

Bretschger, Lucas

**Working Paper**

## Nachhaltige Entwicklung der Weltwirtschaft: Ein Nord-Süd-Ansatz

Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere, No. 05/1998

**Provided in Cooperation with:**

University of Greifswald, Faculty of Law and Economics

*Suggested Citation:* Bretschger, Lucas (1998) : Nachhaltige Entwicklung der Weltwirtschaft: Ein Nord-Süd-Ansatz, Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere, No. 05/1998, Universität Greifswald, Rechts- und Staatswissenschaftliche Fakultät, Greifswald

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/48930>

**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.*

# **Nachhaltige Entwicklung der Weltwirtschaft: Ein Nord-Süd-Ansatz**

LUCAS BRETSCHGER\*

## **1. EINLEITUNG**

Zahlreiche Schädigungen der Umwelt haben langfristige globale Folgen. Ebenso unterliegen Wirtschaft und Umweltzustand in allen Weltregionen einer Dynamik, die stark durch die globalen wirtschaftlichen Beziehungen beeinflusst wird. Für die Frage, ob die zukünftigen Generationen nicht schlechter gestellt sein werden als die heutigen Generationen kann daher nicht eine Weltregion allein betrachtet werden; vielmehr sind Wachstum und Umweltverbrauch an allen Standorten massgebend. Die internationale Arbeitsteilung ist in der Diskussion über die Voraussetzungen der globalen Nachhaltigkeit ein zentrales Thema, zu dessen Bearbeitung sowohl die regionalen Umweltbelastungen als auch die regionenspezifischen komparativen Vorteile zu untersuchen sind. Die weniger entwickelten Weltregionen verfügen über die wichtigsten globalen Umweltressourcen, während die entwickelten Regionen in der Produktion und Akkumulation von Kapitalressourcen ihren komparativen Vorteil haben. Akkumulierbares Kapital, vor allem Wissens- und Humankapital, ist ein wichtiges Substitut für den Einsatz von Umweltressourcen in der Produktion.

Bezüglich der Substituierbarkeit natürlicher Ressourcen ist zu fragen, inwiefern sich die Ergebnisse der Literatur zu den geschlossenen Volkswirtschaften auf den Fall von offenen Weltregionen mit unterschiedlichen wirtschaftlichen Spezialisierungen übertragen lassen. Dasselbe gilt für die Frage der Effizienz der Umweltpolitik, denn Massnahmen zugunsten der Nachhaltigkeit werden kaum je in der ganzen Welt simultan eingeführt. In wichtigen Bereichen sollten es nach der Meinung vieler die „reichen“ Länder sein, die ihren Umweltverbrauch zuerst reduzieren. Dagegen wurde allerdings eingewendet, die globalen Handelsbeziehungen führten zu einem „Leck“ in der Umweltpolitik, wenn Massnahmen der einen Region durch einen vermehrten Umweltverbrauch der anderen Regionen unterlaufen werden. Dies scheint das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele zu erschweren. Auf der anderen Seite steht zur Diskussion, ob nicht gerade die Zulassung des

---

\* Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Friedrich-Loeffler-Str. 70, D-17489 Greifswald, und Universität Zürich, IEW, 8006 Zürich. Der Autor dankt Frank Hettich für hilfreiche Kommentare.

Freihandels und das Ausnützen der komparativen Vorteile die Zielerreichung zu erleichtern vermag. Durch die vermehrte Spezialisierung gemäss der komparativen Vorteile könnte unter günstigen Bedingungen eine Erhöhung der weltweiten Wirtschaftskraft und/oder eine Verminderung des globalen Umweltverbrauchs erreicht werden. Das Vorliegen von negativen Externalitäten bei der Nutzung der Natur und von positiven Spillovern in der Generierung von Wissens- und Humankapital deutet jedoch an, dass die im einfachen Lehrbuchmodell prognostizierten Wohlstandsgewinne aus dem Freihandel nicht automatisch erreicht werden. Andererseits ist der Freihandel als Quelle von möglichen Wohlstandsverbesserungen auch in diesem Kontext nicht zu unterschätzen. Denn nicht nur der Schutz der Natur stellt ein wichtiges Element der Nachhaltigkeitsstrategie dar, sondern ebenso die wirtschaftliche Entwicklung, und dies vor allem für die rückständigen Weltregionen.

Die Entwicklung der Umwelt in offenen Volkswirtschaften ist Gegenstand verschiedener Arbeiten der neueren Literatur. In einem dynamischen Modell zeigen ELBASHA/ROE (1996) die Abhängigkeit des Wachstums der offenen Volkswirtschaft von den negativen Externalitäten der Umweltverschmutzung; der Einfluss des Handels auf das Wachstum hängt im Beitrag dieser Autoren von den sektoralen Faktorproportionen ab. Dabei wird klar, dass ein solides Fundament im Bereich des endogenen Wachstums eine wichtige Voraussetzung der Analyse ist, weil nur damit die wesentlichen Trade-offs zwischen Statik und Dynamik bzw. zwischen wirtschaftlicher Dynamik und Umweltqualität abbildbar sind; zum endogenen Wachstum unter Berücksichtigung der Umwelt in geschlossenen Volkswirtschaften vgl. vor allem GRADUS/SMULDERS (1993), BOVENBERG/SMULDERS (1995) UND HETTICH (1998). Durch den Einsatz von Mehr-Sektoren-Modellen des endogenen Wachstums können die für die Nachhaltigkeit zentralen Mechanismen der Substitution natürlicher Ressourcen zweckmässig abgebildet werden, vgl. dazu BRETSCHGER (1998b). In PEZZEY (1989) wird die Bedeutung des Begriffs Nachhaltigkeit evaluiert. Eine Entwicklung wird dort als nachhaltig bezeichnet, wenn das nicht-diskontierte durchschnittliche Nutzenniveau zwischen den Generationen nie rückläufig ist, vgl. dazu auch BRETSCHGER (1998a).<sup>1</sup> Handelsmodelle mit einem reichen „Norden“ und einem ärmeren „Süden“ wurden vor allem von KRUGMAN (1979), GROSSMAN/HELPMAN (1991) und VAN DE KLUNDERT/SMULDERS (1996) formalisiert. Speziell interessant ist dabei die Frage, ob der Süden von einer Zunahme der

---

<sup>1</sup> Vom Wortsinn her zutreffender als „nachhaltiges“ Wachstum wäre eigentlich die Bezeichnung „durchhaltbares“ Wachstum. Auch die vereinfachte Bezeichnung „reicher Norden, armer Süden“ stimmt im Grunde genommen nur für

wirtschaftlichen Aktivität im Norden profitieren kann oder ob er von einem Anwachsen der wirtschaftlichen Aktivität im Norden negativ betroffen wird; KRUGMAN (1979) gelangt zum ersten Resultat während GROSSMAN/HELPMAN (1991, S. 304) die zweite Hypothese unterstützen. Regionale und räumliche Aspekte der Umweltentwicklung werden von VAN DEN BERGH/NIJKAMP (1998) herausgearbeitet. Die Effizienz der Umweltpolitik in offenen Volkswirtschaften diskutieren FELDER/RUTHERFORD (1993), die das „Leck“ der aussenwirtschaftlichen Beziehungen betonen, KILLINGER/SCHMIDT (1997) im Zusammenhang mit Zöllen und internationalen Verträgen sowie SCHULZE/URSPRUNG (1998) u.a. unter dem Gesichtspunkt der strategischen Handelspolitik.

Im vorliegenden Beitrag wird die langfristige weltwirtschaftliche Entwicklung unter Berücksichtigung von ökologischen Restriktionen analysiert. Zur Abbildung der internationalen Arbeitsteilung und der weltwirtschaftlichen Dynamik erscheint die Verwendung eines „Nord-Süd“-Ansatzes zweckmässig. Dabei wird die Weltwirtschaft in eine entwickelte, dynamisch aktive Nordregion und in eine weniger entwickelte Südregion unterteilt. Als Erweiterung der bestehenden Literatur werden für beide Regionen zwei Produktionsfaktoren, Arbeit und natürliche Ressourcen, in das Modell eingeführt. Zwei verschiedene Modellvarianten des Produktezyklus – d.h. der Abwanderung von Produktion vom Norden in den Süden – werden verwendet und auf ihre Konsequenzen hin untersucht. In der ersten Variante imitiert der Süden Produkte aus dem Norden und stellt sie anschliessend billiger als der Norden für den Weltmarkt her. In der zweiten Variante werden Produktionsprozesse vom Norden in den Süden ausgelagert, sobald dies für die nördlichen Produzenten rentabel ist; dieser in der Praxis oft beobachtete Vorgang wurde bisher in der dynamischen Literatur noch nicht formalisiert. In beiden Fällen sollen die Auswirkungen von Politikmassnahmen des Nordens zugunsten der Umwelt auf das weltwirtschaftliche Wachstum und die globale Verschmutzung untersucht werden. Dabei ist mit Hilfe des gewählten Ansatzes zu beantworten, inwiefern der Freihandel das Nachhaltigkeitsziel gefährdet, wie das Ergebnis vom angenommenen Abwanderungsmechanismus der Firmen aus dem Norden in den Süden abhängt und welchen Einfluss auf das Resultat die mit der Substitutionselastizität gemessene Flexibilität der Produktion ausübt. Ebenso ist zu zeigen, inwiefern die Wirksamkeit von Umweltmassnahmen im Norden durch Auslagerungen in den Süden unterlaufen werden kann, unter welchen Bedingungen ein Verbesserung der weltweiten Umweltqualität mit wirtschaftlichen Wachstum vereinbar ist und welche Rolle die Kapitalmobilität für die internationale Arbeitsteilung und die weltweite

