

Siebert, Horst

**Book Part — Digitized Version**

## Räumliche Aspekte der Umweltallokation - spatial aspects of the allocation of environment

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Siebert, Horst (1978) : Räumliche Aspekte der Umweltallokation - spatial aspects of the allocation of environment, In: Buhr, Walter Friedrich, Peter (Ed.): Konkurrenz zwischen kleinen Regionen, ISBN 3-7890-0312-3, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, pp. 304-325

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/3584>

**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.*

Bemühungen, die Techniken der sozialen Bewertung so zu verbessern, daß sie als brauchbare Entscheidungshilfen in der Planung von Systemen der materiellen Infrastruktur eingesetzt werden können. Um hierzu einen Beitrag zu leisten, unterscheidet der Verfasser zunächst zwischen agglomerativen, Netz- und nodalen Strukturen, für die er Nachfrage- und Angebotsfunktionen formuliert. Für die Angebotsplanung wird sodann ein Nutzenmaximierungsmodell unter Berücksichtigung von Budgetrestriktionen als gemischt-ganzzahliges Programm aufgestellt. Abschließend werden die Aussagemöglichkeiten verschiedener Verfahren der multidimensionalen Evaluierung erläutert, die eine Bestimmung der relativen Werte unterschiedlicher Infrastrukturvorhaben ermöglichen.

### III. Räumliche Aspekte der Umweltallokation

#### Spatial Aspects of the Allocation of Environment

*Horst Siebert\**

#### 1. Einleitung

Umweltprobleme haben immer eine räumliche Dimension, da die Umwelt über den Raum definiert ist. Abhängig von der Ausdehnung des betrachteten Raumes können wir internationale Umweltgüter (z. B. Erdatmosphäre), internationale, jedoch auf internationale Teilräume begrenzte Umweltgüter, grenzüberschreitende Umweltgüter, nationale und regionale Umweltgüter unterscheiden, wobei Region als ein räumliches Teilgebiet einer Volkswirtschaft zu interpretieren ist.<sup>1</sup> Im folgenden beschränken wir uns auf regionale Umweltprobleme.

Der Begriff der Region wirft für die Umweltproblematik Abgrenzungsprobleme auf. Die Kriterien, die bis jetzt in der regionalen Planung gebraucht werden, wie Homogenität (bezüglich des soziokulturellen Systems, historischer oder administrativer Faktoren, Pro-Kopf-Einkommen oder industrieller Struktur) oder wie funktionelle Interdependenz (bezüglich des Güterausstausches) oder wie ökonomische Problematik (Arbeitslosigkeit, monostrukturierte Regionen, Konjunkturreakibilität, rückständige Gebiete) können nicht in ihrer traditionellen Interpretation verwendet werden. Die Existenz eines regionalen Umweltproblems ist zwar nicht unabhängig von der ökonomischen Aktivität des betrachte-

\* Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre und Außenwirtschaft, Universität Mannheim, Mannheim

<sup>1</sup> Das Spezifikum des Begriffs Region ist, daß eine Region räumlich kleiner als eine Volkswirtschaft ist. Eine Region kann auch mehreren politischen Einheiten angehören (z. B. Regio Basiliensis).

ten Gebietes; ein Umweltproblem kann aber nur in Bezug auf die Qualität eines Umweltmediums definiert werden. Regionen müssen hier folglich nach Umweltmerkmalen definiert werden. Bei Anwendung des Kriteriums funktionaler Interdependenz kann eine Region als eine Menge von Raumpunkten mit starker Umwelt-Interdependenz definiert werden, d. h. von Raumpunkten, die sich gegenseitig durch Schadstoffe intensiv beeinflussen (verglichen mit anderen Raumpunkten).

Die Zielvariable der Umweltpolitik, die anzustrebende Umweltqualität, ist auf räumliche (hier: regionale) Umweltmedien zu beziehen. Man kann die These vertreten, daß die meisten der Umweltprobleme eines Landes, so sie nicht international oder grenzüberschreitenden Charakter haben, von regionaler Natur sind. Die Wassergütewirtschaft des Ruhrgebietes oder die Luftverschmutzung im Rhein-Neckar-Raum sind treffende Beispiele.

Akzeptiert man die These, daß die Zielvariable der Umweltpolitik für regionale Umweltgüter zu definieren ist, so ergeben sich die folgenden Probleme der räumlichen Umweltnutzung:

- Sollen gesamtwirtschaftlich uniforme oder regional differenzierte umweltpolitische Instrumente eingesetzt werden?
- Soll die Umweltpolitik von nationalen oder regionalen Behörden durchgeführt werden?
- Soll die anzustrebende Umweltqualität regional differenziert werden oder national einheitlich sein?
- Welche räumlichen Effekte entstehen aus den verwendeten wirtschaftspolitischen Instrumenten und welche Beziehungen gibt es zwischen Regionalplanung und Umweltpolitik?

## 2. Die regionale Differenzierung umweltpolitischer Instrumente

### a) Ein Modell der regionalen Umweltallokation

Die Notwendigkeit, die Zielvariable der Umweltpolitik für regionale Umweltmedien zu definieren, impliziert a priori nicht, daß die umweltpolitischen Instrumente regional differenziert werden müssen. Diese Frage wird im folgenden diskutiert. Zur Analyse dieser Frage wird das nachstehende Allokationsmodell entworfen.

Betrachtet wird ein Zwei-Regionen-Zwei-Güter-Fall, wobei die Superskripte  $j = 1, 2$  Regionen und die Subskripte  $i = 1, 2$  Sektoren kennzeichnen. Die Wohlfahrt  $W^j$  der Region  $j$  hängt vom Outputvektor  $(Q_1^j, Q_2^j)$  und der regionalen Umweltqualität ab.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Ein Beistrich kennzeichnet die erste Ableitung, zwei Beistriche die zweite Ableitung.

$$w^j = w^j(Q_1^j, Q_2^j, U^j) \quad \text{mit } w^{j'} > 0, w^{j''} < 0 \quad [1]$$

Die Produktionsfunktionen sind gegeben durch

$$Q_i^j = F_i^j(R_i^j) \quad \text{mit } F_i^{j'} > 0, F_i^{j''} < 0, \quad [2]$$

wobei  $R_i^j$  den Ressourceneinsatz im Sektor  $i$  der Region  $j$  kennzeichnet. Zur Vereinfachung wird unterstellt, daß es nur einen Produktionsfaktor gibt.

Die Schadstoffmengen sind Kuppelprodukte des Outputs. Es wird unterstellt, daß nur eine Schadstoffart entsteht. Bei Konsumprozessen fallen keine Schadstoffe an.

$$S_i^j = H_i^j(Q_i^j) \quad \text{mit } H_i^{j'} > 0, H_i^{j''} > 0 \quad [3]$$

Die Gesamtemissionen sind definiert als

$$S_e^j = H_1^j(Q_1^j) + H_2^j(Q_2^j) \quad [4]$$

Die in dem regionalen Umweltmedium befindlichen Schadstoffe ( $S^j$ ) sind definiert als Menge der Emissionen ( $S_e^j$ ) plus dem Nettoimport von anderen Regionen ( $S_M^j$ ) minus den von der Umweltbehörde beseitigten Emissionen ( $S_r^j$ ) und den durch die Assimilationskapazität ( $\bar{S}_a^j$ ) der Umwelt reduzierten Emissionen.

