden, womit der explizite Beitrag zur Depositionsminderung im Ausland berücksichtigt würde. In diesem Fall gilt der Ansatz

$$(14) \quad \max_{q_1} \{B_1(r_1) - C_1(q_1) + a_{21}zq_1 - a_{12}zq_2\},$$

mit  $Z_1 = (a_{21}q_1 - a_{12}q_2)z = -Z_2$ . Dieser "qualifizierte" Subventionsansatz stellt auf das Ausmaß der Externalisierung inländischer Vermeidungsaktivität ab (Exportsubventionierung). Je stärker der positive externe Effekt (d.h. je höher der Exportkoeffizient) ist, um so höher fällt der effektive Subventionssatz  $a_{21}z$  bzw.  $a_{12}z$  aus. Bei Zugrundelegung dieses Effektivsatzes konkretisiert sich die Optimierungsbedingung von Land 1 zu

$$(15) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}z.$$

Bei gegebenem Basissubventionssatz  $z$  fällt die Vermeidungsleistung eines Landes um so höher aus, je höher dessen Exportkoeffizient ist. Damit wird das Problem der Externalisierungslücke bei inländischer Vermeidungsaktivität berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist noch auf einen trade-off hinzuweisen: ein hoher Inlandskoeffizient führt zwar zu einer starken Gewichtung des inländischen Grenznutzens, jedoch zu einer geringen Relevanz der Stücksubvention, da Inlandskoeffizient und Exportkoeffizient negativ korreliert sind. Land 1 ist Nettosubventionsempfänger des Systems, wenn  $(a_{21}/a_{12}) > (q_2/q_1)$  ist. Ist Land 1 importprävalent, gilt also  $(a_{21}/a_{12}) < 1$ , so kann es diese Fiskalposition nur dann erreichen, wenn es eine überdurchschnittliche Vermeidungsleistung realisiert.

c) *Regime "Abgabenlösung"*

Die Länder könnten auch ein bilaterales Abgabensystem vereinbaren. Dann müßten die Regierungen auf der Grundlage eines einheitlichen Bruttosteuersatzes  $t$  eine Steuer entsprechend ihren nationalen Emissionen an eine gemeinsame Umweltbehörde abführen. Diese würde das gesamte Steueraufkommen auf die Länder zurückverteilen, und zwar nach Maßgabe der ausgehandelten nationalen Redistributionsparameter  $\beta_i$  ( $\sum_i \beta_i = 1$ ). Damit ergibt sich der länderspezifische Nettosteuersatz  $(1 - \beta_i)t$ . Ausgehend vom Bruttosteuerterm  $T_i = te_i$  und der Definition für die Restemissionsmenge  $e_i := e_i^0 - q_i$  (mit  $e_i^0$  als Emissionsniveau "vor" Vermeidung) ergibt sich der Optimierungsansatz

$$(16) \quad \max_{q_1} \left\{ B_1(r_1) - C_1(q_1) - t(e_1^0 - q_1) + \beta_1 t \left[ (e_1^0 - q_1) + (e_2^0 - q_2) \right] \right\}.$$

Damit folgt als Bedingung zur Festsetzung der optimalen Vermeidungsmenge unter dem bilateralen Abgabenregime der Zusammenhang

$$(17) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + (1 - \beta_1)t.$$

Der koordinationsinduzierte zusätzliche Grenznutzen entspricht dem Nettosteuersatz, denn eine marginale nationale Vermeidungseinheit führt nun zu Einsparungen in Höhe der Emissionsstücksteuer. Dies impliziert eine gegenüber Nichtkooperation erhöhte Vermeidungsaktivität. Verzichtet man auf eine zwischenstaatliche Differenzierung der nationalen Redistributionsparameter, dann gilt für beide Länder derselbe Nettosteuersatz. Unabhängig davon ist Land 1 fiskalischer Nettoempfänger des bilateralen Steuersystems, sofern  $(e_1/e_2) < (\beta_1/\beta_2)$  ist, denn dann ist dessen Anteil an den Bruttosteuerzahlungen geringer als dessen Anteil am Steuerrückfluß.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, bereits den Bruttosteuersatz zu differenzieren. Dazu kommen die nationalen Exportkoeffizienten in Frage. Damit soll der Teil der Emission steuerlich erfaßt werden, der im Ausland wirksam wird (Externalitätenbezug). Mit dem Bruttosteuerterm  $T_i = t \cdot a_{21} e_i$  folgt dann als Optimierungskalkül