---

die Nordhalbkugel der Erde, auf der Südhalbkugel ist es eher umgekehrt; zutreffender wäre deshalb die Bezeichnung

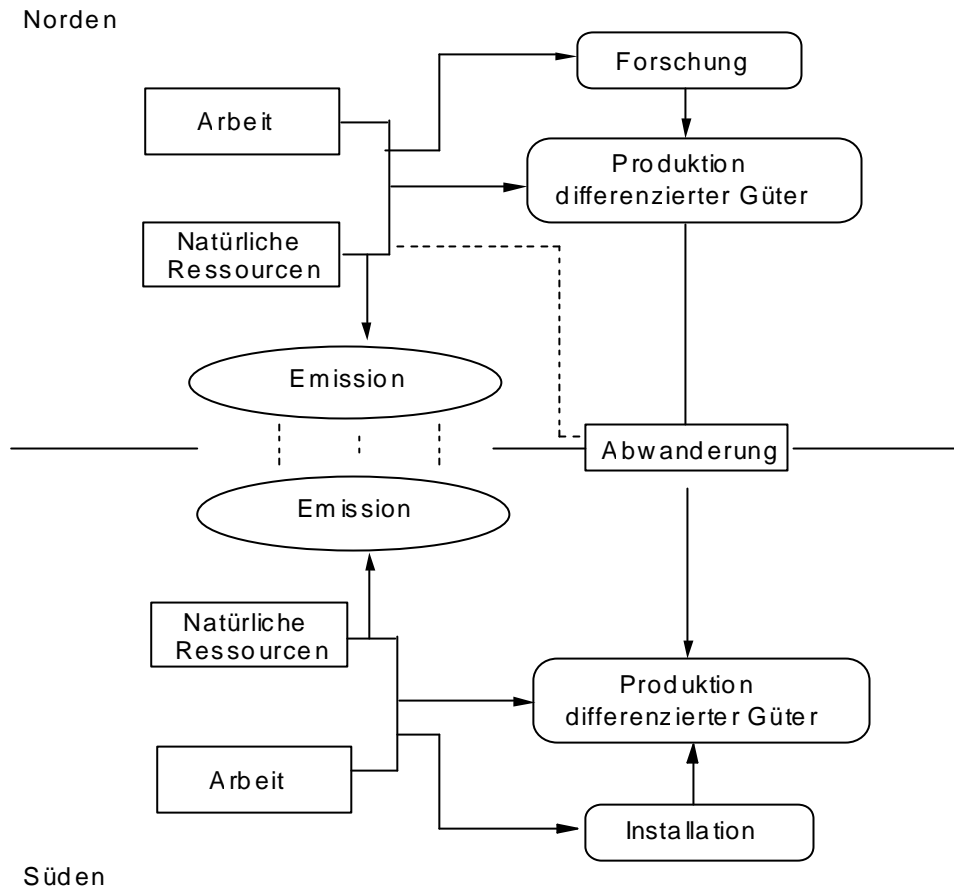
Nachhaltigkeit spielt. Damit lässt sich die makroökonomische Diskussion der Nachhaltigkeit im Rahmen des gewählten Modells um zwei wichtige Elemente ergänzen: um die Rolle der Standortkonkurrenz zwischen reichen und ärmeren Ländern und um die Bedeutung der Koexistenz von entwicklungsmässig stark unterschiedlichen Weltregionen für die Nachhaltigkeit. Als Resultat wird sich herausstellen, dass die dynamische Sicht die Resultate der statischen Modelle stark zu relativieren vermag. Entsprechend den vorliegenden Ergebnissen ist das „Leck“ der internationalen Handelsbeziehungen in der längerfristigen Perspektive ein geringes Hindernis für das Verfolgen einer globalen Strategie der Nachhaltigkeit.

Der Beitrag ist im weiteren wie folgt aufgebaut. In Abschnitt 2 wird das dynamische Nord/Süd-Modell vorgestellt. Abschnitt 3 präsentiert zwei Modelle zum Wanderungsmechanismus der Unternehmungen zwischen den Weltregionen und deren Implikationen für die Arbeitsteilung, wenn der Norden Umweltmassnahmen durchführt. In Abschnitt 4 werden numerische Ergebnisse des Gesamtmodells zur globalen Nachhaltigkeit dargestellt und Abschnitt 5 beschliesst mit den Folgerungen.

## **2. EIN DYNAMISCHES NORD/SÜD-MODELL**

In beiden Weltregionen, Norden und Süden, stehen Arbeit und natürliche Ressourcen als Produktionsfaktoren zur Verfügung, vgl. Abbildung 1. Vom Gebrauch der natürlichen Ressource geht in Proportion zum regionenspezifischen Emissionsfaktor eine Verschmutzung der Umwelt aus, die globale Auswirkungen hat. Die Wirtschaft im Norden weist einen Produktions- und einen Forschungssektor auf. Im Produktionssektor werden differenzierte Konsumgüter unter der Marktform der monopolistischen Konkurrenz hergestellt, vgl. auch KRUGMAN (1979). Jedes differenzierte Gut benötigt zur Herstellung ein spezifisches Know-how, das im sogenannten „Produkt-Design“ enthalten ist, vgl. ROMER (1990). Der Forschungssektor des Nordens hat zur Aufgabe, neue Designs zu erfinden, dadurch die Anzahl der Konsumgüter zu erhöhen und das Wirtschaftswachstum aufrecht zu erhalten.

### **Abbildung 1: Das Modell in der Übersicht**



Der Süden stellt ebenfalls differenzierte Konsumgüter her. Die Haushalte im Norden und im Süden fragen die Produkte aus beiden Regionen nach. Es werden zwei plausible Modellvarianten zur Frage getestet, wie der Süden das Know-how zur Produktion erhält. Im ersten Fall der Imitation, nachfolgend Modell I (I für Imitation) genannt, vgl. GROSSMAN/HELPMAN (1991, chapter 11), hat der Süden die Möglichkeit, durch eigene Anstrengungen (in der Abbildung mit „Installation“ bezeichnet) Designs aus dem Norden zu imitieren und nachher – dank billigerer Produktionskosten – den nördlichen Hersteller des betreffenden Produkts aus dem Weltmarkt zu verdrängen. Dieses Szenario geht von der Annahme aus, dass die nördlichen Produzenten den Patentschutz im Süden nicht durchsetzen können. Im zweiten Fall der Auslagerung, nachfolgend Modell A (A für Auslagerung) genannt, hat der Norden die Möglichkeit, die Produktion vom Norden in den Süden auszulagern, sobald dies ökonomisch vorteilhaft ist. Allerdings wird realistischerweise angenommen, dass dazu sowohl vom Norden her (gestrichelte Linie in der Abbildung 1) als auch im Süden („Installation“) bestimmte Ressourcen aufgewendet werden müssen. Im folgenden wird die Verschiebung der Produktion vom Norden in den Süden generell als „Abwanderung“ bezeichnet, die entweder durch Imitation oder durch Auslagerung zustande kommt. Im Norden und im Süden wird angenommen, dass die Produktion der Konsumgüter

intensiver in der Verwendung der natürlichen Ressource ist als der dynamische Sektor, der relativ mehr Arbeit verwendet.

Nun wird unterstellt, der Norden senke im Rahmen der Umweltpolitik seine Emissionen; dazu erhöht er im Norden die Preise für natürliche Ressourcen. Daraufhin geht die relative Nachfrage nach nördlichen Produkten zurück, da deren Preise steigen. Weil zudem die Forschung arbeitsintensiv ist, wird die Forschung bei erhöhten Ressourcenpreisen relativ zur Konsumgüterproduktion attraktiver. In Abhängigkeit der Flexibilität in der Produktion können die Forschungskosten sogar sinken, womit gemäss Annahmen des Modells eine Erhöhung der Forschungsleistung und damit der globalen Wachstumsrate erreicht wird. Je nach Abwanderungsbedingungen für die Produktion sowie nach der Reaktion der südlichen Löhne auf die Ausdehnung der Nachfrage nach südlichen Gütern ergibt sich schliesslich die Arbeitsteilung zwischen Norden und Süden im neuen Gleichgewicht. Dabei interessieren vor allem die Veränderungen in der Wohlstandsverteilung zwischen den Weltregionen, in der weltweiten Wachstumsrate sowie bei den globalen Emissionen.