Die Assimilationskapazität ist gegeben. Zur Vereinfachung wird unterstellt, daß Schadstoffe von Region 2 nach Region 1 über Umweltmedien »exportiert« werden. Dann sind die Immissionen in Region 1 definiert als

$$S^1 = S_e^1 + S_M^{21} - S_r^1 - \bar{S}_a^1 \quad [5]$$

Die Menge der Immissionen in Region 2 ist gegeben durch

$$S^2 = S_e^2 - S_M^{21} - S_r^2 - \bar{S}_a^2 \quad [6]$$

Es wird angenommen, daß die Menge der exportierten Schadstoffe ein gegebener Anteil der Emissionen ist

$$S_M^{21} = \alpha^{21} S_e^2 \quad [7]$$

Die Umweltqualität  $U^j$  wird von der Menge der Immission bestimmt

$$U^j = g^j(S^j) \quad \text{mit } g^{j'} < 0, g^{j''} < 0. \quad [8]$$

Die Umweltbehörde setzt die Ressource  $R$  für die Reduzierung von Schadstoffen ein

$$S_r^j = F_3^j(R_3^j) \quad \text{mit } F_3^{j'} > 0, F_3^{j''} < 0 \quad [9]$$

Die Menge  $\bar{R}$  der Ressourcen des Zwei-Regionen-Systems ist gegeben.

$$\bar{R} = \sum_j \sum_i R_i^j + \sum_j R_3^j \quad [10]$$

b) Implikationen

Die Umweltbehörde maximiert die Wohlfahrt des Zwei-Regionen-Systems. Der Lagrange-Ausdruck lautet:

$$\begin{aligned} L = & \sum W^j (Q_1^j, Q_2^j, U^j) \\ & + \sum_j \sum_i \lambda_i^j [F_i^j(R_i^j) - Q_i^j] \\ & + \lambda_3 [\bar{R} - \sum_j \sum_i R_i^j - \sum_j R_3^j] \\ & + \sum \lambda_4^j [F_3^j(R_3^j) - S_r^j] \\ & + \sum \lambda_5^j [g^j(S^j) - U^j] \\ & + \lambda_6^1 [S^1 - S_e^1 - S_M^{21} + S_r^1 + \bar{S}_a^1] \\ & + \lambda_6^2 [S^2 - S_e^2 + S_M^{21} + S_r^2 + \bar{S}_a^2] \\ & + \sum \lambda_7^j [\sum_i H_i^j(Q_i^j) - S_e^j] \\ & + \lambda_8 [S_M^{21} - \alpha^{21} S_e^2] \end{aligned} \quad [11]$$

Die Bedingungen erster Ordnung<sup>3</sup> lauten:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial Q_i^j} = 0: & \lambda_i^j - H_i^j, \lambda_7^j = \frac{\partial W^j}{\partial Q_i^j} \quad (i) \\ \frac{\partial L}{\partial U^j} = 0: & \lambda_5^j = \frac{\partial W^j}{\partial U^j} \quad (ii) \\ \frac{\partial L}{\partial S^j} = 0: & -\lambda_5^j g^{j'} = \lambda_6^j \quad (iii) \\ \frac{\partial L}{\partial R_i^j} = 0: & \lambda_i^j F_{iR}^j = \lambda_3 \quad (iv) \end{aligned} \quad [12]$$

<sup>3</sup> Die Ableitungen in Bezug auf die Multiplikatoren sind nicht aufgeführt. Die Bedingungen [12] sind notwendig, aber nicht hinreichend für die Existenz eines Optimums. Die zweiten Ableitungen werden nicht untersucht.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial R_3^j} &= 0: \lambda_4^j F_{R3}^j = \lambda_3 & (v) \\
\frac{\partial L}{\partial S_r^j} &= 0: \lambda_4^j = \lambda_6^j & (vi) \\
\frac{\partial L}{\partial S_e^1} &= 0: \lambda_6^1 = -\lambda_7^1 & (vii) \\
\frac{\partial L}{\partial S_e^2} &= 0: \lambda_6^2 = -\lambda_7^2 - \lambda_8 \alpha^{21} & (viii) \\
\frac{\partial L}{\partial S_M^{21}} &= 0: -\lambda_6^1 + \lambda_6^2 + \lambda_8 = 0 & (ix)
\end{aligned}
\tag{12}$$

Gleichung [12] spezifiziert die Schattenpreise des Zwei-Regionen-Systems.  $\lambda_3^j \geq 0$  ist der Schattenpreis der Güter,  $\lambda_3 \geq 0$  der Schattenpreis der Ressource R,  $\lambda_5^j \geq 0$  der Schattenpreis der Umweltqualität,  $\lambda_4^j \geq 0$  der Schattenpreis der reduzierten Emissionen,  $\lambda_6^j \geq 0$  der Schattenpreis der regionalen Assimilationskapazität,  $\lambda_7^j \leq 0$  der Schattenpreis der Emissionen und  $\lambda_8$  der Schattenpreis der exportierten Immissionen.

### c) Regionale Differenzierung des Emissionssteuersatzes

Für den Schattenpreis der Emission in Region 1 ergibt sich

$$\lambda_7^1 = g^1 \frac{\partial W^1}{\partial U^1} = - \frac{\lambda_3}{F_{R3}^1} \tag{13}$$

Der (in sich negative) Schattenpreis der Emission, d. h. die Emissionssteuer, ist so zu setzen, daß der bewertete ökologische Grenzschaten einer Schadstoffeinheit den Grenzkosten der Schadstoffbeseitigung entspricht. In Abbildung 1 a) ist diese Bedingung verdeutlicht. Mißt  $OS^1$  die Menge der Emissionen der Region 1, so kennzeichnet  $S^1S^1$  die Grenzkosten der Schadstoffbeseitigung und die Kurve  $OD^1$  den verhinderten Grenzschaten. Die Steuer ist in Höhe  $OT$  zu setzen. Die Menge  $S^1Z^1$  der Schadstoffe wird in Region 1 beseitigt.

Für den Schattenpreis der Emissionen in Region 2 erhält man

$$\lambda_7^2 = g^2 \frac{\partial W^2}{\partial U^2} - \alpha^{21} \lambda_8 \tag{14}$$

$$\lambda_7^2 = - \frac{\lambda_3}{F_{R3}^2} - \alpha^{21} \lambda_8 \quad [15]$$

In der Region 2, die annahmegemäß über Umweltmedien Schadstoffe an die Region 1 »exportiert«, richtet sich die Höhe der Schadstoffsteuer analog zu Region 1 zwar auch nach dem bewerteten Grenzscha­den und den Grenzkosten der Beseitigung. Zusätzlich ist jedoch ein Faktor zu berücksichtigen, der sich aus dem interregionalen Export der Schadstoffe erklärt.

Um eine Interpretation der Resultate zu ermöglichen, wird im folgenden eine Ausgangslage unterstellt, in der beide Regionen durch die gleichen Charakteristika gekennzeichnet sind und zunächst keine interregionale Diffusion stattfindet. Dann müssen sowohl die optimalen Mengenlösungen als auch die Schattenpreise in Höhe von OT für beide Regionen identisch sein. Diese Situation ist durch Abbildung 1 dargestellt.

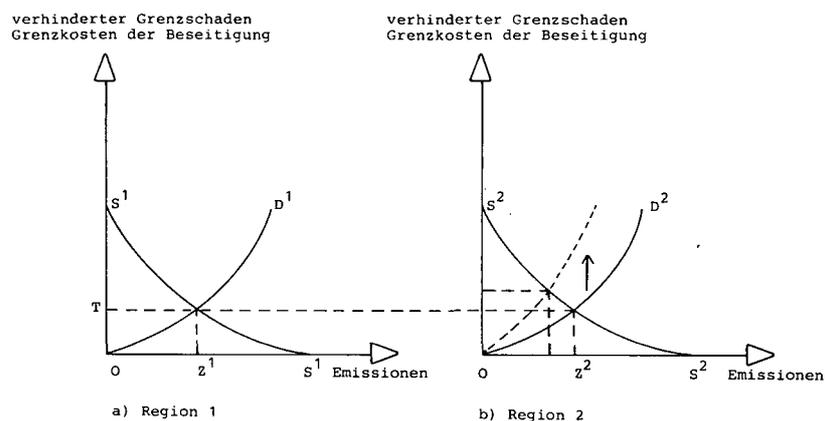


Abbildung 1: Vergrößerung des Grenzscha­dens in Region 2

Die Darstellung ist partialanalytisch und erfaßt nicht alle im Modell behandelten Zusammenhänge. Während die Grenzscha­denkurve bei vorhandener Information eindeutig festliegt, setzt die Grenzkostenkurve der Immissionsbeseitigung voraus, daß die Umweltbehörde auch die Funktion des »Auktionators« erfüllt und den optimalen Wert für  $\lambda_3$  ausruft. Ferner verschiebt sich die Grenzkostenkurve, wenn die Menge der Immissionen  $OS^i$  mit dem Outputvektor in beiden Regionen variiert. Im folgenden wird diese von Outputveränderungen abhängige Variation der Immission im Schaubild nicht dargestellt.

