ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Hübner, Marion

Book — Digitized Version

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten

Finanzwissenschaftliche Schriften, No. 98

Provided in Cooperation with:
Peter Lang International Academic Publishers

Suggested Citation: Hübner, Marion (2000) : Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten, Finanzwissenschaftliche Schriften, No. 98, ISBN 978-3-631-75161-9, Peter Lang International Academic Publishers, Berlin, https://doi.org/10.3726/b13717

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/182810

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.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

FINANZWISSENSCHAFTLICHE SCHRIFTEN

Marion Hübner

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten

PETER LANG

FINANZWISSENSCHAFTLICHE SCHRIFTEN

Marion Hübner

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten

Verzichten Regierungen auf Umweltschutzmaßnahmen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit ihrer Industrie nicht zu gefährden oder eine Abwanderung von Unternehmen zu verhindern? Oder forciert genau umgekehrt eine rigide Umweltschutzpolitik die Innovationsfähigkeit der Unternehmen und sichert ihnen so langfristig eine Vormachtstellung auf dem Weltmarkt? Diese Fragen werden für einen internationalen Oligopolmarkt analysiert. Mit Hilfe spieltheoretischer Methoden werden die umweltpolitischen Entscheidungen hinsichtlich ihrer Effizienz beurteilt. Es zeigt sich, daß sie nur in seltenen Fällen optimal sind. Sowohl zuviel wie auch zuwenig Umweltschutz sind möglich. Selbst bei national begrenzten Umweltproblemen verspricht daher eine internationale Zusammenarbeit Vorteile.

Marion Hübner ist wissenschaftliche Assistentin an der FernUniversität Hagen, Lehrstuhl für Finanzwissenschaft. Promotion 1999.

Retrodigitization in 2018

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten

FINANZWISSENSCHAFTLICHE SCHRIFTEN

Herausgegeben von den Professoren
Albers, Krause-Junk, Littmann, Oberhauser, Pohmer, Schmidt

Band 98

PETER LANG
Frankfurt am Main · Berlin · Bern · Bruxelles · New York · Oxford · Wien

Marion Hübner

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten

PETER LANG
Europäischer Verlag der Wissenschaften

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Hübner, Marion:

Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten / Marion Hübner. - Frankfurt am Main ; Berlin ; Bern ; Bruxelles ; New York ; Oxford ; Wien : Lang, 2000
(Finanzwissenschaftliche Schriften ; Bd. 98)
Zugl.: Hagen, Fernuniv., Diss., 1999
ISBN 3-631-36326-5

Open Access: The online version of this publication is published on www.peterlang.com and www.econstor.eu under the international Creative Commons License CC-BY 4.0. Learn more on how you can use and share this work: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0.

This book is available Open Access thanks to the kind support of ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft.

Gedruckt auf alterungsbeständigem, säurefreiem Papier.

D 708
ISSN 0170-8252
ISBN 3-631-36326-5

ISBN 978-3-631-75161-9 (eBook)
© Peter Lang GmbH
Europäischer Verlag der Wissenschaften
Frankfurt am Main 2000

Printed in Germany 1 2 3 4 5 6 7

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis VII
Symbolverzeichnis IX
1 Einleitung 1
1.1 Problemstellung 1
1.2 Außenhandel und Umweltschutz 1
1.2.1 Der Einfluß des Handels auf die Umwelt 2
1.2.2 Der Einfluß der Umweltpolitik auf den Außenhandel 5
1.3 Aufbau der Arbeit 7
2 Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit 9
2.1 Zum Begriff "Ökodumping" 11
2.2 Umweltpolitik bei vollkommener Konkurrenz 15
2.2.1 Kleines Land 15
2.2.2 Großes Land 19
2.3 Umweltpolitik in einem internationalen Oligopolmarkt 22
2.3.1 Das Modell 22
2.3.2 Die Produktionsentscheidung der Unternehmen 24
2.3.3 Die Umweltpolitik der Regierungen 28
2.3.4 Die Effizienz des nichtkooperativen Gleichgewichts 36
2.3.5 Beispiel 43
2.4 Bertrand-Wettbewerb 47
2.5 Multinationale Unternehmen 53
2.6 Der Einsatz einer Schadstoffvermeidungstechnologie 59
2.6.1 Die Entscheidung der Unternehmen 60
2.6.2 Die umweltpolitische Entscheidung der Regierungen ohne Subventionsinstrument 64
2.6.3 Die Umweltpolitik mit Emissionssteuern und der Subvention von Schadstoffvermeidungsaktivitäten 68
2.7 Harmonisierung, Mindeststeuersätze, Höchststandards und proportionale Emissionsreduktionen 73
2.8 Zusammenfassung 82
3 Standards statt Steuern? Die Wahl des umweltpolitischen Instruments 87
3.1 Das Modell 90
3.2 Die Wahl des umweltpolitischen Instruments bei exogenem Umweltziel 91
3.3 Die Wahl des Umweltpolitikinstruments bei endogener umweltpolitischer Zielfindung 98

3.4 Zusammenfassung 106
4 Umweltpolitik und Umweltschutzinnovationen 109
4.1 Die Porter-Hypothese 109
4.2 Strategische F&E-Investitionen 111
4.3 Der Zeitpunkt der Innovation 120
4.4 Patentrennen 132
4.5 Zusammenfassung 142
5 Umweltschutz und Standortwahl 145
5.1 Das Modell 148
5.2 Die Produktionsentscheidung der Unternehmen 150
5.3 Die Standortentscheidungen der Unternehmen 153
5.4 Die Entscheidung der Regierungen 162
5.5 Grenzüberschreitende Schadstoffemissionen 171
5.6 Der Einfluß der Fixkosten 173
5.7 Der Einfluß der Transportkosten 179
5.8 Zusammenfassung 184
6 Zusammenfassung 187
Literaturverzeichnis 193
Anhang zu Abschnitt 2.3 199
Anhang zu Abschnitt 2.4 201
Anhang zu Abschnitt 2.6 202
Anhang zu Abschnitt 3.2 206
Anhang zu Abschnitt 3.3 207
Anhang zu Abschnitt 4.2 216
Anhang zu Abschnitt 4.3 218
Anhang zu Abschnitt 5.4 220
Anhang zu Abschnitt 5.7 222

Abbildungsverzeichnis

ABB. 2.1: Kleines Land bei vollkommener Konkurrenz
ABB. 2.2: Großes Land bei vollkommener Konkurrenz
ABB. 2.3: Wirkung einer Erhöhung von t_A auf das Marktgleichgewicht in einem Cournot-Duopol
ABB. 2.4: Rent-capture Effekt in Abhängigkeit von der Unternehmenszahl
ABB. 2.5: Paretoverbesserungen
ABB. 2.6: Das teilspielperfekte Gleichgewicht bei Exportländern
ABB. 2.7: Teilspielperfektes Gleichgewicht zwischen Importland A und Exportland B
ABB. 2.8: Isowohlfahrtslinien, Reaktionsfunktion und teilspielperfektes Gleichgewicht bei $\theta_A = \theta_B = 0{,}5$
ABB. 2.9: Wirkung einer Erhöhung von t_A auf das Marktgleichgewicht bei Bertrand-Wettbewerb
ABB. 2.10: Das teilspielperfekte Gleichgewicht bei symmetrischen Exportländern mit Bertrand-Wettbewerb (und linearen Nachfrage- und Kostenfunktionen)
ABB. 2.11: Komparativ-statische Wirkung einer Erhöhung des Steuersatzes t_A
ABB. 2.12: Komparativ-statische Wirkung einer Erhöhung des Subventionssatzes s_A
ABB. 2.13: Vorzeichen der strategischen Effekte in Abhängigkeit von der Schadstoffvermeidungstechnologie
ABB. 2.14: Steuerharmonisierung und Mindeststeuersätze im Exportduopol bei asymmetrischen Schadensfunktionen
ABB. 2.15: Mindeststeuersätze und Steuerharmonisierung bei asymmetrischer Nachfrage
ABB. 2.16: Marktgleichgewicht bei Regulierung durch Emissionsstandards
ABB. 2.17: Proportionale Emissionsreduktion und Harmonisierung bei asymmetrischer Nachfrage
ABB. 2.18: Harmonisierung und Höchststandards im Exportduopol bei asymmetrischen Schadensfunktionen
ABB. 3.1: Das Gewinnmaximierungsproblem von Unternehmen A bei Regulierung durch einen Prozeß- oder Emissionsstandard
ABB. 3.2: Unternehmensgewinne und Steuereinnahmen bei exogenem Umweltziel $\bar{e}$ in beiden Ländern
ABB. 3.3: Teilspielperfektes Gleichgewicht bei exogenem Umweltziel $\bar{e}$ in beiden Ländern
ABB. 3.4: Produktionsmengen der Unternehmen in Abhängigkeit vom umweltpolitischen Instrument (bei exogen gegebenem Umweltziel)
ABB. 3.5: Vergleich von Emissionssteuern und Emissionsstandards bei endogenem Umweltziel
ABB. 3.6: Reaktionsfunktionen der Unternehmen in Abhängigkeit vom umweltpolitischen Instrument
ABB. 3.7: Teilspielperfektes Gleichgewicht und Marktgröße
ABB. 3.8: Kooperative und nichtkooperative Lösung im Vergleich

ABB. 3.9: Eigenschaften der teilspielperfekten Gleichgewichte
ABB. 4.1: Gleichgewicht der F&E-Ausgaben
ABB. 4.2: Komparativ-statische Wirkungen einer Erhöhung des Emissionssteuersatzes t_A
ABB. 4.3: Reaktionskorrespondenz von Unternehmen A
ABB. 4.4: Innovationszeiten im Gleichgewicht bei gleichen Steuersätzen in A und B
ABB. 4.5: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}1$
ABB. 4.6: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}3$
ABB. 4.7: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}5$
ABB. 4.8: Wirkung einer gemeinsamen Steuersatzerhöhung auf die Innovationszeiten
ABB. 4.9: Gleichgewicht der F&E-Ausgaben im Patentrennen und Wirkung einer Steuererhöhung in Land A
ABB. 4.10: F&E und Barwert der Gewinne bei einer Steuererhöhung in Land A
ABB. 4.11: F&E-Ausgaben und Barwert der Gewinne bei gemeinsamer Erhöhung von $t := t_A = t_B$
ABB. 5.1: Unternehmensgewinne in Abhängigkeit von der Standortentscheidung
ABB. 5.2: Die Standortentscheidungen der Unternehmen
ABB. 5.3: Transportkosten, Standortwahl und Umweltpolitik
ABB. 5.4: Produktionstechnik und Standortentscheidung
ABB. 5.5: Fixkosten, Standortwahl und Umweltpolitik
ABB. 5.6: Marktgröße und Umweltpolitik
ABB. 5.7: Die Marktgröße in A und B
ABB. 5.8: Der Einfluß der Marktgröße in Land A
ABB. 5.9: Der Einfluß der Marktgröße in Land B
ABB. 5.10: Wohlfahrt, Gewinn und Emissionen in Land A in Abhängigkeit vom inländischen Emissionssteuersatz
ABB. 5.11: Standortentscheidung ohne Fixkosten und Transportkosten
ABB. 5.12: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A
ABB. 5.13: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze
ABB. 5.14: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze bei grenzüberschreitenden Emissionen
ABB. 5.15: Standortwahl bei Fixkosten $h = f > 0$
ABB. 5.16: Standortwahl bei Fixkosten $f > h \geq 0$
ABB. 5.17: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A bei $f > h \geq 0$
ABB. 5.18: Standortentscheidung bei Transportkosten
ABB. 5.19: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A bei Berücksichtigung von Transportkosten
ABB. 5.20: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze bei Berücksichtigung von Transportkosten

Symbolverzeichnis

c	konstante Grenzkosten
e	Schadstoffemissionen eines Unternehmens
f	Fixkosten bei Produktion im Ausland
h	Fixkosten bei Produktion im Inland
k	Transportkosten je Mengeneinheit
m	Zahl der Unternehmen in Land B
n	Zahl der Unternehmen in Land A
p	Preis
q	Konsum
r	Zinssatz
s	Subventionssatz der Schadstoffvermeidungsinvestitionen
t	Emissionssteuersatz
u	Emissionen pro Stück
v	Investition eines Unternehmens in Land A in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung (Abschnitt 2.6) bzw. in die Entwicklung von Umweltschutzinnovationen (Kapitel 4)
x	Produktionsmenge eines Unternehmens in Land A
y	Produktionsmenge eines Unternehmens in Land B
z	Investition eines Unternehmens in Land B in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung (Abschnitt 2.6) bzw. in die Entwicklung von Umweltschutzinnovationen (Kapitel 4)
D	Schadensfunktion
I	Einkommen
K	Kostenfunktion
W	Wohlfahrt
X	Produktionsmenge in Land A
Y	Produktionsmenge in Land B
α	Nachfrageparameter (Marktgröße)
γ	Globalitätsgrad der Schadstoffemissionen
δ	Parameter der Schadensfunktion
θ	Nachfrageparameter, Anteil eines Landes am Gesamtkonsum
λ	hazard-Rate
π	Unternehmensgewinn
τ	Zeit
ω	Anteil der repatriierten Gewinne
Π	Barwert der Unternehmensgewinne
*	Index für effiziente Lösungen
^{N}	Index für nichtkooperative Gleichgewichtswerte
^{P}	Index für kooperative Lösungen der Exportländer

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Immer mehr Ländern ist durch eine Mitgliedschaft in Freihandelsabkommen der Zugang zu handelspolitischen Instrumenten verwehrt. Das wirft die Frage auf, ob in Abwesenheit solcher Instrumente ersatzweise die Umweltpolitik zum Instrument der Exportförderung oder des Schutzes der heimischen Industrie mutiert. Häufig wird die Befürchtung geäußert, daß Regierungen einen Anreiz haben, ihre Umweltschutzbestimmungen zu lax auszugestalten, um der heimischen Industrie Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Unter dem Schlagwort "Ökodumping" wird diese Möglichkeit zur Zeit intensiv diskutiert.

Dieser Problemkreis bildet das Thema der vorliegenden Arbeit. Dabei werden oligopolistisch strukturierte Märkte im Mittelpunkt der Analyse stehen. Das bedarf angesichts der Verbreitung von Oligopolmärkten in der Praxis kaum einer Begründung. Erstaunlicherweise ist dieser Bedeutung in der Literatur nicht in entsprechendem Maße Rechnung getragen worden. Die ersten Beiträge, die im hier diskutierten Kontext auch oligopolistische Märkte analysieren, sind erst Anfang der neunziger Jahre erschienen, angeregt durch die in der Diskussion um die strategische Handelspolitik gewonnenen Erkenntnisse. Die Nähe vieler Argumente zu Wirkungsmechanismen aus der Literatur zur strategischen Handelspolitik hat sich entsprechend in der Begriffsbildung "strategische Umweltpolitik" niedergeschlagen.

Der folgende Abschnitt 1.2 versucht, einen Einblick in das Beziehungsgeflecht von Außenhandel und Umweltschutz zu geben, um so die Einordnung des Themas in einen größeren Gesamtzusammenhang zu ermöglichen. Abschnitt 1.3 gibt einen Überblick über den weiteren Aufbau der Arbeit.

1.2 Außenhandel und Umweltschutz

Der Zusammenhang von Außenhandel und Umweltschutz birgt reichlich Konfliktpotential. Bereits in den siebziger Jahren erschienen wissenschaftliche Beiträge zu dieser Thematik. Die aktuelle Diskussion zum Ökodumping ebenso wie eine wachsende Anzahl umweltbezogener Handelskonflikte zeugen von der weiter anhaltenden Aktualität dieses Themas, das angesichts der fortschreitenden wirtschaftlichen Integration, sich verschärfender Umweltprobleme sowie

einer zunehmenden Globalisierung der Umweltproblematik zukünftig sogar noch an Bedeutung gewinnen dürfte.

Zwei Fragenkomplexe prägen das Zusammenwirken von Außenhandel und Umweltschutz:

- Welchen Einfluß hat die Aufnahme von Handelsbeziehungen auf die Umwelt? Welche Wohlfahrtswirkungen hat der Handel, wenn man die Umwelt als mittlerweile knappes Gut in die Analyse einbezieht? Schadet der Handel der Umweltqualität? Oder sind Handel und Umweltschutz miteinander verträglich? Inwieweit sollten gegebenenfalls handelspolitische Maßnahmen zum Schutz der Umwelt ergriffen werden?
- Die Antworten hängen unter anderem von der Ausgestaltung der Umweltpolitik ab. Sie legt gewissermaßen den Preis fest, der für die Inanspruchnahme der Umwelt zu entrichten ist. Damit stellt sich umgekehrt die Frage nach der Ausgestaltung der Umweltpolitik in einer offenen Volkswirtschaft. Dieses Problem steht im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit.

Außenhandel und Umweltschutz sind also in mehrfacher Hinsicht miteinander verflochten.[1] Zum einen hat der Handel und damit natürlich auch jede Form von Handelspolitik Einfluß auf die Umwelt. Aber auch umgekehrt beeinflußt die Umweltpolitik eines Landes den Außenhandel.

1.2.1 Der Einfluß des Handels auf die Umwelt

(i) Im Zuge einer Handelsliberalisierung wird die Umwelt durch das höhere Transportvolumen belastet (verkehrsbedingte Verschmutzung, Energieverbrauch).

(ii) Eine Liberalisierung des Außenhandels stimuliert das wirtschaftliche Wachstum. Der Einfluß des Wirtschaftswachstums auf die Umwelt ist jedoch strittig. Einerseits zieht die Ausweitung von Produktion und Konsum eine höhere Umweltbelastung nach sich: Ressourcenverbrauch und zusätzliche Schadstoffbelastung durch eine höhere Produktion umweltbelastender Produkte. Auf der anderen Seite gibt es Anhaltspunkte dafür, daß mit höherem Einkommen die Nachfrage nach Umweltqualität steigt.[2] Entsprechend stehen dann mehr Mittel

---

1 Ein ausführlicher Überblick findet sich in Helm (1995).

2 Vgl. Helm (1995, S. 32 ff.) und die dort zitierte Literatur.

für den Umweltschutz zur Verfügung, so daß der Handel durchaus als Vehikel für den Umweltschutz dienen kann.

(iii) Der Handel verändert nicht nur den Umfang von Produktion und Konsum, sondern auch die Produktionsstruktur, wenn die Länder ihre komparativen Vorteile durch Spezialisierung auf bestimmte Güter nutzen. Sieht man die Umwelt in der Rolle eines knappen Produktionsfaktors, mit dem die Staaten unterschiedlich ausgestattet sind, so werden sich (nach dem Heckscher-Ohlin-Modell) jene Länder, die relativ reichlich mit dem Faktor Umwelt ausgestattet sind[3], auf solche Güter spezialisieren, deren Produktion relativ umweltintensiv ist. Eine solche Spezialisierung ist bei Produktionsfaktoren wie Arbeit oder Kapital der Wohlfahrt der Staaten förderlich (auch wenn die entstehenden Handelsgewinne so ungleich verteilt sein können, daß für einzelne Wirtschaftssubjekte durchaus ein Wohlfahrtsverlust eintreten kann). Für den Faktor Umwelt, der die Züge eines öffentlichen Gutes trägt, muß das jedoch nicht gelten. Wie knapp der Faktor Umwelt ist, wird weniger über den Markt als vielmehr durch die Umweltpolitik bestimmt. Diese muß adäquat ausgestaltet sein, damit komparative Kostenvorteile in Bezug auf die Umweltausstattung tatsächlich in der richtigen Höhe ausgewiesen werden.[4] Anders formuliert: Es hängt wesentlich von der Umweltpolitik eines Landes ab, ob Handelsgewinne zu erwarten sind oder nicht.

(iv) Handelspolitische Maßnahmen beeinflussen Art und Umfang der Handelsströme und auf diesem Weg wie beschrieben auch die Umwelt. Neben dieser mittelbaren Beeinflussung lassen sich handelspolitische Instrumente jedoch auch direkt einsetzen, um nationale umweltpolitische Ziele durchzusetzen. Dazu zählen Importsubventionen für Güter, deren Produktion im eigenen Land stark umweltverschmutzend wäre, oder Exportverbote für Ressourcen, die dem Land nur begrenzt zur Verfügung stehen (zum Beispiel Holz in Kanada oder den

---

3 Die Ausstattung eines Landes mit dem Faktor Umwelt wird bestimmt durch

- physikalische Bedingungen wie Landesgröße, Bevölkerungsdichte, Verfügbarkeit von Aufnahmemedien für Schadstoffe,
- durch die Präferenzen der Bevölkerung für Güter, deren Produktion umweltbelastend ist, sowie
- durch die Präferenzen der Bewohner für Umweltqualität. Diese legen zusammen mit Einkommensbeschränkungen die Nachfrage nach Umweltqualität fest (Rauscher, 1997, S. 24 f.).

4 Helm (1995, S. 34 ff.).

USA). Solche Maßnahmen bergen neben ihrer second-best-Problematik jedoch vor allem die Gefahr, daß Umweltschutzargumente für protektionistische Ziele mißbraucht werden ("grüner Protektionismus").

(v) Neben dem Einsatz handelspolitischer Maßnahmen im Dienste der nationalen Umwelt wird weiterhin die Frage diskutiert, ob Handelssanktionen oder umgekehrt der Abbau bestehender Handelsrestriktionen (stick and carrot) der Durchsetzung *internationaler* Umweltschutzabkommen dienen sollen.[5] Handelseingriffe zählen (neben Transferzahlungen) zu den wenigen Instrumenten, die überhaupt zur Verfügung stehen, um internationale Kooperation zu erzwingen. Einige Umweltschutzabkommen sehen bereits ausdrücklich Handelsrestriktionen gegenüber solchen Ländern vor, die der Vereinbarung nicht beitreten oder dagegen verstoßen. Hierunter fallen etwa 10% der derzeit über 180 internationalen Umweltabkommen.[6] Dazu zählen das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, 1987), das Washingtoner Artenschutzübereinkommen (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973) sowie das Basler Übereinkommen zum grenzüberschreitenden Transport gefährlicher Abfälle (Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal, 1989). Diese Abkommen sehen Import- und Exportverbote sowie andere Handelsbeschränkungen für solche Produkte vor, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem jeweiligen Umweltschutzziel stehen.[7]

(vi) Im Kontext der Ökodumping-Diskussion verstärkt sich die Forderung, Handelsrestriktionen in Reaktion auf internationale Differenzen in der Umweltpolitik einzusetzen.[8] Zwei Begründungen werden dafür angeführt.[9] Dies ist

---

5 Vgl. etwa Barrett (1997). Dort wird gezeigt, daß die Androhung von Handelssanktionen zur Durchsetzung von Umweltschutzabkommen erfolgreich sein kann.

6 Adlung (1997, S.171).

7 Zur Verträglichkeit dieser Vereinbarungen mit dem GATT vgl. Helm (1995, S. 123 ff.).

8 Da Handelsrestriktionen zum Ausgleich international unterschiedlicher Umweltstandards im Rahmen des GATT nicht zulässig sind, wird daraus auch ein ökologischer Reformbedarf des GATT abgeleitet ("Greening the GATT").

9 Wiemann (1993, S. 64).

zum einen die schon traditionelle Forderung nach Fairness im Handel.[10] Daneben tritt zum anderen neuerdings ein ökologisches Argument: Danach sollen Importzölle auf solche Produkte, die dank fehlender oder ungenügender Umweltstandards zu kostengünstig hergestellt werden, die Produzentenländer dazu veranlassen, gegenüber ihren Industrien das "ökologisch gebotene" Verursacherprinzip durchzusetzen.

1.2.2 Der Einfluß der Umweltpolitik auf den Außenhandel

(i) Umweltschutzbestimmungen beeinflussen die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Dabei wird häufig argumentiert, daß strenge Umweltschutzvorschriften für die betroffenen Unternehmen zu einem Verlust an internationaler Wettbewerbsfähigkeit führen mit dem Ergebnis, daß Marktanteile an Produzenten aus Ländern mit weniger strengen Bestimmungen abgegeben werden. Umgekehrt stellen laxe Umweltschutzregelungen Kostenvorteile für die Unternehmen dar. Insbesondere wenn Freihandelsabkommen den Einsatz handelspolitischer Maßnahmen zur Förderung der heimischen Industrie verhindern, mag deshalb ein Anreiz bestehen, Umweltschutzbestimmungen nicht streng genug zu formulieren. Wenn alle Länder - im allgemeinen Streben nach Sicherung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit - die Umweltschutzvorschriften lockern, besteht zudem die Gefahr, daß ein Wettlauf der Umweltschutzregelungen nach unten beginnt (race-to-bottom-Hypothese). In der Praxis richtet sich der Umweltdumping-Vorwurf vor allem gegen Entwicklungsländer, Schwellenländer und osteuropäische Reformländer.

(ii) In die genau entgegengesetzte Richtung zielt das Argument, daß strengere Umweltschutzbestimmungen Innovationen induzieren und so langfristig die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie stärken (Porter-Hypothese). Unter strategischen Gesichtspunkten kann sich daraus ein Anreiz zu verschärften Umweltschutzregelungen ergeben. Andererseits muß man sich fragen, wieso

---

[10] So auch Whalley (1991, S. 181): "There may also be growing pressures to link fairness in trade to environmental policies. Thus, in countries where there are more stringent environmental standards than in neighbouring states, the argument will be that imports are relatively favourably treated by their neighbours' environmental policies because their production is not subject to the higher costs associated with stronger environmental regulation. The logical next step will be the argument that because such trade was unfair, protection should be granted to domestic producers."

Unternehmen zu derart profitträchtigen Innovationen überhaupt durch strenge Umweltschutzvorschriften gezwungen werden müssen.[11]

Diese Frage stellt sich insbesondere bei sogenannten no-regret-Maßnahmen. Das sind Umweltschutzverfahren, die mit einem geringeren und somit kostensparenden Ressourcenverbrauch einhergehen. Sind die Kosteneinsparungen größer als die Kosten der Umweltschutzmaßnahme, sollten Unternehmen sie im Eigeninteresse durchführen. Eine Motivation durch staatlich verhängte Umweltauflagen wäre eigentlich nicht erforderlich.

(iii) Die Ausgestaltung von Umweltschutzbestimmungen betrifft nicht nur die Produktionsentscheidung ansässiger Unternehmen, sondern kann auch Einfluß auf die Standortentscheidung multinationaler Unternehmen nehmen. Auch hieraus könnte ein Anreiz entstehen, Umweltauflagen bewußt niedrig anzusetzen, um Direktinvestitionen zu attrahieren. Nach der industrial-flight-Hypothese bewirken die den Unternehmen aufgebürdeten Kosten des Umweltschutzes eine Abwanderung umweltintensiver Industrien in Länder mit niedrigen Umweltschutzbestimmungen. Im Verlauf dieses Exodus entwickeln sich Länder mit geringen Umweltschutzbestimmungen somit allmählich zu Verschmutzungszentren (pollution-haven-Hypothese).

(iv) Die bisherigen Argumente bezogen sich auf Umweltschäden, die bei der Produktion von Gütern entstehen. Umweltbelastungen können aber auch durch den Konsum eines Produktes erfolgen. Die Umweltauswirkungen, die ein Produkt bei seinem Konsum entfaltet, werden vor allem durch Produktstandards kontrolliert.[12] Solche Produktstandards können die chemischen oder physikalischen Produkteigenschaften, die Höhe der Schadstoffemissionen während des Gebrauchs, die Verpackung oder die Entsorgung des Produktes betreffen. Produktstandards können nicht-tarifäre Handelshemmnisse sein, selbst wenn sie gleichermaßen für inländische und importierte Güter gelten. Eine Schutzwirkung für heimische Produzenten kann sich ergeben, wenn bei der Ausgestaltung

---

[11] So etwa Simpson und Bradford (1996, S. 283): "If such plums are ripe for the picking, why do firms require the additional inducement of costly regulations to implement product and process improvements?"

[12] Die Unterscheidung von Produkt- und Prozeßstandards ist nicht ganz trennscharf. In einigen Fällen kann der Produktionsprozeß wichtige Eigenschaften des Produktes bestimmen. Beispiele sind Hormoneinsatz in der Fleischproduktion, gentechnisch veränderte Lebensmittel und Fangmethoden bei Fisch, sofern die Fangmethode bei der Kaufentscheidung eine Rolle spielt.

der Standards die spezielle Situation der heimischen Industrie Berücksichtigung findet oder inländische Unternehmen bei der Festlegung der Standards mitwirken können. Ferner kann es für ausländische Produzenten schwieriger sein, sich über die geltenden Bestimmungen zu informieren. Speziell Entwicklungsländern fehlen teilweise die notwendigen technischen Voraussetzungen zur Erfüllung solcher Standards.[13]

1.3 Aufbau der Arbeit

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die in den letzten Jahren entstandene Literatur, die sich mit dem Zusammenhang von nationalen Umweltschutzbestimmungen und internationaler Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen beschäftigt. Diese Literatur steht in enger Verbindung zu Modellen der strategischen Handelspolitik und hat wie diese eine ähnliche Vielfalt an Modellvarianten und Ergebnissen generiert. Wir verwenden ein einfach strukturiertes, aber relativ weit gefaßtes Modell, das es erlaubt, eine größere Bandbreite von Ansätzen in der Literatur in einem gemeinsamen Rahmen zu behandeln. Es wird analysiert, von welchen Überlegungen die staatlichen Entscheidungsträger bei der Gestaltung ihrer umweltpolitischen Instrumente geleitet werden. Dieses Ergebnis einer dezentral festgelegten Umweltpolitik wird anschließend mit einer Lösung verglichen, die sich bei Kooperation der beteiligten Länder ergibt. Insbesondere der letzte Aspekt, der Vergleich von nichtkooperativ und kooperativ getroffenen umweltpolitischen Entscheidungen, ist in der Literatur bislang nicht in dieser Allgemeinheit behandelt worden.

Im dritten Kapitel können die Entscheidungsträger nicht nur das Niveau, sondern auch den Typ ihres umweltpolitischen Instruments festlegen. Sie verfügen also über einen weiteren Freiheitsgrad. Dabei haben sie die Wahl zwischen drei Möglichkeiten: Emissionssteuer, Emissionsstandard und Prozeßstandard. Daß von den Regierungen sowohl der Typ als auch die Höhe des umweltpolitischen Instruments festgelegt werden, erweitert die bisherige Diskussion der Instru-

---

[13] Helm (1995, S. 63 ff.). Trotz eventuell handelshemmender Wirkung sind Produktstandards, die dem Schutz der Umwelt dienen, weitgehend mit dem GATT verträglich, sofern sie nicht zwischen Importen und heimischen Produkten diskriminieren. Hingegen sind Handelsrestriktionen zum Ausgleich unterschiedlicher prozeßbezogener Umweltschutzmaßnahmen i.d.R. nicht GATT-konform, vgl. etwa Helm (1995, S. 141), Wiemann (1993, S. 61 und 65).

mentenwahl insofern, als dort ein exogenes Umweltschutzniveau unterstellt wird.[14]

Das vierte Kapitel geht dem Zusammenhang von Umweltpolitik und Umweltschutzinnovationen nach und diskutiert die Porter-Hypothese, nach der rigide Umweltschutzbestimmungen die Innovationstätigkeit der Unternehmen forcieren und dadurch deren Wettbewerbsfähigkeit stärken sollen. Dabei lockern wir die in der Literatur üblichen Symmetrieannahmen und diskutieren insbesondere auch die Wirkung unilateraler Steuersatzänderungen.

Während bis zu diesem Punkt alle Überlegungen auf Unternehmen ausgerichtet sind, die bereits einen Produktionsbetrieb in einem der beteiligten Länder aufgebaut haben, wird im fünften Kapitel die Standortentscheidung der Unternehmen endogenisiert. Dort wird ein Modell analysiert, in dem die Regierungen zweier Länder durch ihre Umweltpolitik die Standortentscheidung von zwei mobilen Unternehmen beeinflussen. Dies stellt eine Erweiterung bestehender Ansätze dar, bei denen nur eine Regierung umweltpolitisch aktiv ist oder nur ein Unternehmen betrachtet wird.[15]

Im Anschluß an jedes Kapitel werden die Ergebnisse zusammengefaßt. Ein abschließendes Resümee im sechsten Kapitel faßt die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit nochmals zusammen.

Auf einige wesentliche Einschränkungen soll bereits hier hingewiesen werden: Praktisch alle in dieser Arbeit diskutierten Modelle behandeln Märkte mit einer oligopolistisch strukturierten Angebotsseite. Es wird stets unterstellt, daß die Umweltbelastung durch die Produktion von Gütern verursacht wird. Umweltprobleme, die durch den Konsum der Güter entstehen, werden nicht behandelt. Ferner sind alle in dieser Arbeit analysierten Modelle partialanalytischer Natur. So wünschenswert ein allgemeines Gleichgewichtsmodell wäre, die dargestellten Zusammenhänge sind bereits im partialanalytischen Kontext komplex und auch ambivalent genug, um eine solche Beschränkung zu rechtfertigen.

---

[14] Eine gewisse Ausnahme bildet Ulph (1996e, 1997a). Die Instrumentenwahl wird dort jedoch nur zum Teil formalisiert, und zudem werden keine Prozeßstandards analysiert.

[15] Ausnahmen bilden Hoel (1997c) und A. Ulph (1994). Hoel unterstellt jedoch einen Markt mit monopolistischer Konkurrenz. Bei Ulph ist das Umweltziel exogen gegeben.

2 Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit

In diesem Kapitel wird die Wirkung von Umweltsteuern in einem internationalen Oligopolmarkt beschrieben. Es wird gefragt, von welchen Überlegungen die Regierungen der Produzentenländer[1] bei ihrer Entscheidung über die Höhe der Umweltsteuersätze geleitet werden. Diese Frage ist in den letzten Jahren in zahlreichen Beiträgen[2] behandelt worden. Die darin analysierten Modelle unterscheiden sich durch

- verschiedene umweltpolitische Instrumente (Emissionssteuern, Emissionsstandards, Subventionen der Schadstoffvermeidungsaktivitäten),[3]
- unterschiedliche Annahmen über die Nachfragesituation in den Produzentenländern und die Möglichkeit zu Preisdifferenzierung zwischen den Ländern (kein Konsum in den Produzentenländern, integrierte Märkte, segmentierte Märkte),[4]
- Annahmen über den Globalitätsgrad der emittierten Schadstoffe (national begrenzte Umweltschäden, grenzüberschreitende Emissionen, globale Umweltprobleme),[5]

---

1 Der Begriff "Land" steht stellvertretend für jede Art von Region, die über einen eigenen umweltpolitischen Entscheidungsspielraum verfügt.

2 Althammer und Buchholz (1995, 1998), Barrett (1994), Conrad (1993, 1994, 1996a, b, 1997), Hung (1994), Kennedy (1994a, b), Nannerup (1998), Rauscher (1994), Ulph (1996a, d, e, 1997a, b).

3 Althammer und Buchholz (1995, 1998), Conrad (1993, 1994, 1996a, b, 1997), Hung (1994), Kennedy (1994a, b), Rauscher (1994) und Ulph (1996a, d, e, 1997a, b) behandeln Emissionssteuern; Althammer und Buchholz (1995), Barrett (1994), Nannerup (1998) und Ulph (1996a, d, e, 1997a, b) analysieren Emissionsstandards, kommen aber zu vergleichbaren Ergebnissen. Conrad (1993, 1994, 1996b) behandelt zusätzlich die Subventionierung von Schadstoffvermeidungsaktivitäten.

4 Bei Barrett (1994), Conrad (1993), Nannerup (1998), Rauscher (1994) und Ulph (1996a, d, e, 1997a, b) wird das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert, während Althammer und Buchholz (1995, 1998), Conrad (1994, 1996a, b, 1997), Hung (1994) und Kennedy (1994a, b) auch inländischen Konsum berücksichtigen. Dabei sind die Märkte bei Althammer und Buchholz integriert, bei Conrad, Hung und Kennedy segmentiert.

5 Globale Umweltprobleme bzw. grenzüberschreitende Schadstoffemissionen werden von Conrad (1993, 1994, 1996a, b, 1997) und Kennedy (1994a, b) behandelt.

- die Wettbewerbsform (Cournot-Wettbewerb, Bertrand-Wettbewerb),[6]
- die Firmenzahl[7] sowie
- die Eigenschaften der modellierten Schadstoffvermeidungstechnologie.

Ein Hauptanliegen der folgenden Darstellung ist daher der Versuch, diese Vielfalt unterschiedlicher Ansätze in einer Synthese darzustellen.

Neben der Identifizierung verschiedener strategischer Motive, die im Mittelpunkt der bisher geleisteten Forschung auf diesem Gebiet gestanden hat, wird darüber hinaus vor allem auch der Frage nach möglichen Kooperationsgewinnen nachgegangen, die durch eine kooperative Abstimmung der nationalen Umweltschutzregelungen zu erzielen sind.[8]

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem Begriff "Ökodumping". Anschließend wird die Wirkung einer Emissionssteuer in Handelsmodellen mit vollkommener Konkurrenz analysiert. In Abschnitt 2.3 wird das Grundmodell mit unvollkommener Konkurrenz dargestellt. Dieses Grundmodell wird dann in verschiedene Richtungen erweitert. Zunächst wird die Annahme über das Wettbewerbsverhalten der Unternehmen variiert und Preiswettbewerb statt Mengenwettbewerb analysiert. Abschnitt 2.5 behandelt die Umweltschutzpolitik bei Anwesenheit multinationaler Unternehmen. Im Abschnitt 2.6 gehen wir auf Schadstoffvermeidungsaktivitäten und die Subvention solcher Maßnahmen ein. Abschnitt 2.7 behandelt die Auswirkungen von Kooperationsvereinbarungen wie Harmonisierung nationaler Umweltschutzregelungen, Mindeststeuersätze oder proportionale Emissionsreduktionen. Solche Regelungen verfehlen nicht nur häufig ein soziales Optimum - in einigen Situationen sind mit ihnen nicht einmal Paretoverbesserungen möglich. Abschnitt 2.8 faßt die Ergebnisse zusammen.

---

6 Cournot-Wettbewerb ist die "üblichere" Annahme. Barrett (1994), Conrad (1996a) und Ulph (1996d) analysieren Bertrand-Wettbewerb.

7 Mehr als zwei Firmen werden in Althammer und Buchholz (1995, 1998), Barrett (1994) und Kennedy (1994a, b) behandelt.

8 Diese Frage wird in Conrad (1993, 1994, 1996b, 1997), Hung (1994), Kennedy (1994a, b) und Ulph (1997b) diskutiert. Keine dieser Quellen analysiert Bertrand-Wettbewerb. Das Modell dieses Kapitels verallgemeinert die Darstellung bei Conrad, Hung und Ulph ferner dadurch, daß mehrere Unternehmen in jedem Land aktiv sein können. Im Unterschied zu Kennedy, wo ebenfalls mehrere Unternehmen betrachtet werden, verzichten wir auf Symmetrieannahmen. Bei Conrad (1997) und Ulph (1997b) werden zudem spezielle Funktionen unterstellt.