$$(18) \quad \max_{q_1} \left\{ B_1(r_1) - C_1(q_1) - ta_{21}(e_1^0 - q_1) + \beta_1 t \left[ a_{21}(e_1^0 - q_1) + a_{12}(e_2^0 - q_2) \right] \right\}.$$

Als Bedingung für die Festsetzung der optimalen nationalen Vermeidungsmenge erhält man damit

$$(19) \quad \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}(1 - \beta_1)t.$$

Der regimespezifische Zusatznutzen inländischer Vermeidungsaktivität fällt u.a. um so größer aus, je höher der Exportkoeffizient des betreffenden Landes ist. Die Lösung wäre dann wohl-

fahrtsoptimal, wenn der Nettosteuersatz  $(1-\beta_i)t$  das Niveau des ausländischen Grenznutzens abbilden würde, denn dann entspräche die marginale Steuerersparnis im Inland dem ausländischen Grenzschadensrückgang. Auch bei der Steuerlösung wird ein trade-off erkennbar: Ein hoher Inlandskoeffizient führt einerseits zu einer hohen Gewichtung der Depositionsminderungsnutzen, andererseits zu einer geringen vermeidungsinduzierten Steuerersparnis. Die Gewichtung bestimmt sich also danach, ob Internal- oder Externaldominanz vorliegt. Land 1 ist dann Nettoempfänger des Steuersystems, wenn die Redistributionsrelation größer ist als das Verhältnis der steuerrelevanten Emissionen,  $(\beta_1/\beta_2) > (a_{21}e_1/a_{12}e_2)$ , wobei der Begriff "Steuerrelevanz" auf den für die Steuerpflicht entscheidenden Emissionsexport abstellt. Ist Land 1 exportprävalent, ist also  $(a_{21}/a_{12}) > 1$ , so kann es nur dann fiskalischer Nettoempfänger des Systems sein, wenn die Redistributionsrelation  $\beta_1/\beta_2$  hinreichend höher als die Emissionsquote  $e_1/e_2$  ist, um auf diese Weise das exogene Asymmetrieverhältnis  $a_{21}/a_{12}$  überzukompensieren.

#### d) Regime "Externe Implementierung"

Die Länder könnten statt den bisher behandelten Regimen die Option vereinbaren, daß sie im jeweils anderen Land Maßnahmen der Emissionsminderung durchführen bzw. deren Durchführung finanzieren. Man könnte in diesem Zusammenhang von "Externer Implementierung" sprechen.<sup>10</sup> Die entsprechenden Kostenzusammenhänge von Land  $i$  ließen sich durch eine Transferkostenfunktion  $F_i(q_{j,EI})$  abbilden.<sup>11</sup> Land 1 legt dann die von ihm in In- ( $q_1$ ) und Ausland ( $q_{2,EI}$ ) zu realisierenden optimalen Emissionsvermeidungsniveaus durch folgenden Ansatz fest:

$$(20) \max_{q_1, q_{2,EI}} \left\{ B_1(a_{11}q_1 + a_{11}q_{1,EI} + a_{12}q_2 + a_{12}q_{2,EI}) - C_1(q_1) - F_1(q_{2,EI}) \right\}.$$