Die Fragestellung lautet, wie die Schattenpreise variiert werden müssen, wenn

ceteris paribus die Charakteristika zwischen den Regionen variieren. Ferner wird im folgenden zunächst unterstellt, daß Faktoren und Güter zwischen Regionen immobil sind. Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

(1) Eine Schadstoffeinheit verursacht in Region 2 einen höheren physischen Schaden für  $S^1 = S^2$ . Die Grenzschadenskurve in Region 2 verschiebt sich nach oben. Dies kann etwa dann vorliegen, wenn die Region 2 eine größere Bevölkerungsdichte hat und eine Schadstoffeinheit deshalb einen höheren Schaden verursacht. Analog ist denkbar, daß die Art und die Stärke des Industriebesatzes in Region 2 den höheren Schaden erklärt. Es kann auch der Fall vorliegen, daß Region 2 ein anderes ökologisches System hat, das leichter zerstörbar ist. Der höhere Grenzscha-den bedingt, daß im Optimum die Schadstoffsteuer in Region 2 höher gesetzt wird und damit eine größere Schadstoffmenge beseitigt wird.

Allerdings handelt es sich in Abbildung 1b) um eine partialanalytische Darstellung. Der Übergang von einer Optimallösung mit gleichen Charakteristika in beiden Regionen zu einer Situation mit höherem Grenzscha-den in Region 2 ist wesentlich komplexer und kann durch folgende Wirkungskette dargestellt werden: Der höhere Grenzscha-den in Region 2 bedingt eine höhere Emissionssteuer in Region 2, diese reduziert die Güterproduktion, die Emissionen nehmen ab und die Grenzkostenkurve verschiebt sich nach links. In der Produktion werden Ressourcen freigesetzt, in der Entsorgung zusätzliche Ressourcen gebraucht;  $\lambda_3$  kann variieren, und damit verschiebt sich die Grenzkostenkurve nach unten ( $\lambda_3$  sinkt) oder nach oben ( $\lambda_3$  steigt). Intuitiv ist zu erwarten, daß diese Zusammenhänge in der Realität so beschaffen sind, daß ein höherer Grenzscha-den in Region 2 dazu führt, daß bei Immobilität der Faktoren und Güter zwischen den Regionen die Schadstoffsteuer differieren muß.

(2) Der physische Schaden, den eine Schadstoffeinheit verursacht, wird in Region 2 höher bewertet als in Region 1. Angenommen die Umweltbewertung in den Regionen basiert auf individuellen Präferenzen und es gebe einen Mechanismus, der individuelle Präferenzen konsistent aggregiert. Dann geht ein Unterschied in den Grenschäden auf unterschiedliche regionale Präferenzen oder auf Unterschiede in der Bewertung des Schadens aufzutreten, etwa wenn einzelnen Teilräumen unterschiedliche Funktionen zugewiesen werden (Erholungsfunktion) etwa durch eine soziale Wohlfahrtsfunktion eines Wirtschaftspolitikers, können Unterschiede in der Bewertung des Schadens aufzutreten, etwa wenn einzelne Teilräume unterschiedliche Funktionen zugewiesen werden (Erholungsfunktion) oder einzelnen Umweltmedien besondere Funktionen zufallen (Wassersystem und Trinkwasserversorgung) oder bestimmte Umweltgüter einen Wert per se darstellen (Schönheit einer Landschaft).<sup>4</sup> Der Fall ist analog wie Fall (1) zu behandeln (Abbildung 1b).

(3) Region 2 hat eine geringere Assimilationskapazität als Region 1. Nehmen wir an, in einer ceteris-paribus-Ausgangssituation nehme die Assimilationskapazität in Region 2 ab.<sup>5</sup> Dies bedeutet, daß die Menge der Immissionen zunimmt (Abbildung 2, die analog zu Abbildung 1 zu lesen ist).

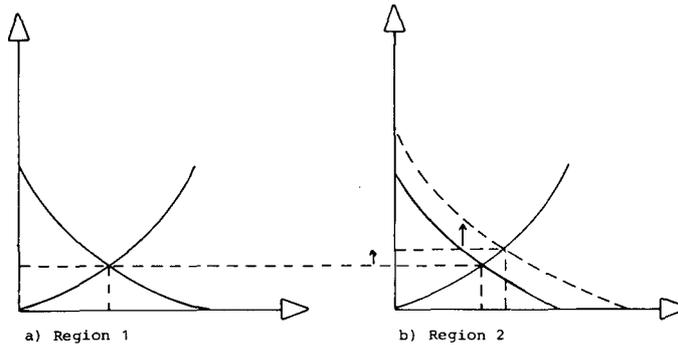


Abbildung 2: Verringerung der Assimilationskapazität in Region 2

Der Steuertarif in Region 2 muß steigen. Die Menge der zu beseitigenden Immissionen nimmt zu. Auch in diesem Fall ergibt sich eine komplexere Wirkungskette (s. o.), in der der Emissionssteuersatz steigt, das Güterbündel und damit die Immissionen sinken und sich wegen der Veränderung des Faktoreinsatzes (Freisetzung in der Produktion der Güter 1 und 2; zusätzlicher Ressourcenbedarf in der Entsorgung)  $\lambda_3$  ändert und damit die Grenzkostenkurve verschiebt.

(4) Region 2 hat eine höhere Nachfrage nach Assimilationsdiensten als Region 1. Die Nachfrage nach Assimilationsdiensten ist abhängig von der ökonomischen Aktivität, d. h. von Konsum und Produktion. Die Nachfrage nach Assimilationsdiensten, oder die Menge der Emissionen hängt ab von solchen Faktoren wie dem regionalen Entwicklungsstand, dem Industriebesatz, der Bevölkerungsdichte usw. Die höhere Nachfrage nach Assimilationsdiensten der Region 2 kann auch darauf zurückzuführen sein, daß Region 2 eine umweltunfreundlichere Produktionstechnologie anwendet und für identische Güterbündel eine größere Menge Schadstoffe emittiert. Dieser Fall (4) ist graphisch analog dem Fall (3) zu behandeln.

<sup>4</sup> In diesem Fall konkretisiert sich die Politik der räumlichen Separierung in der unterschiedlichen Bewertung der Umweltqualität beider Regionen und die in Abschnitt 5c) angesprochene Restriktion entfällt.

<sup>5</sup> Im übrigen ist  $\lambda_6$  Schattenpreis der Assimilationskapazität, da

$$\partial L / \partial \bar{S}_a^j = \lambda_6^j (= - \lambda_7^j).$$

(5) Die Region 2 hat ungünstigere Grenzkosten der Beseitigung von Immissionen. Dies setzt voraus, daß die Beseitigungstechnologie zwischen den Regionen variiert und daß technisches Wissen über Entsorgungsprozesse interregional immobil ist, entweder weil die Information über Erfindungen in der Beseitigungstechnologie auf räumliche Hindernisse stößt oder die Innovation in beiden Regionen nicht gleichmäßig möglich ist, etwa weil in einem Teilraum ältere, aber weniger effizientere Beseitigungstechnologien bereits existieren, die noch nicht abgeschrieben sind. Die ungünstigeren Grenzkosten der Beseitigung können bei partieller Immobilität der Faktoren auch auf einen höheren Faktorpreis zurückzuführen sein. In Abbildung 2 ist der Fall ungünstigerer Grenzkosten durch einen steileren Verlauf der Grenzkostenkurve darzustellen.

(6) Die Emissionssteuer wird durch die interregionale Diffusion der Schadstoffe beeinflusst. In Abbildung 3 wird in einer ceteris-paribus-Ausgangslage zwischen beiden Regionen zunächst die Frage untersucht, wie sich die interregionale Diffusion von Schadstoffen auswirkt, wenn die Umweltpolitik dieser Diffusion nicht Rechnung trägt.