Für das Erarbeiten von konkreten Ergebnissen muss das Modell im folgenden formalisiert werden.<sup>2</sup> Zur Vereinfachung wird für die Güternachfrage eine CES-Funktion unterstellt und für die Gütermärkte ein symmetrischer Fall angenommen, d.h. dass die Produktionskosten bei allen differenzierten nördlichen Gütern identisch sind; das gleiche gilt für alle südlichen Güter. Unter Verwendung einer konstanten Substitutionselastizität  $e$  ist die Nachfrage nach einer Produktvariante  $x^j$  ( $j=N,S$ ;  $N$  und  $S$  für Norden und Süden) von den gesamten Konsumausgaben und dem Preis des Guts  $p^j$  im Vergleich zum Preisindex aller Güter abhängig. Werden die weltweiten Konsumausgaben auf Eins normiert, verbleibt der Effekt des relativen Preises. Die Nachfrage nach einem Gut ist dann:

$$x^j = \frac{(p^j)^{-e}}{n^N \cdot (p^N)^{1-e} + n^S \cdot (p^S)^{1-e}} \quad (\text{mit } e > 1) \quad (1)$$

---

<sup>2</sup> Die formelle Darstellung wird hier sehr knapp gehalten; weitere Ausführungen zu dieser Art von Modellen finden sich in Grossman/Helpman (1991, chapter 11) oder in Bretschger (1997).

wobei  $n^j$  für die Anzahl der Güter in Region  $j$  steht. Die relative Nachfrage nach einem nördlichen im Vergleich zum südlichen Gut ist:

$$\frac{x^N}{x^S} = \left( \frac{p^N}{p^S} \right)^{-e} \quad (2)$$

Durch Verwendung von Weltmarktanteilen  $s$  mit  $s^j = n^j \cdot p^j \cdot x^j$  ( $j=N,S$ ) lässt sich (2) schreiben als:

$$\frac{s^N}{s^S} = \frac{n^N}{n^S} \cdot \left( \frac{p^N}{p^S} \right)^{1-e} \quad (2')$$

Das Verhältnis der Anzahl der nördlichen zu den südlichen Gütern wird nun mit  $\mathbf{g}$  bezeichnet, d.h.  $n^N/n^S = \mathbf{g}$ , die weltweite Wachstumsrate der Anzahl Güter sei  $g$ , d.h.  $g = \dot{n}/n$  (mit  $n = n^N + n^S$ ), und die Abwanderungsgeschwindigkeit  $\mathbf{m}$  wird gemessen als zusätzliche südliche Güter im Verhältnis zur Anzahl nördlicher Güter, d.h.  $\mathbf{m} = \dot{n}^S/n^N$ . Daraus ergibt sich:

$$1 + \mathbf{g} = \frac{n}{n^S} \quad (3)$$

Logarithmieren und Differenzieren von (3) sowie Nullsetzen der Ableitung von  $\mathbf{g}$  nach der Zeit ergibt für die gleichgewichtige internationale Arbeitsteilung  $\mathbf{g}^*$ :

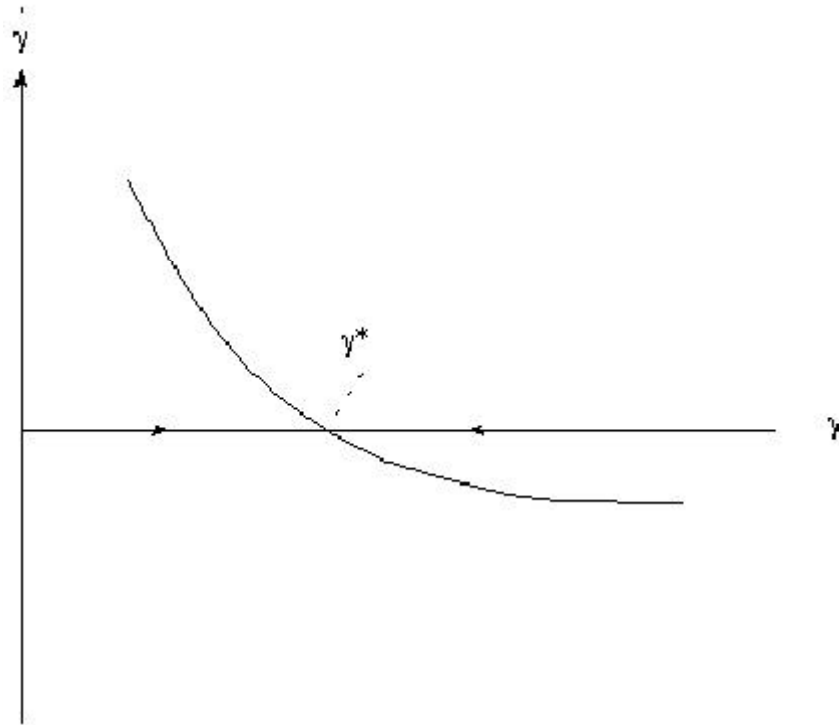
$$\mathbf{g}^* = \frac{g}{\mathbf{m}} \quad (4)$$

Der Anpassungsprozess an die gleichgewichtige internationale Arbeitsteilung – d.h. an das gleichgewichtige Verhältnis von Wachstumsrate und Abwanderungsrate – ist stabil; er ist in



Abbildung (2) dargestellt. Das Gleichgewicht verschiebt sich sobald sich die Determinanten von Wachstumsrate und Abwanderungsrate im Modell ändern.

**Abbildung 2: Anpassung an die gleichgewichtige Arbeitsteilung**



Durch Einsetzen von (4) in (2') erhalten wir die dynamische Bestimmung der Weltmarktanteile im Gleichgewicht als:

$$\frac{s^N}{s^S} = \frac{g}{m} \cdot \left( \frac{p^N}{p^S} \right)^{1-e} \quad (5)$$

Der mit  $s^N$  gemessene relative Wohlstand des Norden hängt gemäss (5) positiv von der Innovationsrate ab; derjenige des Südens positiv von der Abwanderungsrate. Eine Erhöhung der Preise der einen Region mindert den relativen Wohlstand in derselben Region, da  $e > 1$ . Relation (5) zeigt eine typische Ausprägung des Begriff der Wettbewerbsfähigkeit: unter Annahme einer positiven Abwanderungsrate muss der Norden ceteris paribus innovativ sein, um seinen relativen Wohlstand zu halten; geht die Innovationsrate zurück, fällt der Norden zurück, und um den relativen Wohlstand auszubauen, muss der Norden gar übermässig viele Innovationen erzielen. Der in (1), (2) und (5) verwendete Preis eines Gutes in der Region  $j$  ( $j=N,S$ ) ergibt sich aus der Summe der

Kosten für Arbeit  $L$  und natürliche Ressourcen  $R$  pro Stück, multipliziert mit dem Mark-up-Faktor  $1/\mathbf{b}$ , wobei  $\mathbf{b}=\mathbf{e}-1/\mathbf{e}$  ( $0 < \mathbf{b} < 1$ , vgl. Gleichung 1). Der Gewinn reicht im Gleichgewicht der monopolistischen Konkurrenz gerade aus, um die Abgeltung der Kosten des entsprechenden Produkt-Designs sicherzustellen. Die Kosten für einen Input  $i$  ( $i=L,R$ ) pro Stück sind gleich dem Inputpreis  $w$ , der mit den Input-Koeffizienten  $a_x$  multipliziert wird, d.h. für den Produktpreis in Region  $j$ :

$$p^j = \sum_i (a_{ix})^j \cdot (w_i)^j / \mathbf{b} \quad (j=N,S; i=L,R) \quad (6)$$

### 3. IMITATION UND AUSLAGERUNG

Ein wesentlicher Baustein der Theorie ist die Formulierung der Abwanderung von Teilen der Produktion vom Norden in den Süden. Wie dargelegt werden zu diesem wichtigen Punkt zwei plausible Hypothesen mit ihren Implikationen vorgestellt. Im ersten Ansatz, Modell I („Imitation“), muss ein Innovator im Norden dauernd damit rechnen, dass ein südlicher Imitator sein Design kopiert. Dann verliert das nördliche Design seinen Wert, weil die Produktion im Süden annahmegemäss billiger ist. Die Abwanderungsgeschwindigkeit (Imitationsgeschwindigkeit) wirkt hier als Verlustrisiko für die nördlichen Investoren wie eine zusätzliche Abschreibung, die bei den Investitionen in neue Designs zu berücksichtigen ist. Gemäss der bekannten Keynes-Ramsey-Regel ist das Wachstum  $g$  bei logarithmischer Nutzenfunktion gleich der Differenz zwischen dem Grenzprodukt des Kapitals  $GPK$  und der Summe aus Diskontrate  $\mathbf{r}$  und Abschreibungsrate, die hier gleich  $\mathbf{m}$  ist; d.h.  $g = GPK - \mathbf{r} - \mathbf{m}$ , vgl. zum folgenden auch GROSSMAN/HELPMAN (1991, ch. 3) und BRETSCHGER (1997, Kap. 5). Kapital besteht in diesem Modell aus Wissenskapital, das durch die innovativen Aktivitäten über positive Spillover erhöht wird. Es werden proportionale Spillover unterstellt, d.h. die Grösse des Wissenskapitals in Region  $j$  ist gleich der Anzahl bestehender Designs  $n$  in  $j$  was ebenso der Anzahl Firmen der Konsumgüterproduktion in  $j$  entspricht. Das Grenzprodukt im innovativen Sektor  $GPK$  ergibt sich in diesem Modell aus dem Quotienten von Ertrag und Preis pro Design. Der Ertrag pro Design in Region  $j$  ist gleich den