Damit ergeben sich als Optimierungsbedingungen neben der bei Nichtkooperation gültigen Bedingung, hier (21a) für die Interne Implementierung, eine zusätzliche Bedingung für die im Ausland implementierten Vermeidungsaktivitäten (Externe Implementierung), nämlich (21b):

$$(21a) \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} \quad \text{und} \quad (21b) \frac{dF_1}{dq_{2,EI}} = a_{12} \frac{dB_1}{dr_1}$$

Durch Verknüpfung erhält man folgende alternative Kompaktbedingungen:

$$(22a) \frac{dB_1}{dr_1} = a_{11}^{-1} \cdot \frac{dC_1}{dq_1} = a_{12}^{-1} \cdot \frac{dF_1}{dq_{2,EI}} \quad \text{bzw.} \quad (22b) \frac{dF_1/dq_{2,EI}}{dC_1/dq_1} = \frac{a_{12}}{a_{11}}.$$

<sup>10</sup> Zur Anwendung eines ähnlichen Konzeptes für den Fall von Globalschadstoffen siehe *Cansier/Krumm (1996)*. Dort wird eine Externe Implementierung jedoch nur durch zwischenstaatliche Kostendifferenzen induziert, da bei Globalstoffen diffusionsexogene Asymmetrien nicht existieren.

<sup>11</sup> Die Kosten der Externen Implementierung hätten einen überproportional ansteigenden Verlauf ( $F_i' > 0$ ,  $F_i'' > 0$ ).

Im Optimum wird der nationale Grenznutzen einer inländischen Depositionsminderung mit den gewichteten Grenzkosten der beiden Implementierungsformen zur Übereinstimmung gebracht, wobei die Gewichtung mit den "relevanten" Diffusionskoeffizienten (bzw. deren Inversen) erfolgt. In bezug auf den Asymmetrieaspekt gelten folgende Zusammenhänge: Die Relation aus Import- und Inlandskoeffizient determiniert das optimale Verhältnis der Grenzkosten der Auslands- und Inlandsimplementierung. Die Option "Externe Implementierung" ist damit für Land 1 vor allem dann interessant, wenn es einen hohen Import- und einen niedrigen Inlandskoeffizienten hat - d.h. mit  $(a_{12}/a_{11}) > 1$  die Potentialinsuffizienz stark ausgeprägt ist - und damit das inländische Depositionsniveau stärker durch Aktivitäten im Ausland als solche im Inland beeinflusst wird. Diese diffusionsexogen bestimmte Präferenz zugunsten einer Externen Implementierung kann sich jedoch dadurch relativieren, daß die Kosten einer ausländischen ( $F_1$ ) deutlich über denen einer inländischen ( $C_1$ ) Implementierung liegen.