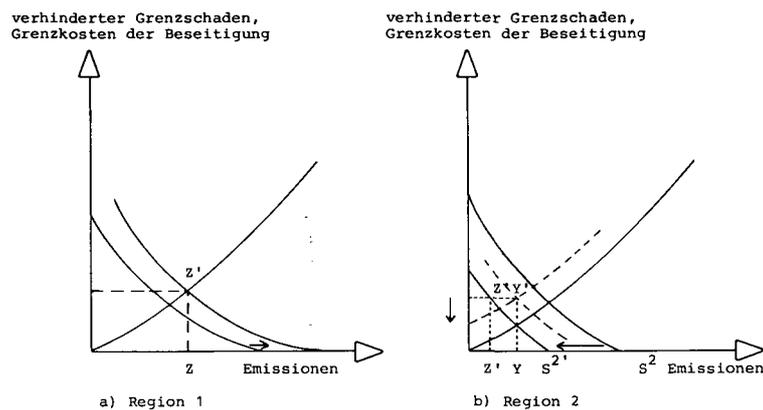


Abbildung 3: Interregionale Diffusion

Wenn interregionale Diffusion ceteris paribus stattfindet, und Region 2 Schadstoffe exportiert, dann verschiebt sich die Grenzkostenkurve der Schadstoffbeseitigung (Immissionsbeseitigung) in Region 2 nach links, da die Immissionen abnehmen. In Region 2 sinkt der Steuertarif und die beseitigte Menge der Immissionen (Pfeil in Abbildung (1b)). In Region 1 dagegen steigt der Steuersatz, und die beseitigte Menge nimmt zu (Pfeil in Abbildung (1a)). Wenn keine Erfassung der interregionalen Diffusion stattfindet, hat Region 2 einen Standortvorteil durch die interregionale Diffusion, die wie eine Erweiterung der

Assimilationskapazität wirkt – und Region 1 trägt soziale Kosten, die sie nicht verursacht hat.

Wenn die Umweltpolitik die interregionale Diffusion berücksichtigt, so ist die Emissionssteuer in Region 2 neu zu berechnen, und zwar gilt aus [14] und [15]

$$\lambda_7^2 = g^{2'} \frac{\partial W^2}{\partial U^2} + \alpha^{21} \lambda_8 = \frac{\lambda_3}{F_{R3}} + \alpha^{21} \lambda_8 \quad [16]$$

$$\lambda_8 = -g^{1'} \frac{\partial W^1}{\partial U^1} + g^{2'} \frac{\partial W^2}{\partial U^2}. \quad [17]$$

$\lambda_8 > 0$ , wenn ceteris paribus der von einer nach Region 1 exportierten Schadstoffeinheit verursachte Schaden höher ist als der in Region 2 (infolge des Exports) verminderte Schaden.  $\lambda_8 < 0$ , wenn der von einer nach Region 1 importierten Schadstoffeinheit verursachte Schaden niedriger ist als der in Region 2 verminderte Schaden.  $\lambda_8 = 0$ , wenn die Grenzscha den in beiden Regionen übereinstimmen. Folgende drei Fälle sind zu unterscheiden:

(a) Wenn kein Unterschied in den Grenzscha den in beiden Regionen vorliegt, die Grenzscha den im Optimum also gleich sind, gilt  $\lambda_8 = 0$ , und es ergibt sich in beiden Regionen der gleiche Steuertarif.

(b) Wenn  $\lambda_8 > 0$ , d. h. wenn Region 1 (im Optimum!) einen höheren Grenzscha den hat als Region 2, dann führt der Schadstoffexport einer Einheit per Saldo für das Gesamtsystem zu einer Zusatzbelastung. Zwar findet für Region 2 eine Entlastung statt, aber in Region 1 stellt sich ein höherer Schaden ein. In diesem Fall ist der Emissionssteuersatz in Region 2 zu korrigieren, und zwar verschiebt sich für die Berechnung des Steuersatzes sowohl die Grenzkostenkurve als auch die Schadenskurve um den sozialen Zusatzschaden nach oben (gestrichelte Kurve in Abbildung 1b). Je nach der Höhe der sozialen Zusatzkosten, die Region 1 trägt, fällt die Stärke der Verschiebung aus. Da sich beide Kurven um das gleiche Ausmaß verschieben, schneiden sie sich an dem gleichen Wert in bezug auf die X-Achse, bedingen aber einen höheren Steuertarif. Region 2 hat einen höheren Steuertarif zu entrichten, der sie zwingt (zumindest einen Teil der von ihr verursachten) sozialen Zusatzkosten zu tragen. Da für die Beseitigung von Immissionen aber weiterhin die Grenzkostenkurve der Schadstoffbeseitigung relevant ist, wird die Menge  $Z'S^2$  an Immissionen beseitigt.

In der Region 1 ändert sich an der Berechnungsvorschrift für die Emissionssteuer nichts; es ist jedoch zu beachten, daß in Region 2 Schadstoffe beseitigt werden und damit die Menge  $\alpha^{21} Z'S^2$  nicht mehr über Umweltmedien in die Region 1 »exportiert« wird. Damit verschiebt sich die Grenzkostenkurve in Region 1 nach links (nicht eingezeichnet). Die Zuweisung der sozialen Zusatzkosten an die

Verursacher der Region 2 sorgt also nicht nur für einen Anstieg der Emissionssteuer in Region 2, sondern auch für eine Korrektur der Emissionssteuer in Region 1 nach unten.

(c) Wenn  $\lambda_8 < 0$ , d. h. wenn Region 1 einen niedrigeren Grenzschaten hat als Region 2, verschieben sich die Kurven in Region 2 um den Differentialschaten nach unten. Der Steuertarif in Region 2 sinkt. In dieser Situation steht in Region 1 sozusagen noch »günstig« Assimilationskapazität zur Verfügung und – wenn sie nicht durch die Unternehmen in Region 1 genutzt wird – so kann sie durch die interregionale Diffusion ausgeschöpft werden.

#### d) Die Standortgunst einer Region

Die regionale Differenzierung der Emissionssteuern hat Konsequenzen für die Schattenpreise der Güter und damit für den absoluten Preisvorteil (oder die Standortgunst) einer Region. Als Implikation ergibt sich

$$\lambda_i^1 = \frac{\partial W^1}{\partial Q_i^1} + H_i^{1'} \cdot g^{1'} \cdot \frac{\partial W^1}{\partial U^{1'}} \quad [18]$$

$$\lambda_i^2 = \frac{\partial W^2}{\partial Q_i^2} + H_i^{2'} \cdot (g^{2'} \cdot \frac{\partial W^2}{\partial U^{2'}} = \alpha_{21} \lambda_8) \quad [19]$$

Der Schattenpreis eines Gutes wird bestimmt von der regionalen<sup>6</sup> Bewertung dieses Gutes und den gesellschaftlichen Zusatzkosten, die bei der Produktion dieses Gutes entstehen. Bei Region 2 spiegelt sich in diesen Zusatzkosten auch der (durch den interregionalen Export von Schadstoffen) verursachte zusätzliche Schaden in Region 1 wieder.

Der Übergang von einer Politik ohne Erfassung der interregionalen Diffusion zu einer Erfassung bedeutet bei  $\lambda_8 > 0$  für Region 2, daß die zugerechneten sozialen Zusatzkosten steigen. Das in Region 2 produzierte Gut  $i$  muß dann auch die in Region 1 verursachten Kosten tragen. Der Produktionsanreiz in Region 2 für die Güter  $i$  wird reduziert. Für den Fall  $\lambda_8 < 0$  dagegen kann Region 2 Schadstoffe an Region 1 abgeben. Zwar wird auch in diesem Fall der Produktpreis um die gesellschaftlichen Zusatzkosten korrigiert; aber wegen  $\lambda_8 < 0$  werden die geringeren gesellschaftlichen Zusatzkosten der Region 1 angesetzt und nicht die der Region 2. Die Region 2 erhält einen Produktionsvorteil wegen geringer Zusatzkosten in Region 1.

<sup>6</sup> Dieses Resultat wird zusätzlich modifiziert, wenn man explizit Handel zwischen den Regionen zuläßt.

Betrachtet man dagegen eine Situation mit gegebenen interregionalem Export von Schadstoffen in der Ausgangslage und läßt man die Assimilationskapazität in Region 1 sinken, so muß  $\lambda_g$  steigen und der Produktionsanreiz für Region 2 wird weiter reduziert. Steigt dagegen die Assimilationskapazität in Region 1, so sinkt  $\lambda_g$  und Region 2 verbessert ihre Produktionssituation für die Güter  $i$ .