gesamten Gewinnen in Region  $j$ ,  $\mathbf{p}^j$ , dividiert durch die Anzahl der in Region  $j$  produzierenden Firmen  $n^j$ ; in der gewählten CES-Form und mit den auf Eins normierten weltweiten Konsumausgaben ergibt sich  $\mathbf{p}^j = (1 - \mathbf{b}) \cdot s^j$ . Im Gleichgewicht mit freiem Marktzugang ist der Preis eines Designs gleich den Kosten pro Design. Die Kosten einer Produktinnovation,  $c_g$ , bestimmen sich aus den Kosten für Arbeit und natürliche Ressourcen pro Design (vgl. Appendix), dividiert durch das frei verfügbare Wissenskapital, das  $n^j$  entspricht. Durch die Normierung des Wissenskapitals auf die Anzahl der existierenden Designs werden sowohl Zähler als auch Nenner der Grenzprodukts  $GPK$  durch  $n^j$  dividiert, so dass sich  $n^j$  wegekürzen lässt. Die erweiterte Keynes-Ramsey-Regel ergibt dann aus dem Verhalten der nördlichen Investoren für die Wachstumsrate der Designs  $g$ :

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) \cdot s^N / c_g \right) - \mathbf{r} - \mathbf{m} \quad (7)$$

$g$  hängt gemäss (7) positiv vom Mark-up über die Grenzkosten, positiv vom Marktanteil des Nordens und negativ von Forschungskosten, Diskontrate und Imitationsrate ab. Ein Vergleich mit der Standardtheorie des endogenen Wachstums mit Forschungssektor zeigt, dass dies genau der Wachstumsrate einer geschlossenen Wirtschaft entspricht, wenn der Marktanteil gleich Eins gesetzt wird und die Abwanderungsrate gleich Null ist. In Modell I ist es der Süden, der mit Hilfe von Imitationen aktiv ist, um Teile der Produktion aus dem Norden abzuführen. Aus dem Verhalten der südlichen Imitatoren kann eine zu (7) analoge Keynes-Ramsey-Beziehung ermittelt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auf dem gleichgewichtigen Wachstumspfad der Weltwirtschaft die Wachstumsrate der im Süden produzierten Güter gleich der Innovationsrate  $g$  ist, d.h.  $g^j = \dot{n}^j / n^j$  mit ( $j=N,S$ ). Für das Grenzprodukt der Imitationstätigkeit sind der Marktanteil des Südens und die Imitationskosten im Süden einzusetzen. Das ergibt für die Wachstumsrate der Designs  $g$ :

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) \cdot s^S / c_m \right) - \mathbf{r} \quad (8)$$

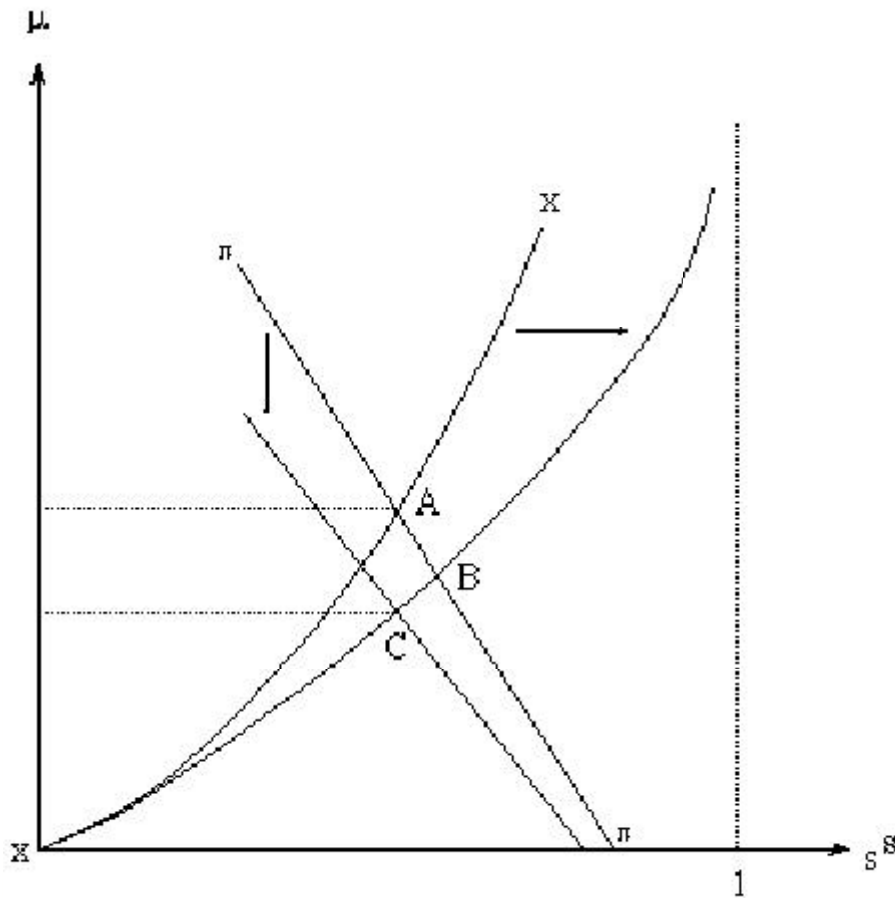
wobei  $c_m$  die Imitationskosten pro Design sind, die sich aus den Kosten für Arbeit und natürliche Ressourcen pro imitiertes Design ergeben (vgl. Appendix).  $g$  hängt gemäss (8) positiv

vom Mark-up über die Grenzkosten, positiv vom Marktanteil des Südens sowie negativ von Imitationskosten und Diskontrate ab. Fassen wir (7) und (8) zusammen, erhalten wir:

$$m = (1 - b)(1/c_g - s^S \cdot (1/c_g + 1/c_m)) \quad (9)$$

Daraus ersieht man die negative Abhängigkeit der Imitationsgeschwindigkeit vom Marktanteil des Südens. Dahinter steht das Verhalten der nördlichen Investoren, die für eine konstante Innovationstätigkeit *ceteris paribus* einen höheren Ertrag in Form eines gesteigerten Marktanteils des Nordens verlangen, wenn das Verlustrisiko durch Imitation zunimmt, vgl. Gleichung 7. Diese negative Beziehung aus der Optimierung der Investoren spielt für die Resultate eine wesentliche Rolle, wie in der folgenden Abbildung 3 gezeigt wird. Unterstellen wir dazu, dass der Norden seine Emissionen reduziert, indem er die Preise der natürlichen Ressourcen durch entsprechende Massnahmen erhöht. Zur konzisen Vermittlung der Auslagerungswirkungen betrachten wir vorerst die kurze Frist, in der die Löhne im Modell noch nicht reagieren; das Resultat mit einer vollständigen Lohnflexibilität wird in Abschnitt 4 präsentiert.

Abbildung 3: Kurzfristige Auswirkung einer Umweltpolitik des Nordens in Modell I



In der Abbildung 3 ist im  $m/s^S$ -Diagramm das Gütermarktgleichgewicht gemäss Ausdruck (5) als  $XX$ -Kurve dargestellt. Mit zunehmender Imitationsgeschwindigkeit nimmt dabei der Weltmarktanteil des Südens zu; er approximiert den Wert Eins. Beziehung (9) ist in der Abbildung (3) als  $pp$ -Gerade eingezeichnet. Höhere Ressourcenpreise im Norden lassen die Preise der nördlichen Konsumgüter ansteigen. Dies verschiebt die Güternachfrage zugunsten der südlichen Güter, so dass sich  $XX$  nach rechts bewegt. Bei konstanter Imitationsgeschwindigkeit nimmt damit der Weltmarktanteil des Südens zu. Aufgrund der negativen Steigung der  $pp$ -Geraden verschiebt sich das Gleichgewicht von  $A$  nach  $B$ ;  $m$  nimmt dabei ab. Eine Erhöhung der Ressourcenpreise im Norden steigert zudem die Kosten im innovativen Sektor, womit sich gemäss (9) die  $pp$ -Gerade nach unten verschiebt, was die Imitationsrate weiter sinken lässt (Punkt  $C$ ). Daraus ergibt sich ein nicht unbedingt erwartetes Ergebnis für die kurze Frist: die nördliche Umweltpolitik führt nicht zu einer sofort erhöhten Abwanderung von Aktivitäten vom Norden in den Süden, sondern senkt kurzfristig die Imitationsgeschwindigkeit, während die Auswirkung bezüglich der Weltmarktanteile von der Grösse der Modellparameter abhängt.