## 5. Schlußbetrachtung

Zum Abschluß sollen die wichtigsten Asymmetrieaspekte ausgewählter Koordinationsregime noch einmal explizit vorgestellt werden (vgl. dazu auch Tabelle 2). Bei Nichtkooperation determiniert der Inlandskoeffizient das optimale Verhältnis zwischen Grenzvermeidungskosten und Grenznutzen inländischer Depositionsminderung. Im Fall von Externaldominanz gehen die Grenznutzen mit schwächerem Gewicht ins Kalkül ein als bei Internaldominanz. Werden die Effizienzpotentiale einer kooperativen Lösung analysiert und dabei Nichtverschlechterungsvorbehalt und Seitenzahlungsoption berücksichtigt, dann implizieren die entsprechenden Optimalbedingungen, daß externe Effekte exakt ins Kalkül einbezogen werden. Dies bedeutet bei Externaldominanz einen hohen potentiellen Effizienzgewinn gegenüber dem nichtkoordinierten Zustand. Wird eine zwischenstaatliche Emissionsvermeidungsquote festgesetzt und dabei die Relation Export- zu Importkoeffizient herangezogen ("qualifizierte Quotenlösung"), dann führt dies dazu, daß die diffusionsbedingten Asymmetrien des Externalitätenfeldes irrelevant werden, da dieser Ansatz quasi den Fall ohne zwischenstaatliche Externalitäten simuliert. Einigen sich die Länder dagegen auf eine Subventionslösung, die auf das Externalisierungsmaß inländischer Vermeidungsaktivität abstellt, dann geht nicht nur der mit dem Inlandskoeffizienten gewichtete Grenznutzen der Depositionsminderung ins Kalkül ein (wie bei Nichtkooperation), sondern auch der Zusatznutzen aus der mit dem Exportkoeffizienten gewichteten Stücksubvention. Die relative Bedeutung dieser beiden Gewichte wird dadurch bestimmt, ob ein Land external- oder internaldominant ist. Die fiskalische Nettoposition eines Landes determiniert sich dagegen wesentlich durch die Frage Import- versus Exportprävalenz. Analoge Zusammenhänge gelten für das Koordinationsregime "qualifizierte Abgabenlösung", bei welchem der Schadstoffexport der Besteuerung unterliegt. Beim Regime "Externe Implementierung" determiniert das Verhältnis aus Import- und Inlandskoeffizient - und damit das Ausmaß der Potentialinsuffizienz - das optimale Verhältnis der Grenzkosten der Auslands- und Inlandsimplementierung von Emissionsver-

meidung. Die durch Diffusionsasymmetrien bestimmte Präferenz zugunsten inländischer oder ausländischer Implementierung kann jedoch durch bestimmte Kostenkonstellationen relativiert werden. Insgesamt zeigt sich, daß die durch exogene Diffusionsraster determinierten zwischenstaatlichen Externalitätsasymmetrien für das Koordinationsergebnis der einzelnen Regime von herausragender Bedeutung sind.

KOORDINATIONSREGIME NV-VORBEHALT	
<i>Ohne Seitenzahlungsoption</i>	<i>Mit Seitenzahlungsoption</i>
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}\mu_1 \frac{dB_2}{dr_2} \text{ mit } \mu_1 = -\frac{dW_1^*}{d\bar{W}_2} > 0$	$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21} \frac{dB_2}{dr_2}$
KOORDINATIONSREGIME QUOTENLÖSUNG	
<i>Allgemeiner Ansatz</i>	<i>Qualifizierter Ansatz</i>
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{12}\pi_1 \frac{dB_1}{dr_1} \text{ mit } \pi_1 = \frac{\bar{q}_2}{\bar{q}_1} > 0$	$\frac{dC_1}{dq_1} = \frac{dB_1}{dr_1}$
KOORDINATIONSREGIME SUBVENTIONS-LÖSUNG	
<i>Allgemeiner Ansatz</i>	<i>Qualifizierter Ansatz</i>
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + z_1$	$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}z$
KOORDINATIONSREGIME ABGABENLÖSUNG	
<i>Allgemeiner Ansatz</i>	<i>Qualifizierter Ansatz</i>
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + (1 - \beta_1)t$	$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21}(1 - \beta_1)t$
KOORDINATIONSREGIME EXTERNE IMPLEMENTATION	
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} \text{ und } \frac{dF_1}{dq_{2,EI}} = a_{12} \frac{dB_1}{dr_1}$	
KOORDINATIONSREGIME GESAMTVERMEIDUNGSZIEL	
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21} \frac{dB_2}{dr_2} - \gamma \text{ mit } \gamma = \frac{dW^*}{d\bar{Q}} \begin{cases} > \\ = \\ < \end{cases} 0$	
KOORDINATIONSREGIME EINZELDEPOSITIONSZIELE	
$\frac{dC_1}{dq_1} = a_{11}\lambda_1 + a_{21}\lambda_2 \text{ mit } \lambda_1 = \frac{\partial C^*}{\partial \bar{r}_1} > 0, \lambda_2 = \frac{\partial C^*}{\partial \bar{r}_2} > 0$	