### 3. Mobilität und Anpassung der Emissionssteuern

(1) In den vorstehenden Überlegungen ist – im Gegensatz zu den Prämissen des Modells – eine partielle Immobilität der Ressourcen unterstellt worden. Sind die Faktoren räumlich völlig mobil und unendlich teilbar, so muß sich die Schadstoffsteuer zwischen den Regionen angleichen. Dies folgt aus der nachstehenden Überlegung.

Angenommen die Assimilationskapazität ist geringer in Region 2 als in Region 1. Dann ist die Schadstoffsteuer in Region 2 *ceteris paribus* höher. Mit höherem Schattenpreis der Emission in Region 2 ist der Produzentenpreis für Güter in dieser Region niedriger. Region 2 hat eine geringere Standortgunst. Bei Mobilität der Faktoren verlassen Unternehmen die Region 2. Die Immissionen in Region 2 nehmen ab und in Region 1 zu. Die Steuer muß in Region 2 sinken und in Region 1 steigen. Ferner gilt: Der Preis für beseitigte Schadstoffe steigt in Region 2, der Ressourcenpreis muß steigen, Ressourcen wandern in die Entsorgung der Region 2, dort werden Schadstoffe beseitigt, aber der ansteigende Ressourcenpreis erhöht die Grenzkosten der Schadstoffbeseitigung in Region 1. Dort muß die Schadstoffsteuer steigen.

Per Saldo muß sich langfristig bei perfekter Mobilität der Faktoren die Schadstoffsteuer angleichen.

(2) Das Modell enthält nicht den Aspekt des interregionalen Handels, da nicht zwischen Output und Konsumgut unterschieden wird. Läßt man den interregionalen Austausch zu, so muß auch der interregionale Gütertausch langfristig – bei Immobilität der Faktoren – eine Angleichung der Schadstoffsteuer zustande bringen. Angenommen wir haben identische Produktions- und Entsorgungsfunktionen für das Gut  $i$  und dem in der Produktion entstehenden Schadstoff. Dann wird die reichlich mit Assimilationskapazität ausgestattete Region sich auf die Produktion der schadstoffintensiv produzierten Güter spezialisieren. Dies bedingt aber, daß die Nachfrage nach Assimilationsdiensten zunimmt. Nimmt man noch progressiv steigende Kosten der Entsorgung an, so muß sich die Schadstoffsteuer zwischen den Regionen anpassen.

Die interregionale Spezialisierung der umweltknappen Region auf umweltfreundliche Güter, die durch Handel ermöglicht wird, bedingt einen »Export« von Schadstoffen über Handel, da die umweltreichere Region sich auf schadstoff-

fintensive Güter spezialisiert. Es läßt sich jedoch zeigen, daß eine solche »Verschmutz-den-Nachbar-Politik« durch Handel ihre Grenzen in den progressiv steigenden Kosten der Entsorgung und in wirtschaftspolitischen Zielverlusten hat. Zudem kann das umweltreiche Land sich durch eine Erhöhung seiner Steuern schützen. Eine weltweit sich kumulierende Erhöhung der Steuern ist wegen der Kosten der Umweltpolitik nicht zu erwarten (vgl. Siebert, 1976a).

(3) Orientiert sich die Bewertung der Umweltqualität an den Präferenzen der einzelnen Individuen, so wirkt sich auch die räumliche Mobilität der Bevölkerung auf eine Angleichung der Emissionssteuer zwischen den Regionen aus. Wenn die Wanderung der Bevölkerung u. a. von der Umweltqualität beeinflusst wird, dann werden Individuen in die Region mit der besseren Umweltqualität wandern und erhöhen dort die Nachfrage nach Umweltgütern. Die Emissionssteuer muß steigen. In der Region, die von Menschen verlassen wird, nimmt jedoch die – auf individualistischen Präferenzen aufgebaute – Nachfrage nach Umweltqualität ab.

(4) Man darf wohl erwarten, daß diese langfristige Tendenz zu einer Angleichung der Emissionssteuern nicht für wirtschaftspolitisch relevante Planungsräume wirksam wird – und die Raumstruktur wie gebrannter Ton oder Plastik zu einem gegebenen Zeitpunkt »erstarrt« ist. Dies hat dann auch die Konsequenz, daß die Umweltpolitik nicht die langfristig optimalen Steuertarife zu setzen hat, die sich bei vollständiger Mobilität ergeben, sondern solche Tarife, die die partielle Immobilität der Ressourcen berücksichtigt. Das theoretisch interessante Phänomen der Angleichung der Emissionssteuer entbindet die Umweltpolitik nicht von einer regionalen Differenzierung der Emissionssteuer.

#### 4. Regionale oder nationale Instanzen?

Da die umweltpolitischen Instrumente zu regionalisieren sind, könnte man zu dem Ergebnis kommen, daß die Umweltpolitik von (nationalen Weisungen) unabhängigen regionalen Behörden durchgeführt werden soll. Eine solche institutionelle Regelung führt jedoch zu Inkonsistenzen aus den folgenden Gründen:

(1) Die konsistente Abgrenzung der Umweltregion schafft fast unlösbare Koordinierungsprobleme. Da die Umweltmedien sich in ihrer räumlichen Ausdehnung unterscheiden, z. B. ein Luftbecken eine andere Ausdehnung als ein Flußsystem hat, müssen sich auf verschiedene Umweltmedien bezogene Planungsregionen räumlich überlappen. Zudem besteht eine zu berücksichtigende Interdependenz zwischen Umweltregionen über das technologisch-ökonomische System in dem Sinn, daß Emissionen in ein Medium A zumindest teilweise auch in ein Medium B abgegeben werden können. Die hier angesprochenen Koordinationsprobleme treten zwar auch bei einer (letztlich auf Umweltregionen

bezogenen) nationalen Umweltpolitik auf, sie sind jedoch bei unabhängigen regionalen Behörden schwerer lösbar.

(2) Regionale Behörden werden nicht geneigt sein, in Betracht zu ziehen, daß regionale Wohlfahrtsfunktionen interdependent sind, d. h. daß die Umweltqualität der Region 2 auch eine Argumentvariable in der Nutzenfunktion der Region 1 sein kann. Trifft das zu, führen regionale Behörden zur Suboptimierung.

(3) Regionale Behörden werden nicht bereit sein, die interregionale Diffusion von Schadstoffen in Betracht zu ziehen. Die schadstoffexportierende Region betrachtet den Export von Schadstoffen wie eine gottgeschenkte Erweiterung der Assimilationskapazität. Die Preise der Umweltnutzung (Abgaben) werden in der schadstoffexportierenden Region zu niedrig gesetzt; diese Region hat einen Standortvorteil auf Kosten anderer Räume. Denn in der importierenden Region werden die Schattenpreise zu hoch gesetzt; und sie erfüllen die falsche Signalwirkung, dort die Schadstoffproduktion und damit in der Regel die Güterproduktion zu stark zurückzudrängen.

(4) Man könnte argumentieren, daß etwa durch Verhandlung zwischen den autonomen Behörden der Regionen dieses Problem gelöst werden könnte. Hier wird man aber eine »der Geschädigte zahlt – Lösung« erwarten können (vgl. grenzüberschreitende Umweltprobleme zwischen Ländern). Alternativ könnte die nationale Politik als Restriktion »Exportnormen« (interregionale Diffusionsnormen) für Schadstoffe vorgeben, die die Menge von Schadstoffen festlegen, welche eine Region über Umweltsysteme pro Periode in ein anderes Teilgebiet exportieren darf. In der Wassergütwirtschaft könnten solche interregionalen Diffusionsnormen praktische Relevanz gewinnen. So wäre es vorstellbar, ein System von flächendeckenden Wassergenossenschaften (wie die Agence de Bassins in Frankreich) mit einem System von interregionalen Diffusionsnormen zu koppeln.

Solche Diffusionsnormen müssen aber im Gegensatz zu Immissionsnormen wesentlich variabler sein. Sie müssen in zahlreichen Fällen geändert werden, so bei Änderungen der Bevölkerungsdichte, des Industriebesatzes, der Umweltverhältnisse usw. Meines Erachtens ist es politisch wesentlich schwieriger, eine solche Diffusionsnorm schnell zu ändern, wenn regionale autonome Behörden gegeben sind. Dagegen wären Schattenpreise für Schadstoffe seitens einer nationalen Behörde leichter zu variieren. Als Fazit ergibt sich, daß die Umweltpolitik nicht autonomen regionalen Behörden überlassen werden sollte.