Interessant erscheint jetzt die Frage, ob die kurzfristig verlangsamte Abwanderung von Industrien auch im zweiten Ansatz auftritt. In Modell A („Auslagerung“) ist der Norden aktiv, sowohl bei den Innovationen als auch bei Auslagerung der Produktion in den Süden; die Gewinne gehen alle an die nördlichen Investoren. Die Bestimmung des Wachstums gemäss Keynes-Ramsey-Regel erfolgt analog zu Modell I. Bezüglich Innovationstätigkeit gilt in Modell A, dass der Ertrag einer Produktinnovation gleich den weltweiten Gewinnen dividiert durch die gesamte Anzahl der bestehenden Designs ist. Die Kosten einer Produktinnovation bestimmen sich wieder aus Faktorkosten im Forschungslabor und der Menge des verfügbaren öffentlichen Wissens, das der gesamten Anzahl der bestehenden Designs entspricht. Damit ergibt sich aufgrund der Innovationstätigkeit folgende gleichgewichtige Bestimmung der Wachstumsrate der Designs  $g$ :

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) / c_g \right) - \mathbf{r} \quad (10)$$

Im Vergleich zu (7) zeigt sich, dass in Modell A der für die Gewinnbestimmung relevante Marktanteil immer gleich Eins ist und dass keine Abschreibungen wie in Modell I wegen Imitationen berücksichtigt werden müssen. Soll die Produktion eines differenzieren Gutes vom Norden in den

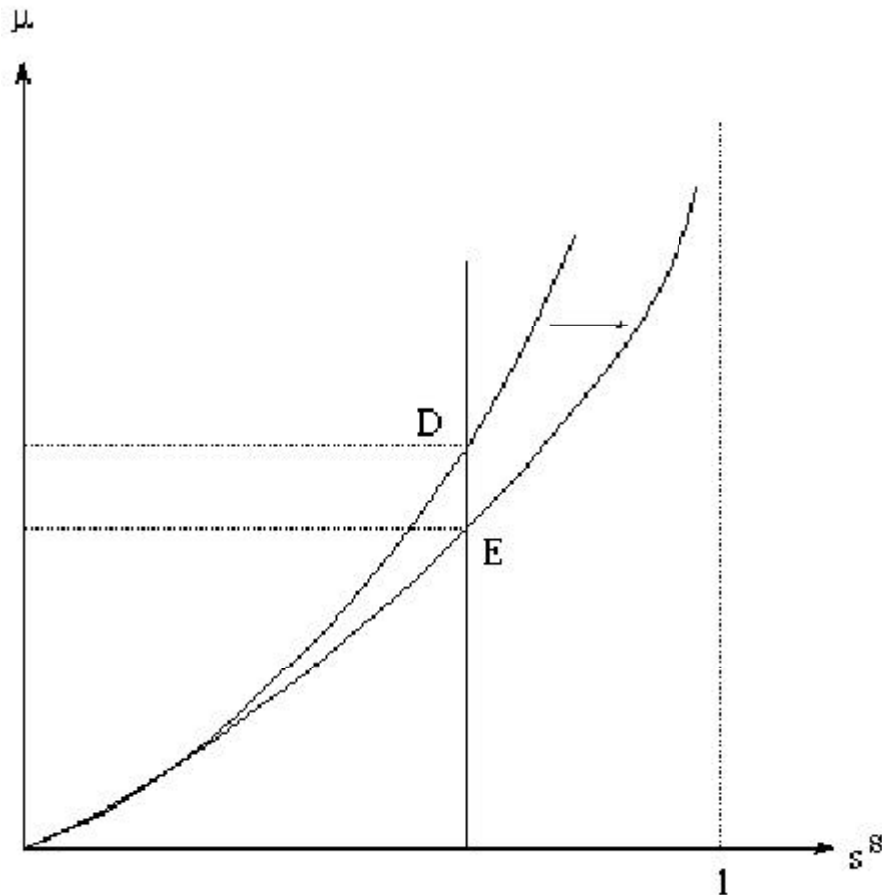
Süden ausgelagert werden, ist für den Ertrag des Designs im Süden der Marktanteil des Südens relevant. Modell A unterstellt, dass der Norden die Eigentumsrechte im Süden durchsetzen kann und dass der Süden bei Innovationen nicht selbständig tätig ist. Für die Installation neuer Produktion im Süden wird deshalb angenommen, dass eine Kombination von Ressourcen aus dem Norden und aus dem Süden nötig ist, dass also der Norden aktiv am Aufbau der Firma im Süden beteiligt ist und für diese Tätigkeit abgegolten wird. Es wird angenommen, dass die Faktorkosten pro Design anstelle von  $c_m$  in Modell I jetzt durch  $c_g \cdot (c_m)^f$  gegeben sind. Je grösser der Parameter  $f$  ist, um so bedeutender sind die südlichen Ressourcen bei der Installation einer neuen Firma im Süden. Aus dem Auslagerungsverhalten der nördlichen Investoren ergibt sich damit folgende gleichgewichtige Bestimmung der Wachstumsrate der Designs  $g$  :

$$g = \left( (1 - b) \cdot s^S / c_g \cdot (c_m)^f \right) - r \quad (11)$$

(10) und (11) lassen sich vereinfachen zu:

$$s^S = (c_m)^f \quad (12)$$

**Abbildung 4: Kurzfristige Auswirkung einer Umweltpolitik des Nordens in Modell A**



Aus (12) wird klar dass die Verteilung der Weltmarktanteile in Modell A von den südlichen Faktorpreisen und vom technischen Parameter bei den Installationen  $f$  abhängt. In der Abbildung 4 ist im  $m/s^S$ -Diagramm wieder das Gütermarktgleichgewicht von Abbildung 3 als  $XX$ -Kurve dargestellt. Das Kapitalmarktgleichgewicht (12) ist jetzt eine Senkrechte und in der Abbildung 4 als  $pp$ -Gerade eingezeichnet. Höhere Ressourcenpreise im Norden bewirken, dass sich  $XX$  wieder nach rechts verschiebt. Aufgrund der senkrechten und (wegen unverändertem  $c_m$ ) konstanten Lage der  $pp$ -Geraden bewegt sich das Gleichgewicht von D nach E;  $m$  nimmt dabei wieder ab, während der Weltmarktanteil im Süden konstant bleibt. Auch in Modell A ergibt sich damit, dass eine Umweltpolitik im Norden keine sofortige Auslagerung der Produktion in den Süden auslöst, sondern dass im Gegenteil die Auslagerungsgeschwindigkeit vorerst abnimmt. Der Grund dafür liegt darin, dass sich die Kosten der Installation im Süden erhöhen, weil zur Auslagerung auch teurer gewordene nördliche Ressourcen benötigt werden. Es wird sich zeigen, dass diese Mechanismen auch bei vollständig flexiblen Löhnen – d.h. in der mittleren und längeren Frist – wichtig bleiben, vgl. dazu Abschnitt 4.

Je zwei Beziehungen für die Faktormärkte von Arbeit und natürlichen Ressourcen im Norden und im Süden sowie die Emissionsfunktionen vervollständigen das Modell, womit die bereits erwähnte Reaktion der Löhne sowie ihre dynamischen Auswirkungen berechnet werden können. Die Faktornachfrage eines Sektors ergibt sich aus dem Produkt der sektoriellen Outputmenge mit dem entsprechenden Inputkoeffizienten  $a$ . Der Output an Konsumgütern ist in Region  $j$  gleich  $n^j \cdot x^j = s^j / p^j$  (vgl. Gleichung 1). Der Output im innovativen Sektor ist gleich  $\dot{n}^j$ ; in diesem Sektor reduziert sich der Inputkoeffizient jeweils um den Gratis-Input des öffentlichen Wissens, womit die sektorielle Arbeitsnachfrage zu  $a_g \cdot \dot{n}^j / n^j = a_g \cdot g$  wird (vgl. den Beginn dieses Abschnitts). Die Gleichgewichte auf den Faktormärkten sind im Norden:

$$\begin{bmatrix} a_{Lx}^N \\ a_{Rx}^N \end{bmatrix} \cdot \left( \frac{s^N}{p^N} \right) + \begin{bmatrix} a_{Lg} \\ a_{Rg} \end{bmatrix} \cdot g = \begin{bmatrix} L^N \\ R^N \end{bmatrix} \quad (13a)$$

und im Süden:

$$\begin{bmatrix} a_{Lx}^S \\ a_{Rx}^S \end{bmatrix} \cdot \left( \frac{s^S}{p^S} \right) + \begin{bmatrix} a_{Lm} \\ a_{Rm} \end{bmatrix} \cdot g = \begin{bmatrix} L^S \\ R^S \end{bmatrix} \quad (13b)$$

wobei  $L$  bzw.  $R$  für die Arbeit bzw. die Ressourcen stehen. Die Verwendung natürlicher Ressourcen in der Region  $j$  ( $j=N,S$ ) verursache Emissionen  $E$  gemäss:

$$E^j = (R^j)^{\mathbf{x}^j} \quad (14)$$

wobei  $\mathbf{x}^j$  den Emissionskoeffizienten der Region  $j$  bezeichnet.