2.1 Zum Begriff "Ökodumping"

Das Stichwort Ökodumping ist mittlerweile mehrfach gefallen. Etwas vage formuliert bezog es sich auf jene "ungerechtfertigten" Wettbewerbsvorteile, die aus einer strategischen Festlegung zu niedriger Umweltschutzbestimmungen resultieren. Wann aber sind Umweltschutzvorschriften zu locker (oder zu streng)? An welchem Maßstab soll man Umweltvorschriften messen?

Eine einheitliche Definition des Begriffes Ökodumping liegt nicht vor. In der Literatur[9] werden mehrere Konzepte diskutiert:

- der Dumping-Begriff des GATT,
- die Ausrichtung an international einheitlichen Umweltschutzbestimmungen,
- der Vergleich von Exportsektoren mit solchen Sektoren, die keine Handelsgüter produzieren,
- der Internalisierungsgrad der Produktionsexternalität,
- der Vergleich mit paretooptimalen Allokationen.

(i) Artikel VI Abs. 1 des GATT[10] definiert Dumping als den Verkauf von Produkten eines Landes in einem anderen Land zu Preisen unterhalb ihres "normalen" Wertes. Das meint in der Regel, daß der Exportpreis niedriger ist als der

---

9 Adlung (1997), Karl und Ranné (1997), Klemmer (1997), Kuhn und Tivig (1996), Rauscher (1994).

10 Artikel VI Abs. 1 des GATT 1947 lautet: The contracting parties recognize that dumping, by which products of one country are introduced into the commerce of another country at less than the normal value of the products, is to be condemned if it causes or threatens material injury to an established industry in the territory of a contracting party or materially retards the establishment of a domestic industry. For the purposes of this Article, a product is to be considered as being introduced into the commerce of an importing country at less than its normal value, if the price of the product exported from one country to another

(a) is less than the comparable price, in the ordinary course of trade, for the like product when destined for consumption in the exporting country, or,

(b) in the absence of such domestic price, is less than either

(i) the highest comparable price for the like product for export to any third country in the ordinary course of trade, or

(ii) the cost of production of the product in the country of origin plus a reasonable addition for selling cost and profit.

Due allowance shall be made in each case for differences in conditions and terms of sale, for differences in taxation, and for other differences affecting price comparability.

Preis des Produktes im Herkunftsland oder in Drittländern. Dieses Preisdifferenzierungselement fehlt jedoch, wenn Umweltschutzvorschriften die gesamte Produktion eines Gutes unabhängig vom Bestimmungsort betreffen. Dumping im Sinne des GATT bezieht sich zudem eher auf die Aktionen einzelner Unternehmen und Industriezweige. In der Ökodumping-Diskussion steht demgegenüber das strategische Verhalten der Regierungen im Mittelpunkt. Das Dumping-Konzept des GATT läßt sich also nicht ohne weiteres übertragen.[11]

(ii) Vor allem in der wirtschaftspolitischen Diskussion wird Ökodumping als eine Situation charakterisiert, in der die Umweltschutzbestimmungen eines Landes niedriger sind als die anderer Länder.[12] Die darin implizierte Vorstellung, ja Forderung, daß Umweltschutzbestimmungen international einheitlich gestaltet werden sollten, erscheint jedoch ökonomisch wenig sinnvoll.

Gegen eine internationale Harmonisierung der Umweltschutzbestimmungen spricht, daß die Präferenzen für Umweltqualität international unterschiedlich sein können. Wie bereits erwähnt, scheint zudem die Nachfrage nach sauberer Umwelt mit steigendem Einkommen zuzunehmen. Das würde bedeuten, daß reichere Länder eine höhere Umweltqualität präferieren. Die Ausstattung der Länder mit dem "Produktionsfaktor Umwelt" ist ebenfalls verschieden. So wird beispielsweise in flächenmäßig großen Ländern die Absorptionskapazität der Umwelt für Schadstoffe größer sein als in kleinen Ländern.

Solche Unterschiede können zu international divergierenden Umweltstandards führen. Sie durch eine Nivellierung der Umweltschutzbestimmungen zu beseitigen, hieße, auch einen Teil der Basis für jene Handelsgewinne zu zerstören, die aus der Nutzung komparativer Vorteile entstehen.[13]

Im Abschnitt 2.7 werden wir auf mögliche Konsequenzen einer Harmonisierung genauer eingehen.

(iii) Ein weiterer Definitionsversuch[14] stellt darauf ab, die Umweltschutzbestimmungen in den Exportsektoren eines Landes mit denen in solchen Sektoren

---

[11] Adlung (1997, S. 168 f.), Klemmer (1997, S. 190), Wiemann (1993, S. 73).

[12] Rauscher (1994, S. 823; 1997, S. 28), Karl und Ranné (1997, S. 284), Kuhn und Tivig (1996, S. 9).

[13] Rauscher (1994, S. 824).

[14] Rauscher (1994, S. 824 f.; 1997, S. 30).

zu vergleichen, die ausschließlich oder überwiegend für den inländischen Markt produzieren. Ökodumping liegt nach dieser Definition vor, wenn die Umweltschutzregelungen im Exportsektor laxer sind als in den Sektoren, die nicht für den Export produzieren.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Definition ist,

- daß eine sektorale Differenzierung zwischen Exportgütern und nichtgehandelten Gütern möglich ist;[15]
- daß die Regierungen eine sektorspezifische Umweltpolitik realisieren können, was allerdings zumeist der Fall sein dürfte, da Umweltauflagen in der Praxis sogar bis hinunter zur Ebene einzelner Anlagen individualisiert sind,[16]
- und daß Umweltschutzbestimmungen in verschiedenen Sektoren überhaupt vergleichbar sind. Das stößt zum Beispiel dann auf Probleme, wenn von verschiedenen Sektoren verschiedene Schadstoffe emittiert werden.[17]

Da in dieser Arbeit ausschließlich partialanalytische Modelle betrachtet werden, weitere Sektoren also keine explizite Berücksichtigung erfahren, ist dieses Kriterium für die folgende Analyse wenig geeignet.

(iv) Ein großer Teil der theoretischen Literatur[18] geht von einer vierten Definition aus, die auf die Höhe des Internalisierungsgrades von Produktionsexternalitäten abstellt. Danach liegt Ökodumping vor, wenn die Grenzvermeidungskosten der Unternehmen geringer sind als der Grenzschaden. Wird der Produktionsexternalität mit einer Steuer begegnet, so kennzeichnet Ökodumping nach dieser Definition eine Situation, in der der Steuersatz unterhalb des Grenzschadens liegt.

Diese Art der Analyse erscheint geeignet aufzuzeigen, welche Ziele eine Regierung neben dem eigentlichen Umweltziel noch verfolgt, etwa die Förderung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie. Es ist jedoch

---

[15] Klemmer (1997, S. 192).

[16] Rauscher (1994, S. 825).

[17] Rauscher (1994, S. 825).

[18] So unter anderem Althammer und Buchholz (1995; 1998, S. 5), Barrett (1994, S. 328), Simpson und Bradford (1996, S. 283 f.), Rauscher (1994, S. 824; 1997, S. 29 f.), Ulph (1996c, S. 243; 1996d, S. 99).

nicht unproblematisch, die Gleichheit von Steuersatz und Grenzschaden zum Referenzsystem für das Vorliegen einer Ökodumping-Situation zu machen. Denn zur Beurteilung der Effizienz der implementierten umweltpolitischen Maßnahmen trägt diese Definition im Kontext von Märkten mit unvollkommenem Wettbewerb wenig bei. Hier wäre eine Steuer in Höhe des Grenzschadens (im folgenden als "Pigousteuer" bezeichnet) nur optimal, wenn gleichzeitig weitere Instrumente zur Korrektur der durch die Marktform bedingten Ineffizienz eingesetzt würden. In der Ökodumping-Diskussion ist das jedoch typischerweise nicht der Fall. Steht kein ausreichendes Spektrum an Instrumenten zur Verfügung, weicht selbst in einer geschlossenen Volkswirtschaft der Steuersatz vom Grenzschaden ab.[19] Eine so motivierte Differenz zwischen Steuersatz und Grenzschaden würde man jedoch schwerlich als Ökodumping bezeichnen wollen.[20]

(v) Sieht man das Ziel der Umweltpolitik darin, eine im ökonomischen Sinne optimale Allokation der Umweltressourcen zu gewährleisten, so daß im Optimum durch eine Umverteilung der Ressourcen keine Wohlfahrtssteigerung mehr möglich ist, dann bietet sich als Referenzsituation für die Beurteilung des Regierungsverhaltens eine Allokation an, bei der die Summe der Wohlfahrt aller beteiligten Länder maximiert wird.[21] Allerdings ist es möglich, daß beim Übergang von nichtkooperativen Gleichgewichten zu einer solchen Situation einige Länder schlechtergestellt werden, wenn nicht gleichzeitig Transferzahlungen erfolgen. Daher erscheint es sinnvoll, ebenfalls danach zu fragen, inwiefern auch ohne Transferzahlungen Wohlfahrtssteigerungen für die beteiligten Länder möglich sind. Nach diesem fünften Kriterium liegt Ökodumping also dann vor, wenn die Umweltschutzmaßnahmen bei kooperativer Festlegung strenger ausfallen als bei der nichtkooperativen ("dezentralen") Entscheidung der Regierungen. Bei einer kooperativen Festlegung werden marktformbedingte Ineffizienzen korrigiert. Etwaige Differenzen zwischen nichtkooperativ und

---

[19] Vgl. etwa Barnett (1980) zum Monopol und Ebert (1992) zum Oligopol.

[20] Ähnlich Rauscher (1997, S. 29): "However, useful as it may be for the academic researcher, the definition is still not very helpful in real-world applications. There are many reasons for lax environmental regulation. Thus, laxity in environmental policy is not always motivated by trade issues."

[21] Analysen dieser Art finden sich bei Conrad (1993, 1994, 1996b, 1997), Hung (1994), Kennedy (1994a, b) und Ulph (1997b).

kooperativ festgelegten Instrumenten sind daher ausschließlich auf strategische Motive der Regierungen zurückzuführen. Der Begriff "Ökodumping" erscheint somit in diesem Kontext eher berechtigt.

Da sich mit verschiedenen Definitionen auch verschiedene Fragestellungen verbinden lassen, sei darauf verzichtet, eine dieser möglichen Definitionen zur alleinigen Grundlage der folgenden Ausführungen zu machen. Wir werden neben der Frage, ob eine Regierung ihren Emissionssteuersatz ober- oder unterhalb des Grenzschadens festlegt, auch die zuletzt genannten Effizienzüberlegungen diskutieren und im Abschnitt 2.7 auf die Harmonisierung von Umweltschutzregelungen eingehen.

2.2 Umweltpolitik bei vollkommener Konkurrenz

Eingangs wurde die Frage formuliert, inwieweit in einer Freihandelssituation ein Anreiz besteht, die Umweltpolitik zu handelspolitischen Zwecken einzusetzen. Dieses Problem soll für Märkte diskutiert werden, die auf der Angebotsseite oligopolistisch strukturiert sind. Um die dabei abgeleiteten Ergebnisse besser einordnen zu können, analysieren die beiden folgenden Abschnitte diese Frage im Rahmen von Märkten mit vollkommener Konkurrenz. Dabei ist zu unterscheiden zwischen einem Land, das den Weltmarktpreis nicht beeinflussen kann ("kleines Land"), und einem Land, das Einfluß auf den Weltmarktpreis hat ("großes Land").

2.2.1 Kleines Land

Betrachtet wird ein Markt, auf dem ein homogenes Gut bei vollkommener Konkurrenz hergestellt wird. Von diesem Markt gehen keine Auswirkungen auf den Rest der Volkswirtschaft aus, die folgende Wohlfahrtsanalyse ist dementsprechend partialanalytischer Natur. Die inländische Nachfrage nach dem Gut wird durch

$$q(p), \quad q' < 0$$

beschrieben. Dabei bezeichnet p den Preis des Gutes auf dem Weltmarkt. Für das kleine Land ist er ein Datum.

Die Produktion des Gutes ist mit einer Umweltschädigung verbunden, etwa mit der Emission eines umweltbelastenden Schadstoffs. Die Menge an Schadstoffen und entsprechend der Grad der Umweltbelastung steigt mit dem Pro-

duktionsumfang. Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die Produktionsmenge X und der Schadstoffausstoß proportional sind. In diesem Fall kann man die Schadstoffeinheit so wählen, daß je Einheit des Gutes eine Einheit des Schadstoffs anfällt. Der Umweltschaden sei lokaler Natur. Damit ist gemeint, daß er nur das Land selbst betrifft, Spillover-Effekte durch grenzüberschreitende Schadstoffe entstehen nicht.

Die Regierung kann die Schadstoffemissionen mit einem Steuersatz in Höhe von t je Schadstoffeinheit belegen. Bei der Produktion des Gutes fallen zusätzlich private Produktionskosten in Höhe von $K(X)$, $K' > 0$, $K'' > 0$, an. Bei vollkommener Konkurrenz gilt

$$K' = p - t.$$

Daraus erhält man das inländische Angebot $X(p-t)$, $X' > 0$, in Abhängigkeit vom Produzentenpreis $p - t$.

Maßstab der staatlichen Entscheidung über die Höhe des Emissionssteuersatzes t sei die gesellschaftliche Wohlfahrt

$$W_A := \int_p^\infty q(\xi)d\xi + pX(p-t) - K(X(p-t)) - tX(p-t) + tX(p-t) - D(X(p-t)),$$

gemessen durch die Summe aus Konsumentenrente (erster Summand), Unternehmensgewinnen (zweiter, dritter und vierter Summand), Steuereinnahmen (fünfter Summand) und der Bewertung des Umweltschadens durch eine Schadensfunktion $D(X)$, $D' > 0$, $D'' \geq 0$ (letzter Summand). Diese einfache Formulierung klammert eine Reihe von Schwierigkeiten aus, etwa Verteilungsfragen, Aggregationsprobleme und das Problem der Monetarisierung von Umweltschäden oder Umweltqualität.[22] Implizit wird bei dieser Formulierung zudem eine pauschale Rückverteilung des gesamten Umweltsteueraufkommens angenommen. Das heißt, die Emissionssteuer erbringt hier keine "doppelte Dividende", wie sie in der Debatte um die ökologische Steuerreform eine Rolle spielt. Der Grundgedanke der doppelten Dividende ist, daß mit den Einnahmen aus der

---

[22] Zur Bewertung von Umweltschäden vgl. Endres und Holm-Müller (1998). Hinzu kommt, daß für die Schädigung der Umwelt die Immissionen und nicht die Emissionen die ökologisch relevante Größe sind. Probleme entstehen, wenn man infolge einer ungenügenden Kenntnis von Diffusions- und Assimilationsprozessen den Zusammenhang zwischen Emissionen und Immissionen nicht herstellen kann (vgl. Weimann, 1990, S. 132 ff.). Im folgenden wird das jedoch nicht weiter problematisiert.

Umweltsteuer andere verzerrende fiskalische Steuern oder Lohnnebenkosten zurückgeführt werden können und dadurch neben der Verbesserung der Umweltqualität zusätzliche Wohlfahrtsgewinne anfallen.

Maximierung der Funktion W_A bezüglich des Steuersatzes t ergibt

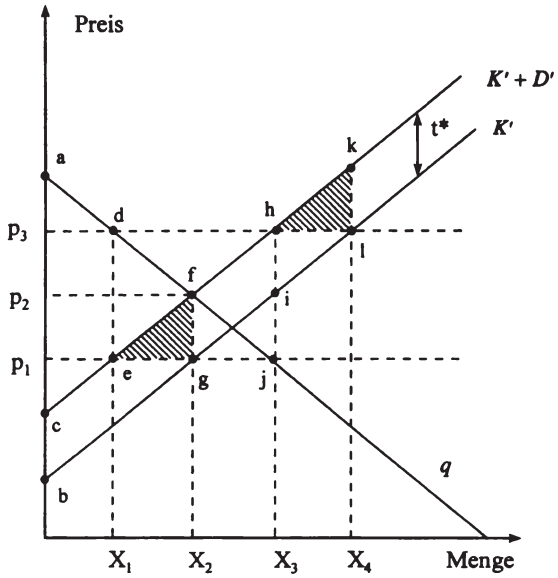
$$\frac{\partial W_A}{\partial t} = -X'(p - K' - D') = 0 ,$$

also $p - K' - D' = 0$. Wegen $K' = p - t$ folgt

$$t = D'.$$

In einem kleinen Land ist eine Pigousteuer optimal. Die Abbildung 2.1[23] illustriert das Ergebnis.[24]

Abbildung 2.1: Kleines Land bei vollkommener Konkurrenz



[23] Der in der Abbildung eingezeichnete Verlauf der D'-Kurve impliziert eine lineare Schadensfunktion. Dies dient lediglich der zeichnerischen Vereinfachung.

[24] Vgl. etwa Anderson (1992). Dort stehen allerdings die Wohlfahrtswirkungen des Freihandels bei verschiedenen umweltpolitischen Strategien im Mittelpunkt.

Autarkie: Ist das Land autark und implementiert seine Regierung eine optimale Umweltpolitik - etwa eine Pigousteuer mit einem Steuersatz in Höhe von t^* je Outputeinheit - so stellt sich ein Gleichgewicht ein, bei dem die Menge X_2 produziert und auch konsumiert wird. Der zugehörige Preis ist p_2. In dieser Situation entsprechen die Gewinne der Fläche p_1bg, die Konsumentenrente dem Dreieck ap_2f und die Steuereinnahmen dem Rechteck p_2p_1gf. Der Wohlfahrtsverlust durch die produktionsbedingte Minderung der Umweltqualität wird durch die Fläche $bgfc$ beschrieben. Insgesamt entspricht die Wohlfahrt des Landes dem Dreieck acf $(= ap_2f + p_1bg + p_2p_1gf - bgfc)$.

Export: Betrachten wir jetzt eine Situation mit Freihandel. Für das kleine Land ist der Weltmarktpreis ein Datum. Bei einem Weltmarktpreis wie p_3, der über dem Autarkiepreis p_2 liegt, wird das kleine Land zum Exporteur des Gutes. Dieser Fall sei zunächst unterstellt. Wir vergleichen die Situation, die entsteht, wenn die Regierung auf jegliche Umweltschutzmaßnahme verzichtet, mit derjenigen, in der sie eine Umweltpolitik verfolgt, die die externen Kosten voll internalisiert. Das wäre etwa eine Pigousteuer mit einem Steuersatz in Höhe von t^* je Outputeinheit. Bei einer derartigen Umweltsteuer produzieren die Unternehmen die Menge X_3. Davon werden X_1 Einheiten im Land konsumiert, der Rest wird exportiert. Die Wohlfahrt des Landes entspricht der Fläche *achd*.[25]

Verzichtet die Regierung dagegen auf Umweltschutzmaßnahmen, steigen die Produktionsmenge auf X_4 und der Export entsprechend auf $X_4 - X_1$. Die Wohlfahrt des Landes entspricht der Fläche *achd-hlk*. Sie ist um das schraffierte Dreieck *hlk* geringer als bei der Pigousteuer.

Der Grund für die Wohlfahrtsänderung liegt in der Produktionsausweitung von X_3 auf X_4. Sie hat zwei Auswirkungen. Die Summe aus Gewinnen und Steuereinnahmen - der Bruttogewinn - erhöht sich um die Fläche *hil*. Gleichzeitig steigt jedoch auch die Umweltbelastung und führt zu einem Wohlfahrtsverlust in Höhe der Fläche *hilk*. Dieser Wohlfahrtsverlust ist um das Dreieck *hlk* größer als der Zuwachs an Bruttogewinn. Per Saldo ergibt sich daher ein Wohlfahrtsverlust in Höhe der Fläche *hlk* gegenüber der Situation mit Pigousteuer.

---

25 Durch den Übergang von der Autarkie zum Freihandel steigt die Wohlfahrt des Landes um das Dreieck *dhf*.

Dasselbe Argument zeigt, daß eine vollständige Internalisierung des externen Effekts nicht nur dem vollständigen Verzicht auf Umweltschutzmaßnahmen überlegen ist, sondern auch einer nur teilweisen Internalisierung. Bei einem Steuersatz, der geringer ist als t^*, wird die Produktionsmenge weiterhin größer als X_3 sein. Das schraffierte Dreieck schrumpft dann zwar zusammen, jedoch bleibt ein Wohlfahrtsverlust gegenüber einer Situation mit Pigousteuer bestehen. Auch ein Steuersatz über dem Pigousteuerniveau t^* lohnt sich nicht. In diesem Fall würde eine geringere Menge als X_3 produziert, und das Land würde auf einen Teil der möglichen Handelsgewinne verzichten.

Der Importfall, in dem der Weltmarktpreis unter dem Autarkiepreis liegt, etwa bei p_1 in der Abbildung 2.1, läßt sich genauso behandeln. Wieder besteht die aus der Sicht der Regierung optimale Umweltpolitik darin, die sozialen Kosten vollständig zu internalisieren. In diesem Fall wird X_1 produziert, X_3 konsumiert und die Differenz $X_3 - X_1$ importiert. Die Wohlfahrt entspricht der Fläche *acej*. Ohne Umweltschutzregelungen steigt die Produktion auf X_2. Die Wohlfahrt sinkt durch den Verzicht auf Umweltschutzmaßnahmen um das schraffierte Dreieck *egf*.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Regierung eines kleinen Landes bei Freihandel keinen Anreiz hat, von einer Pigousteuerpolitik abzuweichen, egal, ob das Gut importiert oder exportiert wird.

2.2.2 Großes Land

Die Ergebnisse des letzten Abschnitts gelten nicht mehr, wenn ein Land so groß ist, daß seine Aktivitäten Auswirkungen auf den Weltmarktpreis haben. In diesem Fall kann die Regierung versuchen, die terms-of-trade zugunsten des eigenen Landes zu beeinflussen. Die Wohlfahrtseffekte verschiedener Umweltschutzregelungen sind in der Abbildung 2.2 dargestellt, und zwar für den Fall, daß das Land ein Exporteur des Gutes ist (a), und für den Fall, daß das Land das Gut importiert (b).[26]

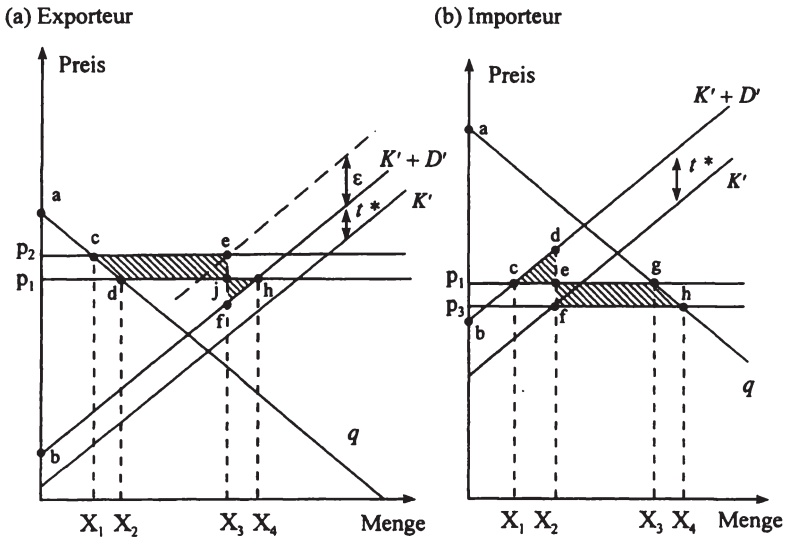
Export: Betrachten wir zunächst den Exportfall im Abbildungsteil (a). Wir gehen von einer Situation aus, in der die Regierung des Landes eine Pigousteuer von t^* erhebt und der Weltmarktpreis p_1 beträgt. Bei diesem Preis werden X_2

---

[26] Die Darstellung folgt im wesentlichen Krutilla (1991). Auf eine mathematische Herleitung wird verzichtet. Sie ergibt sich im Abschnitt 2.3 als Spezialfall.

Einheiten des Gutes konsumiert und X_4 Einheiten produziert. Die Differenz wird exportiert. Die Wohlfahrt entspricht der Fläche *abhd*. Steigert die Regierung nun den Steuersatz, etwa von t^* auf $t^* + \varepsilon$ je Outputeinheit, so sinkt infolge der höheren Kostenbelastung das Angebot der betroffenen Industrie am Weltmarkt. Aus dieser Angebotsverknappung resultiert ein Preisanstieg des Gutes. Der Preisanstieg stellt für das Exportland einen positiven terms-of-trade Effekt dar, der zu einer Wohlfahrtsverbesserung gegenüber der vorherigen Situation führen kann. Im eingezeichneten Fall sinkt beim neuen Weltmarktpreis p_2 der Konsum auf X_1 Einheiten des Gutes. Es werden X_3 Einheiten produziert, die Wohlfahrt entspricht der Fläche *abfec*. Die Wohlfahrt ist durch die Steuererhöhung um die Fläche *cdje-fhj* gestiegen.

Abbildung 2.2: Großes Land bei vollkommener Konkurrenz



Zur Interpretation zerlegen wir die Gesamtwirkung der Steuersatzerhöhung in zwei Effekte. Die Steuererhöhung bewirkt - wie bei einem kleinen Land - zunächst einen Rückgang der heimischen Produktionsmenge von X_4 auf X_3. Dies verbessert die Umweltqualität, führt jedoch andererseits dazu, daß der Bruttogewinn sinkt. Genau wie im kleinen Land übertrifft der Wohlfahrtsverlust den Wohlfahrtsgewinn durch die geringere Umweltbelastung um das Dreieck *fhj*.

Anders als im kleinen Land wird dieser Effekt jedoch durch einen Preiseffekt überkompensiert, der dadurch entsteht, daß die inländischen Unternehmen den Weltmarktpreis beeinflussen. Durch den Anstieg des Weltmarktpreises von p_1 auf p_2 sinkt die Konsumentenrente; andererseits steigt die Summe aus Gewinnen und Steuereinnahmen, und zwar um mehr, als die Konsumentenrente gesunken ist. Der Saldo des Preiseffektes ist ein Wohlfahrtszuwachs in Höhe der Fläche *cdje*.

Die Regierung eines Landes, das das Gut exportiert, hat also in diesem Szenario einen Anreiz, strengere Umweltschutzbestimmungen zu implementieren. Ein Steuersatz unterhalb des Grenzschadens würde dem Land dagegen einen höheren Umweltschaden auferlegen und darüber hinaus eine terms-of-trade Verschlechterung implizieren.

Im Importfall (Abbildungsteil (b)) sieht die Situation umgekehrt aus. Bei Internalisierung des externen Effektes durch eine Steuer in Höhe des Grenzschadens und beim Weltmarktpreis p_1 entspricht die Wohlfahrt des Landes der Fläche *abcg*. Ohne Umweltpolitik steigt infolge der geringeren Kostenbelastung das Angebot der heimischen Industrie am Weltmarkt. Der Weltmarktpreis sinkt. Da das Land das Gut importiert, ist dies ein positiver terms-of-trade Effekt. Die Wohlfahrt steigt bei einem auf p_3 gesunkenen Weltmarktpreis auf *abdfh*. Die Verbesserung gegenüber der Ausgangssituation, in der die Externalität vollständig internalisiert wurde, entspricht der Fläche *efhg-cde*. Die Interpretation verläuft analog zum Exportfall, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen. Die Steuersatzsenkung führt zu einer Produktionsausweitung, die die Gewinne erhöht, jedoch gleichzeitig die Umwelt stärker belastet. Insgesamt entsteht genau wie im kleinen Land ein Wohlfahrtsverlust in Höhe der Fläche *cde*. Anders als in einem kleinen Land gibt es hier durch die Preissenkung von p_1 auf p_3 einen zweiten Effekt, der die Konsumentenrente erhöht. Der Bruttogewinn sinkt zwar, aber um einen geringeren Betrag. Der Preiseffekt hat eine Wohlfahrtssteigerung in Höhe der Fläche *efgh* zur Folge.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Regierung eines kleinen Landes keinen Anreiz hat, vom Pigousteuersatz abzuweichen. Nur wenn das Land so groß ist, daß seine Unternehmen Einfluß auf den Weltmarktpreis haben, führt der Preiseffekt zu einer Verzerrung des Umweltsteuersatzes. Aufgrund dieses terms-of-trade Effektes setzt die Regierung ihren Steuersatz oberhalb des Grenzschadens fest, wenn das Gut exportiert wird, und unterhalb, wenn das Gut

importiert wird. Die Argumentation entspricht dem Optimalzollargument, wobei die Regierung in Ermanglung eines Zollinstruments den Umweltsteuersatz verzerrt. Bei einem großen Land besteht daher ein Anreiz, vom Pigousteuerniveau abzuweichen. Allerdings müßte sich ein Ökodumping-Vorwurf nach diesem Modell nicht gegen Exportländer richten, sondern gegen Länder, die das Gut importieren.

2.3 Umweltpolitik in einem internationalen Oligopolmarkt

2.3.1 Das Modell [27]

Wir betrachten ein homogenes Gut, das in zwei Ländern A und B produziert wird. Anders als im vorangegangenen Abschnitt ist die Angebotsseite nun nicht mehr durch vollkommene Konkurrenz, sondern durch oligopolistischen Wettbewerb gekennzeichnet. In Land A sind n Firmen am Markt, die Zahl der Unternehmen in Land B beträgt m. Die Firmenzahl ist exogen bestimmt, Marktzutritt oder Marktaustritt ist nicht möglich.

Das i-te Unternehmen in Land A produziert x_i Einheiten des Gutes zu Kosten von $K_A(x_i)$ mit $K'_A \geq 0$. Alle Unternehmen in Land A haben dieselbe Kostenfunktion. Die gesamte im Inland produzierte Menge ist $X = \sum_{i=1}^{n} x_i$.

Produktionsmenge und Schadstoffausstoß seien proportional, und die Schadstoffeinheit sei so gewählt, daß je Einheit des Gutes eine Einheit des Schadstoffs anfällt. Damit bezeichnet x_i auch die Schadstoffemissionen von Unternehmen i, und die Menge der insgesamt in Land A freigesetzten Schadstoffe beträgt X. Die Unternehmen verfügen über keinerlei Technologie zur Schadstoffvermeidung. Ihre einzige Möglichkeit, den Schadstoffausstoß zu verringern, besteht in einer Reduktion der Produktionsmenge.[28] Die Regierung des Landes A besteuert die Schadstoffemissionen ihrer Unternehmen mit einem Steuersatz in Höhe von t_A je Schadstoffeinheit.

Analoge Bedingungen herrschen in Land B. Dort wird das Gut von m gleichen Unternehmen mit Kostenfunktion $K_B(y_j)$, $K'_B \geq 0$, produziert. Darin bezeichnet

---

[27] Das folgende Modell ist eine leicht modifizierte Version eines Modells von Althammer und Buchholz (1998), das um die Möglichkeit grenzüberschreitender Emissionen erweitert wurde.

[28] Diese sehr restriktiven Annahmen werden im Abschnitt 2.6 aufgehoben.

y_j die Produktionsmenge des j-ten Unternehmens in Land B und entspricht gleichzeitig der Menge der von diesem Unternehmen emittierten Schadstoffe. Die gesamte Produktion des Gutes in Land B beträgt $Y = \sum_{j=1}^{m} y_j$.

Der Wirkungsradius der Emissionen kann auf die nationale Umwelt beschränkt sein oder die Umweltqualität mehrerer Länder beeinträchtigen. Wir werden im folgenden beide Möglichkeiten diskutieren: Die Bewertung der Umweltbelastung erfolgt durch die Schadensfunktionen $D_A(X + \gamma Y)$ in Land A und $D_B(Y + \gamma X)$ in Land B. Die Höhe des Schadens in A hängt zunächst von den Gesamtemissionen X in Land A ab. Da eine Gewichtung der Emissionen der einzelnen Unternehmen x_i unterbleibt, werden die von den verschiedenen Unternehmen emittierten Schadstoffe hinsichtlich ihrer schädigenden Wirkung als gleich angenommen. Der Parameter γ, $0 \leq \gamma \leq 1$, bezeichnet den Anteil der Schadstoffe eines Landes, der auch die Umweltqualität im Ausland beeinträchtigt. Bei $\gamma = 0$ hat man einen nur lokal wirkenden Schadstoff. Das andere Extrem ist mit $\gamma = 1$ ein global wirkender Schadstoff. In einer alternativen Interpretation beschreibt γ, inwieweit die Bevölkerung eines Landes an der globalen Umwelt interessiert ist.[29] Der Wirkungsradius der Emissionen wird hier stets insofern symmetrisch modelliert, als ein Teil γ der in Land A freigesetzten Schadstoffe auch die Umwelt des Landes B belastet und umgekehrt ebenfalls ein Anteil γ der Emissionen aus Land B die Umweltqualität in Land A beeinträchtigt. In vielen Fällen ist eine solche Symmetrie nicht gegeben, man denke etwa an Schadstoffe, die sich über Wasserwege verbreiten. Die hier gewählte Formulierung reicht jedoch völlig aus, um die generelle Problematik grenzüberschreitender Schadstoffe zu beleuchten.

Die Nachfrageseite wird beschrieben durch die inverse Nachfragefunktion $p(X + Y)$ mit $p' < 0$ auf dem Weltmarkt.

Die Interaktion zwischen Regierungen und Unternehmen wird als zweistufiges Spiel modelliert:

- Zunächst legen die Regierungen der Länder A und B simultan die Höhe ihrer Emissionssteuersätze t_A und t_B fest.
- Die Unternehmen in beiden Ländern betrachten diese Steuersätze als gegeben und wählen simultan ihre Produktionsmengen. Es wird Cournot-Wettbewerb unterstellt.

---

[29] Kennedy (1994b, S. 200).

Zur Ermittlung des teilspielperfekten Gleichgewichts beginnen wir mit der Analyse des Firmenverhaltens auf der zweiten Spielstufe.

2.3.2 Die Produktionsentscheidung der Unternehmen

Der Gewinn eines repräsentativen Unternehmens i in Land A beträgt

$$\pi_A = p(X+Y)x_i - K_A(x_i) - t_A x_i \,. \qquad (i = 1,..,n)$$

Das Unternehmen maximiert seinen Gewinn für gegebene Produktionsmengen der übrigen Unternehmen durch Wahl der Produktionsmenge x_i. Als notwendige Bedingung erster Ordnung für ein inneres Maximum erhält man

$$\frac{\partial \pi_A}{\partial x_i} = p'x_i + p - K_A' - t_A = 0 \,. \qquad (i = 1,..,n)$$

Analog maximiert ein Unternehmen in Land B

$$\pi_B = p(X+Y)y_j - K_B(y_j) - t_B y_j \qquad (j = 1,..,m)$$

mit der Bedingung erster Ordnung

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial y_j} = p'y_j + p - K_B' - t_B = 0 \,. \qquad (j = 1,..,m)$$

Komparativ-statische Ergebnisse: Über Nachfrage- und Kostenfunktionen treffen wir die Annahme, daß die Nachfragefunktion nicht zu konvex ist und die Kostenfunktionen nicht zu konkav sind, genauer

$$(2.1)\; p''x_i + p' < 0 \quad (i = 1,\ldots,n) \;\text{ und }\; p''y_j + p' < 0 \quad (j = 1,\ldots,m)\,,$$

$$p' - K_A'' < 0 \;\text{ und }\; p' - K_B'' < 0 \,.$$

Ökonomisch bedeutet die erste Bedingung, daß Grenzerlös und Grenzgewinn eines Unternehmens sinken, wenn ein Konkurrent seine Produktion erhöht. Die zweite Bedingung sagt aus, daß die Grenzkostenkurve nicht schneller fällt als die Marktnachfrage.

Gemeinsam sorgen die Annahmen dafür, daß die Bedingungen zweiter Ordnung für ein Maximum der Gewinnfunktion erfüllt sind:

$$\frac{\partial^2 \pi_A}{\partial x_i^2} = p''x_i + p' + p' - K_A'' < 0, \quad \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial y_j^2} = p''y_j + p' + p' - K_B'' < 0 \qquad \forall i,j.$$

Gelten beide Annahmen global, sichern sie die Existenz eines stabilen Nash-Gleichgewichts zwischen den Unternehmen[30] (dies muß jedoch nicht unbedingt ein inneres Nash-Gleichgewicht sein, in dem alle Unternehmen produzieren). Aus den Annahmen folgt ferner ein fallender Verlauf der Reaktionsfunktionen, der für Cournot-Oligopole als "normal" angesehen wird. Die beiden Annahmen haben sich jedoch vor allem wegen ihrer Bedeutung für die komparativ-statischen Eigenschaften des Cournot-Oligopols etabliert. Auch für einen Teil der nun herzuleitenden Ergebnisse sind sie wesentlich.

Wir unterstellen im folgenden ein inneres Nash-Gleichgewicht, in dem sich die Unternehmen in Land A und die in Land B jeweils symmetrisch verhalten:

$$x := x_1 = \ldots = x_n > 0 \text{ und } y := y_1 = \ldots = y_m > 0 .$$

Das Nash-Gleichgewicht wird durch die $m+n$ Bedingungen erster Ordnung charakterisiert. Infolge der Symmetrie lassen sie sich zusammenfassen zu

$$\phi_A(x,y,t_A) = p'(nx+my)x + p(nx+my) - K'_A(x) - t_A = 0,$$
$$\phi_B(x,y,t_B) = p'(nx+my)y + p(nx+my) - K'_B(y) - t_B = 0 .$$

Der Einfachheit halber wird auf die Kennzeichnung der Gleichgewichtswerte durch ein Sternchen o. ä. verzichtet. Durch die beiden Bedingungen sind implizit die gleichgewichtigen Produktionsmengen $x(t_A,t_B)$ und $y(t_A,t_B)$ als Funktionen der Steuersätze bestimmt. Durch Anwendung des Satzes über implizite Funktionen erhält man folgende komparativ-statische Ergebnisse (die Berechnung erfolgt im Anhang zu Abschnitt 2.3):

$$\frac{\partial x}{\partial t_A} < 0 , \frac{\partial y}{\partial t_A} > 0 , \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A} < 0 , \frac{\partial p}{\partial t_A} > 0 , \frac{\partial \pi_B}{\partial t_A} > 0 .$$

---

[30] Die Existenz folgt aus dem Theorem 3 von Novshek (1985, S. 90), wenn man zusätzlich noch annimmt, daß eine Sättigungsmenge $\overline{Q} < \infty$ mit $p(\overline{Q}) = 0$ existiert. Die Stabilität folgt aus dem Theorem von Hahn (1962). Setzt man zusätzlich $K'_A > 0$ und $K'_B > 0$ für alle Produktionsmengen voraus, so folgt auch die Eindeutigkeit (Gaudet und Salant (1991, S. 400 ff.)). Existenz wie Stabilität lassen sich jedoch auch unter weniger restriktiven Annahmen sichern. So kommt etwa das zitierte Theorem von Novshek ohne die Bedingung $p' - K''_i < 0 \quad (i = A,B)$ aus. Seade (1980, S. 26 f.) zeigt zudem, daß stabile Gleichgewichte auch für $p' + x_i p'' \geq 0$ gegeben sein können. Die obigen Annahmen erscheinen daher keineswegs zwingend. Gegen die Rechtfertigung von Annahmen mit Stabilitätsargumenten spricht zudem grundsätzlich, daß Stabilität für ein statisches "one-shot game", wie es hier betrachtet wird, bedeutungslos ist (vgl. beispielsweise Shapiro (1989, S. 352 f.)).