**Tabelle 2:** Optimierungskalküle bei alternativen Koordinationsregimen

## Anhang: Politikdeterminierte Koordinationsexogenitäten und Externalitätsasymmetrien

### a) Exogenes Gesamtvermeidungsziel

An dieser Stelle sollen noch Asymmetrieaspekte für den Fall sogenannter politikdeterminierter Koordinationsexogenitäten (etwa  $\bar{Q}$  oder  $\bar{r}_i$ ) analysiert werden. Zunächst sei unterstellt, die Länder hätten sich auf ein Gesamtvermeidungsziel  $\bar{Q}$  geeinigt und würden nun diejenige Allokation der Vermeidungspflichten suchen, welche die gemeinsame Wohlfahrt maximiert. Damit ergibt sich der Optimierungsansatz:

$$(25) \max_{q_1, q_2} \{B_1(r_1) + B_2(r_2) - C_1(q_1) - C_2(q_2) + \gamma(\bar{Q} - q_1 - q_2)\}$$

und die nachstehend angeführten Bedingungen für die Festsetzung der nationalen Emissionsvermeidungspflichten:

$$(26a) \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11} \frac{dB_1}{dr_1} + a_{21} \frac{dB_2}{dr_2} - \gamma \quad \text{und} \quad (26b) \frac{dC_2}{dq_2} = a_{22} \frac{dB_2}{dr_2} + a_{12} \frac{dB_1}{dr_1} - \gamma.$$

Die Optimierungsbedingungen unterscheiden sich von den Anforderungen eines unbeschränkten globalen Wohlfahrtsmaximums, (7a) und (7b), - wie es zum Beispiel durch das Regime "Nichtverschlechterungsvorbehalt mit Seitenzahlungsoption" erfüllt wird - lediglich durch den Korrekturfaktor  $\gamma$ . Entspricht das von den beiden Ländern im vorhinein festgelegte globale Vermeidungsziel  $\bar{Q}$  zufälligerweise gerade dem Optimalwert bei unbeschränkter globaler Wohlfahrtsmaximierung, dann ist der Lagrangemultiplikator  $\gamma$  gleich Null. Der Multiplikator  $\gamma = dW/d\bar{Q}$  wird in der Regel jedoch einen positiven oder negativen Wert annehmen, und zwar je nachdem, in welche Richtung das restringierte  $\bar{Q}$  vom unbeschränkten Q-Optimalwert abweicht. In diesem Fall werden die zwischenstaatlichen Externalitäten nicht exakt berücksichtigt, weil der inadäquate Korrekturfaktor  $\gamma$  ins Kalkül mit eingeht. In bezug auf die Externalitätsasymmetrien sei auf die zum Gleichungssystem (7a)-(7b) gemachten Anmerkungen verwiesen.

#### b) Exogene Einzeldepositionsziele

Aufgrund möglicher Probleme bei der Nutzenbewertung könnten die Länder jeweils nationale Depositionsziele aufstellen, die dann im kooperativen Rahmen kostenminimal realisiert werden sollen.<sup>12</sup> Damit sind beim Kostenminimierungsansatz als Nebenbedingungen die vereinbarten Depositionsminderungsziele ( $\bar{r}_i$ ) der Länder zu beachten:

$$(23) \min_{q_1, q_2} \{C_1(q_1) + C_2(q_2) + \lambda_1(\bar{r}_1 - a_{11}q_1 + a_{12}q_2) + \lambda_2(\bar{r}_2 - a_{21}q_1 + a_{22}q_2)\}.$$

Als Optimierungsbedingungen ergeben sich somit

$$(24a) \frac{dC_1}{dq_1} = a_{11}\lambda_1 + a_{21}\lambda_2 \quad \text{und} \quad (24b) \frac{dC_2}{dq_2} = a_{12}\lambda_1 + a_{22}\lambda_2.$$