## 5. Interregionale Verteilungsaspekte der Umweltnutzung

### a) Ansätze der Umweltpolitik

Die Maximierung der Wohlfahrt des Gesamtsystems kann zu dem Resultat führen, daß beide Regionen unterschiedliche Wohlfahrtsniveaus erreichen. Mit der interregionalen Spezialisierung können ferner Situationen verbunden werden, in denen die Regionen unterschiedliche Umweltqualitäten erreichen. Dieses Resultat kann mit dem räumlich interpretierten Verteilungsziel in Konflikt stehen. Es ist deshalb eine mögliche Strategie der Regionalpolitik, Restriktionen über die räumliche Verteilung einzuführen, die den Spielraum der Maximierung der Gesamtwohlfahrt des Zwei-Regionen-Systems einschränken.

In der praktischen Wirtschaftspolitik kann man erwarten, daß die Restriktionen nicht in bezug auf die regionalen Wohlfahrtsniveaus definiert werden, sondern in bezug auf Bestimmungsfaktoren der regionalen Wohlfahrt. So ist aus Art. 72 und 106 der Verfassung der Bundesrepublik die Ähnlichkeit der Lebensverhältnisse in den Teilräumen hergeleitet worden. Die folgenden beiden Ansätze sind denkbar:

- (a) Die Umweltpolitik strebt für beide Regionen eine identische Umweltqualität an, so daß  $U^1 = U^2$ .
- (b) Die Umweltpolitik will eine Mindestversorgung jeder Region mit dem öffentlichen Konsumgut Umwelt sicherstellen, wobei ferner möglich ist, daß einzelne Regionen aufgrund ihrer Funktionen (z. B. Erholungsräume) einen besonderen Schutz erfahren.

### b) Regional identische Umweltqualitäten

Strebt die Umweltpolitik identische Umweltqualitäten in beiden Regionen an, so ergibt sich für die Maximierungsaufgabe die zusätzliche Restriktion

$$\lambda_9 \left[ U^1 - U^2 \right] \quad [20]$$

in dem Maximierungskalkül. Wie wirkt sich diese Restriktion auf die Schattenpreise aus? Um diese Frage zu beantworten, ist es erforderlich zu diskutieren, inwieweit sich durch diese Restriktion die formalen Ausdrücke für die Schattenpreise, und die dem Lösungsvektor zugeordneten Differentialquotienten verändern. Als Lösung ergibt sich

$$\lambda_5^1 = \frac{\partial W^1}{\partial U^1} + \lambda_9$$

$$\lambda_5^2 = \frac{\partial W^2}{\partial U^2} - \lambda_9$$

$$\lambda_7^1 = g^1 \left( \frac{\partial W^1}{\partial U^1} + \lambda_9 \right)$$

$$\lambda_7^2 = g^2 \left( \frac{\partial W^2}{\partial U^2} - \lambda_9 \right)$$

[ 21 ]

Um die Auswirkung der Restriktion auf die Höhe der Schattenpreise (und die optimalen Mengenlösungen) zu diskutieren, sind die folgenden Fälle zu unterscheiden:

(1) Bezeichne  ${}^0U^j$  die Optimallösung des Programms ohne die Restriktion  $U^1 = U^2$ . Seien die Optimallösungen  ${}^0U^1 = {}^0U^2$ . Dann hat die Restriktion keinen Einfluß auf den optimalen Lösungsvektor und auf die Schattenpreise. In diesem Fall gilt  $\lambda_9 = 0$ .<sup>7</sup>

(2) Sei  ${}^0U^1 > {}^0U^2$ . Für diesen Fall zeigt Tabelle 1 denkmögliche Konstellationen für die Werte der Umweltqualität  ${}^1U^j$  unter Beachtung der Restriktionen.

${}^0U^1 > {}^0U^2$	(a) ${}^1U^1 > {}^0U^1$ ${}^1U^2 > {}^0U^2$ mit ${}^1U^2 - {}^0U^2 > {}^1U^1 - {}^0U^1$
	(b) ${}^1U^1 = {}^0U^1$ ${}^1U^2 > {}^0U^2$
	(c) ${}^1U^1 < {}^0U^1$ i) ${}^1U^2 > {}^0U^2$
	ii) ${}^1U^2 = {}^0U^2$
	iii) ${}^1U^2 < {}^0U^2$ mit $ {}^1U^2 - {}^0U^2  <  {}^1U^1 - {}^0U^1 $

Tabelle 1: Restriktionen und Konstellationen verschiedener Umweltqualitäten

Aus diesen denkmöglichen Fällen ist aufgrund der Zusammenhänge des Modells nur der Fall (c) i) zugelassen, so daß alle anderen Fälle wegen auftretender Widersprüche ausgeschlossen werden müssen. Dies ist im folgenden zu zeigen.

(a) Der Fall  ${}^1U^1 > {}^0U^1$  kann nicht mit  $\lambda_7^1 < {}^0\lambda_7^1$  einhergehen, denn eine geringere Schadstoffsteuer läßt sowohl die Produktion der Güter und damit die Emissionen steigen als auch den Ressourceneinsatz in der Entsorgung sinken. Damit muß sich bei einer niedrigeren Schadstoffsteuer die Umweltqualität verschlechtern haben.

<sup>7</sup> Dies folgt, wenn man das Problem in der nichtlinearen Form schreibt. Die Kuhn-Tucker-Bedingungen lauten dann  $U^1 - U^2 \leq 0$  und  $-U^1 + U^2 \leq 0$ ; aus der »complementary slackness condition« folgt  $\lambda_9, \lambda_9^* = 0$ , falls  $U^1 = U^2$ .

Kennzeichnet man den Übergang von  ${}^0U^1$  auf  ${}^1U^1$  usw. mit Pfeilen, so gilt

$${}^1\lambda_7^1 = g_1^1 \quad s_1 \quad \frac{\partial W^1}{\partial U^1} U^1 + g_1^1 \lambda_9 \quad [22]$$

(+ ) (+ ) (+ ) (+ )

Für den hier unterstellten Fall gilt  $\lambda_9 < 0$ . Dies folgt aus folgender Überlegung. Sei  $T = U^1 - U^2$  und laute die Restriktion

$$+ \lambda_9 \left[ U^1 - U^2 - T \right]$$

und läßt man, von  $U^1 = U^2$  ausgehend,  $T$  parametrisch zunehmen, so muß sich der Wert der Zielfunktionen  ${}^0U^1 > {}^0U^2$  verbessern, da dem System erlaubt wird, sich in Richtung auf die Optimallösung ohne Restriktion zu bewegen. Daraus folgt  $\partial L / \partial T = -\lambda_9 > 0$ , d.h.  $\lambda_9 < 0$ . Damit gilt  ${}^1\lambda_7^1 > {}^0\lambda_7^1$ , denn der erste (negative) Ausdruck in Gleichung [22] wird absolut kleiner und von diesem kleiner gewordenen Ausdruck wird eine positive Größe abgezogen. Der Fall (a) ist also auszuschließen.

(b) Eine analoge Überlegung gilt für den Fall (b), denn hier gilt  ${}^1\lambda_7^1 = {}^0\lambda_7^1 + g_1^1 \lambda_9$ , was den Widerspruch herbeiführt.

(c) Der Fall (iii) ist wegen folgender Überlegung auszuschließen. Wenn die Umweltqualität in Region 2 sinkt, muß die Menge der Immissionen steigen. Daraus folgt

$${}^1\lambda_7^2 = g_2^2 \quad s^2 \quad \frac{\partial W^2}{\partial U^2} U^2 - g_2^2 \lambda_9 \quad [23]$$

(+ ) (+ ) (+ ) (+ )

Da  $\lambda_9 < 0$ , folgt daß  ${}^1\lambda_7^2 > {}^0\lambda_7^2$ . Dies aber bedeutet einen Widerspruch, denn eine relativ höhere Schadstoffsteuer müßte sowohl die schadstoffintensive Produktion und damit die Immissionen zurückdrängen, als auch einen Anreiz darstellen, daß Immissionen beseitigt werden. Dann kann aber nicht die Menge der Immissionen steigen. Eine analoge Überlegung gilt für den Fall (ii).