Analoge Reaktionen gelten für Änderungen des Steuersatzes t_B.

Im Cournot-Wettbewerb erobern Unternehmen mit geringeren Grenzkosten höhere Marktanteile. Erhöht die Regierung in Land A ihren Steuersatz t_A, so sinkt infolge der höheren Kostenbelastung die von den Unternehmen dieses Landes produzierte Menge, und die der ausländischen Unternehmen steigt. Die weltweit insgesamt produzierte Menge sinkt, daher steigt der Weltmarktpreis. Dieser Preisanstieg wirkt sich negativ auf die Konsumentenrente aus. Die Unternehmen in B profitieren hingegen vom höheren Preis. Sie verkaufen mehr zu einem höheren Preis, ihr Gewinn steigt dadurch.

Der Einfluß des Steuersatzes t_A auf die Gewinne der inländischen Unternehmen ist komplexer. Für ein Unternehmen in Land A berechnet man die Änderung des Gewinns $\pi_A(x(t_A,t_B),y(t_A,t_B),t_A)$ als

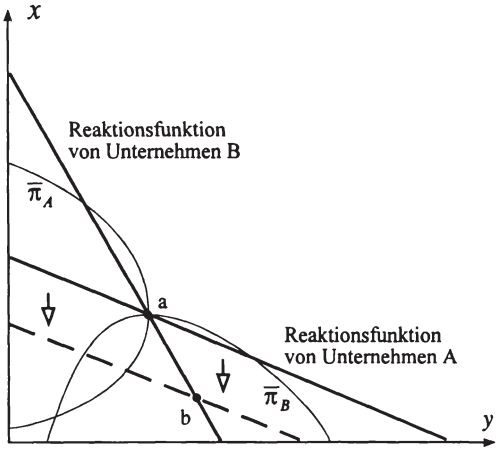
$$\frac{\partial \pi_A}{\partial t_A} = p' \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A} x - p'x \frac{\partial x}{\partial t_A} - x \ .$$

Das Unternehmen profitiert zwar ebenfalls vom Preisanstieg (erster Term), hat aber Marktanteile verloren (zweiter Term) und wird zudem steuerlich stärker belastet (dritter Term). Hinreichend, aber nicht notwendig, für $\partial \pi_A / \partial t_A < 0$ ist $p' + np''x \leq 0$, insbesondere also $p'' \leq 0$ oder $n = 1$ (vgl. Anhang zu Abschnitt 2.3). In diesen Fällen dominieren der Mengen- und der Steuereffekt den Preiseffekt, so daß der Gewinn eines heimischen Unternehmens bei einer Steuererhöhung sinkt.

Die Abbildung 2.3 stellt die Wirkung einer Erhöhung des inländischen Steuersatzes für ein Duopol graphisch dar. Durch die Änderung des Steuersatzes verschieben sich die Reaktionsfunktion des inländischen Unternehmens nach unten und das Gleichgewicht von a nach b.

Verbessert eine unilaterale Erhöhung des Emissionssteuersatzes die Umweltqualität? Wir wollen an dieser Stelle nach der ökologischen Wirksamkeit von Emissionssteuern fragen. Da die Schadstoffeinheit gerade so gewählt wurde, daß sich Produktionsmengen und Schadstoffemissionen entsprechen, folgt, daß bei einer Steuererhöhung in Land A die in diesem Land freigesetzten Emissionen sinken und die Emissionen im Ausland steigen. Bei einem ausschließlich lokal wirkenden Schadstoff verbessert sich somit die Umweltqualität in A, während sich die Umweltqualität in Land B verschlechtert.

Abbildung 2.3: Wirkung einer Erhöhung von t_A auf das Marktgleichgewicht in einem Cournot-Duopol



Die Situation ändert sich, wenn wir ein globales Umweltproblem betrachten, bei dem die Umweltqualität von der Summe der weltweit emittierten Schadstoffe $X + Y$ abhängt. Diese Emissionen sinken, wenn ein Land seinen Steuersatz erhöht (wenngleich der Anstieg der ausländischen Produktion die heimischen Bemühungen um eine Verbesserung der Umweltqualität teilweise zunichte macht). Somit verbessert eine unilaterale Steuererhöhung die Umweltqualität in allen Ländern. Bereits eine kleine Modifikation des Modells macht jedoch deutlich, daß dieses Ergebnis keineswegs zwingend ist. Wenn das Produktionsverfahren der ausländischen Unternehmen verschmutzungsintensiver ist als das der inländischen Unternehmen - etwa in der Form, daß mehr als eine Schadstoffeinheit je Outputeinheit entsteht -, kann die Zunahme der Emissionen im Ausland die Emissionsreduktion im Inland mehr als zunichte machen. Das globale Verschmutzungsniveau kann in diesem Fall durch eine unilaterale Erhöhung des Emissionssteuersatzes steigen.[31] Die Vorreiterrolle eines Landes oder weniger Länder in Fragen des Umweltschutzes kann - ganz entgegen der ursprünglichen Intention - zu einer weltweit größeren Umweltbelastung führen.[32]

---

[31] Ein numerisches Beispiel dafür findet sich in Heyes (1994). Zu demselben Schluß kommt Merrifield (1988, S. 271) in einem Modell mit vollkommener Konkurrenz.

[32] Es gibt auch andere Wirkungsketten, die zu diesem Phänomen führen können. Beispielsweise zeigt Hoel (1991), daß ein Land, das im Vorfeld von Verhandlungen eine einseitige

Bestehen nicht nur Unterschiede zwischen inländischen und ausländischen Unternehmen, sondern auch zwischen den Unternehmen eines Landes, so sind diese Ergebnisse weiter zu modifizieren. Kostenasymmetrien zwischen den von der Steuererhöhung betroffenen Unternehmen können dazu führen, daß Produktion, Emissionen und Gewinn einzelner regulierter Unternehmen durch die Steuererhöhung steigen[33], und zwar dann, wenn die inländische Konkurrenz dieser Unternehmen durch die Steuererhöhung härter getroffen wird. Die Steuererhöhung sorgt in diesem Fall nicht nur für eine Umverteilung der Produktion zwischen inländischen und ausländischen Unternehmen, sondern auch zwischen den inländischen Firmen. Es kann sein, daß zu den Firmen, die ihre Produktionsmenge erhöhen, gerade solche Unternehmen zählen, die eine besonders umweltbelastende Produktionstechnik einsetzen. In diesem Fall können sogar die Gesamtemissionen der Unternehmen *im regulierten Gebiet* im Zuge einer Emissionssteuererhöhung steigen.[34]

2.3.3 Die Umweltpolitik der Regierungen

Wir betrachten zunächst die Entscheidung der Regierung in Land A. Diese maximiert die Wohlfahrt ihres Landes

$$W_A = \int_p^\infty q_A(\xi)d\xi + n\big(p(X+Y)x - K_A(x) - t_A x\big) + t_A nx - D_A(X+\gamma Y)$$

durch Wahl des Steuersatzes t_A. Dabei antizipiert sie das Verhalten der Unternehmen und nimmt den Steuersatz der Regierung in Land B als gegeben hin. Das im folgenden dargestellte Ergebnis beschreibt daher sowohl das Verhalten der Regierung in Land A bei einer unilateralen Politik, wenn also die Regierung in Land B nicht aktiv ist, wie auch ihr Verhalten in einem Spiel, bei dem beide Regierungen simultan ihre Steuersätze festlegen.

Verpflichtung eingeht, seine Emissionen zu reduzieren, dadurch seine Verhandlungsmacht schwächen kann, so daß letztlich weltweit die Emissionen steigen.

33 Heyes (1994), Levin (1985) und Simpson (1995) zeigen dies in Modellen, in denen alle Unternehmen von der Steuererhöhung betroffen sind. Wenn nicht alle Firmen der Besteuerung unterliegen, wird ein solches Ergebnis unwahrscheinlicher, scheint aber möglich (Carraro und Soubeyran, 1996, S. 40).

34 Levin (1985, S. 287) demonstriert dies in einem Modell, in dem alle Unternehmen von der Steuererhöhung betroffen sind. Das Argument dürfte jedoch auch dann seine Gültigkeit behalten, wenn nicht alle Unternehmen der Steuer unterliegen.

Bei der Formulierung der Weltnachfragefunktion wurde unterstellt, daß die Unternehmen keine Preisdifferenzierung zwischen den Märkten durchsetzen können, so daß sich auf dem Weltmarkt ein einheitlicher Preis bildet. Der erste Summand gibt die Konsumentenrente an, die bei diesem Weltmarktpreis auf Land A entfällt. $q_A(p)$ ist die Nachfrage von Land A. Die Gewinne der heimischen Unternehmen bilden den zweiten Summanden und die Steuereinnahmen den dritten. Die Umweltbelastung wird durch die Schadensfunktion D_A erfaßt. Darin beschreibt der Parameter γ, $0 \leq \gamma \leq 1$, den Globalitätsgrad der Schadstoffe mit den beiden Extremen $\gamma = 0$ für ein lokales und $\gamma = 1$ für ein globales Umweltproblem. Als Bedingung erster Ordnung für ein Wohlfahrtsmaximum in Land A erhält man

$$(2.2)\quad \frac{\partial W_A}{\partial t_A} = p'\frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}(nx - q_A) + \frac{\partial x}{\partial t_A}n(p - K'_A - D'_A) - \gamma D'_A m\frac{\partial y}{\partial t_A} = 0\ .$$

Einsetzen der Bedingung erster Ordnung für ein Gewinnmaximum der inländischen Unternehmen und Umformen ergibt

$$(2.3)\quad \begin{aligned} t_A^N &= D'_A - \left(X - q_A\right)p'\frac{\dfrac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial X}{\partial t_A}} + p'x + \gamma D'_A\frac{\dfrac{\partial Y}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial X}{\partial t_A}} \\ &= \textit{Pigousteuer} + \textit{Preiseffekt} + \textit{Mengeneffekt} + \textit{pollution shifting Effekt}. \end{aligned}$$

Diese Gleichung[35] ist keine explizite Lösung für t_A, da die rechte Seite ebenfalls von t_A abhängt. Nochmaliges Umformen ergibt alternativ

$$(2.3')\quad \begin{aligned} t_A^N &= D'_A + q_A p'\frac{\dfrac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial X}{\partial t_A}} - p'x\frac{(n-1)\dfrac{\partial x}{\partial t_A} + m\dfrac{\partial y}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial x}{\partial t_A}} + \gamma D'_A\frac{\dfrac{\partial Y}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial X}{\partial t_A}} \\ &= \begin{matrix}\textit{Pigou-}\\ \textit{steuer}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{Konsumenten-}\\ \textit{renteneffekt}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{rent capture}\\ \textit{Effekt}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{pollution shifting}\\ \textit{Effekt}\end{matrix}\ . \end{aligned}$$

---

[35] Für $\gamma = 0$ entspricht (2.3) der Gleichung (7) aus Althammer und Buchholz (1998, S. 4). Ohne produktionsbedingte Umweltbelastung ($D'_A = \gamma = 0$) erhält man für ein Duopol ($m = n = 1$) das Ergebnis von Brander und Spencer (1985, S. 92, Gleichung (23)). Das zeigt, daß die Einbeziehung der produktionsbedingten Umweltexternalität diesem Modell additiv einen weiteren Aspekt hinzufügt, jedoch die Wirkungsweise der übrigen Mechanismen nicht beeinflußt (Althammer und Buchholz, 1998, S. 8).

Pigousteuer: Der erste Summand der Gleichung (2.3) erfaßt die Umweltwirkung der Steuer in Land A auf die im Inland produzierten Schadstoffe.

Preiseffekt: Der zweite Summand spiegelt die Wirkung der Steuer auf den Weltmarktpreis wider. Eine geringere Steuer senkt den Preis und begünstigt die Konsumenten, geht aber zu Lasten der Unternehmen. Das Vorzeichen dieses Preiseffektes entspricht dem Vorzeichen von $X - q_A$, hängt also davon ab, ob ein Land Exporteur oder Importeur des Gutes ist.[36] Der Preiseffekt entfällt, wenn Produktion und Konsum des Gutes in Land A gerade ausgeglichen sind.

Mengeneffekt: Der dritte Summand ist ein Mengeneffekt, der typisch für einen Oligopolmarkt ist. Denn aus der Bedingung erster Ordnung für ein Gewinnmaximum der Unternehmen folgt, daß $-p'x = (p - K_A' - t_A)$ gilt. Bei vollkommener Konkurrenz entspricht der Preis den Grenzkosten, und die rechte Seite wird Null, so daß der Mengeneffekt entfällt[37].

Pollution-shifting Effekt: Die Wirkung grenzüberschreitender Schadstoffe zeigt sich im letzten Summanden. Für $\gamma > 0$ ist dessen Vorzeichen negativ. Bei einem nur lokal wirkenden Schadstoff entfällt er. Erhöht die Regierung A ihren Steuersatz in dem Bemühen, die heimische Umweltqualität zu verbessern, so sinken zwar die Emissionen der inländischen Unternehmen - die Produktion im Ausland steigt jedoch. Da die dort vermehrt freigesetzten Emissionen bei $\gamma > 0$ auch die inländische Umwelt belasten, wird der Erfolg strengerer Umweltschutzmaßnahmen in A teilweise konterkariert. Bei grenzüberschreitenden Emissionen ist der Anreiz zu einer strengen Umweltpolitik daher geringer.[38]

Konsumentenrenteneffekt: Der Einfluß inländischer Konsumenten äußert sich im Term $p'q_A(\partial(X+Y)/\partial t_A)/(\partial X/\partial t_A)$ in Gleichung (2.3'). Das Vorzeichen des Ausdrucks ist negativ, wirkt also in Richtung eines gegenüber dem Grenzschaden niedrigeren Steuersatzes. Ursache hierfür ist der Preiseffekt. Eine Senkung des Steuersatzes t_A läßt die weltweit produzierte Menge steigen. Dies führt zu einem Preisverfall am Weltmarkt, der sich positiv auf die Konsumentenrente auswirkt. Je größer die Nachfrage q_A in Land A ist, desto stärker fällt dieser Effekt ins Gewicht.

---

36 Althammer und Buchholz (1998, S. 5).

37 Althammer und Buchholz (1998, S. 5).

38 So auch Kennedy (1994a, S. 50).

Der rent-capture Effekt bei einem inländischen Unternehmen:[39] Der rent-capture Effekt erfaßt den Einfluß, den die Umweltsteuer auf die Bruttogewinne (Gewinne plus Steuereinnahmen) der inländischen Unternehmen hat. Bei nur einem Unternehmen in Land A ($n = 1$) hat dieser Ausdruck ein negatives Vorzeichen. Die Regierung stärkt durch ein Subventionselement $-p'x(\partial Y / \partial t_A) / (\partial x / \partial t_A)$, also eine Senkung des Steuersatzes, die Wettbewerbsfähigkeit ihres Unternehmens. Der Grund liegt in dem bereits dargestellten Einfluß der Steuer auf die Kosten des Unternehmens. Im Cournot-Wettbewerb haben Unternehmen mit geringeren Grenzkosten einen höheren Marktanteil. Diese Ausweitung der Produktionsmenge wirkt gewinnsteigernd. Zwar sinkt durch die Ausweitung der Weltproduktion der Weltmarktpreis, jedoch überwiegt der Mengeneffekt den Preiseffekt.[40]

---

[39] Dies ist das von Brander und Spencer (1985) identifizierte "profit-shifting" Motiv.

[40] Nannerup (1998) zeigt, daß die Bedeutung des rent-capture Effekts abnimmt, wenn die Regierung nur unvollkommen über die Produktionskosten der Unternehmen informiert ist. In seinem Modell reguliert jede Regierung ihr Unternehmen durch einen Emissionsstandard. Bei vollkommener Information ist dieser Emissionsstandard um so laxer, je geringer die Produktionskosten des regulierten Unternehmens sind. Darum sollte man eigentlich annehmen, daß das Unternehmen bei unvollkommener Information ein Motiv hat, niedrigere Produktionskosten anzugeben, da es dann mit weniger strengen Umweltschutzmaßnahmen rechnen kann. Im Modell von Nannerup geschieht jedoch genau das Gegenteil. Der Grund liegt darin, daß vom Unternehmen zusätzlich eine (emissionsunabhängige) lump-sum Steuer erhoben wird. Da zugleich unterstellt wird, daß die Steuereinnahmen eine doppelte Dividende erbringen, hat die Regierung einen Anreiz, den gesamten Gewinn des Unternehmens wegzusteuern. Um der "Enteignung" zu entgehen, gibt das Unternehmen bei unvollkommener Information höhere Produktionskosten an als es tatsächlich hat, denn das führt zwar zu einem strengeren Emissionsstandard, jedoch sind auch der ausgewiesene Gewinn und damit die Steuer geringer. Um das Unternehmen zu einer wahrheitsgemäßen Offenbarung seiner Kosten zu veranlassen, enthält der Emissionsstandard bei unvollkommener Information eine screening-Komponente: Diese wirkt in Richtung strengerer Standards, denn ein strengerer Standard verteuert die Angabe zu hoher Produktionskosten und sorgt so dafür, daß das Unternehmen seine Produktionskosten korrekt angibt. Daher ist bei Nannerup der Anreiz, aus strategischen Gründen zu laxe Emissionsstandards zu setzen, bei unvollkommener Information geringer als bei vollkommener Information.

M. E. ist dieses Ergebnis jedoch sehr speziell. Es basiert darauf, daß die Unternehmen einen Anreiz haben, zu hohe Produktionskosten anzugeben. Eine solche Strategie lohnt sich aber nur, um die lump-sum Steuer zu drücken. Ohne eine solche Steuer würde die Regulierung durch einen Emissionsstandard dazu führen, daß die Produktionskosten niedriger angegeben werden als sie tatsächlich sind. Dann wäre jedoch zu vermuten, daß unvollkommene Information die Wahl zu laxer Umweltstandards noch verstärkt.

Auch die Kostensenkung infolge der geringeren Steuern wirkt gewinnsteigernd. Das bleibt bei der unterstellten Wohlfahrtsfunktion jedoch außer Betracht, da sich Gewinnänderungen, die auf von den Unternehmen weniger oder mehr gezahlte Steuern zurückgehen, gerade mit Steuermindereinnahmen oder Steuermehreinnahmen des Staates saldieren.

Der rent-capture Effekt bei mehreren inländischen Unternehmen: Bei mehreren Unternehmen in Land A existiert kein klares Motiv mehr, die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie durch einen geringen Steuersatz zu fördern. Es folgt

$$-p'x\frac{(n-1)\frac{\partial x}{\partial t_A}+m\frac{\partial y}{\partial t_A}}{\frac{\partial x}{\partial t_A}}=p'x\frac{m(p''y+p')-(n-1)(p'-K_B'')}{m(p''y+p')+p'-K_B''}\begin{Bmatrix}<\\=\\>\end{Bmatrix}0 \Leftrightarrow n\begin{Bmatrix}<\\=\\>\end{Bmatrix}1+m\frac{p''y+p'}{p'-K_B''}.$$

Wie im Fall nur eines Unternehmens wirken auf die Bruttogewinne mit dem Preis- und dem Mengeneffekt zwei einander entgegengesetzte Effekte ein. Der Einfluß der Steuer auf den Preis vermittelt einen Anreiz zu höheren Steuern, die Marktanteilsverschiebung zugunsten der inländischen Unternehmen wirkt andererseits in Richtung niedriger Steuern. Anders als bei nur einem Unternehmen kann bei einer größeren Zahl von Unternehmen in Land A der Preiseffekt den Mengeneffekt dominieren. Ohne ausländische Unternehmen ($m = 0$) ist dies bereits für $n \geq 2$ der Fall. Der Grund liegt darin, daß sich die inländischen Unternehmen gegenseitig Konkurrenz machen. Ein höherer Emissionssteuersatz wirkt kostensteigernd und senkt die Produktion der inländischen Unternehmen bei höherem Preis. Dadurch wird der Wettbewerbsdruck zwischen den inländischen Unternehmen gemildert und das Marktergebnis näher an eine Kartellsituation herangeführt.[41] Dies gilt zumindest aus Sicht des Staates, dem es egal ist, ob Wohlfahrt in Form von Unternehmensgewinnen oder in Form von Steuereinnahmen anfällt. Im Gegensatz zu einem echten Kartell profitieren die Unternehmen von der hier beschriebenen Politik in der Regel jedoch nicht, da im allgemeinen die höheren Steuerzahlungen den Preisvorteil mehr als aufzehren (vgl. die komparativ-statischen Ergebnisse).

---

41 Vgl. Eaton und Grossman (1986, S. 397) sowie Dixit (1984, S. 12); beide diskutieren dies in Modellen ohne Umweltexternalität.

Diese wettbewerbsdämpfende Wirkung kann durchaus den Nachteil kompensieren, der entsteht, wenn bei ausländischer Konkurrenz ($m > 0$) infolge höherer Steuern Marktanteile an die ausländischen Unternehmen abgegeben werden. Dazu betrachten wir ein Beispiel[42] mit linearen Nachfrage- und Grenzkostenfunktionen (p', K''_A und K''_B konstant). Hier folgt für $q_A = q_B = \gamma = 0$

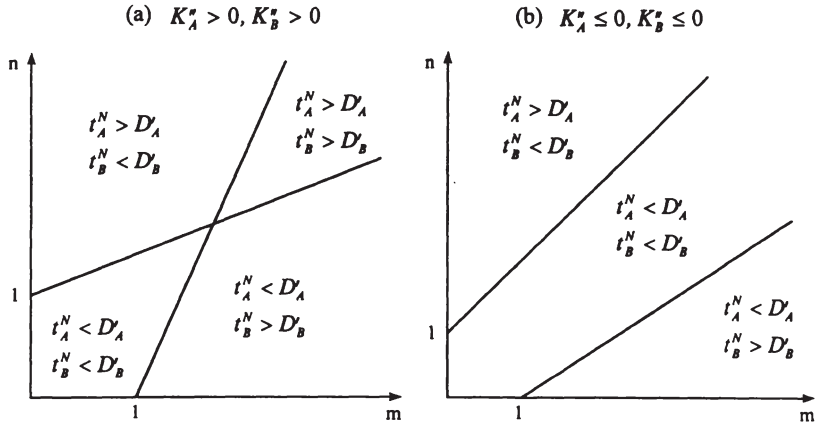
$$t_A^N \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} D'_A \quad \Leftrightarrow \quad n \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} 1 + m\frac{p'}{p' - K''_B}$$

und analog für den Steuersatz der Regierung in Land B

$$t_B^N \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} D'_B \quad \Leftrightarrow \quad m \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} 1 + n\frac{p'}{p' - K''_A} \, .$$

Daß hier das Gut in keinem der beiden Produzentenländer konsumiert wird, impliziert natürlich, daß der Konsum in einem weiteren Land stattfindet; man spricht in diesem Fall auch von einem "Drittlandmodell". Die Abbildung 2.4 stellt die beiden Bedingungen graphisch dar.

Abbildung 2.4: Rent-capture Effekt in Abhängigkeit von der Unternehmenszahl
($q_A = q_B = \gamma = p'' = K''_A = K''_B = 0$)



Quelle: Althammer und Buchholz (1998, Abbildung 2)

[42] Althammer und Buchholz (1998, S. 10 ff.).

Man erhält somit folgendes Ergebnis:[43]

- Sind die Produzentenländer hinsichtlich der Unternehmenszahl hinreichend asymmetrisch, so ist der rent-capture Effekt für das Land mit der geringeren Firmenzahl negativ und für das Land mit der höheren Unternehmenszahl positiv.
- Bei annähernd gleicher Unternehmenszahl hat der Effekt für beide Länder ein negatives Vorzeichen. Sind die Kostenfunktionen streng konvex, so gilt das jedoch nur bei einer geringen Zahl von Unternehmen in beiden Ländern. Bei höheren Unternehmenszahlen setzen statt dessen beide Länder ihren Steuersatz oberhalb des Grenzschadens fest.

Wir gehen abschließend noch auf zwei spezielle Szenarien ein:

Bei vollkommener Konkurrenz entfällt der Mengeneffekt $p'x$. Ist zudem die belastende Wirkung der Emissionen auf die nationale Umwelt begrenzt ($\gamma = 0$), erhält man [44]

$$t_A^N = D_A' - (X - q_A)p' \frac{\partial(X+Y)/\partial t_A}{\partial X/\partial t_A} = D_A' - (X - q_A)\frac{\partial p/\partial t_A}{\partial X/\partial t_A} \quad .$$

Der zweite Summand reflektiert die terms-of-trade Wirkung der Besteuerung, die im Abschnitt 2.2.2 anhand einer Graphik beschrieben wurde. In einem kleinen Land entfällt dieser Effekt, da sich dort der Preis durch die Politik des Landes A nicht ändert, und es folgt, wie im Abschnitt 2.2.1 gezeigt, $t_A^N = D_A'$.

In einer geschlossenen Wirtschaft ($q_A = nx, \gamma = 0$) erhält man [45]

$$t_A^N = D_A' + p'x \quad < D_A'.$$

Bei vollkommener Konkurrenz würde der zweite Summand entfallen. Damit ist die Interpretation klar: Die Regierung begegnet mit der Besteuerung zwei Verzerrungen. Dies ist zum einen der externe Effekt, der aus der Freisetzung von Schadstoffen im Produktionsprozeß entsteht. Eine Steuer in Höhe von D_A' auf

---

43 Althammer und Buchholz (1998, S. 11 f.).

44 Dies ist die Gleichung (13) von Krutilla (1991, S. 131) bei einem Zollsatz von Null.

45 Dies entspricht der Formel (8) aus Ebert (1992, S. 156) und im Monopolfall der Formel (10) in Barnett (1980, S. 1039), sofern man dort Emissionen proportional zur Produktionsmenge unterstellt.

die Emissionen sorgt dafür, daß die Unternehmen die durch diese Emissionen verursachte Umweltbelastung korrekt internalisieren. Die zweite Ineffizienz resultiert aus der Marktform. Bei unvollkommener Konkurrenz ist das Marktergebnis durch eine zu geringe Produktion bei einem zu hohen Marktpreis charakterisiert. Durch eine Produktionssubvention in Höhe von $p'x$ werden die Unternehmen zu Produktionserhöhungen veranlaßt. Beide Instrumente lassen sich additiv zu einem Instrument, einer Steuer in Höhe von $t_A = D'_A + p'x$, zusammenfassen. Denn da die Emissionen hier ausschließlich von der Produktionshöhe abhängig sind, richten sich beide Instrumente auf dieselbe Größe. Das ist auch der Grund dafür, daß bei Implementierung dieses Steuersatzes ein "first-best" Ergebnis erzielt wird, obwohl zur Korrektur von zwei Verzerrungen nur ein Instrument zur Verfügung steht, also eigentlich ein "second-best" Problem vorliegt.[46]

Sind die Unternehmen nicht symmetrisch, so lautet der zweite Summand[47]

$$p' \sum_{i=1}^{n} x_i \frac{\partial x_i / \partial t_A}{\partial X / \partial t_A} .$$

Das Vorzeichen ist dann nicht mehr eindeutig zu bestimmen. Es kann auch positiv sein, also einen Steuersatz oberhalb des Grenzschadens erforderlich machen.[48] In einem Cournot-Oligopol wird nicht nur zu wenig produziert; bei asymmetrischen Unternehmen kann auch eine unter Kostengesichtspunkten ineffiziente Allokation der Produktion zwischen den Firmen entstehen. In diesem Fall übernimmt die Steuer zusätzlich die Aufgabe, Produktion zu den kostengünstiger arbeitenden Unternehmen umzuschichten.[49]

Zusammenfassend kann man feststellen, daß es mehrere Gründe für die Regierung A gibt, ihren Steuersatz unterhalb des Grenzschadens festzusetzen. Dazu zählen der Konsum des betreffenden Gutes im Inland, grenzüberschreitende Schadstoffe sowie die Förderung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit bei einer geringen Zahl inländischer Unternehmen. Lediglich wenn mehrere Unternehmen in Land A produzieren, kann ein Anreiz zu höheren Steuern folgen.

---

46 Ebert (1992, S. 157).

47 Vgl. Althammer und Buchholz (1998, S. 4) und Simpson (1995, S. 364).

48 Simpson (1995).

49 Simpson (1995, S. 359).

Saldiert man die verschiedenen Einflußfaktoren, so folgt: Die Regierung eines Landes, welches das Gut importiert, wird stets einen Steuersatz unterhalb des Grenzschadens setzen. Dasselbe gilt, anders als im Modell mit vollkommener Konkurrenz, wenn sich Produktion und Konsum im Land A gerade ausgleichen. Auch die Regierung eines Landes, das das Gut exportiert, wählt ihren Steuersatz unterhalb des Grenzschadens, sofern die Zahl der Unternehmen in diesem Land nicht zu groß ist. Ein gegenüber dem Grenzschaden höherer Steuersatz kann sich demgegenüber nur ergeben, wenn Land A Nettoexporteur des Gutes ist und gleichzeitig über eine im Vergleich zum Ausland hohe Firmenzahl verfügt.

2.3.4 Die Effizienz des nichtkooperativen Gleichgewichts

Die bisherige Analyse ist geeignet aufzuzeigen, welche Faktoren neben dem eigentlichen Umweltziel noch auf die Entscheidung einer Regierung einwirken. Sie sagt jedoch nichts darüber aus, inwiefern ein für die Länder besseres Ergebnis erzielt werden kann. In diesem Abschnitt soll daher das nichtkooperative Gleichgewicht daraufhin untersucht werden, ob Kooperationsgewinne für die beteiligten Länder möglich sind. Als Referenzsituationen berechnen wir zunächst die Steuersätze, bei denen die Summe der Wohlfahrt aller beteiligten Länder maximal wird, und anschließend die Emissionssteuersätze, die die Wohlfahrt von zwei reinen Exportländern (unter Vernachlässigung der Konsumenten im dritten Land) maximieren.

(i) Als erste Referenzsituation für die Beurteilung wird die Allokation herangezogen, die sich ergibt, wenn die Summe der Wohlfahrt aller beteiligten Länder maximiert wird. Diese Summe wird im folgenden als "Weltwohlfahrt" bezeichnet:

$$W = \int_0^{X+Y} p(\xi)d\xi - nK_A(x) - mK_B(y) - D_A(X+\gamma Y) - D_B(\gamma X + Y) \ .$$

Wenn das Gut ausschließlich in den Produzentenländern nachgefragt wird, also $q_A + q_B = X + Y$ gilt, entspricht die Weltwohlfahrt der Summe $W = W_A + W_B$. Entfällt ein Teil des Konsums auf ein drittes Land C, so entspricht die Welt-

wohlfahrt der Wohlfahrt in Konsumenten- und Produzentenländern $W = W_A + W_B + W_C$.[50]

Als Bedingungen erster Ordnung für eine innere Lösung erhält man[51]

$$\frac{\partial W}{\partial x} = n(p - K'_A - D'_A - \gamma D'_B) = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial y} = m(p - K'_B - D'_B - \gamma D'_A) = 0 .$$

Nach Einsetzen der Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum der Unternehmen erhält man die optimalen Steuersätze

$$(2.4)\, t_A{}^* = D'_A + \gamma D'_B + p'x, \quad t_B{}^* = D'_B + \gamma D'_A + p'y .$$

Die Interpretation entspricht weitgehend der in einer geschlossenen Volkswirtschaft. Die Steuer internalisiert zunächst wieder die Umweltexternalität, und zwar durch ein Steuerelement, das dem weltweit angerichteten Grenzschaden $D'_i + \gamma D'_j$ entspricht. Daß bei grenzüberschreitenden Schadstoffen die Emissionen eines Landes auch die Umweltqualität im jeweils anderen Land beeinträchtigen, wird dabei durch $\gamma D'_j$ berücksichtigt. Die Steuer korrigiert ferner die durch die oligopolistische Marktform bedingte Minderproduktion. Wie in einer geschlossenen Wirtschaft wird bei Implementierung der Steuersätze ein "first-best" Ergebnis erzielt, und zwar aus demselben Grund. Der einzige Unterschied besteht darin, daß sich bei zwei Ländern das Problem verdoppelt und somit zwei Instrumente erforderlich sind, ein Steuersatz für die Unternehmen in Land A und einer für die Unternehmen in Land B.

Ein Vergleich der nichtkooperativen Steuersätze in Gleichung (2.3) mit den effizienten Steuersätzen der Gleichung (2.4) gibt Anlaß zu folgender Feststellung:

- Zwei Faktoren sorgen für ein Abweichen der teilspielperfekten von den effizienten Steuersätzen: die Handelsstruktur und grenzüberschreitende Schadstoffe.
- Folglich sind die nichtkooperativen Steuersätze effizient, wenn kein Land Nettoimporteur oder Nettoexporteur des Gutes ist ($q_A = nx, q_B = my$) und

---

[50] In diesem Fall ist unterstellt, daß die Schadstoffemissionen die Umweltqualität im Land C nicht beeinträchtigen. Andernfalls wäre der Ausdruck $-D_C(\gamma X + \gamma Y)$ zu ergänzen, was die Gleichung (2.4) in offensichtlicher Weise modifiziert.

[51] Im folgenden wird angenommen, daß ein inneres Maximum existiert, in dem alle Unternehmen produzieren. Es lassen sich jedoch leicht Beispiele konstruieren, in denen das nicht der Fall ist.

die Schadstoffemissionen nur die nationale Umwelt belasten ($\gamma = 0$). Insbesondere sind bei symmetrischen Ländern und $\gamma = 0$ die nichtkooperativen Steuersätze effizient.[52]

In den übrigen Fällen sind die effizienten und die nichtkooperativen Steuersätze in den Gleichungen (2.3) und (2.4) nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, da in der Regel die Produktionsmengen im nichtkooperativen und im effizienten Fall verschieden sind. Um dennoch zu einer Aussage zu kommen, berechnen wir $\partial W_A / \partial t_A$ für eine Situation, in der die Weltwohlfahrt maximal ist. Einsetzen von t_i * aus Gleichung (2.4) in $\partial W_A / \partial t_A$ ergibt

$$\frac{\partial W_A(t_A^*, t_B^*)}{\partial t_A} = (X - q_A)p' \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A} + \gamma D_B' \frac{\partial X}{\partial t_A} - \gamma D_A' \frac{\partial Y}{\partial t_A} .$$

Der erste Summand ist positiv (negativ), wenn Land A das Gut exportiert (importiert). Der zweite und dritte Summand sind negativ. Die Relation $\partial W_A (t_A^*, t_B^*) / \partial t_A > 0$ verrät nun, daß Land A in einer Situation, in der das Maximum der Weltwohlfahrt erreicht ist, einen Anreiz hat, unilateral seinen Steuersatz zu erhöhen. Aus $\partial W_A (t_A^*, t_B^*) / \partial t_A < 0$ folgt ein Motiv zur Senkung des Steuersatzes. Damit erhält man folgendes Ergebnis:

- Ohne grenzüberschreitende Schadstoffemissionen gilt: In einer Situation, in der die Weltwohlfahrt maximal ist, wird die Regierung eines Landes, das das Gut exportiert, unilateral ihren Steuersatz erhöhen, um die Wohlfahrt ihres Landes zu steigern; im Importfall wird sie den Steuersatz hingegen senken. Der Anreiz zur Steuererhöhung beim Export ergibt sich wie bei einem großen Land mit konkurrenzmäßig organisierten Märkten daraus, daß durch die Steuererhöhung die weltweit produzierte Menge sinkt und der Preis steigt. Der Preiseffekt erhöht die Bruttogewinne. Beim Export dominiert dies die Wohlfahrtsminderung, die sich aus einer reduzierten Konsumentenrente ergibt. Eine entsprechend umgekehrte Argumentation gilt beim Import, ebenfalls in Analogie zum terms-of-trade Effekt in einem großen Land mit konkurrenzmäßig organisierter Wirtschaft.

---

52 Diese Aussage über symmetrische Länder bleibt auch dann gültig, wenn die Unternehmen zwischen den beiden Märkten Preisdifferenzierung durchsetzen können (segmentierte Märkte). Dieser Fall wird von Hung (1994) diskutiert. Hung kommt allerdings zu dem Ergebnis, daß die Steuersätze im Nash-Gleichgewicht stets geringer sind als die effizienten Steuersätze. Schuld daran ist ein Fehler bei der Berechnung der optimalen Steuersätze.

- Zur Analyse der Wirkung grenzüberschreitender Emissionen unterstellen wir $q_A{}^* = nx^*$. Es folgt ein Anreiz zur Senkung des Steuersatzes. Dies hat zwei Gründe. Der Ausdruck $\gamma D'_B$ steht für das übliche "transboundary pollution problem". Kein Land ist bereit, den Schaden zu berücksichtigen, den es anderswo anrichtet. Zum zweiten sinkt infolge der geringeren Steuer auch die Produktion im Ausland und damit die Menge an Schadstoffen, die von den ausländischen Unternehmen produziert werden und die Grenze überschreiten. Dies entspricht dem strategischen "pollution-shifting" Effekt, wie er im Abschnitt 2.3.3 beschrieben wurde.

(ii) Als zweite Referenzsituation betrachten wir zwei Länder A und B, in denen das Gut nicht konsumiert wird ($q_A = q_B = 0$). Das Maximum der Summe der Wohlfahrt in den Produzentenländern $W_A + W_B$ wird in diesem Fall durch Steuersätze in Höhe von

$$t_A{}^P = D'_A + \gamma D'_B - p'\big((n-1)x + my\big) \quad > D'_A + \gamma D'_B$$

(und analog für $t_B{}^P$) erreicht. Da die Produzentenländer die Konsumentenrente in Land C bei ihren Überlegungen nicht berücksichtigen, liegen die Steuersätze oberhalb der Grenzschäden. Dadurch werden die Unternehmen beider Länder gezwungen, sich wie in einem Kartell zu verhalten.

(iii) Die gerade durchgeführte Analyse hat zwei Nachteile. Aus dem unilateralen Anreiz für ein Land, nach oben oder unten vom kooperativen Niveau abzuweichen, folgt nicht, daß im nichtkooperativen Gleichgewicht der Steuersatz tatsächlich höher oder niedriger ist als der kooperative Steuersatz. Denn die beschriebene Wirkung ergibt sich für den Fall, daß das andere Land seinen Steuersatz nicht ändert. Tatsächlich haben jedoch in der Regel beide Länder einen Anreiz abzuweichen.