Im Optimum entsprechen also die Grenzvermeidungskosten eines Landes der gewichteten Summe der von der jeweiligen inländischen Vermeidungsaktivität "betroffenen" Diffusionskoeffizienten. Dies sind der Inlands- und der Exportkoeffizient, auf deren Grundlage ein Land als external- bzw. internaldominant eingestuft wird. Die Gewichtung der Koeffizienten erfolgt mit den zugehörigen Lagrangemultiplikatoren  $\lambda_i$ . Die Lagrangemultiplikatoren bringen zum

<sup>12</sup> Zu diversen Aspekten bei vorgegebenen nationalen Depositionszielen, vgl. *Mäler/Olsson (1990)*.

Ausdruck, wie stark sich die gemeinsamen Vermeidungskosten erhöhen, wenn (ausgehend vom bisherigen Optimalzustand) das Depositionsminderungsziel in Land  $i$  um eine marginale Einheit entschärft wird:  $\lambda_i = (dC / d\bar{r}_i)$ . Für den Sonderfall, daß die beiden Lagrangemultiplikatoren denselben Wert haben, stimmt der entsprechende  $\lambda$ -Wert jeweils mit dem Niveau der nationalen Grenzvermeidungskosten überein, was zwischenstaatliche Kosteneffizienz impliziert. In einem solchen Fall werden die diffusionsexogenen Asymmetrieaspekte innerhalb des Externalitätenfeldes für die Festsetzung der bilateralen Vermeidungsallokation irrelevant.

## Literatur

- Bartsch, Elga*: Grenzüberschreitende Umweltprobleme am Beispiel der Schwefeldioxidemissionen in Europa, Kieler Arbeitspapier Nr. 538, Kiel 1992.
- Buchholz, Wolfgang und Christian Haslbeck*: Private Verhandlungen und staatliche Regulierung bei asymmetrischer Information: ein Wohlfahrtsvergleich, in: Finanzarchiv, N.F. Bd. 49, 1991/92.
- Cansier, Dieter*: Umweltökonomie, 2. Neubearb. Aufl., Stuttgart 1996.
- Cansier, Dieter und Raimund Krumm*: Joint Implementation: regimespezifisches Optimalverhalten im Kontext umweltpolitischer Grundprinzipien, in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, 19. Jg. (1996), S. 161-181.
- Cornes, Richard and Todd Sandler*: The theory of externalities, public goods, and club goods, Cambridge et al. 1986.
- Krumm, Raimund*: Internationale Umweltpolitik. Eine Analyse aus umweltökonomischer Sicht, Berlin und Heidelberg 1996.
- Kuhl, Heiner*: Umweltressourcen als Gegenstand internationaler Verhandlungen. Eine theoretische Transaktionskostenanalyse, Ffm. u.a. 1987.
- Mäler, Karl-Göran and Clas Olsson*: The cost-effectiveness of different solutions to the European sulphur problem, in: European Review of Agricultural Economics, Vol. 17 (1990), pp. 153-166.
- Pethig, Rüdiger*: Reciprocal Transfrontier Pollution, in: Siebert, Horst (ed.): Global Environmental Resources: The Ozone Problem, Ffm. and Bern 1982, pp. 57-93.
- Richter, Wolfram F. und Wolfgang Wiegard*: Zwanzig Jahre "Neue Finanzwissenschaft" - Teil I: Überblick und Theorie des Marktversagens, in: Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 1993, S. 169-224.
- Siebert, Horst*: Spatial Aspects of Environmental Economics, in: Kneese, Allen V. and James L. Sweeney (eds.): Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. 1, Amsterdam 1985, pp. 125-164.
- Varian, Hal*: Intermediate Microeconomics, 4th ed., New York and London 1996.
- von Weizsäcker, Carl Christian and Heinz Welsch*: Institutional Arrangements for Transfrontier Air Pollution, in: Siebert, Horst (ed.): Environmental Scarcity: The International Dimension, Tübingen 1991, pp. 117-137.