#### 4. WIRKUNGEN EINER UMWELTPOLITIK DES NORDENS

Die Gleichungen 5, 6, 13 und 14 formen ein System, das in Modell I mit den Gleichungen 7 und 8 und in Modell A mit den Gleichungen 10 und 11 ergänzt wird. Daraus lassen sich die Faktor- und Güterpreise, die Marktanteile, die Innovations- und die Abwanderungsrate endogen bestimmen. Es wird im folgenden unterstellt, dass der Norden die Emissionen senkt; darauf passen sich die Faktorpreise im Norden endogen an. Im Süden wird die Anpassung der Löhne sowie die



Veränderung der Emissionen bei exogen (politisch) festgelegten südlichen Ressourcenpreisen betrachtet. Aus den Resultaten für die Innovationsrate und die Emissionen des Südens können Schlüsse über die Wirkungen der Umweltpolitik des Nordens auf die Nachhaltigkeit der Weltwirtschaft gezogen werden. Das Modell ist komplex und hoch interdependent, so dass eine formale Lösung sehr aufwendig wird, vgl. den Appendix mit den zusammengefassten Modellgleichungen. Für die Analyse der Resultate werden deshalb in diesem Abschnitt numerische Beispiele zu einer grafischen Darstellung zusammengefügt. Dazu werden die Modellparameter wie folgt kalibriert:

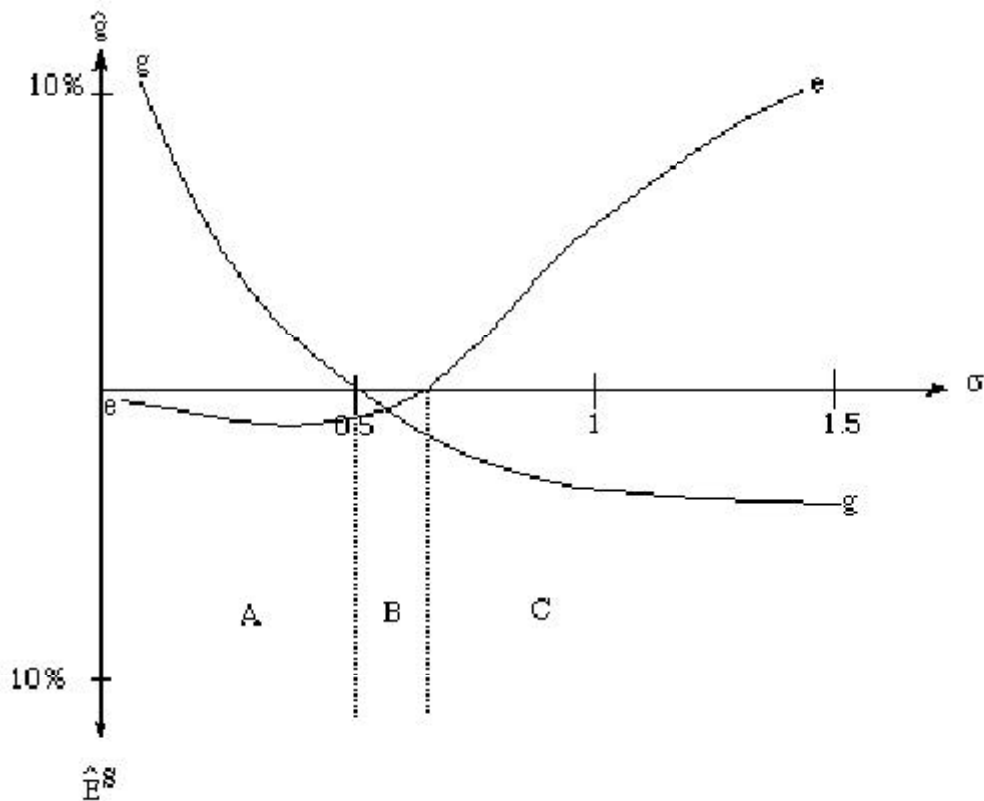
$$e = 1.5, \mathbf{x}^N = 0.3, \mathbf{x}^S = 0.5, \mathbf{f} = 0.3 \text{ und } \mathbf{r} = 0.02$$

Auch sollen folgende Werte für das Ausgangsgleichgewicht gelten:

$$g = 0.02 \text{ und } \mathbf{m} = 0.003$$

Aus dem totalen Differential der Kapital- und Faktormärkte ergeben sich Faktor- und Kostenanteile, deren kalibrierte Werte im Appendix wiedergegeben sind; eine weitere wichtige Grösse, die im Differential der Input-Koeffizienten erscheint (vgl. Appendix), ist die Substitutionselastizität  $\mathbf{s}$  für die Substitution der natürlichen Ressourcen durch den anderen primären Input, Arbeit.  $\mathbf{s}$  ist im Prinzip eine exogene Variable, die durch die Produktionstechnik gegeben ist. Wird angenommen, dass die Flexibilität in der Produktion in der langen Frist grösser ist als in der mittleren, kann  $\mathbf{s}$  auch als Funktion der Anpassungszeit interpretiert werden. Ebenso könnten die Substitutionsmöglichkeiten in einem erweiterten Ansatz von gewissen Rahmenbedingungen, z.B. in der Wirtschaftspolitik, abhängen. In den beiden Grafiken 5 und 6 werden die Auswirkungen einer zehnpromtigen Emissionsverminderung im Norden auf die Innovationstätigkeit und die Emissionen im Süden in Abhängigkeit der Substitutionselastizität  $\mathbf{s}$  für beide Modelle dargestellt. Eine grössere Veränderung der Emissionen im Norden hat proportional grössere Auswirkungen.  $\mathbf{s}$  ist annahmegemäss für beide Regionen gleich gross.