Der zweite Nachteil dieser Analyse liegt darin, daß beim Übergang vom teilspielperfekten Gleichgewicht zur effizienten Lösung zwar die Weltwohlfahrt steigt. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß sich eines der Länder verschlechtert, insbesondere dann, wenn die Länder sehr asymmetrisch sind.[53] Ohne Kompensationszahlungen ist eine Einigung auf Emissionssteuersätze in

---

[53] In einem Drittlandmodell, in dem das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert wird, werden bei Implementierung der Steuersätze t_i * die Exportländer schlechter gestellt als im nichtkooperativen Gleichgewicht. Eine Fülle weiterer Beispiele findet man bei Conrad (1997).

Höhe von t_i * in diesen Fällen nicht zu erwarten. Transferzahlungen sind in der Praxis jedoch eher unüblich.[54] Conrad (1997, S. 120) schließt daraus: "Given these results of different properties in the equilibria under strategic environmental tax competition, which depends on differences in demand, in supply, on local and transboundary pollution and on environmental concern, one should not expect international agreements on taxes on air pollutants in the near future if governments do not talk about side-payments."

Statt uns dieser (pessimistischen) Folgerung anzuschließen, wollen wir abschließend prüfen, inwieweit die Länder in Verhandlungen Paretoverbesserungen erreichen können, ohne Transferzahlungen leisten zu müssen. Dazu wird berechnet, wie sich die Wohlfahrt in den Produzentenländern A und B verändert, wenn ausgehend vom teilspielperfekten Gleichgewicht beide Steuersätze geändert werden. Die Änderungen von W_A und W_B werden an der Stelle des nichtkooperativen Gleichgewichts durch ihr totales Differential approximiert:

$$dW_A = \frac{\partial W_A}{\partial t_A} dt_A + \frac{\partial W_A}{\partial t_B} dt_B \quad \text{und} \quad dW_B = \frac{\partial W_B}{\partial t_A} dt_A + \frac{\partial W_B}{\partial t_B} dt_B \,.$$

Im teilspielperfekten Gleichgewicht des nichtkooperativen Spiels gilt $\partial W_A / \partial t_A = 0$ und $\partial W_B / \partial t_B = 0$. Damit erhält man

$$dW_A = \frac{\partial W_A}{\partial t_B} dt_B, \; dW_B = \frac{\partial W_B}{\partial t_A} dt_A \,.$$

Die Ableitungen berechnet man als[55]

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = p' \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_B} (nx - q_A) + \frac{\partial x}{\partial t_B} n (p - K'_A - D'_A) - \gamma D'_A m \frac{\partial y}{\partial t_B}$$

$$= (nx - q_A) p' \frac{\frac{\partial (X+Y)}{\partial t_B} \frac{\partial X}{\partial t_A} - \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A} \frac{\partial X}{\partial t_B}}{\frac{\partial X}{\partial t_A}} - \gamma D'_A \frac{\frac{\partial Y}{\partial t_B} \frac{\partial X}{\partial t_A} - \frac{\partial Y}{\partial t_A} \frac{\partial X}{\partial t_B}}{\frac{\partial X}{\partial t_A}}$$

---

54 Conrad (1997, S. 98).

55 Bei der Berechnung werden die Gleichung (2.2) $\partial W_A / \partial t_A = 0$ und die komparativ-statischen Ergebnisse aus dem Anhang zum Abschnitt 2.3 eingesetzt.

$$= \frac{p'm}{\frac{\partial \phi_B}{\partial y}}(nx - q_A) - \frac{\gamma D'_A m}{\frac{\partial \phi_B}{\partial y}}$$

und analog

$$\frac{\partial W_B}{\partial t_A} = \frac{p'n}{\frac{\partial \phi_A}{\partial x}}(my - q_B) - \frac{\gamma D'_B n}{\frac{\partial \phi_A}{\partial x}} .$$

Der erste Bruch ist jeweils positiv, der zweite negativ. Es gilt $\partial W_i / \partial t_j > 0$ $(i \neq j)$, falls Land i ein Exporteur des Gutes ist oder wenn ein internationales Umweltproblem vorliegt (und Land i kein Nettoimporteur des Gutes ist bzw. eventuelle Nettoimporte gering sind). Dieser Fall ist in der Abbildung 2.5 (a) dargestellt. N kennzeichnet dort das nichtkooperative Gleichgewicht. Demgegenüber ist $\partial W_i / \partial t_j < 0$ $(i \neq j)$ nur möglich, wenn Land i ein Importeur des Gutes ist und der Globalitätsgrad der Schadstoffe γ hinreichend klein ist, vgl. Abbildung 2.5 (b).[56]

---

[56] Der Ausdruck $\partial W_A / \partial t_B$ bestimmt die Krümmung der Isowohlfahrtslinie von Land A, die die Wohlfahrt $\overline{W}_A^N$ im teilspielperfekten Gleichgewicht angibt. Denn implizites Differenzieren von $\overline{W}_A^N = W_A(t_A, t_B)$ ergibt für $\partial W_A / \partial t_B \neq 0$

$$\frac{dt_B}{dt_A} = -\frac{\partial W_A / \partial t_A}{\partial W_A / \partial t_B} .$$

Daraus folgt für die Krümmung

$$\frac{d^2 t_B}{dt_A^2} = -\frac{\left(\frac{\partial^2 W_A}{\partial t_A^2} + \frac{\partial^2 W_A}{\partial t_A \partial t_B}\frac{dt_B}{dt_A}\right)\frac{\partial W_A}{\partial t_B} - \frac{\partial W_A}{\partial t_A}\left(\frac{\partial^2 W_A}{\partial t_B \partial t_A} + \frac{\partial^2 W_A}{\partial t_B^2}\frac{dt_B}{dt_A}\right)}{\left(\partial W_A / \partial t_B\right)^2} .$$

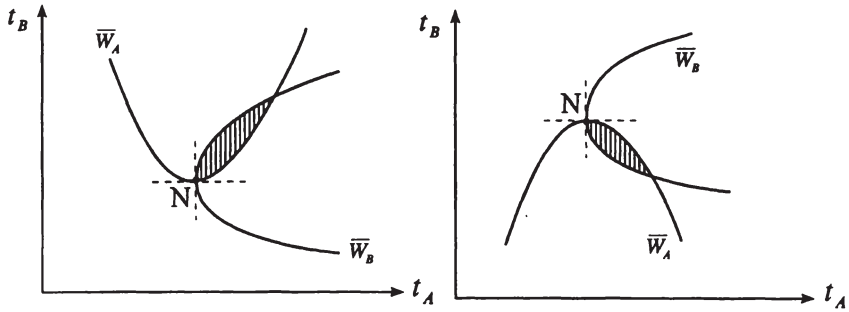
Im teilspielperfekten Gleichgewicht gilt $\partial W_A / \partial t_A = 0$ und somit $dt_B / dt_A = 0$ und

$$\frac{d^2 t_B}{dt_A^2} = \left(-\frac{\partial^2 W_A}{\partial t_A^2}\right) / \left(\frac{\partial W_A}{\partial t_B}\right) .$$

Daraus folgt der in der Abbildung 2.5 gezeichnete Verlauf.

Abbildung 2.5: Paretoverbesserungen

(a) $\frac{\partial W_A}{\partial t_B} > 0, \frac{\partial W_B}{\partial t_A} > 0$ (b) $\frac{\partial W_A}{\partial t_B} < 0, \frac{\partial W_B}{\partial t_A} > 0$



Somit erhält man folgendes Ergebnis:

- Sind beide Länder Exporteure des Gutes, so steigt ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht die Wohlfahrt der Produzentenländer, wenn sie ihre Steuersätze erhöhen. Die Steuererhöhung wirkt wohlfahrtssteigernd, da sie das Marktergebnis einer Kartellsituation annähert. Dieses Ergebnis ist unabhängig von der Firmenzahl. Die Wohlfahrtssteigerung in den Produzentenländern geht allerdings zu Lasten der Konsumenten im dritten Land, die einen höheren Preis für das Gut zahlen müsssen.
- Ist ein Land Nettoimporteur, das andere Nettoexporteur des Gutes und ist der Globalitätsgrad der Schadstoffe γ nicht zu hoch, so steigt ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht die Wohlfahrt beider Länder, wenn die Regierung des Importlandes den Steuersatz erhöht und die des Exportlandes ihren senkt.
- Sind in beiden Ländern Im- und Exporte des Gutes gerade ausgeglichen und gilt $\gamma = 0$, so ist das Ergebnis paretoeffizient. Wie gezeigt, ist dann auch die Weltwohlfahrt maximal. Kooperationsbedarf besteht nicht.
- Wir wählen diese letzte Situation als Ausgangspunkt, um festzustellen, daß bei grenzüberschreitenden Emissionen eine Erhöhung der Steuersätze die Wohlfahrt in beiden Ländern verbessert.

2.3.5 Beispiel

Zur Illustration der bisherigen Ergebnisse betrachten wir ein Beispiel mit linearen Nachfragefunktionen in den Produzentenländern und in einem dritten Land C, in dem nicht produziert wird:

$$q_i = \theta_i (1 - p) \quad \text{mit } \theta_i \geq 0 \quad (i = A, B, C) \quad \text{und} \quad \theta_A + \theta_B + \theta_C = 1 \, .$$

Der Parameter θ_i entspricht gerade dem Anteil von Land i am Gesamtkonsum des Gutes und an der "Weltkonsumentenrente". Aus den Nachfragefunktionen erhält man die Gesamtnachfrage

$$Q := q_A + q_B + q_C = 1 - p \, .$$

In beiden Produzentenländern ist nur je ein Unternehmen tätig ($m = n = 1$), das zu Nullkosten produziert ($K_A(x) = K_B(y) \equiv 0$). Unter diesen Annahmen realisieren die Unternehmen in einem inneren Cournot-Gleichgewicht die Produktionsmengen

$$x = \frac{1 - 2t_A + t_B}{3}, \quad y = \frac{1 - 2t_B + t_A}{3} \, .$$

Wir unterstellen, daß die Produktion nur die lokale Umwelt beeinträchtigt. Diese Belastung wird durch quadratische Schadensfunktionen erfaßt:

$$D_A = x^2, \quad D_B = y^2.$$

Als Wohlfahrt in Land A ergibt sich damit

$$W_A = \theta_A \frac{(x+y)^2}{2} + (1 - x - y - t_A)x + t_A x - x^2 = \theta_A \frac{(2 - t_A - t_B)^2}{18} + t_A \frac{1 - 2t_A + t_B}{3} \, .$$

Aus der Bedingung erster Ordnung $\partial W_A / \partial t_A = 0$ erhält man die Reaktionsfunktion der Regierung A

$$t_A = \frac{t_B (3 + \theta_A) + 3 - 2\theta_A}{12 - \theta_A} \, .$$

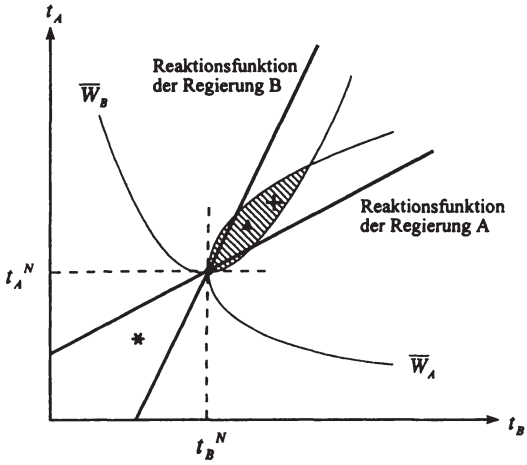
Analoge Ausdrücke ergeben sich für die Wohlfahrt und die Reaktionsfunktion in B. Die teilspielperfekten Steuersätze lauten

$$t_A^N = \frac{15 - 3\,\theta_B - 7\,\theta_A}{45 - 5\,\theta_A - 5\,\theta_B}$$

und analog für t_B^N.

Zwei Exportländer: Die Abbildung 2.6 stellt Reaktionsfunktionen und Isowohlfahrtslinien der Regierungen für den Fall dar, daß der gesamte Konsum im Land C stattfindet ($\theta_A = \theta_B = 0$). Die nichtkooperativen Steuersätze lauten $t_A^N = t_B^N = 1/3$. Dabei erreichen die Produzentenländer ein Wohlfahrtsniveau von $W_A = W_B = 2/27$.

Abbildung 2.6: Das teilspielperfekte Gleichgewicht bei Exportländern ($\theta_A = \theta_B = 0$)



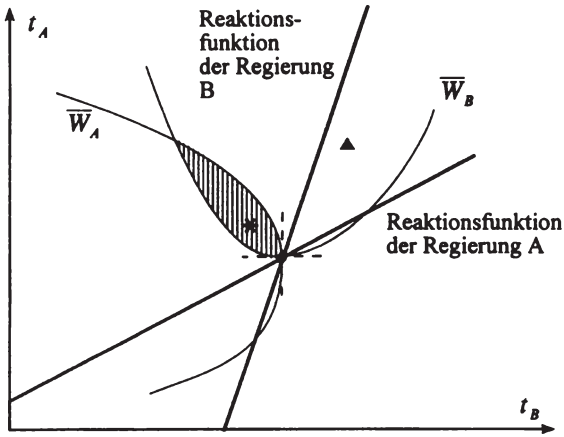
Beide Länder können sich verbessern, wenn sie ihre Steuersätze erhöhen (schraffierter Bereich). Im besten Fall ("+") erreichen sie eine Wohlfahrt von $W_A = W_B = 1/12$, und zwar bei $t_A = t_B = 0{,}5$. Diese Politik geht jedoch zu Lasten der Konsumenten in C.

Bezieht man auch deren Wohlfahrt mit in die Analyse ein, so wird das Maximum der Weltwohlfahrt $W_A + W_B + W_C$ bei $t_A = t_B = 0{,}25$ erreicht ("$*$"). Dadurch würde aber die Wohlfahrt in den Produzentenländern gegenüber dem nichtkooperativen Fall auf $W_A = W_B = 1/16$ sinken. Ein solcher Übergang wäre also nur mit Transferzahlungen durch Land C möglich.

Das "▲" in der Abbildung kennzeichnet eine Situation, in der beide Länder Pigousteuern erheben ($t_A = t_B = 0{,}4$).

Exportland & Importland: Die Abbildung 2.7 beschreibt die Situation bei $\theta_A = 1$ und $\theta_B = 0$, d.h. die gesamte Nachfrage entfällt auf Land A. Land A ist daher Importeur und Land B Exporteur des Gutes. Die nichtkooperativen Steuersätze betragen $t_A^N = 0{,}2$ und $t_B^N = 0{,}3$. Der schraffierte Bereich gibt wieder die Steuersatzkombinationen an, bei denen sich beide Länder verbessern. Dies ist der Fall, wenn die Regierung des importierenden Landes A ihren Steuersatz erhöht und die des exportierenden Landes B ihren Steuersatz senkt. Das Maximum der Weltwohlfahrt ("$*$") wird bei $t_A = t_B = 0{,}25$ erreicht und liegt innerhalb des schraffierten Bereichs, so daß beide Länder gegenüber der nichtkooperativen Lösung gewinnen.

Abbildung 2.7: Teilspielperfektes Gleichgewicht zwischen Importland A und Exportland B ($\theta_A = 1, \quad \theta_B = 0$)

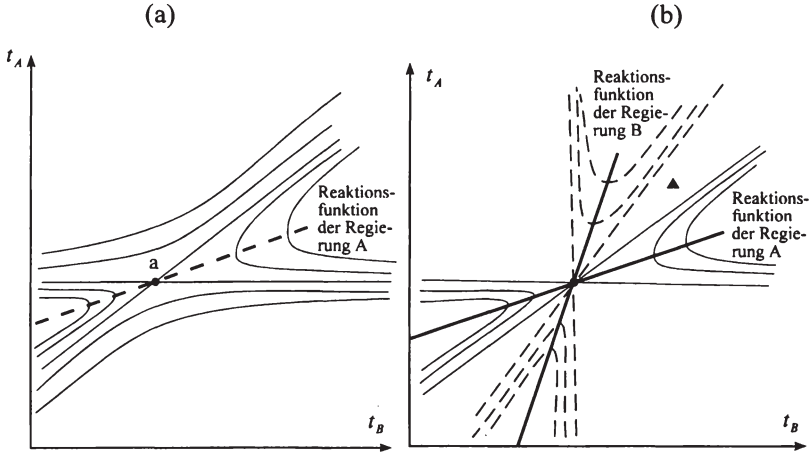


Das "▲" gibt in der Abbildung wiederum die Pigousteuersätze an. Beim Übergang vom teilspielperfekten Gleichgewicht zu Pigousteuern würde sich das Exportland verbessern, das Importland aber verschlechtern.

Ausgeglichene Nettoexporte und -importe: Wir betrachten nun eine Situation, in der auf die beiden - auch in anderer Hinsicht symmetrischen - Länder jeweils die Hälfte der Nachfrage entfällt, also $\theta_A = \theta_B = 0{,}5$. Die Wohlfahrtsfunktion von Land A und analog von Land B hat die Form eines Sattels mit einem Sattelpunkt bei $t_A = t_B = 0{,}25$. Bei diesen Steuersätzen sind Konsum und Pro-

duktion des Gutes in Land A gerade ausgeglichen. In der Abbildung 2.8 (a) sind die Isowohlfahrtslinien und die Reakionsfunktion für Land A dargestellt. Ausgehend vom Sattelpunkt *a* stehen nach rechts und links weiter entfernte Isowohlfahrtslinien für ein höheres Wohlfahrtsniveau. Nach oben und unten nimmt die Wohlfahrt in Land A hingegen ab.[57]

Abbildung 2.8: Isowohlfahrtslinien, Reaktionsfunktion und teilspielperfektes Gleichgewicht bei $\theta_A = \theta_B = 0{,}5$



Im teilspielperfekten Gleichgewicht $t_A^N = t_B^N = 0{,}25$ dieses Spiels sind Importe und Exporte des Gutes in beiden Ländern jeweils ausgeglichen (die Sattelpunkte beider Länder fallen zusammen). Es ergibt sich das in der Abbildung 2.8 (b) dargestellte Bild. Ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht führt jede Änderung der Steuersätze dazu, daß mindestens ein Land schlechtergestellt wird. Das Gleichgewicht ist paretooptimal. Insbesondere gegenüber einer Pigousteuerpolitik "▲" hat sich die Wohlfahrt in beiden Ländern im teilspielperfekten Gleichgewicht erhöht.

---

57 Im Sattelpunkt *a* beträgt die Wohlfahrt $W_A = 0{,}125$. Damit erhält man als Gleichung für die Isowohlfahrtslinien in diesem Punkt einen entarteten Kegelschnitt

$$0 = -23t_A^2 + 8t_A + 14t_A t_B - 4t_B + t_B^2 - 0{,}5 = (t_B - 2 + \sqrt{4{,}5} - t_A\sqrt{72} + 7t_A)(t_B - 2 - \sqrt{4{,}5} + t_A\sqrt{72} + 7t_A).$$

Die Isowohlfahrtslinie hat im Sattelpunkt demnach die Form zweier sich schneidender Geraden

$$t_B = 2 - 7t_A \pm \sqrt{4{,}5}\ (4t_A - 1)\ .$$

2.4 Bertrand-Wettbewerb

Aus der Literatur zur strategischen Handelspolitik ist bekannt, daß sich Politikempfehlungen ändern können, wenn man die Annahmen über das Wettbewerbsverhalten der Unternehmen variiert. In diesem Abschnitt soll daher das Modell dahingehend geändert werden, daß die Unternehmen auf der letzten Modellstufe nicht die Produktionsmengen, sondern die Preise festlegen (Bertrand-Wettbewerb).

Das Modell: Um die Darstellung überschaubar zu halten, beschränken wir uns auf national begrenzte Umweltprobleme und ein internationales Duopol mit jeweils einem Unternehmen in den Ländern A und B. Die Unternehmen produzieren Produkte, die nicht völlig homogen, sondern unvollkommene Substitute sind. Daher können sich die Preise für die Güter unterscheiden. Wir bezeichnen den Preis für Gut x mit p^x und den für Gut y mit p^y. Die Nachfrage wird durch die Nachfragefunktionen

$$x(p^x, p^y) \text{ mit } \frac{\partial x}{\partial p^x} < 0, \quad \frac{\partial x}{\partial p^y} > 0, \quad \left|\frac{\partial x}{\partial p^x}\right| > \frac{\partial x}{\partial p^y},$$

$$y(p^x, p^y) \text{ mit } \frac{\partial y}{\partial p^y} < 0, \quad \frac{\partial y}{\partial p^x} > 0, \quad \left|\frac{\partial y}{\partial p^y}\right| > \frac{\partial y}{\partial p^x}$$

beschrieben. Die Nachfrage nach Gut x sinkt, wenn der Preis für dieses Gut erhöht wird. Die Güter sind Substitute, daher steigt die Nachfrage nach x, wenn der Preis des anderen Gutes erhöht wird. Die Wirkung des eigenen Preises ist betragsmäßig größer als die Wirkung des Preises des Substitutes.

Die Preisentscheidung der Unternehmen: Die Unternehmen maximieren ihre Gewinne durch Wahl der Preise. Für Unternehmen A (und analog für Unternehmen B) erhält man aus dem Maximierungsproblem

$$\pi_A(p^x, p^y, t_A) = p^x x(p^x, p^y) - K_A(x(p^x, p^y)) - t_A x(p^x, p^y) \quad \rightarrow \quad \max_{p^x}$$

die Bedingung erster Ordnung

$$\frac{\partial \pi_A}{\partial p^x} = x + (p^x - K'_A - t_A)\frac{\partial x}{\partial p^x} = 0,$$

durch die die Reaktionsfunktion von Unternehmen A definiert wird.

Für die weitere Diskussion treffen wir die folgenden üblichen Annahmen: Die Bedingungen zweiter Ordnung seien erfüllt. Dies bedeutet, daß die Nachfragefunktionen bezüglich des eigenen Preises nicht zu konvex und die Kostenfunktionen nicht zu konkav sind. Es sei ferner unterstellt, daß die Reaktionsfunktionen einen steigenden Verlauf haben und daß die Wirkung des eigenen Preises auf den Grenzgewinn den Kreuzeffekt dominiert ("Stabilität"):

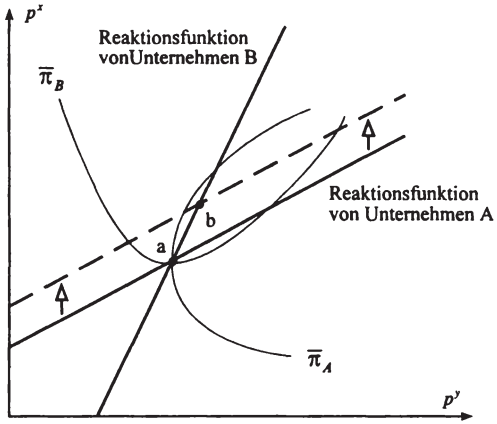
$$\frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^x} < 0 < \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^y} < \left| \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^x} \right| \text{ und } \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y} < 0 < \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^x} < \left| \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y} \right| .$$

Unter diesen Annahmen erhält man folgende komparativ-statische Wirkungen (die Berechnung erfolgt im Anhang zum Abschnitt 2.4):

$$\frac{\partial p^x}{\partial t_A} > 0, \quad \frac{\partial p^y}{\partial t_A} > 0, \quad \frac{\partial x}{\partial t_A} < 0, \quad \frac{\partial \pi_B}{\partial t_A} > 0 .$$

Die Wirkung des inländischen Steuersatzes auf die ausländische Produktionsmenge ist unbestimmt, ebenso die Wirkung auf den Gewinn des inländischen Unternehmens. Die Abbildung 2.9 stellt die Wirkung einer Erhöhung des inländischen Steuersatzes graphisch dar. Durch die Änderung des Steuersatzes verschiebt sich das Marktgleichgewicht von *a* nach *b*.

Abbildung 2.9: Wirkung einer Erhöhung von t_A auf das Marktgleichgewicht bei Bertrand-Wettbewerb



Die nichtkooperative Entscheidung der Regierungen: Zur Vereinfachung unterstellen wir, daß in Land A nur ein Haushalt mit Nutzenfunktion

$$W_A = U_A(q_A^x, q_A^y) + q_A^z - D_A(x)$$

wohnt. Darin bezeichnet q_A^x den Konsum des Gutes x, q_A^y den des Gutes y, q_A^z ein Numeraire und $D_A(x)$ die Nutzenminderung durch die Schadstoffemissionen. Diese Emissionen ebenso wie sein Einkommen I_A betrachtet der Haushalt als exogen. Aus seinem Maximierungsproblem

$$\max_{q_A^x, q_A^y, q_A^z} \quad U_A(q_A^x, q_A^y) + q_A^z - D_A(x)$$
$$u.d.N. \quad p^x q_A^x + p^y q_A^y + q_A^z \leq I_A$$

erhält man den inländischen Konsum in Abhängigkeit von den Preisen $q_A^x(p^x, p^y)$ und $q_A^y(p^x, p^y)$ sowie $\partial U_A / \partial q_A^x = p^x$, $\partial U_A / \partial q_A^y = p^y$ und $q_A^z = I_A - p^x q_A^x - p^y q_A^y$. Dem Haushalt fließen als Einkommen der Gewinn des inländischen Unternehmens und die Steuereinnahmen zu, also $I_A = \pi_A + t_A x$. Einsetzen ergibt als Zielfunktion der Regierung in Land A, die den Nutzen ihres repräsentativen Haushaltes maximiert:

$$W_A(t_A, t_B) = U_A(q_A^x, q_A^y) - p^x q_A^x - p^y q_A^y + \pi_A + t_A x - D_A(x) \quad \rightarrow \quad \max_{t_A} .$$

Darin hängen q_A^x, q_A^y und x von den Preisen und damit von der Höhe der Steuersätze ab. Aus der Bedingung erster Ordnung $\partial W_A / \partial t_A = 0$ erhält man nach einigen Umformungen[58] den nichtkooperativen Steuersatz

$$t_A^N = D'_A + \frac{(q_A^x - x)\dfrac{\partial p^x}{\partial t_A} + q_A^y \dfrac{\partial p^y}{\partial t_A}}{\partial x / \partial t_A} + \frac{x}{\partial x / \partial p^x}$$
$$= \textit{Pigousteuer} + \textit{Preiseffekt} + \textit{Mengeneffekt}$$
$$= D'_A + \frac{q_A^x \dfrac{\partial p^x}{\partial t_A} + q_A^y \dfrac{\partial p^y}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial x}{\partial t_A}} + x \frac{\dfrac{\partial x}{\partial p^y} \dfrac{\partial p^y}{\partial t_A}}{\dfrac{\partial x}{\partial p^x} \dfrac{\partial x}{\partial t_A}}$$
$$= \textit{Pigousteuer} + \textit{Konsumentenrenteneffekt} + \textit{rent capture Effekt}.$$

---

58 Dabei werden die Bedingung erster Ordnung für ein Gewinnmaximum des inländischen Unternehmens sowie $\partial U_A / \partial q_A^x = p^x$ und $\partial U_A / \partial q_A^y = p^y$ eingesetzt.

Die Formel entspricht in ihrer Struktur den Gleichungen (2.3) und (2.3'), die für Cournot-Wettbewerb hergeleitet wurden - mit dem Unterschied, daß man es nun durch die Annahme unvollkommener Substitute mit zwei Preisen zu tun hat.

Der Preiseffekt spaltet sich daher in zwei Komponenten auf. Die Wirkungsrichtung des inländischen Steuersatzes auf die Preise entspricht derjenigen bei Cournot-Wettbewerb. Folglich läßt sich der Preiseffekt völlig analog interpretieren.

Mengen- und Konsumentenrenteneffekt haben wie bei Cournot-Wettbewerb ein negatives Vorzeichen. Der inländische Konsument profitiert von einem geringeren Steuersatz, da dann die Preise niedriger sind.[59] Der Konsum des Gutes im Inland wirkt daher in Richtung eines geringeren Steuersatzes.

Rent-capture Effekt: Wie bei Cournot-Wettbewerb hat eine Erhöhung des inländischen Steuersatzes zwei entgegengerichtete Wirkungen auf den Bruttogewinn des inländischen Unternehmens. Einerseits steigt der Preis, wodurch sich der Gewinn erhöht, andererseits sinkt die Menge, was den Gewinn reduziert. Anders als bei Cournot-Wettbewerb ergibt sich als Saldo ein positives Vorzeichen des rent-capture Effekts. Der aus Sicht des einzelnen Landes optimale Steuersatz beinhaltet nunmehr kein Subventionselement, sondern vielmehr einen Zuschlag zum Pigousteuersatz.[60] Warum überwiegt bei Bertrand-Wettbewerb der Preiseffekt? Im Preiswettbewerb kann sich ein Unternehmen mit höheren Grenzkosten zu einem höheren Preis verpflichten. Bei steigend verlaufenden Reaktionsfunktionen der Unternehmen zieht das andere Unternehmen mit und erhöht ebenfalls seinen Preis. Dies ist anders als im Cournot-Wettbewerb, bei dem eine Reduktion der Produktionsmenge die Konkurrenz zur Ausweitung ihrer Produktion veranlaßt, wodurch der Preisanstieg gebremst wird.

Firmenzahl: Im Modell wurde nur ein Unternehmen in Land A betrachtet. Bei mehreren inländischen Unternehmen würde die Tendenz zu einem Steuersatz oberhalb des Grenzschadens verstärkt.[61] Eine höhere Zahl inländischer Unter-

---

[59] Vgl. auch Conrad (1996a).

[60] Zu diesem Ergebnis kommen auch Ulph (1996d) und Conrad (1996a). Dasselbe Ergebnis tritt ein, wenn die Regulierung nicht durch Emissionssteuern, sondern durch Emissionsstandards erfolgt, vgl. dazu Ulph (1996d) und Barrett (1994).

[61] Barrett (1994, S. 337). Barrett diskutiert keine Emissionssteuern, sondern Emissionsstandards.

nehmen veranlaßt daher die Regierung - wie bei Cournot-Wettbewerb -, den Steuersatz zu erhöhen, um den Wettbewerbsdruck zu senken.

Grenzüberschreitende Schadstoffemissionen: Wenn bei einer Erhöhung des inländischen Steuersatzes das ausländische Unternehmen seine Produktionsmenge (und damit seine Schadstoffemissionen) erhöht, ergibt sich wie bei Cournot-Wettbewerb ein steuersenkender Effekt.[62] Über die Wirkung des inländischen Steuersatzes auf die ausländische Produktion läßt sich unter den getroffenen Annahmen jedoch keine eindeutige Aussage machen.

Der Saldo der verschiedenen Effekte ist grundsätzlich unbestimmt. Daher kann auch bei Bertrand-Wettbewerb der nichtkooperative Steuersatz sowohl höher als der Grenzschaden sein (etwa wenn die Güter in Land A nicht konsumiert werden) als auch unter dem Niveau des Grenzschadens liegen (wenn beispielsweise Land A alleiniger Nachfrager der Güter ist ($q_A^x = x, q_A^y = y$)).

Kooperation der Regierungen: Für die Regierung in Land B erhält man eine analoge Formel für den nichtkooperativen Steuersatz.

(i) Wir vergleichen zunächst die nichtkooperative Entscheidung der Regierungen mit den Steuersätzen, die die Weltwohlfahrt maximieren.[63] Wie bei Cournot-Wettbewerb erhält man

$$t_A{}^* = D'_A + \frac{x}{\partial x / \partial p^x}$$

und analog für $t_B{}^*$. Ein Vergleich von $t_i{}^N$ und $t_i{}^*$ zeigt in Analogie zum Cournot-Wettbewerb, daß wiederum (ausschließlich) der terms-of-trade Effekt für ein Abweichen der teilspielperfekten von den optimalen Steuersätzen verantwortlich ist. Auch die Richtung dieses Effekts ist vergleichbar, wegen der Heterogenität der Güter jedoch etwas komplexer. Wie bei Cournot-Wettbewerb sind die nichtkooperativen Steuersätze effizient in einer Situation, in der in jedem Land genau die eigene Produktion konsumiert wird und keine Ex- oder Importe stattfinden ($q_A^x = x, q_B^y = y$).

---

62 Das wird von Conrad (1996a) gezeigt.

63 Die Weltwohlfahrt ist als Summe der Wohlfahrt in den Produzentenländern und gegebenenfalls Konsumentenländern definiert worden.

(ii) Abschließend soll wieder für zwei "reine" Exportländer ($q_A^x = q_A^y = q_B^y = q_B^x = 0$) das teilspielperfekte Gleichgewicht mit einer kooperativen Lösung verglichen werden, bei der die Produzentenländer die Summe ihrer Wohlfahrt maximieren. Dazu sei angenommen, daß die beiden Länder völlig symmetrisch sind. Variieren sie ihre Steuersätze gleichzeitig ($t := t_A = t_B$), so ändert sich die Wohlfahrt eines repräsentativen Landes um

$$\frac{dW_A}{dt} = \frac{\partial W_A}{\partial t_A} + \frac{\partial W_A}{\partial t_B} .$$

Im kooperativen Fall wird der Steursatz so gewählt, daß $dW_A / dt = 0$ gilt. Diesen kooperativen Steuersatz bezeichnen wir mit t^P.

Im teilspielperfekten Gleichgewicht gilt

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_A} = \frac{\partial p^x}{\partial t_A} x + (p^x - K_A' - D_A') \frac{\partial x}{\partial t_A} = 0 .$$

Damit folgt im teilspielperfekten Gleichgewicht

$$\frac{dW_A}{dt} = \frac{\partial W_A}{\partial t_B} = \frac{\partial p^x}{\partial t_B} x + (p^x - K_A' - D_A') \frac{\partial x}{\partial t_B} = \frac{\partial p^x}{\partial t_B} x + \frac{x \; \partial p^x / \partial t_A}{\left(-\partial x / \partial t_A\right)} \; \frac{\partial x}{\partial t_B} .$$

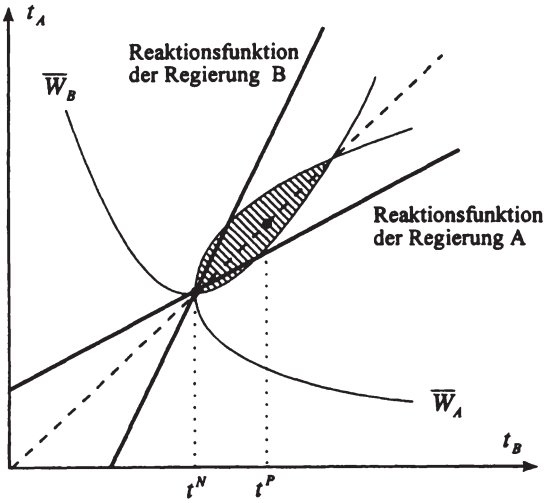
Das Vorzeichen von $\partial x / \partial t_B$ ist unbestimmt, bei linearen Nachfragefunktionen aber positiv. Für $\partial x / \partial t_B > 0$ folgt $dW_A / dt > 0$ und somit $t^N < t^P$. Wie bei Cournot-Wettbewerb sind in diesem Fall die Steuersätze im teilspielperfekten Gleichgewicht zu niedrig. Die Abbildung 2.10 veranschaulicht diese Situation.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sich zwar das Vorzeichen des rent-capture Effektes bei Cournot- und Bertrand-Wettbewerb unterscheidet[64], die Gemeinsamkeiten überwiegen jedoch, dies insbesondere mit Blick auf den Vergleich von nichtkooperativen und kooperativen Steuersätzen. Bei Bertrand-Wettbewerb waren nicht so scharfe Ergebnisse zu erhalten wie unter vergleichbaren Annahmen bei Cournot-Wettbewerb. Dies jedoch liegt vor allem daran, daß bei Bertrand-Wettbewerb heterogene Güter unterstellt wurden.

---

64 Dieser Punkt wird häufig zum Anlaß genommen, um den Ergebnissen der strategischen Handelspolitik und mithin auch der strategischen Umweltpolitik die nötige Robustheit abzusprechen.

Abbildung 2.10: Das teilspielperfekte Gleichgewicht bei symmetrischen Exportländern mit Bertrand-Wettbewerb (und linearen Nachfrage- und Kostenfunktionen)



2.5 Multinationale Unternehmen

In den letzten Jahrzehnten hat die Bedeutung multinationaler Unternehmen[65] deutlich zugenommen. Vor diesem Hintergrund ist eine umfangreiche Literatur entstanden, die sich mit den Gründen für die Entstehung multinationaler Unternehmen befaßt, wie auch mit den speziellen Problemen dieser Unternehmensform, etwa der Transferpreisbildung. Häufig wird das Zusammenwirken dreier Faktoren als konstitutiv für die Bildung multinationaler Unternehmen angesehen[66]:

(i) Unternehmensspezifische Größenvorteile: Multinationale Unternehmen sind besonders häufig in Branchen vertreten, in denen Größenvorteile auf der Un-

---

65 Unter einem multinationalen Unternehmen wird im folgenden ein Unternehmen verstanden, das Betriebsstätten oder Tochterunternehmen in mehreren Ländern unterhält. Unternehmen, die lediglich Exporte tätigen, fallen nicht darunter (vgl. etwa Ethier (1988, S. 272)).

66 Markusen, Melvin, Kaempfer und Maskus (1995, S. 394 ff.); Ethier (1988, S. 275 f.).

ternehmensebene existieren. Solche "multiplant economies of scale"[67] entstehen beispielsweise, wenn Ergebnisse aus Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als gemeinsamer Input ohne zusätzliche Kosten von mehreren Produktionsstätten innerhalb des Unternehmens gemeinsam genutzt werden können. Weitere Beispiele sind zentrale Managementleistungen, Markennamen oder die Reputation eines Unternehmens.

(ii) Standortvorteile: Hinzukommen müssen Standortvorteile im Zielland, die dazu führen, daß ein Unternehmen die Produktionsverlagerung dem Export vorzieht. Dazu zählen Einsparungen bei den Transportkosten, die Umgehung von Handelshemmnissen sowie Faktorpreisdifferenzen, Steuervorteile, besserer Kundenzugang usw. Als ein möglicher Faktor, der zu Standortverlagerungen Anlaß geben kann, werden auch unterschiedlich strenge Umweltschutzbestimmungen diskutiert.

(iii) Internalisierungsvorteile: Neben Direktinvestition und Export gibt es weitere Formen der Internationalisierung wie Lizenzvergabe und Kooperationen. Damit eine Direktinvestition auch gegenüber diesen Alternativen das Mittel der Wahl ist, muß die Produktion innerhalb des Unternehmens Vorteile aufweisen. Solche Internalisierungsvorteile können z.B. aus der Gefahr resultieren, daß ein Lizenznehmer um kurzfristiger Kostenvorteile willen die Reputation des Unternehmens schädigt. Weiterhin kann es schwierig sein, überhaupt einen Lizenznehmer zu finden, wenn dieser den Wert der Lizenz nicht erkennen kann, ohne bereits in Firmeninterna eingeweiht zu werden.