Es läßt sich nun auch zeigen, daß der einzig verbleibende Fall (c) i) den oben dargestellten Widerspruch nicht aufzeigt. Wenn  $U^1$  gegenüber  ${}^0U^1$  sinkt und (damit)  $S^1$  zunimmt, gilt

$$\lambda_7^1 = g_1^1 \quad s^1 \quad \frac{\partial W^1}{\partial U^1} U^1 + g_1^1 \lambda_9 \quad [24]$$

(+ ) (+ ) (+ ) (+ )

Die Emissionssteuer nimmt vom ersten Ausdruck her zwar zu; gleichzeitig erfolgt aber wegen  $\lambda_9 < 0$  eine Korrektur nach unten. Die Emissionssteuer wird in Region 1 infolge der Restriktion  $U^1 = U^2$  niedriger gesetzt als ohne Restriktion. Auch der Schattenpreis der Umweltqualität in Gleichung [21] wird nach unten korrigiert. Der geringere Schattenpreis der Umwelt in Region 1 und die geringere Höhe der Emissionssteuer machen deutlich, daß die räumliche Gleichverteilungsvorschrift  $U^1 = U^2$  die Standortgunst der Region 1 für schadstoffintensiv produzierende Aktivitäten erhöht.

Für Region 2 ergibt sich, daß die Umweltqualität zunimmt und die Immissionen  $S^2$  abnehmen. Folglich muß man erwarten, daß  $\lambda_7^2 > {}^0\lambda_7^2$ . Die Emissionssteuer nimmt vom ersten Ausdruck in [25] zwar absolut ab,

$$\lambda_7^2 = g^{2'} s^2 \frac{\partial W^2}{\partial U^2} U^2 - g^{2'} \lambda_9 \quad [25]$$

(+) (+) (+) (+)

aber wegen  $\lambda_9 < 0$  wird diese Abnahme nach oben korrigiert.

Die bisherige Interpretation zeigt, daß die Restriktion  $U^1 = U^2$  in einer Ausgangslage  ${}^0U^1 > {}^0U^2$  die Umweltqualität in der Region 1 reduziert und in der Region 2 erhöht. Im übrigen schränkt die Restriktion den Lösungsraum ein, so daß  $\Sigma'W^i ({}^1Q_i^j, {}^1Q_j^i, {}^1U^j) < \Sigma{}^0W^i ({}^0Q_i^j, {}^0Q_j^i, {}^0U^j)$  zu erwarten ist. Dieser Wohlfahrtsverlust (Effizienzverlust) ist der Preis für die räumlich gleichmäßigere Verteilung der Umweltqualität.<sup>8</sup>

(3) Die analoge Überlegung ist für den Fall  ${}^0U^1 < {}^0U^2$  durchzuführen. Dabei ist zu beachten, daß wegen  $T = U^1 - U^2$  gilt  $\partial L / \partial T = -\lambda_9 < 0$ , d. h. das System entfernt sich von der Optimallösung, wenn T parametrisch zunimmt. In diesem Fall bestätigen sich inhaltlich die Resultate in Punkt (2).

### c) Regionale Differenzierung der Umweltqualitäten

Eine alternative Strategie würde darin bestehen, für die einzelnen Regionen Mindestqualitäten des öffentlichen Gutes Umwelt sicherzustellen und bei der Festlegung dieser Mindestqualitäten gegebenenfalls eine regionale Differenzierung vorzunehmen, d. h.  $U^j \geq d^j$  mit  $d^1 \neq d^2$ .

Die Begründung für eine solche Strategie kann darin gesehen werden, daß eine Politik der räumlichen Separierung, d. h. eine Funktionsteilung der Fläche die externen Effekte und damit soziale Zusatzkosten reduziert. Indem man – so die These von Mishan – Funktionen (hier: konkurrierende Umweltnutzungen)

<sup>8</sup> Von Interesse wäre, diesen Effizienzverlust zu konkretisieren.

räumlich trennt, reduziert man die negativen Beeinträchtigungen, wobei allerdings unterstellt wird, daß die Politik der räumlichen Separierung nicht ihrerseits (z. B. durch Schaffung neuer Verkehrsströme) Anlaß zu neuen negativen externen Effekten gibt. Eine andere Argumentation ist, daß die Wohlfahrtsfunktionen der Teilräume interdependent sind (z. B. Region 1 nützt Region 2 als Erholungsgebiet) oder daß die Erhaltung eines Gebietes einen Wert an sich darstellt. Zudem ist es denkbar, bei der Festsetzung dieser Mindestgrenzen interregionale Verteilungsgesichtspunkte in Betracht zu ziehen, also dafür zu sorgen, daß die Untergrenzen der Umweltqualitäten zwischen den Regionen nur in bestimmten Ausmaßen differieren.

Eine solche Politik der regionalen Differenzierung vertraut nicht auf das Resultat der Marktprozesse in bezug auf die räumliche Verteilung der Umweltqualitäten, sondern gibt durch einen regionalisierten Standard-Preis-Ansatz den ökonomischen Prozessen Restriktionen vor. Es läßt sich zeigen, daß diese Restriktionen die Schattenpreise beeinflussen können.<sup>9,10</sup>

#### 6. Regionale Auswirkungen der Umweltpolitik

Die Umweltpolitik wird sich auf die Sektorstruktur in der Weise auswirken, daß schadstoffintensiv produzierende Wirtschaftszweige – wenn sie die Entsorgung nicht mit vertretbaren Kosten bewältigen können – zurückgedrängt werden und weniger schadstoffintensiv produzierende Wirtschaftszweige einen zusätzlichen Produktionsanreiz erhalten. Wie wirkt sich die Umweltpolitik auf die Raumstruktur aus?

(1) Wird keine Umweltpolitik durchgeführt, so werden die komparativen Kostenvorteile eines Raumpunktes oder einer Region falsch ausgewiesen, da die Standortkosten nicht alle gesellschaftlichen Kosten enthalten. Die nicht ausgewiesenen Zusatzkosten eines Standorts variieren mit einer Reihe von bereits angesprochenen Faktoren wie Industriebesatz, Emissionsintensität, Assimilationskapazität, Höhe der Grenzschäden (Bevölkerungsdichte) usw. Da mit diesen Faktoren die mit einzelnen Standorten verbundenen sozialen Zusatzkosten variieren, muß eine Umweltpolitik die Raumstruktur ändern.

<sup>9</sup> Vgl. dazu den Ansatz in Siebert (1975a, S. 509–510).

<sup>10</sup> Folgendes Problem, auf das mich D. Biehl hinwies, sollte m. E. analysiert werden. In dem vorstehenden Ansatz werden die  $d_i$ -Werte in den Restriktionen vorgegeben; sie sind in einem Willensbildungsprozeß zu ermitteln und u. U. Gegenstand von Verhandlungslösungen. Geht man von regional autonomen Behörden aus, so ist die Frage interessant, welche Umweltallokation sich aus einer solchen Verhandlungslösung ergibt und inwieweit sich diese Umweltallokation von derjenigen unterscheidet, die aus dem in diesem Artikel unterstellten institutionellen Rahmen resultiert.

(2) Ohne Umweltpolitik werden die Agglomerationsvorteile der Ballungsgebiete überschätzt. Dies rührt aus der Tatsache her, daß die marginale Produktivität des privaten Kapitals und der Arbeit deshalb höher zu sein scheinen als sie tatsächlich sind, weil die privaten Aktivitäten nicht mit allen volkswirtschaftlichen Kosten belastet sind, die sie verursachen. Dieses Argument bezieht sich zwar sowohl auf rückständige Gebiete als auch auf Ballungsregionen. Es kann aber argumentiert werden, daß wegen der Einwohnerdichte und dem Industriebesatz die marginalen sozialen Schäden in den Ballungsgebieten größer sind, und daß deshalb die Divergenzen zwischen privaten und sozialen Kosten dort stärker sind. Dies impliziert, daß die Kapitalrenditen, die in Ballungsgebieten erzielt werden, die sozialen Kosten, die durch den Einsatz einer zusätzlichen Einheit Kapital entstehen, nicht vollständig widerspiegeln. Da die Kapitalrendite, verglichen mit einer Situation korrekter Schattenpreise, zu hoch ist und da die Kapitalmobilität durch Differenzen zwischen den Kapitalrenditen bestimmt wird, wird in den Ballungsgebieten zu viel Kapital eingesetzt. Das gleiche Argument kann man für den Faktor Arbeit anwenden.