**Abbildung 5: Folgen einer zehnpromtigen Emissionsverminderung im Norden in Modell I**

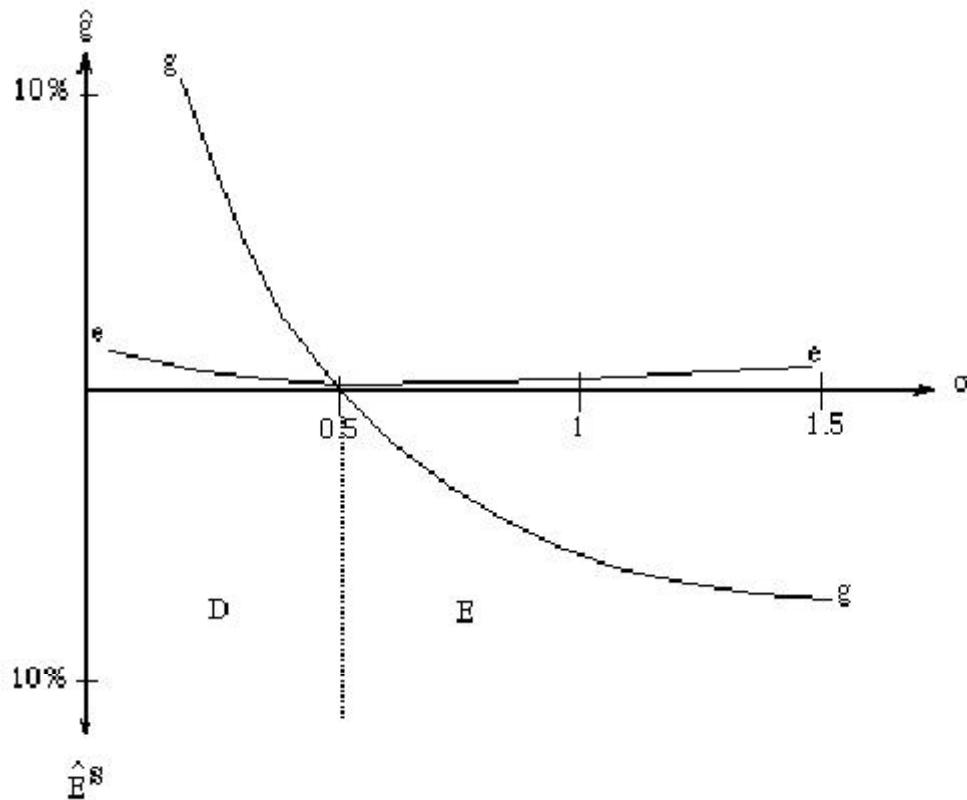


In der Abbildung 5, die das Resultat einer zehnpromtigen Emissionsverminderung des Nordens für Modell I zeigt, ist auf der waagrechten Achse die Substitutionselastizität  $s$  abgetragen. Auf der senkrechten Achse sind vom Ursprung her nach oben hin die prozentuale Veränderung des weltweiten Wachstums  $\hat{g}$  und vom Ursprung her gegen unten die prozentuale Veränderung der Emissionen im Süden  $\hat{E}^S$  angezeigt. Die  $gg$ -Kurve zeigt die Veränderung der gleichgewichtigen Wachstumsrate, die  $ee$ -Kurve die Änderung der südlichen Emissionen. Bezüglich Nachhaltigkeit können je nach Grösse von  $s$  drei Zonen unterschieden werden. In Zone A, d.h. bei tiefer Substitutionselastizität mit  $s < 0,5$ , erhöht sich die Wachstumsrate, während die Emissionen im Süden zunehmen. Das Resultat, dass ein tiefes  $s$  bezüglich Wachstum von Vorteil ist, lässt sich aus der Veränderung der Kosten im innovativen Sektor erklären. Erhöhen sich die Preise für natürliche Ressourcen, steigen bei grossem  $s$  auch die Löhne, was die Forschungskosten in die Höhe treibt. Wenn  $s$  jedoch klein ist, sinken die Löhne, was die Forschungskosten senkt und das Wachstum begünstigt. Derselbe Effekt spielt im analogen Modell der geschlossenen Volkswirtschaft, mit dem Unterschied, dass dort die Grenze für eine positive Wachstumswirkung erhöhter Ressourcenpreise bei  $s = 1$ , d.h. bei einem doppelt so hohen Wert, liegt, vgl. BRETSCHGER (1998b). In den Zonen A und B tritt in der Umweltpolitik ein „Leck“ auf, indem die Emissionsverminderung im Norden teilweise durch eine Emissionszunahme im Süden

aufgehoben wird. Allerdings ist die prozentuale Zunahme im Süden weit geringer als die Reduktion im Norden; zudem ist der Basiswert der Emissionen im Süden realistischerweise weit tiefer als im Norden. Bei hohem  $s$  kann das Leck vermieden werden (die  $ee$ -Kurve befindet sich im „negativen“ Bereich), indem die Substitution von Produktion des Nordens durch Produktion des Südens im Vergleich zur Substitution von natürlichen Ressourcen durch Arbeit im Norden an Bedeutung verliert. In Modell I ergibt sich in den Zonen B und C ein Trade-off für die Umweltpolitik des Nordens. Während in Zone C der Umweltzustand auf Kosten der Dynamik in der Güterproduktion verbessert wird, ist Situation B noch etwas ungünstiger, weil die südlichen Emissionen zunehmen. Für den Süden ist Zone B punkto Umwelt dann problematisch, wenn die eigenen Emissionen negativer gewichtet werden als diejenigen der anderen Region; global gesehen ist der Umweltzustand in B jedoch besser als im Ausgangszustand. In Zone A ergibt sich auf der globalen Ebene ein Fortschritt gegenüber dem Ausgangszustand, sowohl im weltweiten Wachstum als auch beim globalen Emissionsniveau; für die Umwelt im Süden gilt dieselbe Bemerkung wie unter B. Sensitivitätsanalysen zeigen, dass diese Ergebnisse gegenüber einer Variation der Parameterwerte recht robust sind.

Als nächstes werden die analogen Ergebnisse für Modell A kommentiert, vgl. Abbildung 6. Die Wirkung einer zehnpromtigen Senkung der Emissionen im Norden auf die Innovationsrate ist qualitativ wie in Modell I; allerdings fallen die Reaktionen der Wachstumsrate hier ausgeprägter aus. Bei tiefem  $s$  wird die Wachstumsrate durch die Umweltpolitik stärker erhöht als im ersten Ansatz, während bei hohem  $s$  die Wachstumsrate stärker zurückgedrängt wird. Erstaunlich gering ist hier die Wirkung auf die Emissionen im Süden. Insgesamt tritt unter keinen Umständen ein Leck auf, die Emissionen verlaufen sogar – allerdings in abgeschwächter Form – gleichläufig zu den Emissionen des Nordens. Aus der Sicht der Umweltentwicklung ist in Modell A der stärkere Abschliessungseffekt zwischen den Regionen entscheidend. Da die internationale Arbeitsteilung vor allem durch die Produktionsbedingungen im Süden bestimmt wird, verändern unilaterale Umweltmassnahmen des Nordens diese Arbeitsteilung weit weniger als in Modell I. Aus Sicht der globalen Nachhaltigkeit ergibt Modell A eine günstige Prognose für Zone D, während in Zone E ein Absinken des Wachstums aufgrund der Umweltpolitik in Kauf genommen werden muss. Dieses Absinken bedeutet jedoch nicht, dass die Entwicklung nicht nachhaltig ist.  $g$  ist, obwohl vermindert, immer noch positiv. Dieser Hinweis gilt auch für die Zonen B und C in Modell I.

Abbildung 6: Folgen einer zehnpromtigen Emissionsverminderung im Norden, Modell A



## 5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Umweltprobleme und wirtschaftliche Verflechtungen haben eine starke internationale Dimension, die bei der Evaluation unilateraler Umweltmassnahmen zu berücksichtigen ist. Das in diesem Beitrag verwendete Modell umfasst Elemente der Neuen Wachstumstheorie, der Neuen Aussenhandelstheorie sowie der Umweltökonomie. Im Rahmen des gewählten Ansatzes wurde erstens gezeigt, dass der freie Handel zwischen Norden und Süden das Nachhaltigkeitsziel nicht generell gefährdet. Nur unter ganz spezifischen Bedingungen werden Emissionssenkungen des Nordens durch den Süden unterlaufen; dabei ist die globale Senkung der Emissionen in jedem Fall gewährleistet. Das in der statischen Literatur betonte „Aussenhandels-Leck“ in der Umweltpolitik hat damit in der längeren Frist eine viel geringere Bedeutung. Bezüglich Wachstum ist die Wirkung der Umweltpolitik in offenen Wirtschaften hingegen ungünstiger als in geschlossenen Wirtschaften. Bei flexibler Produktionstechnik findet im Anschluss an die Emissionsverminderung eine Reduktion der Wachstumsrate statt; die Wachstumsraten bleiben aber auch nach der Umweltpolitik positiv. Zweitens zeigt sich im Vergleich der beiden Abwanderungsmechanismen, dass die

Imitationshypothese eine stärkere Umweltwirkung und eine schwächere Wachstumswirkung der Umweltpolitik prognostiziert, während im Falle der Auslagerungshypothese vor allem die Wachstumswirkung zu beachten ist.

Die gezeigten Resultate legen den Schluss nahe, dass im Rahmen der Nord-Süd-Betrachtung die Abwanderung von Industrien in den Süden kein wesentliches Hindernis für die Umweltpolitik des Nordens darstellt. Dabei ist aber zu beachten, dass das verwendete Modell von der Annahme ausgeht, dass nur die Regionen, die eine Emissionsverminderung durchführen, selber innovativ sind. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zum Szenario, in dem einzelne Industrieländer unilaterale Massnahmen durchführen. Ein weiteres Resultat betrifft das Aktivitätsniveau der Wirtschaft des Südens. Es ist festzuhalten, dass die Emissionsentwicklung im Süden bei fixen Emissionskoeffizienten wesentlich durch den südlichen Output bestimmt wird, so dass massive Emissionssenkungen im Süden mit gewissen Outputminderungen erkaufte werden müssen. Daraus ergibt sich die Folgerung, dass bei flexibler Produktionstechnik und bei Gültigkeit der Imitationshypothese (Modell I) die wirtschaftliche Entwicklung des Südens unter der Umweltpolitik des Nordens leiden kann. Damit ist der Fall nicht auszuschliessen, dass die Nachhaltigkeit für die Bewohner im Süden aufgrund mangelnder Dynamik über eine längere Zeit nicht erfüllt werden kann.

Mögliche Erweiterungen des Modells betreffen zum einen die endogene Bestimmung der Emissionskoeffizienten. Es könnte ein Wissenstransfer vom Norden in den Süden modelliert werden, der dazu beiträgt, dass der Emissionskoeffizient im Süden endogen vermindert werden kann. Generell wären zusätzlich die Annahme einer verstärkten Wissensdiffusion vom Norden in den Süden ebenso wie Ansätze der „joint implementation“ in der Umweltpolitik denkbar, welche die Dynamik im Süden vergrössern würden. Zusätzlich könnte auch die zentrale Hypothese der Abwanderung von Industrien noch weiter verfeinert und für verschiedene Szenarien flexibel angepasst werden.