Im folgenden wird das bislang betrachtete Modell um Direktinvestitionen erweitert. Dabei wird nicht analysiert, warum es zur Bildung multinationaler Unternehmen kommt. Statt dessen wird deren Existenz bereits vorausgesetzt. Erst später, im fünften Kapitel, gehen wir der Frage nach, inwieweit die Umweltpolitik auch auf die Entstehung multinationaler Unternehmen Einfluß nehmen kann.

Das Modell: Um die Wirkung von Multinationalität "in Reinkultur" zu erhalten, wird angenommen, daß alle beteiligten Unternehmen multinational sind. Zur Vereinfachung betrachten wir ein Duopol und sehen von grenzüberschreitenden Emissionen ab. Zwei Ländern ist jeweils ein multinationales Unternehmen zugeordnet. Beide Unternehmen, Firma I in Land A und Firma II in Land B, un-

---

[67] Markusen, Melvin, Kaempfer und Maskus (1995, S. 398).

terhalten neben der Produktionsstätte im Heimatland (Muttergesellschaft) nun je eine weitere Betriebsstätte (Tochtergesellschaft) im jeweiligen Ausland.

Die Unternehmen produzieren ein homogenes Gut, das in den beiden Ländern nachgefragt wird. Anders als in der vorangegangenen Analyse wird unterstellt, daß die Unternehmen zwischen den Märkten Preisdifferenzierung betreiben können (segmentierte Märkte). Die Nachfrage in Land i wird durch

$$p_i = p_i(x_i + y_i) \quad \text{mit} \quad p_i' < 0 \qquad (i = A, B)$$

beschrieben. Darin bezeichnet x_i die von Unternehmen I und y_i die vom Unternehmen II in Land i angebotene Menge. Über diese Nachfragefunktionen bzw. die Erlösfunktionen der Unternehmen treffen wir in Analogie zu (2.1) die folgende Annahme:

$$(2.5)\ p_i''(x_i + y_i)x_i + p_i'(x_i + y_i) < 0, \quad p_i''(x_i + y_i)y_i + p_i'(x_i + y_i) < 0 \qquad (i = A, B).$$

Sie ist zusammen mit den im folgenden unterstellten konstanten Grenzkosten hinreichend dafür, daß die Bedingungen zweiter Ordnung für die Gewinnmaximierungsprobleme der Firmen erfüllt sind. Zugleich sichert sie die "Stabilität" des Cournot-Gleichgewichts zwischen den Unternehmen. Wie sich zeigen wird, ist sie in diesem Modell auch äquivalent damit, daß die Gewinne beider Unternehmen im Cournot-Gleichgewicht mit steigenden Emissionssteuersätzen sinken. Dies erscheint nicht unplausibel.

Über den bei der Produktion des Gutes freigesetzten Schadstoff nehmen wir wieder an, daß je Einheit des Gutes eine Einheit des Schadstoffs anfällt. Jedes Land besteuert die Schadstoffemissionen, die innerhalb seiner Landesgrenzen entstehen, mit einem Steuersatz von t_i (i=A,B).

Neben Steuerzahlungen fallen für die Güterproduktion bei beiden Unternehmen konstante Grenzkosten in Höhe von c an, unabhängig davon, in welchem Land produziert wird. Bei nichtkonstanten Grenzkosten wäre es denkbar, daß ein multinationales Unternehmen einen Markt sowohl durch die Betriebsstätte vor Ort beliefert wie auch durch Exporte vom zweiten Produktionsstandort.[68] Die konstanten Grenzkosten schließen eine solche Strategie aus. Es wird entweder ausschließlich in dem Land produziert, in dem die Emissionssteuern am niedrigsten sind, oder es wird in jedem der beiden Länder produziert, und zwar jeweils genau die Menge, die im betreffenden Markt auch abgesetzt wird. Der

---

[68] Vgl. etwa Walz (1992, S. 189 ff.).

letzte Fall tritt ein, wenn Transportkosten oder Zölle im Vergleich zur Differenz der Steuersätze zwischen den beiden Produktionsstätten hinreichend hoch sind. Dies wird im folgenden unterstellt.

Die Produktionsentscheidung der Unternehmen: Die Duopolisten maximieren ihre global erzielten Gewinne:

$$\pi_I = p_A(x_A + y_A)x_A - cx_A - t_A x_A + p_B(x_B + y_B)x_B - cx_B - t_B x_B \,,$$

$$\pi_{II} = p_A(x_A + y_A)y_A - cy_A - t_A y_A + p_B(x_B + y_B)y_B - cy_B - t_B y_B \,.$$

Es wird Cournot-Wettbewerb unterstellt. Die Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum lauten in diesem Fall

(2.6) $\partial\pi_I / \partial x_A = p'_A x_A + p_A - c - t_A = 0,$

(2.7) $\partial\pi_I / \partial x_B = p'_B x_B + p_B - c - t_B = 0$

für Unternehmen I und

(2.8) $\partial\pi_{II} / \partial y_A = p'_A y_A + p_A - c - t_A = 0,$

(2.9) $\partial\pi_{II} / \partial y_B = p'_B y_B + p_B - c - t_B = 0$

für Unternehmen II. Dank der Annahme segmentierter Märkte und konstanter Grenzkosten ist es möglich, die beiden Märkte getrennt zu betrachten. Die Bedingungen auf dem Markt in Land A werden durch die Gleichungen (2.6) und (2.8) beschrieben. Sie legen die Produktionsmengen x_A und y_A in Abhängigkeit von t_A fest: $x_A(t_A)$ und $y_A(t_A)$. Man erhält $x_A = y_A$ und durch implizites Differenzieren

$$\frac{dx_A}{dt_A} = \frac{dy_A}{dt_A} = \frac{1}{2(p''_A x_A + p'_A) + p'_A} < 0 \,.$$

Beide Unternehmen bieten in Land A bei höherem Steuersatz t_A weniger an. Der Steuersatz in Land B spielt für die Höhe von x_A und y_A offensichtlich keine Rolle.

Aus den Gleichungen (2.7) und (2.9) erhält man analoge Ergebnisse für den Markt in Land B.

Zur späteren Verwendung notieren wir noch den Einfluß des Steuersatzes t_A auf den Gewinn des ausländischen Unternehmens:

$$\text{(2.10)} \qquad \frac{d\pi_{II}}{dt_A} = \frac{\partial\pi_{II}}{\partial x_A}\frac{dx_A}{dt_A} + \frac{\partial\pi_{II}}{\partial y_A}\frac{dy_A}{dt_A} + \frac{\partial\pi_{II}}{\partial t_A} = p'_A y_A \frac{dx_A}{dt_A} - y_A = -\frac{2y_A(p''_A x_A + p'_A)}{2(p''_A x_A + p'_A) + p'_A} < 0.$$

Die Ungleichung gilt wegen Annahme (2.5).

Die Umweltpolitik der Regierungen: Als Maß für die Wohlfahrt der Länder verwenden wir wieder die Summe aus Konsumentenrente, Unternehmensgewinnen und Steuereinnahmen abzüglich der Umweltbelastung. Bei den Unternehmensgewinnen ist hier jedoch zu berücksichtigen, daß ein Teil des Unternehmensgewinns von der Tochtergesellschaft im jeweiligen Ausland erwirtschaftet wird. Der Parameter ω_i, $0 \le \omega_i \le 1$ (i=I,II), bezeichnet den Anteil des Gewinns, der von der Tochtergesellschaft des Unternehmens i an die Muttergesellschaft transferiert wird. Für $\omega_i = 1$ liegt eine hundertprozentige Tochter vor, die ihren gesamten Gewinn an die Muttergesellschaft transferiert. Im Fall $\omega_i < 1$ verbleibt hingegen ein Teil des Gewinns im jeweiligen Gastland der Tochtergesellschaft.

Die Wohlfahrt in Land A beträgt

$$\begin{aligned} W_A = &\int_0^{x_A+y_A} p_A(\xi)d\xi - (x_A+y_A)p_A(x_A+y_A) + \big(p_A(x_A+y_A) - c - t_A\big)x_A \\ &+ \omega_I\big(p_B(x_B+y_B) - c - t_B\big)x_B + t_A(x_A+y_A) - D_A(x_A+y_A) \\ &+ (1-\omega_{II})\big(p_A(x_A+y_A) - c - t_A\big)y_A \ . \end{aligned} \tag{2.11}$$

Ein analoger Ausdruck beschreibt die Wohlfahrt W_B in Land B.

Die Regierung in Land A maximiert die Wohlfahrt (2.11) durch Wahl von t_A. Als Bedingung erster Ordnung erhält man nach Einsetzen von (2.6) und (2.8)

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_A}{\partial t_A} = &- p'_A\left(\frac{dx_A}{dt_A} + \frac{dy_A}{dt_A}\right)(x_A+y_A) + p'_A\frac{dy_A}{dt_A}x_A + \omega_{II}y_A \\ &+ \big(t_A - D'_A\big)\left(\frac{dx_A}{dt_A} + \frac{dy_A}{dt_A}\right) - \big(1-\omega_{II}\big)p'_A\frac{dx_A}{dt_A}y_A = 0 \ . \end{aligned}$$

Umformen und Einsetzen von (2.10) ergibt den Steuersatz im teilspielperfekten Gleichgewicht

$$\begin{aligned} t_A^N &= D'_A + p'_A x_A + \frac{\omega_{II}\dfrac{d\pi_{II}}{dt_A}}{\dfrac{dx_A}{dt_A} + \dfrac{dy_A}{dt_A}} \\ &= \textit{Pigousteuer} + \textit{Mengeneffekt} + \textit{rent extraction Effekt}. \end{aligned}$$

Im Vergleich zur Gleichung (2.3) gibt es hier keinen Preiseffekt, da die multinationalen Unternehmen vor Ort produzieren, so daß kein Handel stattfindet. Statt dessen taucht ein weiteres Motiv auf (dritter Summand), das die Regierung veranlaßt, vom Pigousteuerniveau abzuweichen:

Rent-extraction Effekt: Das Vorzeichen des dritten Summanden ist für $\omega_{II} > 0$ positiv, wirkt also in Richtung eines höheren Steuersatzes. Die Regierung hat einen Anreiz, der Niederlassung des fremden Unternehmens durch Besteuerung Gewinne zu entziehen. Dieses Motiv entfällt in dem Maße, in dem die Gewinne der Niederlassung ohnehin im Land verbleiben. Denn in diesem Fall profitiert auch das Gastland von der Niederlassung.

Kooperation der Regierungen: Wenn die beiden Regierungen ihre Umweltpolitik kooperativ festlegen, maximieren sie

$$W_A + W_B = \int_0^{x_A+y_A} p_A(\xi)d\xi + \int_0^{x_B+y_B} p_B(\xi)d\xi - cx_A - cx_B$$
$$- cy_A - cy_B - D_A(x_A + y_A) - D_B(x_B + y_B).$$

Aus den Bedingungen erster Ordnung erhält man

$$t_A{}^* = D'_A + p'_A x_A$$

sowie eine entsprechende Bedingung für $t_B{}^*$. Neben der Produktionsexternalität korrigiert die Steuer hier wieder die durch die oligopolistische Marktform bedingte Verzerrung.

Der Vergleich von $t_A{}^*$ und t_A^N zeigt, daß die nichtkooperativen Steuersätze effizient sind, wenn die Gewinne der Tochterunternehmen im Gastland verbleiben ($\omega_I = \omega_{II} = 0$). Wenn zumindest ein Teil der im Ausland erzielten Gewinne an die Muttergesellschaft transferiert wird, sind sie das nicht, obwohl hier weder der Preiseffekt noch grenzüberschreitende Emissionen eine Rolle spielen. Wir haben also ein weiteres Motiv identifiziert, das einen Keil zwischen effiziente und nichtkooperative Steuersätze treibt. In einer Situation, in der die Weltwohlfahrt maximal ist, hat Land A einen Anreiz, seinen Steuersatz zu erhöhen. Alternativ kann man zeigen, daß ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht eine Senkung beider Steuersätze eine Paretoverbesserung ist. [69] Den Grund für die Ineffizienz bildet das rent-extraction Motiv.

---

[69] Das folgt aus $\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = \omega_I\left(p'_B \frac{\partial y_B}{\partial t_B} x_B - x_B\right) = \omega_I \frac{d\pi_I}{\partial t_B} < 0$ für $\omega_I > 0$.

2.6 Der Einsatz einer Schadstoffvermeidungstechnologie

Wir kehren zurück zum Cournot-Modell aus Abschnitt 2.3 mit n Unternehmen in Land A und m Unternehmen in Land B, die ein homogenes Gut produzieren, und heben einige der dort getroffenen Annahmen auf:

Bislang gab es für die Unternehmen nur eine Möglichkeit, auf eine Besteuerung ihrer Schadstoffemissionen zu reagieren: Sie konnten ihre Produktionsmenge einschränken, um die Steuerlast zu senken. Diese Annahme ist sehr restriktiv, denn häufig gibt es andere Wege, den Schadstoffausstoß zu reduzieren, etwa durch den Einbau von Filteranlagen, Kläranlagen oder Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs. In diesem Abschnitt wird daher das Grundmodell aus Kapitel 2.3 um eine solche Möglichkeit erweitert. Durch Investitionen in eine Schadstoffvermeidungstechnologie in Höhe von v_i können die Unternehmen den Emissionsausstoß reduzieren. Die Emissionsmenge eines repräsentativen Unternehmens in Land A

$$e_A(x_i, v_i)$$

hängt somit außer von der Produktionshöhe auch von dieser Investition ab. Es wird angenommen, daß die Emissionen mit zunehmender Produktionshöhe ansteigen und mit höherem Einsatz an Schadstoffvermeidungsmaßnahmen abnehmen. Die Effektivität zusätzlicher Schadstoffvermeidungsmaßnahmen sinkt jedoch:

$$\frac{\partial e_A}{\partial x_i} > 0, \quad \frac{\partial e_A}{\partial v_i} < 0, \quad \frac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial x_i} \geq 0, \quad \frac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i} > 0 .$$

Über die Kreuzableitung $\partial^2 e_A / \partial x_i \partial v_i$ kann keine ökonomisch begründete Annahme getroffen werfen.[70] Das ist bedauerlich, da sich zeigen wird, daß ihr Vorzeichen eine wichtige Rolle für viele der komparativ-statischen Eigenschaften des Modells spielt.[71]

Die Investition eines Unternehmens in Land B in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung bezeichnen wir mit z_j, seine Emissionen mit e_B. Über die Funktion $e_B(y_j, z_j)$ treffen wir analoge Annahmen wie über e_A.

---

[70] Braulke (1983, S. 125), Endres (1983, S. 255).

[71] Ähnliche Zusammenhänge sind aus Modellen ohne Handelsbeziehungen bekannt, vgl. Braulke (1983), Ebert (1991), Endres (1983, 1985a), de Meza (1985).

Nicht nur den Unternehmen, auch den Regierungen geben wir ein zweites Instrument an die Hand. Sie können die Investitionen ihrer Unternehmen in Schadstoffvermeidungsmaßnahmen mit einem Satz von s_A in Land A beziehungsweise s_B in Land B subventionieren.

Die Interaktion zwischen Regierungen und Unternehmen wird als zweistufiges Spiel modelliert:

- Zunächst legen die Regierungen die Subventionssätze und Emissionssteuersätze fest.
- Die Unternehmen betrachten diese als gegeben und wählen simultan die Höhe ihrer Produktion sowie ihrer Schadstoffvermeidungsmaßnahmen[72].

2.6.1 Die Entscheidung der Unternehmen

Der Gewinn eines repräsentativen Unternehmens i in Land A beträgt

$$\pi_A = p(X+Y)x_i - K_A(x_i) - (1-s_A)v_i - t_A e_A(x_i, v_i) \ .$$

Als notwendige Bedingungen für ein inneres Maximum erhält man

$$\text{(2.12)} \qquad \frac{\partial \pi_A}{\partial x_i} = p'x_i + p - K'_A - t_A \frac{\partial e_A}{\partial x_i} = 0 \ ,$$

$$\text{(2.13)} \qquad \frac{\partial \pi_A}{\partial v_i} = -\left(1-s_A\right) - t_A \frac{\partial e_A}{\partial v_i} = 0 \ .$$

Die erste Bedingung ist die übliche "Grenzkosten gleich Grenzerlös"-Bedingung und entspricht derjenigen im Modell ohne Schadstoffvermeidung. Die zweite Bedingung sagt aus, daß ein Unternehmen solange in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung investiert, bis die Grenzkosten der Schadstoffvermeidung, die das Unternehmen trägt $(1-s_A)$, der Steuerersparnis einer zusätzlich investierten DM entsprechen.

Analoge Bedingungen erhält man für ein Unternehmen aus Land B mit Gewinn

$$\pi_B = p(X+Y)y_j - K_B(y_j) - (1-s_B)z_j - t_B e_B(y_j, z_j) \ .$$

---

72 Zu demselben Ergebnis führt eine Spielstruktur, bei der nach der Entscheidung der Regierungen die Unternehmen zunächst die Produktionsmengen festlegen und anschließend die Schadstoffvermeidungsinvestitionen tätigen. Vgl. auch Ebert (1991, S. 4 f.), der die komparativ-statischen Eigenschaften dieses Modells in einer Volkswirtschaft ohne Handel und ohne Subvention der Schadstoffvermeidungsinvestitionen analysiert.

Wir gehen im folgenden wieder von einem inneren Gleichgewicht aus, in dem die Unternehmen in Land A dieselbe Produktionsmenge $x := x_1 = \ldots = x_n > 0$ und dasselbe Niveau an Schadstoffvermeidungsinvestitionen $v := v_1 = \ldots = v_n > 0$ realisieren. Ebenso verhalten sich die Unternehmen in Land B symmetrisch.

Die komparativ-statischen Wirkungen einer Steuersatzänderung werden im Anhang zum Abschnitt 2.6 hergeleitet[73] und in der Abbildung 2.11 zusammengefaßt.

Die Funktion $H_A(x_i, t_A, s_A)$ gibt die Gesamtkosten von Unternehmen i in Land A an, wenn es seine Schadstoffvermeidungsaktivität optimal, d. h. gemäß Bedingung (2.13), wählt (vgl. den Anhang zu Abschnitt 2.6). Entscheidend für die Reaktion der Variablen auf eine Änderung des Steuersatzes in Land A ist der Einfluß des Steuersatzes auf die Grenzkosten der Unternehmen, also das Vorzeichen von[74]

$$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} = \frac{\partial e_A}{\partial x} - \frac{\partial e_A}{\partial v}\left(\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\right) \Big/ \left(\frac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}\right).$$

- Für $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A > 0$ und $\partial^2 H_B / \partial y \partial t_B > 0$ ergeben sich dieselben komparativ-statischen Ergebnisse wie im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie, und zwar aus demselben Grund. Eine Steuererhöhung erhöht die Grenzkosten der betroffenen Unternehmen. Im Cournot-Wettbewerb ist dies gleichbedeutend mit einem geringeren Marktanteil. Hinreichend dafür ist $\partial^2 e_A / \partial x \partial v \geq 0$ bzw. $\partial^2 e_B / \partial y \partial z \geq 0$.

---

73 Dabei wird angenommen, daß die Ungleichung

$$p' - \frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial x} = p' - K_A'' - t_A \frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial x} + t_A \frac{\left(\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\right)^2}{\frac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} < 0$$

erfüllt ist. Dieser Ungleichung kommt dieselbe Bedeutung zu wie der Annahme $p' - K_A'' < 0$ in (2.1) im Abschnitt 2.3.

74 Dieser Ausdruck entspricht dem Term $-T_i = \partial e_i / \partial x_i - (\partial e_i / \partial v_i)(\partial^2 \pi_i / \partial x_i \partial v_i) / (\partial^2 \pi_i / \partial v_i \partial v_i)$ in Ebert (1991). Dort werden die komparativ-statischen Wirkungen einer Emissionssteuer in einer geschlossenen Volkswirtschaft beschrieben. Bei identischen Unternehmen ist das Vorzeichen von T_i auch dort entscheidend für das Verhalten der Unternehmen. Es ergeben sich dieselben Wirkungen des Emissionssteuersatzes auf die (inländischen) Variablen x, v, e_A, vgl. die Tabelle 2 in Ebert (1991, S. 10).

Abbildung 2.11: Komparativ-statische Wirkung einer Erhöhung des Steuersatzes t_A

		x	y	$X+Y$	v	e_A
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} > 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	-	+	-	+	-
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} = 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	-	+	-	+	-
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} < 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	-	+	-	?	-
	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} = 0$	0	0	0	+	-
	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} < 0$	+	-	+	+	-

	z			e_B		
	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} > 0$	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} = 0$	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} < 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} > 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} = 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} < 0$
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	-	0	+	+	0	-
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} = 0$	0	0	0	0	0	0
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} < 0$	+	0	-	-	0	+

- Es ist jedoch auch möglich, daß eine Steuererhöhung die Grenzkosten der betroffenen Unternehmen senkt oder unverändert läßt, also $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A \leq 0$ gilt. Dafür ist $\partial^2 e_A / \partial x \partial v < 0$ notwendig, aber nicht hinreichend. Bei $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A = 0$ bleiben die Produktionsmengen unbeeinflußt, bei

$\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A < 0$ steigt die Produktion der von der Steuererhöhung betroffenen Firmen. Eine Erhöhung des Steuersatzes verkehrt in diesem Fall die bisher beschriebenen Wirkungen in das Gegenteil: Eine Steuererhöhung führt über höhere Investitionen in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung zu geringeren Grenzkosten, was die Position der heimischen Industrie im Cournot-Wettbewerb stärkt.

- Eine Steuererhöhung führt in den meisten Fällen zu verstärkten Schadstoffvermeidungsaktivitäten. Lediglich in einem Fall ist die Wirkung unbestimmt. Da ohne eine Besteuerung der Emissionen keine Schadstoffvermeidung erfolgt, kann man aber auch in dem fraglichen Fall davon ausgehen, daß zumindest für kleine Steuersätze die Schadstoffvermeidungsanstrengungen bei einer Steuererhöhung intensiviert werden.
- Die Emissionen der heimischen Unternehmen sinken in jedem Fall bei einer Steuererhöhung, unabhängig vom Vorzeichen von $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A$.

Komparativ-statische Wirkung einer Änderung des Subventionssatzes: Die Wirkungen einer Erhöhung von s_A werden im Anhang zum Abschnitt 2.6 berechnet und sind in der Abbildung 2.12 zusammengestellt.

Eine Erhöhung des Satzes, mit dem die Regierung in Land A die Schadstoffvermeidungsaktivitäten ihrer Unternehmen subventioniert, fördert in jedem Fall den Einsatz von Schadstoffvermeidungsmaßnahmen durch die heimischen Unternehmen. Überraschenderweise bedeutet das nicht, daß dadurch automatisch der Marktanteil dieser Unternehmen steigt. Die Wirkung von s_A auf die Produktionsmenge ist vielmehr abhängig vom Vorzeichen von $\partial^2 e_A / \partial x \partial v$. Bei $\partial^2 e_A / \partial x \partial v > 0$ wirkt eine Erhöhung des Subventionssatzes grenzkostensteigernd (vgl. den Anhang zu Abschnitt 2.6) und senkt den Marktanteil der geförderten Industrie. Bei $\partial^2 e_A / \partial x \partial v = 0$ hat eine Änderung des Subventionssatzes keinen Einfluß auf die Produktionsmenge. Lediglich $\partial^2 e_A / \partial x \partial v < 0$ führt dazu, daß die inländische Produktion steigt.[75]

---

[75] Conrad (1994) analysiert ebenfalls eine Kombination aus Emissionssteuern und Schadstoffvermeidungssubventionen, allerdings in einem Modell mit nur je einem Unternehmen pro Land. Sein Modell ist auch insofern spezieller als das hier analysierte Baumol-Oates Modell, als bei ihm die komparativ-statischen Ergebnisse eindeutig sind: Eine Senkung des inländischen Steuersatzes wie auch eine Erhöhung des inländischen Subventionssatzes lassen die inländische Produktion steigen und die ausländische Produktion sinken.

Abbildung 2.12: Komparativ-statische Wirkung einer Erhöhung des Subventionssatzes s_A

		x	y	$X+Y$	v	e_A
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} > 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	-	+	-	+	-
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} = 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	0	0	0	+	-
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} < 0$	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	+	-	+	+	?
	$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} \leq 0$	+	-	+	+	-

	z			e_B		
	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} > 0$	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} = 0$	$\frac{\partial^2 e_B}{\partial y \partial z} < 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} > 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} = 0$	$\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} < 0$
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} > 0$	-	0	+	+	0	-
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} = 0$	0	0	0	0	0	0
$\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v} < 0$	+	0	-	-	0	+

2.6.2 Die umweltpolitische Entscheidung der Regierungen ohne Subventionsinstrument

Wir analysieren zunächst eine Situation, in der den Regierungen nur das Steuerinstrument zur Verfügung steht. Die Regierung in Land A maximiert

$$W_A = \int_p^\infty q_A(\xi)d\xi + np(X+Y)x - nK_A(x) - nv - D_A(ne_A(x,v) + \gamma me_B(y,z))$$

durch Wahl von t_A. Aus der Bedingung erster Ordnung $\partial W_A / \partial t_A = 0$ erhält man nach Einsetzen der beiden Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum der Unternehmen in Land A (mit $s_A = 0$) und Umformen

$$t_A^N = D_A' - p'(nx - q_A) \frac{\frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} + p'x \frac{\frac{\partial x}{\partial t_A}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} + \gamma D_A' \frac{m\frac{\partial e_B}{\partial t_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} \tag{2.14}$$

$$= \textit{Pigousteuer} + \textit{Preiseffekt} + \textit{Mengeneffekt} + \textit{pollution shifting Effekt}.$$

Für $e_A := x$ folgt $\partial e_A / \partial t_A = \partial x / \partial t_A$, und man erhält das in Abschnitt 2.3 abgeleitete Ergebnis (2.3) als Spezialfall. Auch die Interpretation der Gleichung erfolgt wie im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie, allerdings mit dem Unterschied, daß die Wirkungsrichtung der einzelnen Effekte nicht mehr eindeutig ist, sondern vom Vorzeichen des Ausdrucks $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A$ abhängt. Die Abbildung 2.13 stellt die Ergebnisse zusammen. Ein + (-) bedeutet, daß der entsprechende Effekt in Gleichung (2.14) ein positives (negatives) Vorzeichen hat; bei "0" entfällt der Term, bei "?" kann sein Vorzeichen jeden Wert annehmen.

Abbildung 2.13: Vorzeichen der strategischen Effekte in Abhängigkeit von der Schadstoffvermeidungstechnologie

	Preiseffekt		Mengen-effekt	Pollution-shifting	Konsumen-tenrenten-effekt	Rent-capture
	Exporteur	Importeur		Effekt bei $\gamma > 0$		Effekt bei $n = 1$
ohne Schadstoffvermeidungstechnologie	+	-	-	-	-	-
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} > 0$	+	-	-	?	-	-
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} = 0$	0	0	0	0	0	0
$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} < 0$	-	+	+	?	+	+

Zusammengefaßt gilt für das teilspielperfekte Gleichgewicht:

- Jeder Effekt kann jedes Vorzeichen haben.
- Insbesondere gilt, daß der rent-capture Effekt ein positives Vorzeichen haben kann, auch wenn im Inland nur ein inländisches Unternehmen aktiv ist. In diesem Fall wird ein höherer Steuersatz eingesetzt, um die Wettbewerbsfähigkeit des inländischen Unternehmens zu fördern.
- Ferner kann in einer geschlossenen Volkswirtschaft selbst bei symmetrischen Firmen ein Steuersatz oberhalb des Grenzschadens optimal sein.[76]

Kooperation der Regierungen: Der Einsatz einer Schadstoffvermeidungstechnologie ändert die Effizienzeigenschaften des nichtkooperativen Gleichgewichts. Zunächst ist festzustellen, daß mit der Emissionssteuer trotz Kooperation der Regierungen keine first-best Lösung mehr erreicht werden kann. Da die Unternehmen neben der Produktionsmenge nun auch über die Schadstoffvermeidung entscheiden, würde jede Regierung zwei Instrumente benötigen, um die erstbeste Allokation zu realisieren.

Wie im Abschnitt 2.3.4 erhält man aus den Vorzeichen von $\partial W_A / \partial t_B$ und $\partial W_B / \partial t_A$ - berechnet an der Stelle des nichtkooperativen Gleichgewichts - Aufschluß darüber, ob ausgehend vom teilspielperfekten Gleichgewicht Paretoverbesserungen für die beiden Länder A und B möglich sind. Wir berechnen nur $\partial W_A / \partial t_B$, für $\partial W_B / \partial t_A$ erhält man einen analogen Ausdruck:

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = p' \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_B}(nx - q_A) + n \frac{\partial x}{\partial t_B}(p - K'_A) - n \frac{\partial v}{\partial t_B} - D'_A (n \frac{\partial e_A}{\partial t_B} + \gamma m \frac{\partial e_B}{\partial t_B}).$$

Nach Einsetzen der Gewinnmaximierungsbedingungen der Unternehmen folgt

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = p' \frac{\partial (X+Y)}{\partial t_B}(nx - q_A) + n \frac{\partial x}{\partial t_B} p'x - \gamma D'_A m \frac{\partial e_B}{\partial t_B} + (t_A^N - D'_A) n \frac{\partial e_A}{\partial t_B}$$

und nach Einsetzen von t_A^N

---

76 Zu diesem Schluß kommt auch Ebert (1992, S. 164). Demgegenüber stellen Katsoulacos und Xepapadeas (1996, S. 10 f., Proposition 3) fest, daß der optimale Steuersatz geringer als der Grenzschaden ist (in den beiden Quellen ist kein Beweis abgedruckt).

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = (nx - q_A)p' \frac{\frac{\partial(X+Y)}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}}$$

$$(2.15) \qquad - \gamma D'_A m \frac{\frac{\partial e_B}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial e_B}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} - p'xn \frac{\frac{\partial x}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} .$$

Ein Vergleich mit dem Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie erbringt zunächst zwei bekannte Einflußfaktoren: die Handelsstruktur (erster Summand) und grenzüberschreitende Schadstoffe (zweiter Summand):

Handelsstruktur: Ein Blick auf die komparativ-statischen Wirkungen von Steuersatzänderungen (vgl. Abbildung 2.11) zeigt, daß der Einfluß der Handelsstruktur nun unbestimmt ist: der zugehörige Bruch in Gleichung (2.15) kann jedes Vorzeichen annehmen.

Grenzüberschreitende Schadstoffe: Durch Einsetzen der komparativ-statischen Ergebnisse läßt sich zeigen, daß der zweite Summand in Gleichung (2.15) positiv ist. Grenzüberschreitende Emissionen haben daher hier dieselbe Wirkung wie im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie: Ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht steigt die Wohlfahrt in A und B bei einer Erhöhung der Emissionssteuersätze. Anders formuliert wirken grenzüberschreitende Schadstoffe in Richtung zu niedriger nichtkooperativer Steuersätze.

Der dritte Summand entsteht dadurch, daß die Unternehmen ihre Emissionen nicht nur durch Produktionsreduktionen, sondern auch durch Schadstoffvermeidung senken können. Er entfällt daher, wenn den Unternehmen keine Schadstoffvermeidungstechnologie zur Verfügung steht.[77] Umformen ergibt

$$-p'xn \frac{\frac{\partial x}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} = -p'xn \frac{\frac{\partial e_A}{\partial v}\frac{\partial \hat{v}}{\partial t_A}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} \frac{\partial x}{\partial t_B} = (+) \cdot \frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} .$$

Der dritte Summand kann somit jedes Vorzeichen haben.

---

[77] Wegen $e_A = x$ gilt dann $\partial e_A / \partial t_i = \partial x_A / \partial t_i$, so daß der Zähler Null wird.

Ergebnis: Aus der Fülle der denkbaren Konstellationen notieren wir exemplarisch einige spezielle Ergebnisse:

- Für $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A = \partial^2 H_B / \partial y \partial t_B = \gamma = 0$ sind die nichtkooperativen Steuersätze effizient.
- Bei einem internationalen Umweltproblem $(\gamma > 0)$ und $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A = \partial^2 H_B / \partial y \partial t_B = 0$ sind die nichtkooperativen Steuersätze zu niedrig.
- Keine Nettoimporte $[q_A - X = q_B - Y = \gamma = 0]$: Sind Produktion und Konsum des Gutes in beiden Ländern jeweils ausgeglichen und liegt ein lokales Umweltproblem vor, dann sind die teilspielperfekten Steuersätze zu niedrig[78] (zu hoch), falls $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A > 0$ (< 0) und $\partial^2 H_B / \partial y \partial t_B > 0$ (< 0) gilt.
- Drittlandduopol $[q_A = q_B = \gamma = 0,\ m = n = 1]$: Ohne Konsum des Gutes in den Produzentenländern, ohne grenzüberschreitende Schadstoffe und bei einem Duopol sind die teilspielperfekten Steuersätze zu niedrig (zu hoch), falls $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A > 0$ (< 0) und $\partial^2 H_B / \partial y \partial t_B > 0$ (< 0) gilt.[79]

2.6.3 Die Umweltpolitik mit Emissionssteuern und der Subvention von Schadstoffvermeidungsaktivitäten

Wir unterstellen nun, daß die Regierungen nicht nur die Schadstoffemissionen besteuern, sondern auch die Investitionen ihrer Unternehmen in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung subventionieren können.

Kooperation der Regierungen: Als Maßstab bestimmen wir zunächst die Steuer- und Subventionssätze, bei denen die Weltwohlfahrt oder die Wohlfahrt zweier Exportländer maximal wird:

---

78 Dieser Fall entspricht dem von Kennedy (1994a) analysierten Beispiel. Kennedy betrachtet ein symmetrisches Modell mit Funktionen, die zu $\partial^2 H_A / \partial x \partial t_A > 0$ führen.

79 Einsetzen von $q_A = q_B = \gamma = 0$ und $m = n = 1$ in (2.15) und Umformen ergibt

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = p'x \left(\frac{\partial y}{\partial t_B} \frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial y}{\partial t_A} \frac{\partial e_A}{\partial t_B} \right) / \frac{\partial e_A}{\partial t_A} .$$

Einsetzen der komparativ-statischen Ergebnisse aus dem Anhang zum Abschnitt 2.6 führt schließlich zu

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = p'x \left(\left(\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} \right)^2 + \frac{\partial \phi_A}{\partial x} \frac{\partial e_A}{\partial v} \frac{\partial \hat{v}}{\partial t_A} \right) \left(\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} \right) / \left(\frac{\partial e_A}{\partial t_A} \Delta \right) = (+) \cdot \frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} .$$

(i) Weltwohlfahrt: Um die Steuer- und Subventionssätze zu bestimmen, bei denen die Weltwohlfahrt

$$W(x,y,v,z) = \int_0^{X+Y} p(\xi)d\xi - nK_A(x) - nv - mK_B(y) - mz$$
$$- D_A(ne_A(x,v) + \gamma me_B(y,z)) - D_B(\gamma ne_A(x,v) + me_B(y,z))$$

maximal wird, setzt man in die Bedingungen erster Ordnung

$$\frac{\partial W}{\partial x} = n(p - K'_A - D'_A \frac{\partial e_A}{\partial x} - \gamma D'_B \frac{\partial e_A}{\partial x}) = 0 ,$$

$$\frac{\partial W}{\partial v} = n(-1 - D'_A \frac{\partial e_A}{\partial v} - \gamma D'_B \frac{\partial e_A}{\partial v}) = 0 ,$$

$$\frac{\partial W}{\partial y} = m(p - K'_B - \gamma D'_A \frac{\partial e_B}{\partial y} - D'_B \frac{\partial e_B}{\partial y}) = 0 ,$$

$$\frac{\partial W}{\partial z} = m(-1 - \gamma D'_A \frac{\partial e_B}{\partial z} - D'_B \frac{\partial e_B}{\partial z}) = 0$$

die Gewinnmaximierungsbedingungen der Unternehmen ein und erhält nach Auflösen

$$t_A{}^* = D'_A + p'x \frac{1}{\frac{\partial e_A}{\partial x}} + \gamma D'_B < D'_A + \gamma D'_B ,$$

$$s_A{}^* = (t_A{}^* - D'_A - \gamma D'_B)\frac{\partial e_A}{\partial v} = p'x \frac{\frac{\partial e_A}{\partial v}}{\frac{\partial e_A}{\partial x}} > 0$$

und analog für $t_B{}^*$ und $s_B{}^*$.

Die Gleichungen für die Steuersätze entsprechen denen des Modells ohne Schadstoffvermeidungstechnologie, wenn man berücksichtigt, daß dort $\partial e_A / \partial x = 1$ gilt. Die Steuersätze korrigieren hier neben der inländischen Umweltexternalität wieder die durch die oligopolistische Marktform bedingte zu geringe Produktion und berücksichtigen gegebenenfalls Spillover-Wirkungen durch grenzüberschreitende Schadstoffemissionen.

Daß der Steuersatz gegenüber dem Grenzschaden gesenkt wird, hat den erwünschten Effekt, daß die Oligopolisten ihre Produktion ausdehnen. Gleichzei-

tig sinkt jedoch auch der Anreiz, in die Schadstoffvermeidung zu investieren. Daher ist eine Subventionierung der Schadstoffvermeidungsaktivitäten erforderlich. Diese Subvention sorgt dafür, daß die Unternehmen solange in Schadstoffvermeidungsmaßnahmen investieren, bis[80]

$$1 = -\,(\partial e_A / \partial v)(D'_A + \gamma D'_B)$$

gilt, also der Nutzen einer zusätzlich investierten DM in Form verbesserter Umweltqualität der beiden Länder (rechte Seite) den Kosten dieser Maßnahme (linke Seite) entspricht.

Insgesamt sorgt diese Politik wieder dafür, daß eine erstbeste Lösung erreicht wird.

(ii) Exportländer: Wenn das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert wird ($q_A = q_B = 0$) und diese beiden Länder ihre Politik kooperativ so festlegen, daß $W_A + W_B$ maximiert wird, erhält man

$$t_A^{\,P} = D'_A + \gamma D'_B + p' \frac{\left(my + (n-1)x\right)}{\partial e_A / \partial x} \quad > D'_A + \gamma D'_B \,,$$

$$s_A^{\,P} = (t_A^{\,P} - D'_A - \gamma D'_B)\frac{\partial e_A}{\partial v} = -p' \frac{\left(my + (n-1)x\right)}{\partial e_A / \partial x} \frac{\partial e_A}{\partial v} \quad < 0 \,.$$

Wie im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie liegen auch hier die Steuersätze oberhalb der Grenzschäden, um das Marktergebnis einem Kartell anzunähern. Gleichzeitig werden die Investitionen der Firmen in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung besteuert.[81] Diese Besteuerung der Schadstoffvermeidungsinvestitionen korrigiert hier das aus Sicht der Regierungen zu hohe Niveau an Schadstoffvermeidung, das die Firmen sonst in Anpassung an den höheren Steuersatz wählen würden. Dadurch wird wie unter (i) erreicht, daß die Grenzkosten der Investition ihrem Grenznutzen durch eine weltweit verbesserte Umweltqualität entsprechen, also $1 = -\,(\partial e_A / \partial v)(D'_A + \gamma D'_B)$ gilt.