(3) Die Überschätzung der Agglomerationsvorteile wird auch dadurch deutlich, daß bei Einführung der Umweltpolitik für eine agglomerierte Region zu beachten ist, daß die Assimilationskapazität gegeben ist. Da die Nachfrage nach Assimilationsdiensten mit regionalem Wachstum zunimmt, steigen die Emissionssteuern, wenn eine gegebene Umweltqualität beibehalten werden muß. Zunehmende Emissionssteuern erzwingen eine Einschränkung des regionalen Wirtschaftswachstums.

Bei quantitativem regionalem Wachstum, d. h. mit höherem Einkommen und einem breiteren Angebot an privaten Gütern, die den Konsumenten zur Verfügung stehen, nimmt die Nachfrage nach dem öffentlichen Konsumgut Umwelt zu. Die natürlichen Vorzüge der Landschaft werden höher bewertet, und höhere Qualitätsstandards werden für solche Konsumgüter wie Luft und Wasser erforderlich. Diese öffentlichen Güter können jedoch in dicht besiedelten und hoch industrialisierten Gebieten nur bei progressiv steigenden Kosten zur Verfügung gestellt werden.

(4) Die Umweltqualität wird ferner in der Zukunft für die Wanderung der Arbeitskräfte und die Standortentscheidungen räumlich ungebundener Produktionen (footlose industries) ein wichtigerer Bestimmungsfaktor sein. Studien der Arbeitsmobilität haben gezeigt, daß die Wanderungsentscheidung von einer Reihe von Faktoren beeinflusst wird, wie den Lohnsätzen, den Lebenshaltungskosten, Wohnungssituation, Informationen über Arbeitsgelegenheiten usw. Man kann vermuten, daß mit dem Wichtigerwerden des Umweltproblems die Umweltqualität als Bestimmungsfaktor der Arbeitsmobilität relevanter wird.

Weil Ballungsregionen kaum die gleiche Umweltqualität realisieren können wie

weniger entwickelte Gebiete, werden diese Regionen höhere Löhne bezahlen müssen, um die schlechtere Umweltqualität monetär zu kompensieren. Dies jedoch wird eine Zunahme der Kosten und eine Reduzierung des Gewinns mit sich bringen und zu einer verringerten Attraktivität für Kapital führen. Oder, wenn die Region nicht in der Lage ist, die hohen Löhne zu zahlen, wird die Arbeit vermehrt nach anderen Gebieten abwandern.

(5) Die beschriebenen Bremswirkungen der Umweltpolitik für eine agglomerierte Region wirken um so stärker, desto höher die Kosten der Entsorgung und desto geringer der komparative Preisvorteil der betrachteten Region ist. Ist die Entsorgung im Vergleich zum Emissionssteuersatz relativ kostengünstig möglich oder ist der komparative Preisvorteil einer Region hinreichend groß, um die Belastung der Unternehmen durch die Umweltpolitik auffangen zu können, so muß sich die Raumstruktur nicht notwendigerweise ändern. Schließt man diesen Fall aus, so wird die Umweltpolitik neben der Bedeutung von Wachstumsprozessen in agglomerierten Räumen die Tendenz haben, die ökonomischen Aktivitäten in nicht agglomerierten Teilgebieten zu stimulieren. Ceteris paribus besteht langfristig eine Tendenz zur gleichmäßigen Verteilung der Emissionen über dem Raum, es sei denn, die Immissionsnormen werden räumlich differenziert.

(6) Bisher ist nicht differenziert worden zwischen Planungsregionen und Umweltregionen. Angenommen ein Umweltmedium wie z. B. das Gewässersystem Rhein ist bisher vorwiegend als Empfangsmedium für Schadstoffe und als Transportmittel genutzt worden, und die Umweltpolitik setzt hier ein stärkeres Gewicht auf die Funktion dieses Mediums als öffentliches Konsumgut (Trinkwasserversorgung). Dann wird schlagartig der Datenkranz für alle Standortentscheidungen der Rheinachse beeinflußt. Je nach der Intensität der umweltpolitischen Instrumente kann sich die Raumstruktur nachhaltig ändern.

## 7. Literatur

- B. Belassa, »Regional Policies and the Environment in the European Common Market«, *Weltwirtschaftliches Archiv*, 1973, 109, 402–417.
- F. R. Forsund, »Allocation in Space and Environmental Pollution«, *Swedish Journal of Economics*, 1972, 74, 19–34.
- E. J. Mishan, *Technology and Growth, The Price We Pay*, New York 1969.
- S. Peltzman, T. N. Tideman, »Local versus National Pollution Control: A Note«, *The American Economic Review*, 1972, 62, 959–963.
- M. Pfaff, A. B. Pfaff, »Verteilungspolitische Auswirkungen der Umweltverschmutzungen und Umweltpolitik unter besonderer Berücksichtigung des Verursacherprinzips«, in B. Külpe, H.-D. Haas, Hrsg., *Soziale Probleme der modernen Industriegesellschaft*, Schriften des Vereins für Socialpolitik, N. F., Bd. 92, I, Berlin 1977, 183–220.
- H. Siebert, *Regional Economic Growth, Theory and Policy*, Scranton, Pa., 1969.
- , *Das produzierte Chaos, Ökonomie und Umwelt*, Stuttgart 1973 (a).
- , »Environment and Regional Growth«, *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 1973 (b), 33, 79–83.

- , »Regional Aspects of Environmental Allocation«, *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 1975 (a), 131, 497-513.
- , »Regional Planning - Land Use Approaches to Environmental Quality Management«, Paper presented at the Seminar on Environmental Quality Management in the Context of Regional Planning, World Health Organization, Katowice 1975 (b) (Institut für Volkswirtschaft und Statistik der Universität Mannheim, Beiträge zur angewandten Wirtschaftsforschung, Discussion Paper 67/75).
- , »Environmental Control, Economic Structure and International Trade«, in I. Walter, ed., *Studies in International Environmental Economics*, New York 1976 (a), 29-56.
- , »Abwasserabgabe - Instrument der Raumplanung«, *Informationen zur Raumentwicklung*, 1976 (b) (in Vorbereitung).
- , *Instrumente der Umweltpolitik, Informationsvoraussetzungen, Erfolgsbedingungen, Wirkungsanalyse*, Göttingen 1977 (in Vorbereitung).
- J.L. Stein, »The 1971 Report of the President's Council of Economic Advisers: Micro-Economic Aspects of Public Policy«, *The American Economic Review*, 1971, 61, 531-537.
- T.H. Tietenberg, »Derived Decision Rules for Pollution Control in a General Equilibrium Economy«, *Journal of Environmental Economics and Management*, 1974, 1, 3-16.
- U. S. Council of Economic Advisers, *Economic Report of the President*, Washington 1971.

## 8. Zusammenfassung

Umweltprobleme haben immer eine räumliche Dimension, da die Umwelt über den Raum definiert ist. Man kann die These vertreten, daß die meisten Umweltprobleme, so sie nicht internationalen oder grenzüberschreitenden Charakter haben, von regionaler Natur sind. Daraus folgt, daß die Zielvariable der Umweltpolitik, die Umweltqualität, regional zu definieren ist. Es wird gezeigt, daß umweltpolitische Instrumente (Emissionssteuern) regional zu differenzieren sind, und zwar wegen regionalen Unterschieden in den Grenzschäden, in der Bewertung, der Umweltqualität, der Assimilationskapazität, in der Nachfrage nach Assimilationsdiensten, in den Grenzkosten der Entsorgung und infolge der interregionalen Diffusion der Schadstoffe. Die Standortgunst einer Region wird von der Höhe der Emissionssteuer beeinflusst. Die Notwendigkeit, umweltpolitische Instrumente regional zu differenzieren, bedeutet jedoch nicht, daß die Umweltpolitik regional autonomen Institutionen überlassen werden sollte. Der Aufsatz diskutiert ferner, wie sich interregionale Distributionsnormen über die Umweltqualität auf die Emissionssteuern und die komparativen Preisvorteile einer Region auswirken und welche regionalen Auswirkungen von der Umweltpolitik zu erwarten sind.