## LITERATUR

- Bovenberg, L.A. and Smulders, S. (1995): Environmental Quality and Pollution Augmenting Technical Change in a Two-Sector Endogenous Growth Model, *Journal of Public Economics*, 57: 369–91
- Bretschger, L. (1997): Integration und langfristige Wirtschaftsentwicklung, Oldenbourg Verlag
- Bretschger, L. (1998a): The Sustainability Paradigm: A Macroeconomic Perspective, *Revue Région et Développement*, No. 7: 73–103
- Bretschger, L. (1998b): How to Substitute in Order to Sustain: Knowledge Driven Growth Under Environmental Restrictions, *Environment and Development Economics*, forthcoming
- Elbasha, E.H. and Roe, T.L. (1996): On Endogenous Growth: The Implications of Environmental Externalities, *Journal of Environmental Economics and Management*, 31: 240–268
- Felder, S. and Rutherford, T. (1993): Unilateral CO<sub>2</sub> Reductions and Carbon Leakage: The Consequences of International Trade and Basic Materials, *Journal of Environmental Economics and Management*, 25: 162–176
- Gradus, R. and Smulders, S. (1993): The Trade-off between Environmental Care and Long-Term Growth – Pollution in Three Prototype Growth Models, *Journal of Economics*, No.1: 25–51
- Grossman, G. M. and Helpman, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge Mass.
- Hettich, F. (1998): Growth Effects of a Revenue Neutral Environmental Tax Reform, *Journal of Economics*, forthcoming
- Killinger, S. und Schmidt, C. (1997): Nationale Umweltpolitik und internationale Integration - theoretische Ansätze im Überblick, Diskussionsbeitrag 289, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Statistik der Universität Konstanz
- Krugman, P. (1979): A Model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income, *Journal of Political Economy*, 87: 253–266
- Pezzey, J. (1989): Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development, World Bank, *Environment Department Working Paper* No. 15

Romer, P.M. (1990): Endogenous Technical Change, *Journal of Political Economy*, 98: S71-S102

Schulze, G. and Ursprung, H. (1998): Environmental Policy in an Integrated World Economy, Paper presented at the *Concluding Symposium of the Cooperative Research Programme „Internationalisation of the Economy“*, University of Konstanz

van den Bergh, and Nijkamp (1998): A Multiregional Perspective on Growth and Environment: The Role of Endogenous Technology and Trade, *Annals of Regional Science*, 32:115–131

van de Klundert, T. and Smulders, S. (1996): North-South Knowledge Spillovers and Competition: Convergence versus Divergence, *Journal of Development Economics*, Vol 50: 215–232

## Appendix

Die beiden Modellvarianten lassen sich je in 8 Gleichungen vollständig zusammenfassen. Dabei sind in der Folge die Güterpreise in allen Gleichungen durch die Stückkosten gemäss Gleichung (6) ersetzt. Die Kosten für Arbeit und Ressourcen sind pro neu erfundenes Design  $c_g = \sum_i a_{ig} \cdot w_i^N$  ( $i=L,R$ ) und pro imitiertes bzw. ausgelagertes Design im Süden  $c_m = \sum_i a_{im} \cdot w_i^S$ . Die Ressourcenmengen  $R$  in den Faktormärkten (13) sind aufgrund Gleichung (14) durch Emissionsmengen  $E$  ausgedrückt. Das ergibt für die Modelle I und A:

$$\begin{bmatrix} a_{Lx}^N \\ a_{Rx}^N \end{bmatrix} \cdot \left( \frac{s^N}{\sum_i a_{ix}^N \cdot w_i^N / \mathbf{b}} \right) + \begin{bmatrix} a_{Lg} \\ a_{Rg} \end{bmatrix} \cdot g = \begin{bmatrix} L^N \\ (E^N)^{1/\alpha^N} \end{bmatrix}$$

Arbeitsmarkt im Norden  
Ressourcenmarkt im Norden

$$\begin{bmatrix} a_{Lx}^S \\ a_{Rx}^S \end{bmatrix} \cdot \left( \frac{s^S}{\sum_i a_{ix}^S \cdot w_i^S / \mathbf{b}} \right) + \begin{bmatrix} a_{Lm} \\ a_{Rm} \end{bmatrix} \cdot g = \begin{bmatrix} L^S \\ (E^S)^{1/\alpha^S} \end{bmatrix}$$

Arbeitsmarkt im Sueden  
Ressourcenmarkt im Sueden

$$\frac{s^N}{s^S} = \frac{g}{\mathbf{m}} \cdot \left( \frac{\sum_i a_i^N \cdot w_i^N}{\sum_i a_i^S \cdot w_i^S} \right)^{1-\epsilon}$$

Weltgütermarkt

$$s^S = 1 - s^N$$

Identität

Zusätzlich gilt für Modell I:

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) \cdot s^N / \sum_i a_{ig} \cdot w_i^N \right) - \mathbf{r} - \mathbf{m}$$

Kapitalmarktgleichgewicht (N)

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) \cdot s^S / \sum_i a_{im} \cdot w_i^S \right) - \mathbf{r}$$

Kapitalmarktgleichgewicht (S)

Zusätzlich gilt für Modell A:

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) / \sum_i a_{ig} \cdot w_i^N \right) - \mathbf{r}$$

Kapitalmarktgleichgewicht (N)

$$g = \left( (1 - \mathbf{b}) \cdot s^S / \sum_i a_{ig} \cdot w_i^N \cdot \left( \sum_i a_{im} \cdot w_i^S \right)^f \right) - \mathbf{r}$$

Kapitalmarktgleichgewicht (S)



Bei exogen (d.h. politisch) gegebenem Preis der natürlichen Ressource im Süden stehen damit für jedes Modell acht Gleichungen für die acht endogenen Variablen:

$$s^N, s^S, g, \mathbf{m}, w_L^N, w_L^S, w_R^N, E^S$$

zur Verfügung. Die Modellgleichungen werden total differenziert und in Wachstumsraten ausgedrückt. Für die (mit einem Dach bezeichnete) prozentuale Veränderung der Inputkoeffizienten wird dabei die folgende Relation eingesetzt:  $\hat{a}_{Lx} = -\mathbf{q}_{Rx} \mathbf{s} (\hat{w}_L - \hat{w}_R)$ ; analog wird für die anderen  $a$ -Parameter verfahren. Durch die Berechnung der Veränderung der Input-Koeffizienten kommt damit die Substitutionselastizität  $\mathbf{s}$  in die Berechnung der Auswirkungen einer Umweltpolitik. Die sektoralen Faktor- bzw. Kostenanteile werden mit den Parametern  $\mathbf{I}$  bzw  $\mathbf{q}$  bezeichnet. Als kalibrierte Werte für diese Parameter werden die folgenden Werte verwendet:

$\mathbf{q}_{Lx}^N = 0.8$	$\mathbf{q}_{Rx}^N = 0.2$	$\mathbf{q}_{Lx}^S = 0.9$	$\mathbf{q}_{Rx}^S = 0.1$
$\mathbf{q}_{Lg} = 0.9$	$\mathbf{q}_{Rg} = 0.1$	$\mathbf{q}_{Lm} = 0.95$	$\mathbf{q}_{Rm} = 0.05$
$\mathbf{I}_{Lx}^N = 0.95$	$\mathbf{I}_{Rx}^N = 0.99$	$\mathbf{I}_{Lx}^S = 0.98$	$\mathbf{I}_{Rx}^S = 0.99$
$\mathbf{I}_{Lg} = 0.05$	$\mathbf{I}_{Rg} = 0.01$	$\mathbf{I}_{Lm} = 0.02$	$\mathbf{I}_{Rm} = 0.01$

## ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag werden die Auswirkungen von Umweltmassnahmen auf das weltwirtschaftliche Wachstum und das globale Emissionsniveau analysiert. Dazu wird ein makroökonomisches Nord-Süd-Modell mit zwei verschiedenen Hypothesen zum Abwanderungsverhalten von Firmen aus dem Norden in den Süden konstruiert („Imitations“- bzw. „Auslagerungshypothese“). Es kann gezeigt werden, dass der freie Handel zwischen den Weltregionen die Wirksamkeit der Umweltpolitik des Nordens nicht zu beeinträchtigen vermag. Weiter stellt sich heraus, dass die „Imitationshypothese“ gegenüber der „Auslagerungshypothese“ eine stärkere Umweltwirkung und eine schwächere Wachstumswirkung der Umweltpolitik prognostiziert.

## SUMMARY

The paper studies the effects of environmental policy on world-wide growth and the global emission level. For this purpose, a macroeconomic North/South-model with two different assumptions on the dislocation of firms from North to South is constructed („imitation“- and „production shift“-hypothesis). It can be shown that free trade between world regions does not harm the effectiveness of environmental policy of the North. Also, it emerges that the „imitation“-hypothesis predicts a stronger effect on the environment and a weaker impact on growth compared to the „production shift“-hypothesis.

## RESUME

Dans cet article, nous examinons les effets des mesures politiques environnementales sur la croissance mondiale et le niveau d'émissions globales. A ce propos nous construisons un modèle macro-économique „Nord/Sud“ avec deux hypothèses sur la mobilité des entreprises entre le Nord et le Sud („hypothèse d'imitation“ et „hypothèse de dislocation de production“). Il en résulte que le libre échange entre les régions mondiales ne diminue pas l'effectivité de la politique environnementale du Nord ainsi que la „hypothèse d'imitation“ prédit un effet plus fort sur l'environnement et un effet plus faible sur la croissance comparé à la „hypothèse de la dislocation de production“.