Das nichtkooperative Gleichgewicht: Wenn beide Instrumente, Emissionssteuer und Subvention der Schadstoffvermeidungsmaßnahmen, zur Verfügung stehen, maximiert die Regierung A die Wohlfahrt ihres Landes

---

80 Dazu wird die Bedingung erster Ordnung $\partial \pi_A / \partial v = 0$ in s_A * eingesetzt.

81 Zu diesem Ergebnis kommt auch Conrad (1994, S. 189).

$$W_A = \int_p^\infty q_A(\xi)d\xi + np(X+Y)x - nK_A(x) - nv - D_A(ne_A(x,v) + \gamma me_B(y,z))$$

durch Wahl von t_A und s_A. Aus den Bedingungen erster Ordnung $\partial W_A / \partial t_A = \partial W_A / \partial s_A = 0$ erhält man nach einigen Umformungen

$$t_A^N = D_A' + p'x \frac{1}{\frac{\partial e_A}{\partial x}} - p'(X - q_A) \frac{\frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial(X+Y)}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial x}\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial x}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right)}$$

$$+ \gamma D_A' m \frac{\frac{\partial e_B}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial e_B}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial x}\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial x}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right)},$$

$$s_A^N = p'x \frac{\frac{\partial e_A}{\partial v}}{\frac{\partial e_A}{\partial x}} + p'(X - q_A) \frac{\frac{\partial(X+Y)}{\partial s_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial s_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial x}\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial x}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right)}$$

$$+ \gamma D_A' m \frac{\frac{\partial e_B}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial s_A} - \frac{\partial e_B}{\partial s_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_A}}{n\frac{\partial e_A}{\partial x}\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial s_A} - \frac{\partial x}{\partial s_A}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right)}.$$

Ein Vergleich von t_i * und s_i * mit den nichtkooperativen Steuer- und Subventionssätzen zeigt,

- daß wie im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie zwei Einflußfaktoren für ein Abweichen sorgen: Handelsstruktur und grenzüberschreitende Schadstoffe.
- Bei ausgeglichenen Exporten und Importen des Gutes und $\gamma = 0$ sind daher die nichtkooperativen Steuer- und Subventionssätze optimal.[82]

---

82 Zu einem verwandten Ergebnis kommt Kennedy (1994b) in einem Modell mit symmetrischen Ländern und segmentierten Märkten. Bei Kennedy ist das zweite Instrument der Regierung allerdings keine Subvention der Schadstoffvermeidung, sondern eine Produktionssubvention. Die nichtkooperative Wahl der Instrumente ist optimal. Anders als im

Für den Rest dieses Abschnitts unterstellen wir $\partial^2 e_A / \partial x \partial v = \partial^2 e_B / \partial y \partial z = 0$. Für diesen speziellen Fall folgt

$$t_A^N = D'_A + p'x \frac{1}{\frac{\partial e_A}{\partial x}} - p'(nx - q_A) \frac{\frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A}}{n \frac{\partial e_A}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t_A}} + \gamma D'_A \frac{m \frac{\partial e_B}{\partial t_A}}{n \frac{\partial e_A}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t_A}},$$

$$s_A^N = (t_A^N - D'_A) \frac{\partial e_A}{\partial v}.$$

Die Formel für den Steuersatz entspricht der Gleichung (2.3) im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie, wenn man berücksichtigt, daß dort $\partial e_A / \partial x = 1$ gilt. Auch die Interpretation ist analog.

Zusätzlich sorgt das Subventionsinstrument dafür, daß trotz des strategisch verzerrten Steuersatzes $1 = -D'_A \partial e_A / \partial v$ gilt[83], also solange in Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung investiert wird, bis die Kosten einer zusätzlich investierten Einheit dem Nutzen dieser Maßnahme in Form höherer Umweltqualität in Land A entsprechen. Da bei $\partial^2 e_A / \partial x \partial v = \partial^2 e_B / \partial y \partial z = 0$ eine Subvention (oder Besteuerung) der Schadstoffvermeidung weder Einfluß auf die Produktionsmenge noch auf die ausländischen Emissionen hat, fällt dem Subventionsinstrument in diesem speziellen Fall keine strategische Rolle zu.

Bei grenzüberschreitenden Emissionen erhöhen Schadstoffvermeidungsmaßnahmen in Land A auch die Umweltqualität in Land B. Bei Kooperation der Regierungen wird dieser Zusammenhang berücksichtigt. Im nichtkooperativen Gleichgewicht wird er jedoch von der Regierung in Land A bei der Festlegung des Subventionssatzes ignoriert. Cet. par. ist daher die Subvention der Schadstoffvermeidung bei internationalen Umweltproblemen zu gering.

Im Modell ohne Schadstoffvermeidungstechnologie wurde gezeigt, daß $t_A^N < D'_A$ gilt, es sei denn, daß Land A Exporteur des Gutes ist und daß zusätzlich eine hohe Zahl von Unternehmen des Landes A am Markt operieren. In dem letzten Fall dämpft ein hoher Steuersatz den Wettbewerbsdruck unter den

---

obigen Modell erfüllt bei Kennedy ausschließlich die Produktionssubvention die Aufgabe, die marktformbedingte Ineffizienz auszugleichen, während die Emissionssteuer dem Grenzschaden entspricht (Pigousteuer).

83 Dazu wird die Bedingung erster Ordnung der Unternehmen $\partial \pi_A / \partial v = 0$ in s_A^N eingesetzt.

heimischen Unternehmen und induziert so ein kartellnahes Marktergebnis. Dieses Argument behält seine Gültigkeit, wenn eine Schadstoffvermeidungstechnologie zur Verfügung steht. Auch hier kann daher $t_A^N > D'_A$ eintreten. Für den Subventionssatz folgt dann $s_A^N < 0$.

2.7 Harmonisierung, Mindeststeuersätze, Höchststandards und proportionale Emissionsreduktionen

Unter "idealen" Bedingungen implementieren die dezentralisierten umweltpolitischen Entscheidungen von Regionen oder Ländern zugleich ein soziales Optimum, so daß keinerlei Notwendigkeit zu einer Zentralisierung oder internationalen Koordination der Umweltpolitik besteht. Zu diesen idealen Bedingungen zählen insbesondere

- ein lokaler Charakter des Umweltproblems sowie
- die Abwesenheit von Marktunvollkommenheiten (mit Ausnahme der Umweltexternalität).

Sind diese Bedingungen verletzt, so sind die dezentralisierten umweltpolitischen Entscheidungen häufig nicht mehr effizient. Durch internationale Koordination der Umweltpolitik lassen sich in diesen Fällen Kooperationsgewinne erzielen. Bei internationalen oder globalen Schadstoffen ist die Notwendigkeit zu internationalen Vereinbarungen unumstritten. Anders bei national begrenzten Umweltproblemen, für die das Subsidiaritätsprinzip in der politischen Diskussion, aber auch in weiten Teilen der ökonomischen Literatur fest verankert ist. Die Analyse von internationalen Produktmärkten mit oligopolistischer Anbieterstruktur hat jedoch gezeigt, daß auch in diesem Fall meist Kooperationsgewinne erzielbar sind.[84]

Das scheinbar einfachste wäre es nun, im Wege eines internationalen Vertrages die Umweltpolitik so abzustimmen, daß ein Paretooptimum erreicht wird. Dem steht jedoch eine Reihe von Problemen entgegen[85], etwa daß es eine Vielzahl von Paretooptima gibt und damit eine Vielzahl von Möglichkeiten, den Kooperationsgewinn auf die beteiligten Länder zu verteilen. Hinzu kommen Informa-

---

[84] Das gilt - je nach Modellierung des Lohnbildungsprozesses - auch für Unvollkommenheiten auf dem Arbeitsmarkt, vgl. Hoel (1997a).

[85] Vgl. Hoel (1997b, S. 116 f.).

tionsasymmetrien, beispielsweise wenn die Grenzschadensfunktionen nicht allen Verhandlungspartnern bekannt sind. Ein drittes Problem betrifft die Stabilität internationaler Verträge: Selbst in einem Paretooptimum, in dem es allen Ländern besser geht als im nichtkooperativen Gleichgewicht, kann es sein, daß sich ein Land weiter verbessert, wenn es nicht kooperiert. Bei globalen Schadstoffen entspringt ein solches Verhalten dem Trittbrettfahrermotiv; bei national begrenzten Umweltproblemen kann es zum Beispiel in handelsstrategischen Motiven begründet sein.

Internationale Umweltschutzvereinbarungen streben daher gern ein möglichst einfaches Regelwerk an[86]. Besonderer Beliebtheit erfreuen sich Konzepte wie

- die Harmonisierung von Umweltsteuersätzen oder Emissionsstandards, d. h. die Regierungen einigen sich auf gleiche Umweltsteuersätze oder Standards,
- Mindestanforderungen an den nationalen Umweltschutz, die nicht unterschritten werden dürfen, bei denen es den Ländern aber gestattet ist, verschärfte Bestimmungen zu implementieren (Mindeststeuern oder Höchststandards),
- proportionale Emissionsreduktionen, bei denen die Regierungen beispielsweise eine Halbierung der Emissionen vereinbaren.

Es ist nicht weiter verwunderlich, daß solche Vereinfachungen mit gewissen Wohlfahrtsverlusten gegenüber paretooptimalen Situationen erkauft werden.[87] So ist beispielsweise eine Harmonisierung von Emissionssteuersätzen im allgemeinen weder notwendig noch hinreichend für das Erreichen eines globalen Optimums. Sie ist nicht notwendig, da bei asymmetrischen Schadensfunktionen zumeist auch die kooperativen Emissionssteuersätze verschieden sind. Sie ist auch nicht hinreichend, da beispielsweise im oben diskutierten Exportduopol mit symmetrischen Produzentenländern trotz gleicher Emissionssteuersätze Kooperationsgewinne für die Produzentenländer durch eine Anhebung der Steuersätze erzielbar wären.

---

86 Endres (1993, S. 70), Hoel (1997b, S. 117). Das Problem der Stabilität bleibt bei den genannten Konzepten allerdings bestehen.

87 Zu Wohlfahrtsverlusten bei proportionalen Emissionsreduktionen im Fall globaler Umweltprobleme vgl. Endres (1993) und Hoel (1997b, S. 117) sowie die dort zitierte Literatur.

Anhand einiger Beispiele soll nun gezeigt werden, daß mit den vorgenannten Konzepten (Steuerharmonisierung, Mindeststeuersätze, Höchststandards und proportionale Emissionsreduktionen) nicht nur ein paretooptimales Ergebnis verfehlt wird, sondern nicht einmal eine Paretoverbesserung gegenüber dem *nichtkooperativen* Gleichgewicht möglich sein kann[88].

Die Beispiele zeigen zugleich, daß sich die obigen Konzepte in ihrer Eignung für Umweltverhandlungen unterscheiden, ohne daß jedoch ein Instrument den anderen generell überlegen wäre. Die Wirkung der verschiedenen Instrumente ist ausgesprochen situationsbezogen.[89]

Beispiel 1: (Keine Paretoverbesserung durch Steuerharmonisierung)[90]

Wir unterstellen eine lineare Nachfragefunktion $p = 1 - Q$ und konstante Stückkosten, die der Einfachheit halber gleich Null gesetzt werden. Schadstoffemissionen entstehen proportional zur Produktionsmenge (im Verhältnis 1:1). Eine Schadstoffvermeidungstechnologie steht nicht zur Verfügung. Die Schadensfunktionen lauten $\delta_A x^2$ in Land A und $\delta_B y^2$ in Land B. Die Parameter δ_i $(i = A, B)$ sind Indikatoren für die Schwere des Umweltproblems in den Ländern oder für die Sensibilität der Bevölkerung im Hinblick auf die Umweltqualität. Bei einer Regulierung durch Emissionssteuern produzieren die Unternehmen im Cournot-Duopol (vgl. das im Abschnitt 2.3.5 diskutierte Beispiel)

$$x = \frac{1 - 2t_A + t_B}{3}, \quad y = \frac{1 - 2t_B + t_A}{3}.$$

Wir unterstellen, daß das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert wird. Bei nichtkooperativer Festlegung der Steuersätze maximiert die Regierung A

$$W_A = \pi_A + t_A x - \delta_A x^2 \quad \rightarrow \max_{t_A}.$$

---

88 Von Transferzahlungen, die in der politischen Praxis eher unüblich sind, sehen wir im folgenden ab.

89 Daß der Erfolg internationaler Umweltschutzverhandlungen von der Art des umweltpolitischen Instruments abhängt, wird auch in der Literatur zu internationalen Umweltschutzabkommen betont, vgl. etwa Endres und Finus (1996) sowie Finus und Rundshagen (1998).

90 Vgl. Ulph (1997b). Das dort analysierte Beispiel ist etwas komplexer, da die Unternehmen eine Schadstoffvermeidungstechnologie einsetzen können. Qualitativ ergibt sich dadurch jedoch kein Unterschied.

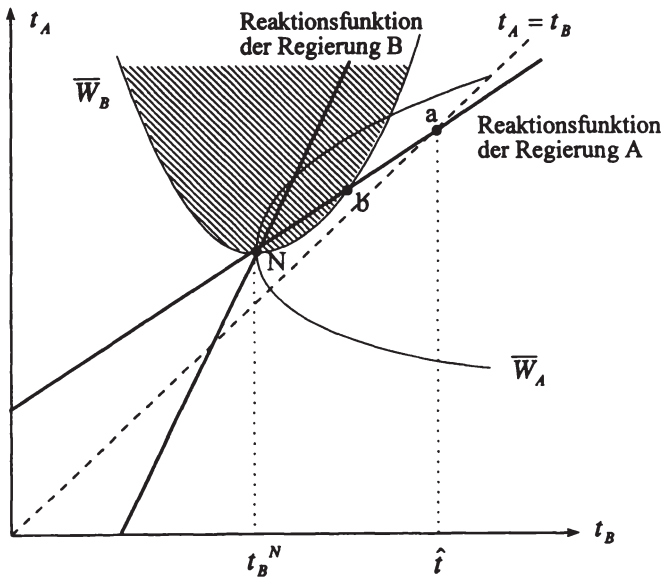
Aus der Bedingung erster Ordnung erhält man die Reaktionsfunktion der Regierung A

$$t_A = \frac{t_B(4\delta_A - 1) + 4\delta_A - 1}{8\delta_A + 4}.$$

Die Reaktionsfunktion verläuft steigend (sofern der Schadensparameter δ_A nicht zu klein ist) und hat die Eigenschaft $\partial t_A / \partial \delta_A > 0$. Eine analoge Reaktionsfunktion erhält man für die Regierung B.

Für $\delta_A = \delta_B = 1$ sind Reaktionsfunktionen und Isowohlfahrtslinien in der Abbildung 2.6 dargestellt. Ausgehend von dieser Situation erhöhen wir nun δ_A. Je höher dieser Parameter ist, desto weiter wird die Reaktionsfunktion der Regierung A nach oben verschoben. Für $\delta_A \geq 1{,}4332$ (Wert gerundet) ergibt sich eine Situation wie in der Abbildung 2.14. Da das Umweltproblem in Land A gravierender ist als in Land B, ist im nichtkooperativen Gleichgewicht N der Steuersatz in Land A höher als in B.

Abbildung 2.14: Steuerharmonisierung und Mindeststeuersätze im Exportduopol bei asymmetrischen Schadensfunktionen



Die schraffierte Fläche charakterisiert die Steuersatzkombinationen, die für Land B eine Wohlfahrtsverbesserung gegenüber dem nichtkooperativen Gleichgewicht implizieren.

Bei einer Harmonisierung der Steuersätze wird ein Punkt auf der Diagonalen erreicht. Offensichtlich führt in diesem Beispiel jeder Versuch einer Harmonisierung der Steuersätze dazu, daß die Wohlfahrt in Land B unter das nichtkooperative Niveau sinkt.

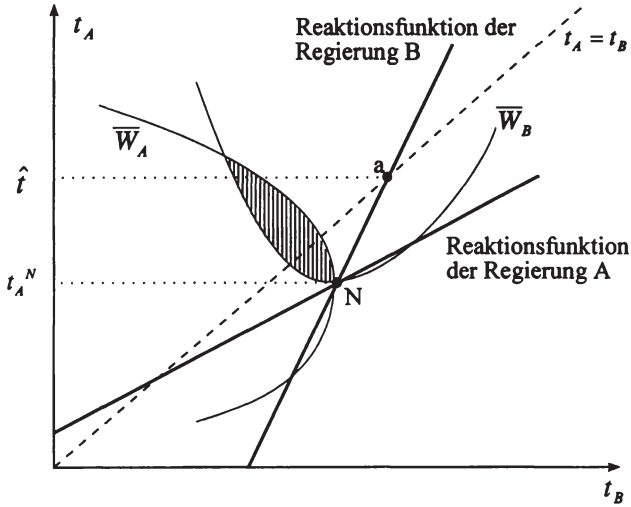
Günstiger wäre hier die Einführung eines Mindeststeuersatzes, der von den Regierungen nicht unterschritten, wohl aber überschritten werden darf. Ein solcher Mindeststeuersatz bleibt wirkungslos, wenn er geringer ist als t_B^N, da sich in diesem Fall das nichtkooperative Gleichgewicht nicht ändert. Ein Mindeststeuersatz t oberhalb von $\hat{t}$ führt zu einem Gleichgewicht mit $t_A = t_B = t$, wirkt also wie eine Harmonisierung. Interessant sind daher lediglich Mindeststeuersätze zwischen t_B^N und $\hat{t}$. In diesen Fällen wird ein Punkt auf der Strecke *Na* realisiert. Bei geeigneter Wahl des Mindeststeuersatzes erreichen die Länder einen Punkt auf der Strecke *Nb*, wodurch sie sich gegenüber dem nichtkooperativen Gleichgewicht verbessern.

Beispiel 2: (Keine Paretoverbesserung durch einen Mindeststeuersatz)

Wir unterstellen wieder gleiche Schadensfunktionen $\delta_A = \delta_B = 1$ und betrachten stattdessen Asymmetrien im Nachfrageverhalten der Länder. Land A sei alleiniger Nachfrager des Gutes. Reaktionsfunktionen und Isowohlfahrtslinien für diesen Fall wurden bereits in der Abbildung 2.7 dargestellt und sind in der Abbildung 2.15 nochmals wiedergegeben.

Anders als im vorangegangenen Beispiel gibt es hier gleiche ("harmonisierte") Steuersätze, die für beide Länder eine Paretoverbesserung gegenüber dem nichtkooperativen Gleichgewicht sind. Hingegen findet man nun keinen Mindeststeuersatz, für den das gilt. Ein Mindeststeuersatz unterhalb von t_A^N läßt das nichtkooperative Gleichgewicht unverändert und ist daher uninteressant. Bei Mindeststeuersätzen zwischen t_A^N und $\hat{t}$ wird ein Punkt auf der Strecke *Na* realisiert. Mindeststeuersätze über $\hat{t}$ entsprechen einer Harmonisierung auf hohem Niveau ($t_A = t_B > \hat{t}$). In beiden Fällen sinkt die Wohlfahrt von Land A unter das nichtkooperative Niveau.

Abbildung 2.15: Mindeststeuersätze und Steuerharmonisierung bei asymmetrischer Nachfrage



Beispiel 3: (Keine Paretoverbesserung durch proportionale Emissionsreduktionen)

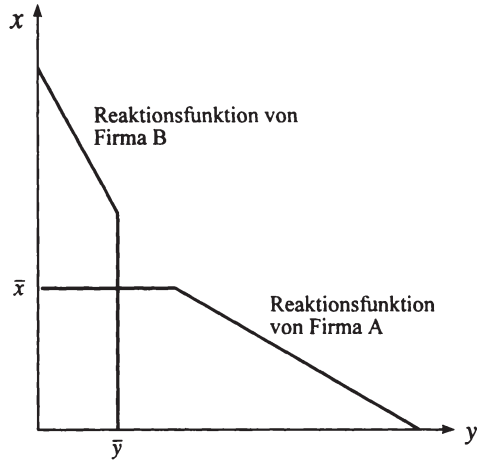
Wir bleiben bei der in Beispiel 2 beschriebenen Situation, nehmen nun aber an, daß die Regierungen ihre Unternehmen nicht durch Emissionssteuern, sondern durch Emissionsstandards regulieren, also Höchstwerte für die Emissionen vorgeben, die nicht überschritten werden dürfen. Das Unternehmen A maximiert in diesem Fall seinen Gewinn $\pi_A = (1 - x - y)x$ unter der Nebenbedingung $x \leq \overline{x}$, wobei $\overline{x}$ den Emissionsstandard in Land A bezeichnet. Dies führt zu der Reaktionsfunktion

$$x = \begin{cases} \overline{x} & \textit{falls} \;\; y \leq 1 - 2\overline{x} \\ (1 - y)/2 & \textit{falls} \;\; y > 1 - 2\overline{x} \end{cases}$$

von Unternehmen A. Eine analoge Reaktionsfunktion gilt für das Unternehmen B. Das Marktgleichgewicht ist in der Abbildung 2.16 dargestellt.

Falls (wie in der Abbildung) die Emissionsstandards binden, erhält man als Maximierungproblem der Regierung in A

Abbildung 2.16: Marktgleichgewicht bei Regulierung durch Emissionsstandards



$$W_A = (\bar{x} + \bar{y})^2 / 2 + (1 - \bar{x} - \bar{y})\bar{x} - \bar{x}^2 \quad \rightarrow \max_{\bar{x}} ,$$

wobei der erste Summand die Konsumentenrente, der zweite die Gewinne von Unternehmen A und der letzte den Umweltschaden angibt. Die Regierung in B löst

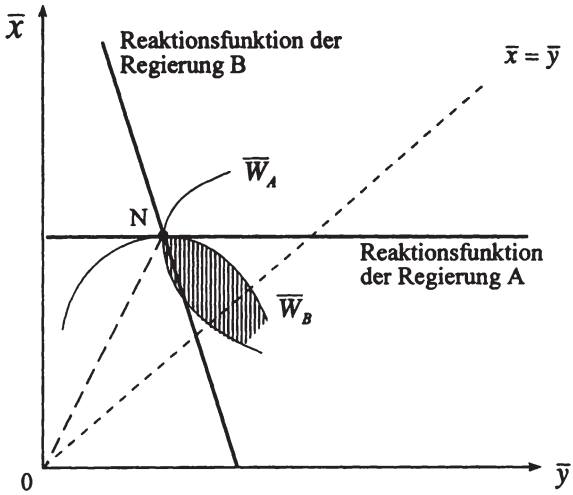
$$W_B = (1 - \bar{x} - \bar{y})\bar{y} - \bar{y}^2 \quad \rightarrow \max_{\bar{y}} .$$

Aus den Bedingungen erster Ordnung erhält man die Reaktionsfunktionen $\bar{x} = 1/3$ der Regierung A und $\bar{y} = (1 - \bar{x})/4$ der Regierung B. Das nichtkooperative Gleichgewicht liegt bei $\bar{x} = 1/3$ und $\bar{y} = 1/6$ und führt zu Produktionsmengen $x = 1/3$ und $y = 1/6$. Reaktionsfunktionen und Isowohlfahrtslinien der Regierungen sind in der Abbildung 2.17 dargestellt.

Jeder Versuch, ausgehend von den Werten im nichtkooperativen Gleichgewicht proportionale Emissionsreduktionen vorzunehmen, führt auf einen Punkt der Strecke ON und somit dazu, daß Land A schlechter gestellt wird als im nichtkooperativen Gleichgewicht.

Bei einer Harmonisierung der Emissionsstandards beider Länder wird ein Punkt auf der Diagonalen verwirklicht. Wie aus der Abbildung deutlich wird, ist durch eine Harmonisierung der nationalen Emissionsstandards eine Paretoverbesserung möglich.

Abbildung 2.17: Proportionale Emissionsreduktion und Harmonisierung bei asymmetrischer Nachfrage



Beispiel 4: (Keine Paretoverbesserung durch einen Höchststandard oder eine Harmonisierung von Emissionsstandards)[91]

Wir kehren zurück zum Exportduopol mit asymmetrischen Schadensfunktionen aus Beispiel 1, betrachten aber weiterhin Unternehmen, die durch Emissionsstandards statt durch Emissionssteuern reguliert werden. Wenn die Emissionsstandards binden[92], erhält man aus den Maximierungsproblemen der beiden Regierungen

$$W_A = (1 - \bar{x} - \bar{y})\bar{x} - \delta_A \bar{x}^2 \quad \rightarrow \max_{\bar{x}} ,$$

$$W_B = (1 - \bar{x} - \bar{y})\bar{y} - \delta_B \bar{y}^2 \quad \rightarrow \max_{\bar{y}}$$

die in der Abbildung 2.18 dargestellten Reaktionsfunktionen

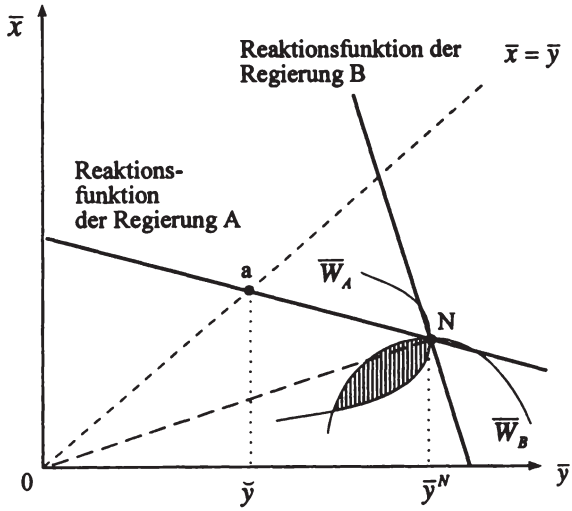
$$\bar{x} = \frac{1 - \bar{y}}{2 + 2\delta_A}, \quad \bar{y} = \frac{1 - \bar{x}}{2 + 2\delta_B} .$$

---

91 Ein ähnliches Beispiel findet sich bei Ulph (1997b).

92 Für hinreichend hohe Werte der Schadensparameter ist das stets der Fall.

Abbildung 2.18: Harmonisierung und Höchststandards im Exportduopol bei asymmetrischen Schadensfunktionen



Man beachte, daß die Emissionsstandards strategische Substitute sind. Verschärft die Regierung B ihren Standard (d. h. sie senkt $\bar{y}$), so lockert Regierung A ihre Umweltschutzpolitik (erhöht also $\bar{x}$). Bei hinreichend hohen Werten der Schadensparameter verlaufen die Reaktionsfunktion bei Emissionssteuern hingegen steigend (vgl. Beispiel 1). In diesem Fall sind Emissionssteuern strategische Komplemente: Eine Verschärfung der Umweltschutzbestimmungen in einem Land führt auch im anderen Land zu einer restriktiveren Umweltpolitik.

Ähnlich wie bei einer Regulierung durch Emissionssteuern verschiebt sich auch hier bei höherem Schadensparameter δ_A die Reaktionsfunktion der Regierung A nach unten, ihr Emissionsstandard $\bar{x}$ wird kleiner (also strenger). Einen Verlauf wie in der Abbildung 2.18 erhält man für Schadensfunktionen mit $\delta_A > \delta_B$, wenn die Asymmetrie hinreichend hoch ist. Bei $\delta_B = 1$ reicht bereits ein geringfügig höherer Wert des Schadensparameters in A aus: Für $\delta_A \geq 1{,}1686$ (Wert gerundet) wird Land B bei einer Harmonisierung der Emissionsstandards immer schlechter gestellt als im nichtkooperativen Gleichgewicht.

Analysieren wir abschließend noch Höchststandards. Sie legen Obergrenzen für die Emissionen fest, die in den nationalen Bestimmungen nicht überschritten

werden dürfen, wohl aber verschärft werden können. Auch durch die Vereinbarung von solchen Höchststandards sind keine Paretoverbesserungen möglich: Höchststandards, die niedriger sind als $\breve{y}$, greifen in beiden Ländern und führen zu einem Gleichgewicht auf der Linie Oa, entsprechen also einer Harmonisierung. Ein Höchststandard zwischen $\breve{y}$ und $\bar{y}^N$ bindet im Gleichgewicht nur Land B, so daß ein Punkt auf der Stecke Na erreicht wird. Höchststandards, die größer als $\bar{y}^N$ sind, lassen das nichtkooperative Gleichgewicht unverändert.

Die Regierung in Land B würde also weder einer Harmonisierung der Standards noch einer Einführung von Höchststandards zustimmen. Lediglich bei proportionalen Emissionsreduktionen (Strecke ON) sind in diesem Beispiel Paretoverbesserungen möglich, sofern die Reduktion nicht zu groß ausfällt.

2.8 Zusammenfassung

Im Zentrum dieses Kapitels stand die Frage, wie die Regierung eines Landes, das Handelsbeziehungen zu anderen Ländern unterhält, ihre Umweltpolitik gestaltet. Dabei wurde angenommen, daß den Regierungen - etwa aufgrund internationaler Handelsabkommen oder aus Angst vor Handelskriegen - keine handelspolitischen Instrumente zur Verfügung stehen. Gleichzeitig wurde eine oligopolistische Marktstruktur unterstellt. Ein Vergleich der Emissionssteuersätze im nichtkooperativen Gleichgewicht mit dem Grenzschaden zeigt, daß in diesem Fall für die Regierungen neben der Internalisierung des eigentlichen Umweltproblems zusätzliche Aspekte eine Rolle spielen. Die Umweltpolitik dient gleichfalls handels- und wettbewerbspolitischen Zielen. Es lassen sich mehrere Motive dafür identifizieren, daß die Regierung einen Emissionssteuersatz unterhalb des Grenzschadens wählt:

- Je größer die inländische Nachfrage nach dem Gut ist, desto eher entsteht ein Anreiz zur Steuersenkung, um über geringere Preise die Konsumentenrente zu erhöhen. Dieses Motiv ist auch in einer Wirtschaft ohne Handel zu beobachten. Es ist robust gegenüber der Modellierung der Wettbewerbsform als Mengen- oder als Preiswettbewerb.
- In dieselbe Richtung wirkt das Bestreben, über einen geringen Emissionssteuersatz der heimischen Industrie Kostenvorteile zu verschaffen und so ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Das gilt zumindest dann, wenn die Zahl der inländischen Unternehmen gering ist. Sind hinge-

gen mehrere heimische Unternehmen am Markt, die das Gut exportieren, so hat die Regierung einen Anreiz, über höhere Steuern den Wettbewerbsdruck zwischen diesen Unternehmen zu mildern, um so eine Art Kartell entstehen zu lassen. Ähnliches gilt, wenn die Unternehmen nicht Mengen, sondern Preise festlegen. Auch in diesem Fall wird der Wettbewerbsdruck durch höhere Steuern gemildert. Daß der rent-capture Effekt sensibel auf die Wettbewerbsform reagiert, war aufgrund der Literatur zur strategischen Handelspolitik zu erwarten. Der Grund für diesen Unterschied bei Cournot- und Bertrand-Wettbewerb liegt darin, daß das Ziel bei Cournot-Wettbewerb eine Steigerung der Exportmenge ist, während bei Bertrand-Wettbewerb die Umweltpolitik auf Preissteigerungen zielt.

- Wenn die produktionsbedingte Schädigung der Umweltqualität nicht auf die nationale Umwelt beschränkt ist, ergibt sich ebenfalls ein Anreiz zu geringeren Umweltsteuersätzen. Die Wirksamkeit der nationalen Umweltschutzpolitik wird in diesem Fall durch Produktionsausweitungen im Ausland untergraben, die mit einem erhöhten Schadstoffausstoß einhergehen.
- Die Existenz von Niederlassungen ausländischer Unternehmen vermittelt einen Anreiz zu höheren Steuern, durch die Gewinne dieser Unternehmen abgeschöpft werden sollen.
- Diese Ergebnisse bleiben nur bedingt erhalten, wenn die Unternehmen auf die Besteuerung nicht nur mit Produktionseinschränkungen, sondern auch mit Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung reagieren können. Es wurde gezeigt, daß die komparativ-statischen Wirkungen von Änderungen des Emissionssteuersatzes entscheidend von den technologischen Eigenschaften der Schadstoffvermeidungsmaßnahmen abhängen. Als Konsequenz ergibt sich, daß sich - je nach Typ der Schadstoffvermeidungstechnologie - die oben genannten Empfehlungen für eine unilaterale Umweltpolitik in allen Punkten genau umkehren können.

Fragt man danach, ob ausgehend vom Ergebnis des nichtkooperativen Spiels eine Erhöhung oder Senkung der Steuersätze die Wohlfahrt der Länder steigert, so erhält man folgendes Resultat. Zwei Faktoren bestimmen die Effizienzeigenschaften des teilspielperfekten Gleichgewichts: zum einen ist dies der Globalitätsgrad der emittierten Schadstoffe und zum anderen die Handelsstruktur (Nettoexport, Nettoimport des Gutes):

- Grenzüberschreitende Schadstoffe wirken in Richtung zu niedriger Steuersätze. Das gilt auch dann, wenn den Unternehmen eine Schadstoffvermeidungstechnologie zur Verfügung steht. Für die zu geringen Emissionssteuersätze gibt es zwei Gründe. Zum einen muß jede Regierung befürchten, daß der ökologische Erfolg ihrer umweltpolitischen Maßnahmen durch Produktionausweitungen im Ausland geschmälert wird. Hinzu kommt das übliche "transboundary pollution problem": die Regierungen berücksichtigen bei ihrer Entscheidung nur den Schadstoffeinfluß auf die eigene Umwelt und ignorieren die Wirkung der heimischen Schadstoffe auf die Umwelt in anderen Ländern.
- Sofern Schadstoffe nur eine lokale Umweltbelastung darstellen, ist die Handelsstruktur das allein entscheidende Merkmal. Wenn die Unternehmen Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung ergreifen können, gilt eine entsprechende Aussage nur dann, wenn die Regierungen auf diese Maßnahmen durch eine Subvention oder Besteuerung Einfluß nehmen können.
- Ohne Schadstoffvermeidungstechnologie gilt: Gleichen sich Produktion und Konsum bzw. Exporte und Importe des betreffenden Gutes in jedem Land jeweils gerade aus (beispielsweise bei in jeder Hinsicht symmetrischen Ländern), dann sind die Steuersätze im nichtkooperativen Gleichgewicht paretooptimal. Eine Änderung der Steuersätze kann nicht beide Länder besser stellen. Gleichzeitig ist in diesem Fall auch ein Maximum der Summe der Wohlfahrt der beiden Länder erreicht.

  Sind beide Länder Nettoexporteure des Gutes (was impliziert, daß zumindest ein Teil des Konsums in einem dritten Land stattfindet), so würde ausgehend vom teilspielperfekten Gleichgewicht eine Erhöhung der Steuersätze die Wohlfahrt der beiden Produzentenländer steigern - allerdings auf Kosten der Konsumenten im dritten Land. In diesem Sinn sind die Steuersätze also zu niedrig. Bezieht man die Wohlfahrt der Konsumenten in die Wohlfahrtsanalyse mit ein, sind die Steuersätze in den Exportländern zu hoch.

  Ist ein Land Nettoimporteur und das andere Nettoexporteur des betreffenden Gutes, dann ist der Steuersatz im Importland zu niedrig und der im Exportland zu hoch. Ausgehend vom nichtkooperativen Gleichgewicht ließe sich die Wohlfahrt in beiden Ländern erhöhen, wenn die Regierung des Importlandes ihren Steuersatz anhebt und die des Exportlandes ihren Steuersatz senkt.

Diese Ergebnisse erweisen sich als vergleichsweise beständig gegenüber der Wettbewerbsform, wenngleich bei Bertrand-Wettbewerb durch die unterstellte Heterogenität der Produkte nicht ganz so scharfe Ergebnisse zu erhalten sind.

- Bei Berücksichtigung einer Schadstoffvermeidungstechnologie sind diese Ergebnisse zu modifizieren. Dies wird besonders gut deutlich, wenn man einen speziellen Fall betrachtet: Es wurde gezeigt, daß die dezentralen umweltpolitischen Entscheidungen der Regierungen auch aus globaler Perspektive effizient sind, wenn kein Land Nettoexporteur oder -importeur des Gutes ist, die Unternehmen keine Schadstoffvermeidungstechnologie einsetzen können und die produktionsbedingte Umweltbelastung an den nationalen Grenzen haltmacht. Steht den Unternehmen hingegen eine Schadstoffvermeidungstechnologie zur Verfügung, so benötigen die Regierungen ein zweites Politikinstrument, beispielsweise eine Subvention (oder Besteuerung) der Schadstoffvermeidungskosten, damit das nichtkooperative Gleichgewicht effizient bleibt. Steht solch ein zweites Instrument nicht zur Verfügung, so können - abhängig von den Eigenschaften der Schadstoffvermeidungstechnologie - die nichtkooperativen Emissionssteuersätze sowohl zu niedrig als auch zu hoch sein.
- Abschließend wurde gefragt, ob durch eine internationale Harmonisierung der umweltpolitischen Maßnahmen, durch proportionale Emissionsreduktionen oder durch die Einigung auf Mindeststeuersätze bzw. Höchstwerte für Schadstoffemissionen Wohlfahrtsgewinne zu erzielen sind. Es zeigt sich, daß es kein Patentrezept für internationale Absprachen gibt. Der Erfolg dieser Maßnahmen hängt von den jeweiligen Rahmenbedingungen ab.

3 Standards statt Steuern? Die Wahl des umweltpolitischen Instruments

In der umweltökonomischen Literatur wird intensiv diskutiert, warum in der Politik Auflagen bevorzugt werden, obwohl Ökonomen marktkonformen Instrumenten wie Umweltsteuern oder Zertifikaten den Vorrang geben.[1] Eine ganze Reihe möglicher Erklärungen ist vorgeschlagen worden:

- Ein Argument setzt an Informationsdefiziten der umweltpolitischen Entscheidungsträger an. Wenn die Regulierungsbehörde nur unvollkommen über die Kosten der Schadstoffvermeidung oder die Schadensfunktion informiert ist, können Auflagen unter wohlfahrtstheoretischen Gesichtspunkten günstiger sein als preisorientierte Instrumente.[2]
- Ein anderer Erklärungsansatz bemüht politökonomische Argumente. Interessengruppen der Industrie setzen sich für Auflagen ein, weil diese die Unternehmensgewinne weniger belasten[3], und Politiker gehen auf solche Forderungen ein, um sich die politische Unterstützung dieser Gruppen zu sichern.[4]
- Finus und Rundshagen (1998) analysieren die Instrumentenwahl im Rahmen internationaler Umweltschutzabkommen. Die Mitglieder des Abkommens entscheiden durch Mehrheitsbeschluß darüber, ob proportionale Emissionsreduktionen oder eine harmonisierte Umweltsteuer im Umweltschutzabkommen festgeschrieben werden sollen. Die Höhe des Instruments wird durch Einigung auf den kleinsten gemeinsamen Nenner festgelegt. Es zeigt sich, daß in vielen Fällen proportionale Emissionsreduktionen vereinbart werden.
- Unvollkommenheiten auf dem Gütermarkt können ebenfalls eine Überlegenheit von Auflagen begründen. Besanko (1987) analysiert die Regulierung eines Oligopolmarktes mit symmetrischen Unternehmen durch einen Prozeß-

---

1 Diese Empfehlung gründet vor allem auf der Beurteilung von Kosteneffizienz und dynamischer Anreizwirkung der verschiedenen Instrumente; neuerdings wird auch die bei einer Steuer mögliche doppelte Dividende angeführt (Endres, 1985b, 1997).

2 Vgl. u. a. Weitzman (1974) und Stavins (1996).

3 Die Nutzung der Umwelt ist im Rahmen der vom Regulierer gezogenen Emissionsobergrenze kostenlos.

4 Vgl. Endres (1985b, S. 99 ff.; 1997, S. 308 ff.) und die dort zitierte Literatur.

standard oder einen Emissionsstandard[5] (der Emissionsstandard ist im Modell von Besanko äquivalent zu einer Besteuerung der Emissionen). Eine Reduktion der Emissionen wird bei einem Prozeßstandard mit (zu) hohen Schadstoffvermeidungsaktivitäten bei einer gleichzeitig hohen Produktion erreicht. Die Bruttogewinne der Unternehmen sind dadurch niedriger als bei einer Emissionssteuer oder einem Emissionsstandard. Diesem Nachteil auf der Kostenseite stehen jedoch durch die höhere Produktion Vorteile für die Konsumenten und eventuell Beschäftigungsvorteile gegenüber. Die Vorteilhaftigkeit der Instrumente hängt davon ab, welcher Effekt überwiegt. In dem Modell von Besanko wählt eine wohlfahrtsmaximierende Regierung einen Prozeßstandard, wenn die Zahl der Unternehmen klein oder der Markt groß ist.

Die Einbindung einer Volkswirtschaft in den internationalen Güteraustausch eröffnet weiteres Erklärungspotential:

- Ulph (1992, 1996b) und Feenstra et. al. (1996) betrachten Unternehmen, die sich internationaler Konkurrenz gegenübersehen. Die Regierungen zweier Produzentenländer haben die Wahl zwischen zwei Instrumenten, Emissionssteuern und Emissionsstandards, mit denen ein exogen festgelegtes Umweltziel erreicht werden soll. Dieses Ziel sieht vor, daß die Gesamtemissionen eines Landes ein vorgegebenes Niveau nicht überschreiten. Emissionsstandards und Emissionssteuern sind (wie bei Besanko) äquivalent, wenn der Wettbewerb zwischen den Unternehmen kein strategisches Element beinhaltet.[6]

  Gibt es jedoch eine strategische Dimension, beispielsweise wenn die Unternehmen Investitionsentscheidungen treffen, die ihren Marktanteil in späteren Perioden beeinflussen, dann wirken die Instrumente nicht mehr gleich. Die Unternehmen können sich bei Ulph und Feenstra et. al. insofern strategisch verhalten, als sie über den Einsatz von Kapital (oder Forschungsausgaben) entscheiden. Ein höherer Kapitaleinsatz senkt die Grenzkosten und verbessert damit die Wettbewerbsposition eines Unternehmens im anschließenden Cournot-Wettbewerb. Für die Unternehmen besteht daher ein Anreiz

---

5 Der Emissionsstandard legt eine Obergrenze für die Emissionen fest, die ein Unternehmen produzieren darf. Der Prozeßstandard schreibt bei Besanko den Mindesteinsatz eines schadstoffvermeidenden Inputs vor.

6 Ulph (1992).

zur Überinvestition, um dadurch zukünftig einen größeren Marktanteil zu erreichen. Da beide Unternehmen diese Strategie verfolgen, steigt die insgesamt produzierte Menge. Bei symmetrischen Unternehmen führt das zu geringeren Unternehmensgewinnen. Die Unternehmen befinden sich also in einem Gefangenendilemma.

Emissionssteuern und Emissionsstandards unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf das Investitionsverhalten der Unternehmen. Emissionsstandards reduzieren die Flexibilität der Unternehmen und damit den Anreiz, durch den strategischen Aufbau von Überkapazitäten oder überhöhten Forschungsaufwand Vorteile zu erzielen. Die Überinvestition in Kapital ist daher geringer, wenn die Regierungen Emissionsstandards statt Emissionssteuern wählen. Auch die Produktionsmengen sind geringer, deshalb sind die Unternehmensgewinne höher. Emissionsstandards verringern gewissermaßen den Wettbewerbsdruck. Bei Emissionssteuern ist andererseits die Konsumentenrente höher. Der Nettoeffekt auf die Wohlfahrt hängt daher davon ab, wieviel in einem Land konsumiert wird. Ohne Konsum in den Produzentenländern sind dort die Bruttogewinne und damit die Wohlfahrt bei Emissionsstandards höher als bei Emissionssteuern.

Bei Ulph (1992) bildet die Wahl von Emissionsstandards zugleich ein teilspielperfektes Gleichgewicht. Feenstra et. al. (1996) analysieren eine dynamische Variante dieses Modells und kommen zu demselben Ergebnis. Im Rahmen einer allgemeiner formulierten Modellvariante finden sich bei Ulph (1996b) jedoch auch Beispiele dafür, daß die Regierungen im teilspielperfekten Gleichgewicht Steuern wählen. Die Länder befinden sich in diesem Fall in einem Gefangenendilemma. Beide Regierungen wählen das Steuerinstrument, erzielen damit jedoch ein gegenüber Emissionsstandards paretoinferiores Ergebnis.

- Bei Verdier (1993) treffen die Unternehmen keine strategischen Investitionsentscheidungen. Emissionssteuern und Emissionsstandards sind daher äquivalent. Sie werden mit einem Prozeßstandard verglichen. Unter Kostenaspekten ist dieses Instrument ineffizient. Dennoch gibt es teilspielperfekte Gleichgewichte, in denen die Regierungen Prozeßstandards wählen. Die Vorteilhaftigkeit des Prozeßstandards hat bei Verdier einen anderen Grund als bei Besanko (1987). Bei Besanko wägt die Regierung den Kostennachteil eines Prozeßstandards mit dem Vorteil einer höheren Produk-

tionsmenge für die Konsumenten ab. Bei Verdier spielt die Konsumentenrente keine Rolle, da das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert wird. Hier steht der ungünstigeren Kostensituation ein strategischer Wettbewerbsvorteil für die heimische Industrie gegenüber.

Die beiden folgenden Abschnitte 3.1 und 3.2 behandeln ein Modell, das dem von Verdier ähnlich ist. Die Modelle unterscheiden sich in der unterstellten speziellen[7] Form der Schadstoffvermeidungskosten. Die Ergebnisse sind daher vergleichbar, wenn auch nicht völlig äquivalent.

Feenstra et. al. (1996), Ulph (1992, 1996b) und Verdier (1993) gehen von einem exogen bestimmten Ziel der Umweltpolitik aus. Man muß sich jedoch fragen, ob die Festlegung eines Emissionszielwertes überhaupt unabhängig davon diskutiert werden kann, welche Instrumente zur Zielerreichung zur Verfügung stehen. Im Abschnitt 3.3 wird daher die Festlegung des Umweltziels endogenisiert. Die Regierungen legen nicht nur ihr umweltpolitisches Instrument fest, sondern bestimmen auch darüber, wie streng oder lax sie das Instrument handhaben wollen. Der Abschnitt 3.3 erweitert damit die bestehenden Ansätze und verbindet die Analyse der umweltpolitischen Zielfindung aus Kapitel 2 mit der Instrumentenwahl des Abschnitts 3.2.[8]

3.1 Das Modell

Zwei Unternehmen in verschiedenen Ländern produzieren ein homogenes Gut. Die Länder und Unternehmen sind in jeder Hinsicht symmetrisch. Das Gut wird ausschließlich in einem dritten Land verkauft, die Nachfrage wird beschrieben durch

$$p = \alpha - x - y.$$

Darin ist p der Marktpreis bei den Absatzmengen x vom Unternehmen aus Land A und y vom Unternehmen aus B. Abhängig von der eingesetzten Schad-

---

7 Die mindestens dreistufige Struktur der Modelle erzwingt i. d. R. das Arbeiten mit speziellen Funktionen.

8 Diese Thematik wird von Ulph (1996e, S. 350; 1997a, S. 170) diskutiert, jedoch nicht formalisiert. Ulph (1996a, 1996d) vergleicht eine Situation, in der beide Regierungen Emissionssteuern wählen mit einer, in der beide Regierungen Emissionsstandards wählen, untersucht jedoch nicht, für welches Instrument sie sich entscheiden. Zudem werden dort keine Prozeßstandards analysiert.

stoffvermeidungstechnologie entstehen bei der Produktion u_i $(i = A,B)$ Einheiten eines Schadstoffes je Einheit des produzierten Gutes. Diese Technologie ist mit Stückkosten in Höhe von $1/u_i$ $(i = A,B)$ verbunden. Zur Vereinfachung wird von weiteren Kosten abgesehen.

Das Modell hat drei Stufen:

- Zunächst entscheiden die Regierungen der Produzentenländer, welches umweltpolitische Instrument sie jeweils einsetzen. Zur Wahl stehen drei Möglichkeiten: eine Besteuerung der Schadstoffemissionen ("Emissionssteuer"), die Festlegung einer Obergrenze für die Emissionen ("Emissionsstandard") oder die Vorgabe einer Obergrenze für die Emissionen je Stück. Diese letzte Variante entspricht der Vorgabe einer bestimmten Schadstoffvermeidungstechnologie und wird daher im folgenden als "Prozeßstandard" bezeichnet.
- Auf der zweiten Modellstufe legt jede Regierung die Höhe ihres umweltpolitischen Instruments fest. Im Fall einer Emissionssteuer ist dies der Steuersatz t_i, bei einem Emissionstandard ist es eine Obergrenze für die Emissionen des betroffenen Unternehmens e_i und bei einem Prozeßstandard die Obergrenze für die Emissionen je Stück u_i.
- Auf der letzten Modellstufe legen die Unternehmen ihre Produktionsmengen und die Schadstoffvermeidungstechnologie fest. Es wird Cournot-Wettbewerb unterstellt.

Im folgenden Abschnitt 3.2 wird zunächst die Entscheidungssituation von Regierungen analysiert, die ein vorgegebenes Umweltziel umsetzen möchten, etwa weil sie ein internationales Umweltschutzabkommen unterzeichnet haben, das die Emissionen eines globalen Schadstoffs beschränkt. Dieses Ziel sieht vor, daß die Emissionen eines Landes den Wert $\bar{e}$ nicht überschreiten sollen. Im Abschnitt 3.3 wird die Festlegung des Umweltziels endogenisiert.

3.2 Die Wahl des umweltpolitischen Instruments bei exogenem Umweltziel

Beginnend mit der letzten Modellstufe werden zunächst die Unternehmensentscheidungen analysiert.

- Bei Regulierung durch Emissionssteuern maximiert Unternehmen A

$$\pi_A = (\alpha - x - y - 1/u_A - t_A u_A)x$$

durch Wahl von x und u_A. Aus den Bedingungen erster Ordnung erhält man die Produktionstechnologie im Marktgleichgewicht

$$u_A = 1/\sqrt{t_A}$$

und die Reaktionsfunktion $x = \left(\alpha - y - 2\sqrt{t_A}\right)/2$.

- Wird das Unternehmen in Land A durch einen bindenden Prozeßstandard reguliert, so lautet sein Gewinn

  $$\pi_A = (\alpha - x - y - 1/u_A)x\ .$$

  Aus der Bedingung erster Ordnung $\partial\pi_A/\partial x = \alpha - 2x - y - 1/u_A = 0$ erhält man seine Reaktionsfunktion $x = (\alpha - y - 1/u_A)/2$.

- Wird das Unternehmen nicht durch einen Prozeßstandard, sondern durch einen Emissionsstandard e_A reguliert, so maximiert es seinen Gewinn unter der Nebenbedingung $e_A = u_A x$, falls der Standard bindet. Einsetzen von $e_A = u_A x$ in $\pi_A = (\alpha - x - y - 1/u_A)x$ ergibt

  $$\pi_A = (\alpha - x - y - x/e_A)x$$

  mit der Bedingung erster Ordung $\partial\pi_A/\partial x = \alpha - 2x - y - 2x/e_A = 0$. Daraus erhält man die Reaktionsfunktion $x = \left(e_A/(e_A+1)\right)\left(\alpha - y\right)/2$.

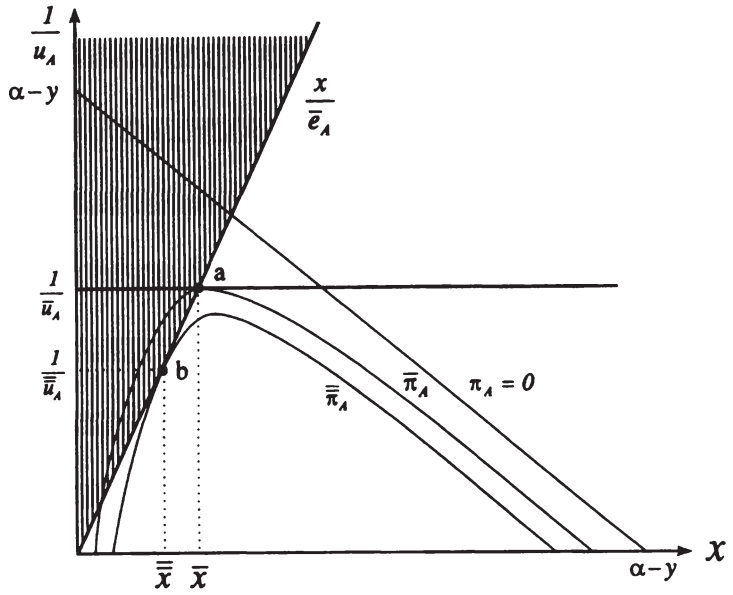
Das Gewinnmaximierungsproblem der Firma A bei Regulierung durch einen Prozeßstandard oder einen Emissionsstandard ist in der Abbildung 3.1 dargestellt.

Bei Vorgabe einer Obergrenze für die Emissionen je Stück in Höhe von $\bar{u}_A$ wählt das Unternehmen den Punkt a mit der Ausbringungsmenge $\bar{x}$. Dies führt zu Emissionen in Höhe von $\bar{e}_A = \bar{u}_A\bar{x}$ und einem Gewinn von $\bar{\pi}_A$. Implementiert die Regierung hingegen direkt einen Emissionsstandard in Höhe von $\bar{e}_A$, so beschreibt die schraffierte Fläche die vom Unternehmen zu beachtende Nebenbedingung $u_A x \le \bar{e}_A$. Das Unternehmen realisiert in diesem Fall Punkt b, also eine geringere Menge $\bar{\bar{x}}$ und eine Schadstoffvermeidungstechnologie mit höheren Schadstoffemissionen pro Stück. Durch die größere Flexibilität bei der Emissionsvermeidung ist der Unternehmensgewinn $\bar{\bar{\pi}}_A$ in diesem Fall höher. Dasselbe Umweltziel $\bar{e}_A$ wird daher bei Wahl eines Emissionsstandards mit geringeren Gewinneinbußen erkauft als bei Wahl eines Prozeßstandards.[9]

---

9 Das gilt auch für andere Kostenfunktionen, vgl. Besanko (1987) und Verdier (1993).

Abbildung 3.1: Das Gewinnmaximierungsproblem von Unternehmen A bei Regulierung durch einen Prozeß- oder Emissionsstandard



Analoge Aussagen gelten für das Unternehmen in Land B. Aus den jeweiligen Reaktionsfunktionen lassen sich nun (in Abhängigkeit von den Politikparametern) Produktionsmengen und Unternehmensgewinne im Marktgleichgewicht berechnen. Sie sind im Anhang zum Abschnitt 3.2 angegeben.

Auf der zweiten Modellstufe legen die Regierungen die Höhe der von ihnen gewählten Instrumente fest. Dabei wird in beiden Ländern ein vorgegebenes Umweltziel umgesetzt. Dieses Ziel sieht vor, daß die Emissionen eines Landes den Wert $\bar{e}$ nicht überschreiten sollen. Neben der Einhaltung dieses Umweltziels sind die Regierungen daran interessiert, den Gewinn ihres Unternehmens zuzüglich eventuell anfallender Steuerzahlungen zu maximieren.[10] Da höhere Emissionssteuersätze und striktere Standards neben den Emissionen auch den Bruttogewinn der betroffenen Unternehmen senken, wählen beide Regierungen

[10] Da das Gut in den Produzentenländern nicht konsumiert wird, spielt die Konsumentenrente keine Rolle.

die Höhe ihres Instruments gerade so, daß das Umweltziel $\bar{e}$ genau erreicht wird. Aus den Bedingungen $\bar{e} = u_A x$ und $\bar{e} = u_B y$ erhält man nach Einsetzen der Werte für u_A, u_B, x und y im Marktgleichgewicht (vgl. den Anhang zum Abschnitt 3.2) und Auflösen die Höhe der umweltpolitischen Instrumente. Einsetzen dieser Werte in die Zielfunktionen der Regierungen führt zur Abbildung 3.2. Die Instrumente Emissionssteuer und Emissionsstandard sind dort zusammengefaßt, da sie zu denselben Ergebnissen (in bezug auf Produktionsmengen, Technologie und Bruttogewinne) führen.[11]

Die Wahl der umweltpolitischen Instrumente auf der ersten Modellstufe läßt sich anhand der Abbildung 3.2 analysieren. Dazu ist das Nash-Gleichgewicht in dieser Tabelle zu ermitteln. Das Ergebnis hängt von der Höhe des Umweltziels $\bar{e}$ ab und ist in der Abbildung 3.3 dargestellt.

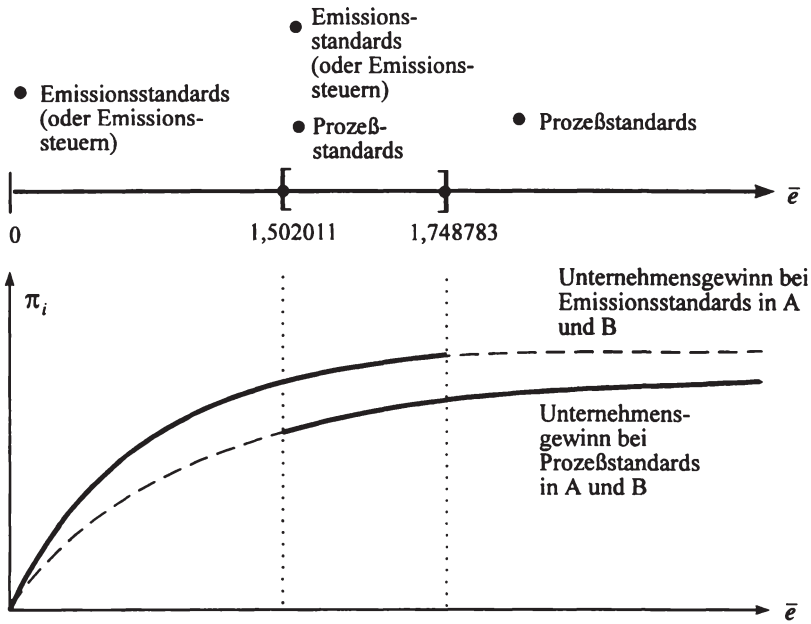
Abbildung 3.2: Unternehmensgewinne und Steuereinnahmen bei exogenem Umweltziel $\bar{e}$ in beiden Ländern

		LAND B	
		Prozeßstandard	*Emissionsstandard oder Emissionssteuer*
LAND A	*Prozeß-standard*	$\frac{\bar{e}^2\alpha^2}{(3\bar{e}+1)^2}, \frac{\bar{e}^2\alpha^2}{(3\bar{e}+1)^2}$	$\frac{(\bar{e}+2)^2\bar{e}^2\alpha^2}{(3\bar{e}^2+6\bar{e}+2)^2}, \frac{(\bar{e}+1)^3\bar{e}\alpha^2}{(3\bar{e}^2+6\bar{e}+2)^2}$
	Emis-sions-standard oder -steuer	$\frac{(\bar{e}+1)^3\bar{e}\alpha^2}{(3\bar{e}^2+6\bar{e}+2)^2}, \frac{(\bar{e}+2)^2\bar{e}^2\alpha^2}{(3\bar{e}^2+6\bar{e}+2)^2}$	$\frac{\bar{e}(\bar{e}+1)\alpha^2}{(3\bar{e}+2)^2}, \frac{\bar{e}(\bar{e}+1)\alpha^2}{(3\bar{e}+2)^2}$

(linker Wert: Land A; rechter Wert: Land B)

[11] Daß ein gegebenes Emissionsniveau in einem Land ebenso durch einen Emissionsstandard wie durch eine Emissionssteuer erreicht werden kann, gilt auch allgemein, sofern weder Informationsasymmetrien noch Kostenasymmetrien noch strategisches Verhalten der Unternehmen auftreten, vgl. Besanko (1987, S. 41), Ulph (1992) und Verdier (1993, S. 38).

Abbildung 3.3: Teilspielperfektes Gleichgewicht bei exogenem Umweltziel $\bar{e}$ in beiden Ländern (Werte gerundet)



Wenn ein geringes Emissionsniveau angestrebt wird ($0 < \bar{e} < 1{,}502011$), ist die Wahl von Emissionsstandards (bzw. Emissionssteuern) dominante Srategie. Im teilspielperfekten Gleichgewicht wählen die Regierungen daher Emissionsstandards oder Emissionssteuern. Die Wahl der umweltpolitischen Instrumente ist (im Rahmen der begrenzten Auswahl) optimal.

Bei mittlerem Niveau des Umweltziels ($1{,}502011 \leq \bar{e} \leq 1{,}748783$) gibt es keine dominante Strategie. Für jede Regierung ist es am besten, dasselbe Instrument wie die Regierung im Ausland zu wählen. Es gibt zwei Gleichgewichte, eines mit Prozeßstandards in beiden Ländern, das andere mit Emissionsstandards (oder -steuern). In dem Gleichgewicht mit Emissionsstandards (oder -steuern) sind die Unternehmensgewinne (zuzüglich Steuerzahlungen) höher als in dem Gleichgewicht mit Prozeßstandards in beiden Ländern.

Bei höheren Emissionen ($\bar{e} > 1{,}748783$) ist die Wahl eines Prozeßstandards streng dominante Strategie, und Prozeßstandards in beiden Ländern bilden ein

eindeutiges teilspielperfektes Gleichgewicht. In diesem Fall befinden sich die Regierungen der Produzentenländer in einem Gefangenendilemma, denn mit Emissionsstandards oder Emissionssteuern wären die Bruttogewinne in beiden Ländern höher.[12]

Zur Interpretation betrachten wir Abbildung 3.4. Dort sind die Produktionsmengen der Unternehmen bei den verschiedenen umweltpolitischen Instrumenten angegeben. Die Konstruktion läßt sich direkt aus der Abbildung 3.1 ableiten: Bei gegebener ausländischer Produktionsmenge y realisiert Unternehmen A bei Regulierung durch einen Prozeßstandard eine höhere Produktionsmenge, als wenn das Umweltziel durch einen Emissionsstandard oder äquivalent durch eine Emissionssteuer umgesetzt wird.

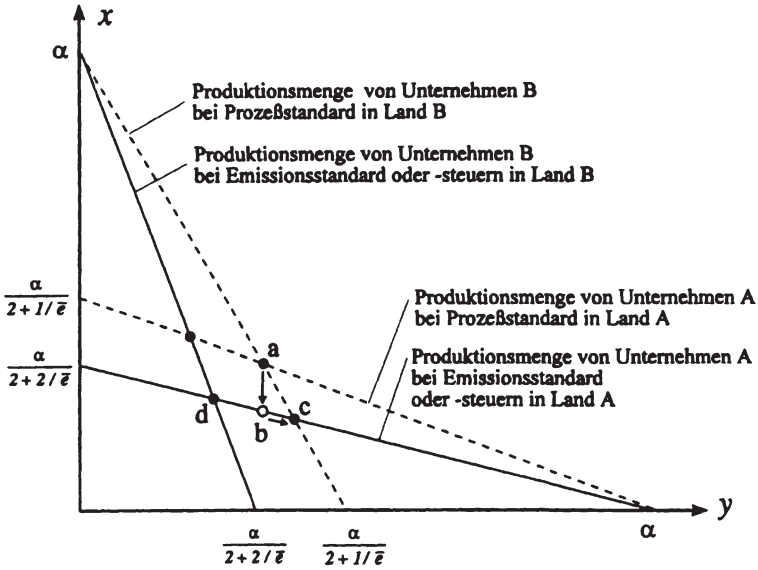
Angenommen, Unternehmen B wird durch einen Prozeßstandard reguliert. Die Regierung in Land A vergleicht dann die Gewinnsituation ihres Unternehmens bei Regulierung durch einen Prozeßstandard a mit der bei einem Emissionsstandard c. Beim Übergang von a nach c wirken zwei entgegengesetzte Effekte auf den Unternehmensgewinn. Zunächst verfügt das Unternehmen A bei einem Emissionsstandard über einen größeren Entscheidungsspielraum, da es Schadstoffvermeidung gegen Produktionseinschränkungen substituieren kann. Dies entspricht dem Übergang von a nach b in der Abbildung 3.4 wie auch in der Abbildung 3.1 und wirkt gewinnsteigernd. Auf die Produktionsreduktion reagiert das ausländische Unternehmen jedoch mit einer Produktionsausweitung (was wiederum Unternehmen A zu weiteren Produktionssenkungen veranlaßt). Durch diesen Verlust von Marktanteil sinkt der Gewinn von Unternehmen A. Dieser zweite Effekt entspricht dem Übergang von b nach c in der Abbildung 3.4. Welcher der beiden Effekte überwiegt, hängt von der Höhe des angestrebten Emissionsniveaus $\bar{e}$ ab. Je niedriger $\bar{e}$, desto steiler verläuft in der Abbil-

---

12 Vergleichen wir diese Ergebnisse mit denen von Verdier (1993, Proposition 6, S. 27), der eine andere Kostenfunktion unterstellt. Um die Emissionen je Stück auf ein Niveau von u zu reduzieren, muß ein Unternehmen unabhängig von der Produktionsmenge Kosten in Höhe von η / u aufwenden (η ist ein Parameter). Verdier erhält ebenfalls drei Gleichgewichtsgebiete: Bei einem geringen Emissionsniveau $2\eta / \alpha \leq \bar{e} \leq 3\eta / \alpha$ wählen beide Regierungen Emissionsstandards (oder äquivalent Emissionssteuern), bei hohen Emissionen $\bar{e} \geq 4\eta / \alpha$ regulieren beide Regierungen durch Prozeßstandards. Ein Unterschied zwischen den beiden Modellvarianten ergibt sich lediglich bei einem mittleren Emissionsniveau. Für $3\eta / \alpha \leq \bar{e} \leq 4\eta / \alpha$ erhält Verdier zwei asymmetrische Gleichgewichte, bei denen die Regierungen verschiedene Instrumente wählen. Eine Regierung setzt einen Prozeßstandard ein und die andere einen Emissionsstandard (bzw. eine Emissionssteuer).

dung 3.4 die Reaktionsfunktion von B. Damit wird der gewinnsenkende Effekt durch die Produktionsausweitung der Konkurrenz geringer, die Wahl eines Emissionsstandards also vorteilhafter. Umgekehrt ist bei höherem $\bar{e}$ die Reaktionsfunktion von B flacher und die Erhöhung der ausländischen Produktionsmenge größer, wodurch die Attraktivität eines Prozeßstandards steigt. Analoge Überlegungen lassen sich für die beste Antwort auf einen Emissionsstandard oder eine Emissionssteuer in Land B anstellen.

Abbildung 3.4: Produktionsmengen der Unternehmen in Abhängigkeit vom umweltpolitischen Instrument (bei exogen gegebenem Umweltziel)



Wir fassen zusammen: Emissionssteuern und Emissionsstandards sind in diesem Modell äquivalent. Sofern den Regierungen nur diese beiden Instrumente zur Verfügung stehen, spielt daher die Wahl des Instruments keine Rolle. Das ändert sich, wenn man Prozeßstandards in die Analyse einbezieht. Je laxer das (exogen gegebene) Umweltziel formuliert ist, desto eher wählen die Regierungen Prozeßstandards, obwohl durch die Wahl eines anderen Instruments Paretoverbesserungen möglich wären. Im folgenden wird gezeigt, daß sich die Tendenz zur Wahl von Standards statt Steuern verstärkt, wenn die Regierungen auch über die Höhe des Umweltziels entscheiden.

3.3 Die Wahl des Umweltpolitikinstruments bei endogener umweltpolitischer Zielfindung

Anders als im letzten Abschnitt nehmen wir nun an, daß jede Regierung neben dem Instrument auch ihr umweltpolitisches Ziel selbst bestimmt. Auf die Unternehmensentscheidungen hat das keinen Einfluß. Die Unternehmen agieren auf der dritten Modellstufe wie im Abschnitt 3.2. Die Ergebnisse sind im Anhang zum Abschnitt 3.2 zusammengefaßt.

Die Höhe des umweltpolitischen Instruments: Auf der zweiten Stufe des Modells legen die Regierungen die Höhe der von ihnen gewählten Instrumente fest. Dabei wägen sie wie im Kapitel 2 die Minderung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit ihres Unternehmens gegen eine verbesserte Umweltqualität in ihrem Land ab. Wir nehmen an, daß die Schadstoffe nur die nationale Umwelt belasten, und zwar entsprechend einer quadratischen Schadensfunktion.

Haben beide Regierungen auf der ersten Stufe des Modells Prozeßstandards gewählt, so löst die Regierung A auf der zweiten Modellstufe

$$W_A = \pi_A - (u_A x)^2 = \left(\frac{\alpha + 1/u_B - 2/u_A}{3}\right)^2 (1 - u_A{}^2) \quad \rightarrow \quad \max_{u_A} .$$

Aus der Bedingung erster Ordnung erhält man ihre Reaktionsfunktion

$$u_A = \sqrt[3]{\frac{2}{\alpha + 1/u_B}} .$$

Eine analoge Reaktionsfunktion erhält man für die Regierung B. Es folgt $u_A = u_B =: u$ und

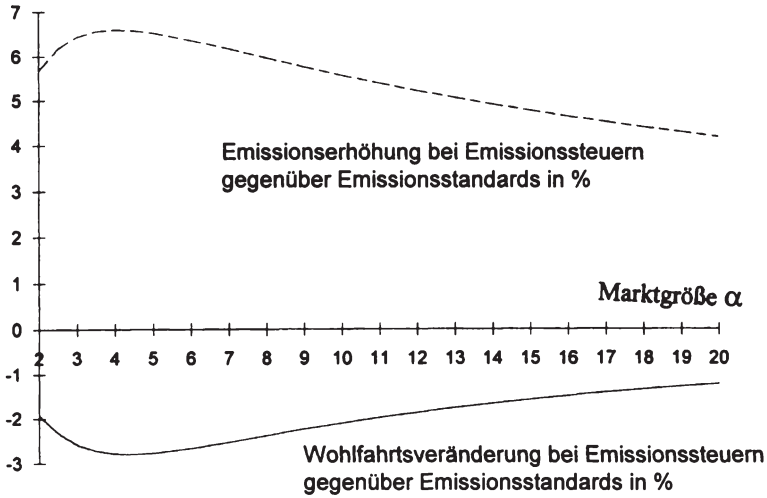
$$\alpha u^3 + u^2 - 2 = 0.$$

Die übrigen Kombinationsmöglichkeiten der umweltpolitischen Instrumente werden im Anhang zum Abschnitt 3.3 analysiert. Leider lassen sich die durch die Bedingungen erster Ordnung gegebenen Gleichungssysteme nicht alle explizit lösen. Daher wurden sie numerisch berechnet, und zwar für Werte des Nachfrageparameters α im Intervall von 2 bis 20. Im Anhang zum Abschnitt 3.3 sind einige Beispiele angegeben.

Als ein erstes Ergebnis folgt, daß - anders als bei der Umsetzung eines exogen bestimmten Umweltziels - Emissionssteuern und Emissionsstandards nicht mehr

äquivalent sind.[13] Die Abbildung 3.5 zeigt, daß die Emissionen bei Emissionssteuern in beiden Ländern höher sind, als wenn beide Regierungen Emissionsstandards einsetzen. Die Wohlfahrt ist bei Emissionssteuern geringer als bei Emissionsstandards.

Abbildung 3.5: Vergleich von Emissionssteuern und Emissionsstandards bei endogenem Umweltziel



Die Wahl des umweltpolitischen Instruments auf der ersten Modellstufe: In den hier betrachteten Beispielen wird bei der Instrumentenwahl die Strategie Emissionssteuer von der Strategie Emissionsstandard streng dominiert. Es existiert daher kein teilspielperfektes Gleichgewicht, in dem eine Regierung Emissions-

[13] Dies widerlegt Althammer und Buchholz (1995, S. 303): Sie zeigen, daß das Marktgleichgewicht, das sich bei einem strategisch optimalen Emissionsstandard einstellt, auch durch eine Steuer in geeigneter Höhe implementiert werden *könnte* (und umgekehrt). Sie übersehen jedoch, daß die Regierungen ihre Steuersätze nicht in dieser Höhe wählen würden. Die Schlußfolgerung, die Althammer und Buchholz ziehen, ist daher falsch: "It can be concluded that the home government has no advantage in preferring one instrument. Rather, the equivalence between quantity and price regulations, which is pervasive in environmental economics, also holds if strategic considerations are included in the way described above".

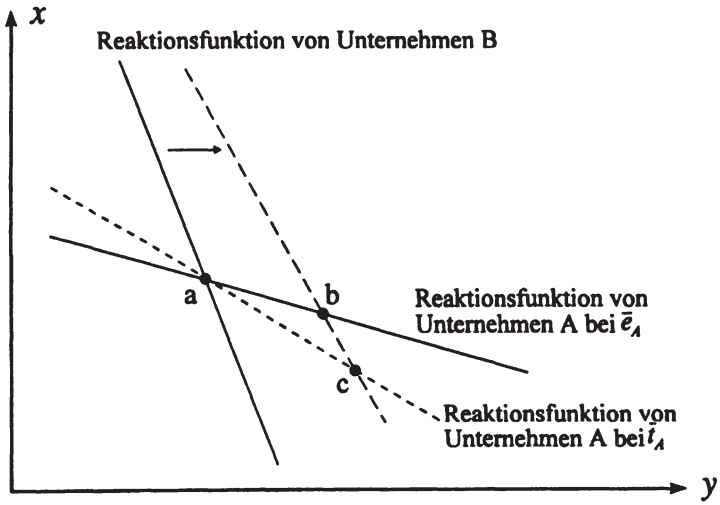
steuern wählt. Zur Begründung gehen wir gedanklich von einer Situation aus, in der die Regierungen Emissionsstandards $\bar{e}_A$ und $\bar{e}_B$ festgelegt haben. Die Abbildung 3.6 stellt die Reaktionsfunktionen der Unternehmen und das Marktgleichgewicht *a* graphisch dar. Wie im Abschnitt 3.2 gezeigt wurde, könnte die Regierung A dieselbe Allokation auch durch einen passend gewählten Emissionssteuersatz $\bar{t}_A$ erreichen. Produktionsmenge, Schadstoffvermeidungsanstrengungen und Bruttogewinne ändern sich dadurch nicht, jedoch verläuft die Reaktionsfunktion von Unternehmen A bei einer Emissionssteuer in A

$$x = \frac{\alpha - y - 2\sqrt{\bar{t}_A}}{2}$$

steiler als bei einem Emissionsstandard in A

$$x = \frac{\bar{e}_A}{\bar{e}_A + 1} \; \frac{\alpha - y}{2}.$$

Abbildung 3.6: Reaktionsfunktionen der Unternehmen in Abhängigkeit vom umweltpolitischen Instrument



Was passiert, wenn Regierung B versucht, ihrem Unternehmen durch einen weniger strengen Standard einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen? Dadurch verschiebt sich die Reaktionsfunktion von Unternehmen B nach außen. Das neue Marktgleichgewicht liegt in b, wenn Regierung A ihr Unternehmen durch einen Emissionsstandard reguliert, und in c, wenn sie Emissionssteuern wählt. Der zweite Fall ist günstiger für Land B, da die Reduktion von x größer ist. Der Minderung der Umweltqualität durch die Erhöhung des Emissionsstandards in B steht somit ein größerer Vorteil durch eine Steigerung des Unternehmensgewinns entgegen, wenn die Regierung in A Emissionssteuern einsetzt. Da die Förderung des Unternehmens B in diesem Fall attraktiver ist, hat die Regierung in B einen größeren Anreiz, die Wettbewerbsfähigkeit ihres Unternehmens durch laxe Standards zu fördern, und e_B fällt entsprechend höher aus. Es ist diese "aggressivere" Reaktion der Regierung in Land B auf Emissionssteuern in Land A, die dazu führt, daß die Regierung in A die Wahl eines Emissionsstandards vorzieht.

In Abbildung 3.7 ist die Wahl des umweltpolitischen Instruments für drei Beispiele ($\alpha = 5, 10, 15$) dargestellt. Die teilspielperfekten Gleichgewichte sind markiert. Bei einem Nachfrageparameter in Höhe von $\alpha = 10$ gibt es zwei Gleichgewichte, das eine mit Emissionsstandards, das andere mit Prozeßstandards in beiden Ländern. In dem Gleichgewicht mit Emissionsstandards wählen die Regierungen Emissionsobergrenzen in Höhe von $e_A = e_B = 1{,}46251$. Wäre dieses Emissionsniveau exogen vorgegeben, so könnten Prozeßstandards in beiden Ländern kein Gleichgewicht sein (vgl. Abbildung 3.3). Die Endogenisierung des Umweltziels führt insofern dazu, die Wahl eines Prozeßstandards attraktiver zu machen. Die Entscheidung zwischen einem Emissionsstandard und einem Prozeßstandard wird jedoch im wesentlichen von denselben Überlegungen bestimmt wie bei einem exogenen Umweltziel: Ein exogen gegebenes Umweltziel wird durch einen Prozeßstandard implementiert, wenn ein hohes Emissionsniveau einen großen Spielraum für strategisches Verhalten läßt. Bei endogener umweltpolitischer Zielfindung fällt diese Rolle dem Nachfrageparameter α zu. Welchem Instrument der Vorzug gegeben wird, hängt von der Höhe dieses Parameters ab. Je größer der Markt, desto mehr Gewicht erhält der Gewinn in den Wohlfahrtsüberlegungen der Regierungen, und desto größer ist der Anreiz zu strategischem Verhalten. Bei einem großen Markt werden daher Prozeßstandards gewählt.

Abbildung 3.7: Teilspielperfektes Gleichgewicht und Marktgröße

(a) $\alpha = 5$

		Regierung in B		
		t_B	u_B	e_B
Regierung in A	t_A	1,21668855 1,21668855	0,8729351 1,05826144	1,21682055 **1,24985409**
	u_A	1,05826144 0,8729351	0,74806534 0,74806534	1,05861454 **0,89579585**
	e_A	**1,24985409** 1,21682055	**0,89579585** 1,05861454	**1,25140573** **1,25140573**

(oberer Wert: W_A; unterer Wert: W_B)

(b) $\alpha = 10$

		Regierung in B		
		t_B	u_B	e_B
Regierung in A	t_A	6,54699505 6,54699505	5,07002109 6,64410369	6,54480736 **6,68457484**
	u_A	6,64410369 5,07002109	**5,1746324** **5,1746324**	6,64297241 5,1399926
	e_A	**6,68457484** 6,54480736	5,1399926 6,64297241	**6,68802264** **6,68802264**

(oberer Wert: W_A; unterer Wert: W_B)

(c) $\alpha = 15$

		Regierung in B		
		t_B	u_B	e_B
Regierung in A	t_A	16,6338812 16,6338812	13,5358694 **17,3165302**	16,6290342 16,8948007
	u_A	**17,3165302** 13,5358694	**14,1835296** **14,1835296**	**17,3140672** 13,6547044
	e_A	16,8948007 16,6290342	13,6547044 **17,3140672**	16,8996392 16,8996392

(oberer Wert: W_A; unterer Wert: W_B)

Kooperation der Regierungen: Legen die Produzentenländer Art und Höhe ihres umweltpolitischen Instruments kooperativ so fest, daß die Summe der Wohlfahrt in den Produzentenländern maximiert wird, dann wählen sie Emissionsstandards oder Emissionssteuern, nicht aber Prozeßstandards, da bei Prozeßstandards die Produktionsmengen der Unternehmen höher sind (vgl. Anhang zum Abschnitt 3.3).[14]

Die Instrumente Emissionssteuern und Emissionsstandards sind bei kooperativer Festlegung insofern äquivalent, als sie zu derselben Schadstoffvermeidungstechnologie und gleichen Produktions- und Schadstoffmengen führen; lediglich die Unternehmensgewinne unterscheiden sich um die Steuerzahlungen. Selbst bei kooperativer Festlegung von Emissionssteuern oder Emissionsstandards wird nur ein zweitbestes Ergebnis erzielt. Um ein first-best Ergebnis zu erreichen, würden die Regierungen ein zweites Instrument benötigen, beispielsweise eine Mengensteuer auf die Exporte (vgl. Anhang zum Abschnitt 3.3).

In den Abbildungen 3.8 und 3.9 werden die kooperativen und die nichtkooperativen Lösungen verglichen. Man erhält folgendes Ergebnis:

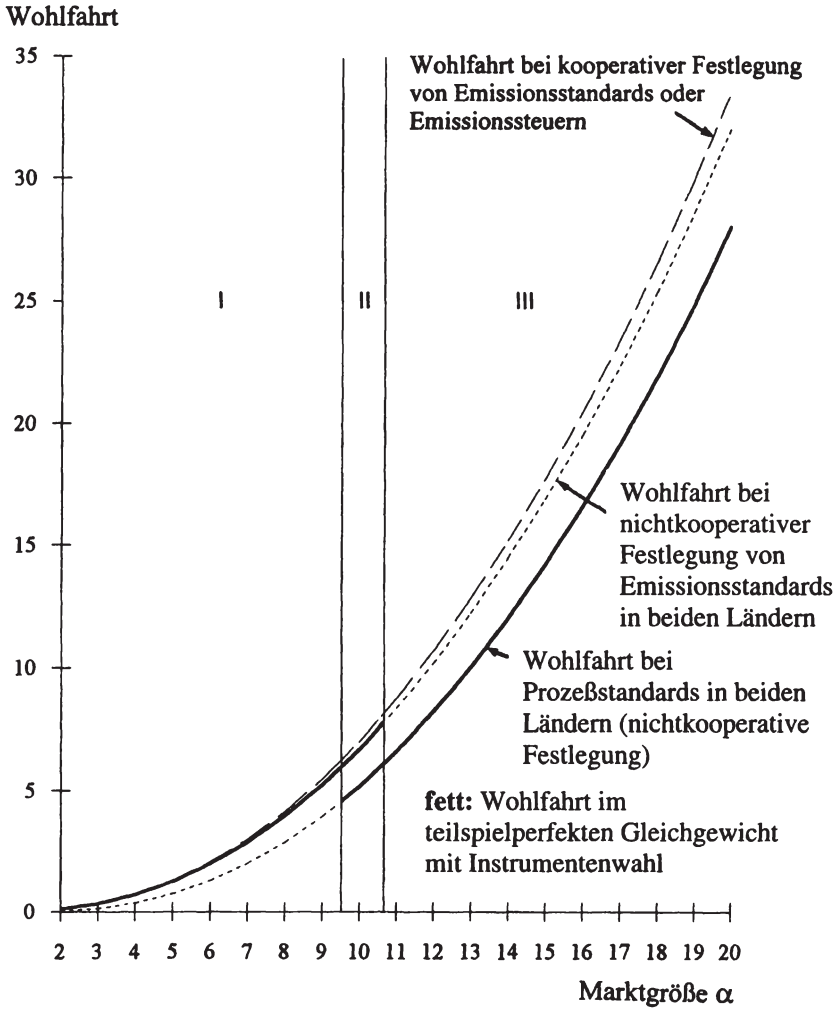
Bei einem gemessen an α kleinen Markt (Region I in Abbildung 3.8, Beispiel $\alpha = 5$ in den Abbildungen 3.7 und 3.9) ist die Wahl eines Emissionsstandards streng dominante Srategie. Im teilspielperfekten Gleichgewicht wählen daher beide Länder Emissionsstandards. Die Wahl des Instruments ist (im Rahmen der begrenzten Auswahl) optimal, nicht jedoch die Festlegung der Höhe des Instruments auf der zweiten Modellstufe. Bei kooperativer Festlegung würden die Emissionen reduziert und dadurch die Wohlfahrt gesteigert.

Bei mittlerer Marktgröße (Region II in der Abbildung 3.8, Beispiel $\alpha = 10$ in den Abbildungen 3.7 und 3.9) gibt es keine dominante Strategie. Wählt eine Regierung einen Prozeßstandard oder einen Emissionsstandard, so ist es die beste Antwort der anderen Regierung, dasselbe Instrument zu wählen. Es gibt zwei Gleichgewichte, eines mit Prozeßstandards, das andere mit Emissionsstandards in beiden Ländern. In dem Gleichgewicht mit Emissionsstandards sind die Emissionen geringer (bei $\alpha = 10$ nur geringfügig um 3,21%), und die Wohlfahrt ist höher (bei $\alpha = 10$ um 29,25%, vgl. Abbildung 3.9).

---

[14] Die höhere Produktionsmenge schmälert den Gewinn, ist jedoch für die Konsumenten vorteilhaft. Die Rangfolge der Instrumente kann sich daher ändern, wenn die Konsumentenrente in die Wohlfahrtsbetrachtung einbezogen wird.

Abbildung 3.8: Kooperative und nichtkooperative Lösung im Vergleich



Bei einem großen Markt (Region III in Abbildung 3.8, Beispiel $\alpha = 15$ der Abbildungen 3.7, 3.9) ist die Wahl eines Prozeßstandards streng dominante Strategie, und Prozeßstandards in beiden Ländern bilden das eindeutige teilspielperfekte Gleichgewicht. Dies stellt den für die Produzentenländer ungün-

Abbildung 3.9: Eigenschaften der teilspielperfekten Gleichgewichte
(alle Werte gerundet)

	$\alpha = 5$	$\alpha = 10$		$\alpha = 15$
Teilspielperfektes Gleichgewicht				
Instrumente	(e_A, e_B)	(e_A, e_B)	(u_A, u_B)	(u_A, u_B)
u	0,85265	0,63875	0,5533	0,48959
x	0,88479	2,28963	2,73089	4,31916
e	0,75442	1,46251	1,51099	2,11461
π	1,82055	8,82695	7,45774	18,65512
W	1,25141	6,68802	5,17463	14,18353
Kooperative Festlegung von Emissionsstandards				
u	0,75788	0,52284		0,42826
x	0,78702	2,05825		3,4433
e	0,59646	1,07614		1,47461
π	1,65785	8,17305		19,89657
W	1,30208	7,01498		17,7221
Emissionsreduktion gegenüber dem teilspielperfekten Gleichgewicht	20,94 %	26,42 %	28,78 %	30,27 %
Wohlfahrtsverbesserung gegenüber dem teilspielperfekten Gleichgewicht	4,05 %	4,89 %	35,56 %	24,95 %
first-best Werte				
u	0,89706	0,65964		0,55941
x	0,69263	1,74201		2,8562
e	0,62133	1,1491		1,59777
W	1,34551	7,38962		18,86858

stigsten Fall dar, sowohl was die Wahl des Instruments als auch was die Festlegung der Höhe dieses Instruments betrifft. Dabei wiegt der Wohlfahrtsverlust durch die Wahl des falschen Instruments schwerer. Bei kooperativer Festlegung von Prozeßstandards würden bei $\alpha = 15$ die Emissionen auf etwa 1,69407 sinken und dadurch die Wohlfahrt auf 14,58523 steigen, das entspricht einer Wohlfahrtssteigerung gegenüber dem nichtkooperativen Gleichgewicht von rund 2,83%. Ein beträchtlich größerer Wohlfahrtszuwachs läßt sich erzielen, wenn Emissionsstandards statt der Prozeßstandards eingesetzt werden, selbst

wenn über die Höhe der Emissionsstandards keine Einigung erzielt werden könnte und diese nichtkooperativ festgesetzt würden. In diesem Fall würde die Wohlfahrt im Vergleich zum teilspielperfekten Gleichgewicht um 19,15% auf $W = 16{,}8996$ steigen. Bei kooperativer Festlegung der Emissionsstandards beträgt der Wohlfahrtszuwachs sogar 24,95% (vgl. Abbildung 3.9).

Zusammengefaßt hat die Endogenisierung der umweltpolitischen Zielfindung zwei Folgen: Erstens sind Emissionssteuern und Emissionsstandards nicht mehr äquivalent wie bei einem exogenen Umweltziel. In dem analysierten Modell werden Emissionssteuern von Emissionsstandards streng dominiert und daher von den Regierungen nicht gewählt.

Zweitens addieren sich zu Wohlfahrtsverlusten aus der Wahl eines "falschen" Umweltpolitikinstruments weitere Verluste durch die Wahl zu hoher Emissionsniveaus. Der Wohlfahrtszuwachs, der sich durch eine Kooperation bei der Festlegung der Höhe der Instrumente erzielen läßt, ist vergleichsweise bescheiden gemessen an den Kooperationsgewinnen, die auf dem Gebiet der Instrumentenwahl möglich sind. Natürlich ist zu bedenken, daß alle Ergebnisse für spezielle Funktionen berechnet wurden.

3.4 Zusammenfassung

Es wurde ein Modell diskutiert, in dem die Regierungen zweier Exportländer nicht nur das Niveau, sondern auch den Typ ihres umweltpolitischen Instruments - Emissionssteuer, Emissionsstandard oder Prozeßstandard - festlegen. Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- Eine positive Analyse der Regierungsentscheidungen ergibt keine eindeutige Präferenz für eine bestimmtes Instrument. Setzen die Regierungen ein exogen gegebenes Umweltziel um, das beispielsweise im Rahmen internationaler Umweltschutzvereinbarungen fixiert wurde, so finden sich abhängig von den Modellparametern teilspielperfekte Gleichgewichte mit Prozeßstandards, mit Emissionsstandards sowie auch mit Emissionssteuern in beiden Ländern. Daneben gibt es Bereiche multipler Gleichgewichte, in denen eine Regierung jeweils dasselbe Instrument wählt wie die ausländische Regierung; und man findet umgekehrt Beispiele[15], in denen es für eine Regierung am besten ist, nicht dasselbe Instrument wie im anderen Land zu wählen.

---

[15] Vgl. Verdier (1993).

- Es gibt keinen Mechanismus, der dafür sorgt, daß die Wahl des umweltpolitischen Instruments effizient ist. Es existiert eine Reihe von Beispielen, in denen sich die Regierungen in einem Gefangenendilemma befinden. Durch Kooperation bei der Wahl der umweltpolitischen Mittel lassen sich daher Vorteile erzielen.

  Das paretoinferiore Ergebnis bei der Instrumentenwahl kann eine direkte Folge des Freihandels sein.[16] Der Prozeß der Handelsliberalisierung kann also die Wahl des umweltpolitischen Instruments negativ beeinflussen.

- Die Wahl eines Prozeßstandards ist aus der Sicht einer einzelnen Regierung attraktiv, wenn die angestrebte Emissionsreduktion gering oder der Markt groß ist. Auch der Konsum des Gutes im Inland dürfte dieses Instrument vorteilhaft machen, da die Konsumenten von der höheren Produktion bei einem Prozeßstandard profitieren.[17]

  Umgekehrt sprechen ein hohes Niveau der anvisierten Emissionsreduktion sowie eine geringe Marktgröße für Emissionsstandards oder Emissionssteuern.

- Bei einem exogen gegebenen Umweltziel sind in dem hier diskutierten Modell Emissionssteuern und Emissionsstandards aus der Sicht einer Regierung äquivalent.

  Das gilt nicht mehr, wenn die Unternehmen strategische Investitionsentscheidungen treffen können, ohne daß sich allerdings eine klare Präferenz für eines der beiden Instrumente erkennen läßt.[18]

  Die Äquivalenz von Emissionssteuer und Emissionsstandard wird auch dann durchbrochen, wenn mehrere Unternehmen mit verschiedenen Produktionstechnologien in einem Land produzieren. Denn unter dem Kriterium der

---

[16] So zeigt Verdier, daß in einem Drittlandmodell keine Regierung einen Prozeßstandard wählt, wenn sie die Möglichkeit hat, ihr Unternehmen durch Exportsubventionen zu unterstützen: "For any country the possibility of using a trade instrument to extract imperfect competitive rents, makes the comparison between performance standards and design standards to depend only on pollution control costs efficiency issues. Hence a performance standard as the prefered option." (Verdier, 1993, S. 30).

[17] Die Ergebnisse von Besanko (1987) in einem Modell ohne Außenhandel deuten in diese Richtung.

[18] Vgl. die Ergebnisse von Feenstra et. al. (1996) und Ulph (1992, 1996b).

Kosteneffizienz bietet eine Umweltsteuer Vorteile gegenüber einem (für alle Unternehmen einheitlichen) Emissionsstandard.[19]

- Wenn der Prozeß der umweltpolitischen Zielbestimmung endogenisiert wird, sind Emissionssteuern und Emissionsstandards nicht mehr äquivalent. In dem diskutierten Drittlandmodell war der Anreiz für die Regierungen, die Wettbewerbsfähigkeit ihres Unternehmens durch eine laxe Umweltpolitik zu stärken, bei Emissionsstandards geringer als bei Emissionssteuern. Die Wahl einer Emissionssteuer wurde dadurch unattraktiv, die Wahl von Emissionsstandards und Prozeßstandards wurde attraktiver.
- Wird sowohl über das Instrument als auch über das umweltpolitische Zielniveau entschieden, nehmen die möglichen Effizienzverluste zu. Für die Regierungen kann ein doppeltes Gefangenendilemma entstehen. Kooperationsvorteile lassen sich dann sowohl bei der Festlegung der Höhe als auch der Art des Instruments erzielen.

  In dem Modell dieses Kapitels wogen die Wohlfahrtsverluste durch eine "falsche" Wahl des Instruments schwerer als die ungünstige Wahl des Niveaus der Instrumente.

Im Modell war das den Regierungen zur Verfügung stehende Instrumentarium auf drei Instrumente begrenzt. Daneben wären weitere Instrumente wie etwa eine Subvention der Schadstoffvermeidungsaktivitäten denkbar sowie auch Kombinationen mehrerer Instrumente. Jedoch ist kaum zu erwarten, daß sich dadurch die Effizienzeigenschaften des nichtkooperativen Gleichgewichts verbessern. Durch zusätzliche Instrumente entstehen den Regierungen weitere Freiheitsgrade, die strategisch genutzt (oder mißbraucht) werden können.

---

[19] In diese Richtung weist der Beitrag von Sartzetakis und Constantatos (1995). Dort wird ein extern fixiertes Umweltziel von zwei Ländern umgesetzt. Zur Implementierung nutzt ein Land Emissionszertifikate, das andere Emissionsstandards. Ansonsten sind die Länder symmetrisch. In jedem Land produzieren zwei Unternehmen, die sich in ihrer Schadstoffvermeidungstechnologie unterscheiden. Auf dem Weltmarkt konkurrieren die Unternehmen als Cournot-Wettbewerber. Der Emissionsstandard in Land A sieht eine für beide Firmen gleiche Reduktion der Schadstoffemissionen vor. Der Zertifikatmarkt in B ist trotz der unvollkommenen Konkurrenz auf dem Gütermarkt kompetitiv (und daher einer Emissionssteuer vergleichbar). Der Weltmarktanteil der durch Zertifikate regulierten Firmen ist höher, da zwischen diesen beiden Firmen eine bessere Allokation der Schadstoffvermeidungsaktivitäten stattfindet als im Land mit dem Emissionsstandard. Der Vorteil der Zertifikatlösung wächst mit der unterstellten Asymmetrie der Unternehmen und verschwindet, wenn die Firmen innerhalb eines Landes technologisch gleich sind.

4 Umweltpolitik und Umweltschutzinnovationen

4.1 Die Porter-Hypothese

Zu den zentralen Fragen im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftswachstum und ökologischer Verträglichkeit zählt die Wirkung umweltpolitischer Instrumente auf die Innovationstätigkeit in einer Volkswirtschaft. Bei der Analyse des Zusammenhangs von Umweltpolitik und internationaler Wettbewerbsfähigkeit wie auch bei Überlegungen zu einer nationalen Vorreiterposition in Sachen Umweltschutz wird vor allem diskutiert, inwieweit durch die Erhebung inländischer Umweltabgaben Innovationen induziert werden, die der heimischen Umweltschutzindustrie einen internationalen Wettbewerbsvorteil sichern.

Da durch die Besteuerung Emissionen verteuert werden, erhalten die Unternehmen einen Anreiz, ihre Produktionstechnologie zu ändern. Emissionssteuern können so einen Innovationsanreiz darstellen. Einem Argument zufolge, das auf Porter (1991) zurückgeht[1], haben Regierungen daher ein Motiv, Umweltschutzbestimmungen zu verschärfen, um ihre Unternehmen zu Innovationen zu zwingen, die ihnen einen "early-mover advantage"[2] auf dem internationalen Markt einräumen und so (später) Wettbewerbsvorteile verschaffen:

> "The conflict between environmental protection and economic competitiveness is a false dichotomy. It stems from a narrow view of the sources of prosperity and a static view of competition. Strict environmental regulations do not inevitably hinder competitve advantage against foreign rivals; indeed, they often enhance it. Tough standards trigger innovation and upgrading."[3]
>
> "... we will argue that properly designed environmental standards can trigger innovation that may partially or more than fully offset the costs of complying with them. Such 'innovation offsets', as we call them, can not only lower the net costs of meeting environmental regulations, but can even lead to absolute advantages over firms in foreign countries not subject to similar regulations. Innovation offsets will be

---

1 Es wird daher auch als "Porter-Hypothese" bezeichnet.

2 Porter und van der Linde (1995, S. 104).

3 Porter (1991, S. 96).

> common because reducing pollution is often coincident with improving the productivity with which resources are used. In short, firms can actually benefit from properly crafted environmental regulations that are more stringent (or are imposed earlier) than those faced by their competitors in other countries. By stimulating innovation, strict environmental regulations can actually enhance competitiveness."[4]

Die Porter-Hypothese läßt sich in folgende Fragen aufspalten:

- Sind strengere Umweltschutzbestimmungen überhaupt geeignet, die Innovationstätigkeit der Unternehmen zu stimulieren?
- Profitieren die Unternehmen von verschärften Umweltschutzbestimmungen?
- Angenommen, eine Steuererhöhung führt tatsächlich zu höheren Ausgaben der betroffenen Unternehmen für Umweltschutzinnovationen: Sind diese Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) systematisch zu niedrig, so daß sie durch hohe Umweltsteuern stimuliert werden müssen? Anders formuliert, entsteht aus der Einbeziehung von Innovationen ein Interesse der Regierungen an verschärften Umweltschutzbestimmungen?
- Führt eine international unkoordinierte Umweltpolitik der Länder zu einem global effizienten Ergebnis? Oder lassen sich durch eine internationale Koordination der Umweltschutzpolitik Kooperationsvorteile erzielen?

Die Argumentation von Porter und van der Linde (1995) stützt sich vornehmlich auf eine Reihe von Fallbeispielen.[5] In diesem Kapitel wird dem Problemkomplex dagegen im Rahmen des bislang behandelten Modells nachgegangen, das dazu im Abschnitt 4.2 um eine strategische Dimension und in den Abschnitten 4.3 und 4.4 um eine explizit dynamische Komponente erweitert wird. Dabei werden ausschließlich Umweltsteuern betrachtet, da diesem Instrument eine gute dynamische Anreizwirkung zugestanden wird.[6]

---

4 Porter und van der Linde (1995, S. 98).

5 Vgl. dazu auch die Kritik von Palmer, Oates und Portney (1995, S. 120): "With literally hundreds of thousands of firms subject to environmental regulation in the United States alone, it would be hard *not* to find instances where regulation has seemingly worked to a polluting firm's advantage."

6 Endres (1985b, S. 65 ff.).

4.2 Strategische F&E-Investitionen

Einen ersten Anhaltspunkt zum Einfluß umweltpolitischer Maßnahmen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen erhält man, wenn man das Modell aus Abschnitt 2.6 neu interpretiert. Es mögen v_i und z_j nun die Investitionen der Unternehmen aus Land A bzw. aus Land B bezeichnen, die für die Entwicklung von Umweltschutzinnovationen bereitgestellt werden. Durch diese Innovationen werden im Produktionsprozeß weniger Schadstoffe freigesetzt. Die im Abschnitt 2.6 hergeleiteten Ergebnisse zeigen, daß die komparativ-statischen Wirkungen von Emissionssteuern wie auch von F&E-Subventionen entscheidend von den technologischen Eigenschaften der Innovationen abhängen, insbesondere davon, wie durch die umweltfreundliche Gestaltung des Produktionsprozesses die Grenzkosten der Unternehmen beeinflußt werden. Die Vielfalt möglicher komparativ-statischer Ergebnisse auf der Industrieebene findet ihr Echo in der Wahl der umweltpolitischen Instrumente der Regierungen. Insbesondere wurde gezeigt, daß bei dezentraler Entscheidung der Regierungen selbst in einem Duopol die Emissionssteuersätze über den Grenzschäden wie auch über den kooperativen Steuersätzen liegen können. Dies mag man als zumindest teilweise Bestätigung der Porter-Hypothese werten.

Nun werden F&E-Ausgaben vor allem getätigt, um Vorteile auf dem Produktmarkt zu erzielen, und sie sind typischerweise den Produktionsentscheidungen vorgelagert. Im Abschnitt 2.6 erfolgte die Investition in Schadstoffvermeidung dagegen simultan mit der Produktionsentscheidung oder war dieser nachgelagert. Das Modell aus Abschnitt 2.6 wird daher im folgenden dahingehend modifiziert, daß die Unternehmen v_i und z_j vor der Entscheidung über die Produktionsmengen festlegen.[7] Die Schadstoffvermeidungsinvestition trägt dann den

---

[7] Modelle dieses Typs werden in Simpson und Bradford (1996), A. Ulph (1996a, 1996d), Ulph und Ulph (1996) und D. Ulph (1994) behandelt. In A. Ulph (1996a, 1996d) werden durch die Innovationstätigkeit die Grenzkosten der Unternehmen gesenkt; die umweltrelevanten Eigenschaften des Produktionsprozesses werden aber *nicht* beeinflußt ("Prozeßinnovationen"). Demgegenüber führen bei Simpson und Bradford (1996) die Forschungsaktivitäten zu Produktionsverfahren mit geringeren Emissionen pro Einheit des produzierten Gutes ("Umweltschutzinnovationen"). Die Darstellung von Simpson und Bradford wird von D. Ulph (1994) für allgemeine Funktionen erweitert. Eine nochmalige Erweiterung erfolgt in Ulph und Ulph (1996). Dort entwickeln die Unternehmen gleichzeitig Prozeß- und Umweltschutzinnovationen. Die Einbeziehung von Prozeßinnovationen ändert jedoch die Ergebnisse des Modells nicht. Wir folgen daher in diesem Abschnitt im wesentlichen der Darstellung bei D. Ulph (1994).

Charakter einer zeitlich vorgelagerten Innovation, die für die Konkurrenz vor der Produktionsentscheidung beobachtbar - aber nicht kopierbar - ist. Die Innovationen betreffen somit firmenspezifische Änderungen des Produktionsprozesses, da sich eine Innovation jeweils nur in dem Unternehmen einsetzen läßt, in dem sie gemacht wurde.

Zur Vereinfachung wird ein Cournot-Duopol mit einem Unternehmen in jedem Land unterstellt. Von grenzüberschreitenden Emissionen wird abgesehen. Das Modell hat nun drei Stufen:

- Auf der ersten Modellstufe legen die Regierungen ihre Emissionssteuersätze t_A und t_B fest.
- Auf der zweiten Stufe investieren die Unternehmen in die Entwicklung umweltverträglicher Prozeßinnovationen, durch die im folgenden Produktionsprozeß die Emissionen gesenkt werden. Die Investitionen in Forschung und Entwicklung von Unternehmen A bezeichnen wir mit v, die von Unternehmen B mit z.
- Auf der dritten Modellstufe legen die Unternehmen die Produktionsmengen x und y fest. Auf der Kostenseite fallen außer den F&E-Ausgaben v und den Steuerzahlungen $t_A e_A$ keine weiteren Kosten an. Die bei der Produktion freigesetzten Emissionen hängen von der Produktionsmenge und der Forschungsaktivität ab:

  $$e_A(x,v) = u_A(v)x \text{ mit } u_A'(v) < 0,\ u_A''(v) > 0.$$

  Wir beschränken uns hier also auf einen speziellen Fall mit $\partial^2 e_A / \partial x \partial v < 0$, in dem durch die Innvovationstätigkeit nicht nur die Emissionen gesenkt werden, sondern auch die Grenzkosten[8] $\partial(t_A e_A(x,v)) / \partial x = t_A(\partial e_A / \partial x)$. Analoge Beziehungen gelten für das Unternehmen B.

Die Produktionsentscheidung: Auf der dritten Modellstufe lösen die Unternehmen

$$\pi_A(x,y,v,t_A) = p(x+y)x - t_A e_A(x,v) - v \quad \rightarrow \max_x,$$
$$\pi_B(x,y,z,t_B) = p(x+y)y - t_B e_B(y,z) - z \quad \rightarrow \max_y.$$

---

8 Wenn die Forschungsaktivität keinen Einfluß auf die Grenzkosten der Produktion hat (im Modell bei $\partial^2 e_A / \partial x \partial v = 0$), dann wird die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens im Cournot-Wettbewerb nicht beeinflußt, und man erhält dieselben Ergebnisse wie für $\partial^2 e_A / \partial x \partial v = 0$ im Abschnitt 2.6.

Die Bedingungen erster Ordnung

$$\frac{\partial \pi_A(x,y,v,t_A)}{\partial x} = p'x + p - t_A u_A = 0 \,,$$
$$\frac{\partial \pi_B(x,y,z,t_B)}{\partial y} = p'y + p - t_B u_B = 0$$

legen die Produktionsmengen als Funktionen der F&E-Aktivitäten und der Emissionssteuersätze bzw. als Funktionen der Grenzkosten $c_A := t_A u_A(v)$ und $c_B := t_B u_B(z)$ fest: $x(c_A, c_B)$ und $y(c_A, c_B)$. Durch implizites Differenzieren erhält man unter der Annahme $p''x + p' < 0$ die Standardergebnisse im Cournot-Duopol:

$$\frac{\partial x}{\partial c_A} < 0 \,, \frac{\partial y}{\partial c_A} > 0, \frac{\partial (x+y)}{\partial c_A} < 0 \,.$$

Für den Bruttogewinn vor Abzug der F&E-Ausgaben $\psi_A := \pi_A + v = (p - c_A)x$ gilt

$$\frac{\partial \psi_A}{\partial c_A} < 0, \frac{\partial \psi_A}{\partial c_B} > 0 \,.$$

Für die weitere Darstellung treffen wir die Annahmen

$$\frac{\partial^2 \psi_A}{\partial c_A^{\,2}} > 0 \,, \qquad \frac{\partial^2 \psi_A}{\partial c_B^{\,2}} > 0 \,, \qquad \frac{\partial^2 \psi_A}{\partial c_A \partial c_B} < 0$$

(und analog für Firma B), die zum Beispiel bei einer linearen Nachfragefunktion erfüllt sind.

Eine Erhöhung des Steuersatzes t_A erhöht die Grenzkosten $c_A = t_A u_A(v)$ von Unternehmen A und führt daher dazu, daß es seine Produktionsmenge reduziert, während Unternehmen B seine Produktion ausweitet. Eine erhöhtes F&E-Niveau von Firma A senkt c_A und begründet einen Wettbewerbsvorteil im Cournot-Wettbewerb. Die Produktionsmenge von A steigt, während Gewinn und Produktion von B sinken. Gleichzeitig steigt der Gewinn vor Abzug der F&E-Ausgaben ψ_A von Firma A.

Die F&E-Entscheidung: Auf der zweiten Modellstufe löst Unternehmen A

$$\bar{\pi}_A(v,z,t_A,t_B) := \pi_A\left(x\left(t_A u_A(v), t_B u_B(z)\right), y\left(t_A u_A(v), t_B u_B(z)\right), v, t_A\right) \quad \rightarrow \max_v$$

mit der Bedingung erster Ordnung für ein inneres Maximum[9]

$$(4.1)\quad \frac{\partial \tilde{\pi}_A}{\partial v} = \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial c_A} t_A u'_A + \frac{\partial \pi_A}{\partial v} = p'x\frac{\partial y}{\partial c_A} t_A u'_A - t_A u'_A x - 1 = 0 \,.$$

Eine analoge Bedingung erhält man für Unternehmen B. Für $t_A = 0$ folgt $v = 0$; die Motivation zu F&E erwächst hier ausschließlich aus der Besteuerung der Emissionen.

Anders als im Abschnitt 2.6, wo Schadstoffvermeidungsinvestition und Produktionsentscheidung simultan erfolgten[10], beinhaltet die F&E-Entscheidung hier ein strategisches Element $(\partial \pi_A / \partial y)(\partial y / \partial c_A) t_A u'_A > 0$. Da durch die Umweltschutzinnovation die Grenzkosten von Firma A im nachfolgenden Cournot-Wettbewerb sinken, begründet die F&E-Aktivität einen Wettbewerbsvorteil mit der Folge, daß Unternehmen A aus strategischen Gründen vermehrt in F&E investiert.

Die Bedingung (4.1) definiert die Reaktionsfunktion von Unternehmen A. Um die Steigung dieser Funktion zu ermitteln, formulieren wir das Maximierungsproblem von A um zu

$$\tilde{\pi}_A(v, z, t_A, t_B) := \psi_A\left(t_A u_A(v), t_B u_B(z)\right) - v \quad \rightarrow \max_v$$

mit der zu (4.1) äquivalenten Bedingung erster Ordnung

$$(4.1')\qquad \frac{\partial \tilde{\pi}_A}{\partial v} = \frac{\partial \psi_A}{\partial c_A} t_A u'_A - 1 = 0 \,.$$

Implizites Differenzieren dieser Gleichung ergibt einen fallenden Verlauf der Reaktionsfunktion:

$$\frac{dv}{dz} = \left(\frac{\partial^2 \psi_A}{\partial c_A \partial c_B} t_A u'_A t_B u'_B\right) \Big/ \left(-\frac{\partial^2 \tilde{\pi}_A}{\partial v^2}\right) < 0 \,.$$

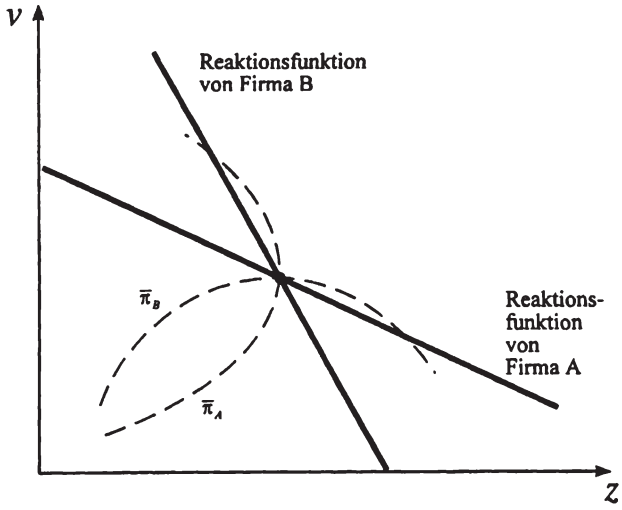
Das Gleichgewicht auf der zweiten Modellstufe ist in der Abbildung 4.1 dargestellt.

---

9 Die bisherigen Annahmen sichern nicht, daß die Bedingung zweiter Ordnung für ein Maximum erfüllt ist. Es wird daher zusätzlich angenommen, daß $\partial^2 \tilde{\pi}_A / \partial v^2 < 0$ gilt. Dies erfordert, daß $u_A(v)$ hinreichend konvex ist.

10 Dort gilt $\partial \pi_A / \partial v = 0$, vgl. Gleichung (2.13).

Abbildung 4.1: Gleichgewicht der F&E-Ausgaben



Nicht nur Firma A, sondern auch die Konkurrenz nutzt das strategische Potential von F&E-Maßnahmen, um über höhere Forschungsausgaben die Wettbewerbsposition zu verbessern. Bei symmetrischen Unternehmen verändert sich durch die beiderseitige Erhöhung der F&E-Ausgaben die relative Position im Wettbewerb jedoch nicht. Daher stehen sich die Unternehmen (zumindest wenn sie annähernd symmetrisch sind) letztlich schlechter als ohne die strategischen "Überinvestitionen"[11].

Aus den beiden Bedingungen erster Ordnung $\partial\bar{\pi}_A / \partial v = \partial\bar{\pi}_B / \partial z = 0$ erhält man die F&E-Aktivitäten als Funktionen der Steuersätze $v(t_A, t_B)$ und $z(t_A, t_B)$. Die Abbildung 4.2 stellt die komparativ-statischen Wirkungen einer Erhöhung des Emissionssteuersatzes in A zusammen. Entsprechende Ergebnisse werden von D. Ulph (1994, S. 216 f.) und Ulph und Ulph (1996, S. 192 f.) für symmetrische Gleichgewichte mit gleichen Steuersätzen $t_A = t_B$ in den Produzentenländern hergeleitet. Im Anhang zum Abschnitt 4.2 wird gezeigt, daß auf die Symmetrie

[11] Der Begriff "Überinvestition" ist aus Firmensicht zu verstehen. Die Unternehmen investieren mehr in F&E, als es bei gemeinsamer Gewinnmaxierung der Fall wäre. Eine "Überinvestition" aus wohlfahrtstheoretischer Sicht läge nur dann vor, wenn der private Vorteil, den die Firmen aus der Entwicklung der neuen Technologie ziehen, gleichzeitig dem sozialen Vorteil entspräche (Grossman und Shapiro, 1987, S. 375).

verzichtet werden kann. Die Ergebnisse in Abbildung 4.2 gelten also auch für $t_A \neq t_B$.

Der kritische Faktor für die komparativ-statischen Wirkungen ist der Ausdruck $(u_A u_A'' - u_A' u_A') / u_A'' = \partial e_A / \partial x - \partial e_A / \partial v \cdot \left(\partial^2 e_A / \partial x \partial v\right) / \left(\partial^2 e_A / \partial v \partial v\right)$, dem bereits im Abschnitt 2.6 eine zentrale Rolle zukam.

Abbildung 4.2: Komparativ-statische Wirkungen einer Erhöhung des Emissionssteuersatzes t_A

	v	z	c_A	c_B	x	y	$x+y$	e_A	π_A
$\frac{u_A u_A'' - u_A' u_A'}{u_A''} > 0$	?	+	+	-	-	+	?	- falls $\partial v / \partial t_A \geq 0$	-
$\frac{u_A u_A'' - u_A' u_A'}{u_A''} = 0$	+	0	0	0	0	0	0	-	-
$\frac{u_A u_A'' - u_A' u_A'}{u_A''} < 0$	+	-	-	+	+	-	?	?	?

Nun lassen sich zwei der eingangs formulierten Fragen für dieses Modell beantworten :

Steigern höhere Steuern die Forschungsausgaben? Bei $(u_A u_A'' - u_A' u_A') / u_A'' \leq 0$ ist das der Fall. Die Regierung kann die Forschungsausgaben von Unternehmen A durch eine Erhöhung des Steuersatzes stimulieren.

Für $(u_A u_A'' - u_A' u_A') / u_A'' > 0$ ist die Wirkung der Steuersatzerhöhung auf die F&E-Ausgaben von Firma A jedoch unbestimmt. Bei Simpson und Bradford (1996, S. 295 ff.) findet sich ein Beispiel, in dem das inländische Unternehmen auf eine Erhöhung des Steuersatzes mit einer Reduktion seiner F&E-Ausgaben reagiert. Da für $t_A = 0$ Unternehmen A nicht in die Forschung investiert,[12] wird aber zumindest für geringe Steuersätze in Land A $\partial v / \partial t_A > 0$ gelten.

Mehr Gewinn durch höhere Steuern? Die Argumentation von Porter beinhaltet die Vermutung, daß die betroffenen Unternehmen von einer Steuererhöhung

[12] Es gilt $\partial \tilde{\pi}_A / \partial v = -1 < 0$; vgl. Gleichung (4.1).

profitieren. Die Änderung des Gewinns von Unternehmen A bei einer Erhöhung von t_A beträgt

$$\frac{d\pi_A}{dt_A} = \frac{\partial \pi_A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial t_A}.$$

Einsetzen von $\partial \pi_A / \partial t_A = -e_A$, $\partial \pi_A / \partial x = 0$ und (4.1) ergibt

$$\begin{aligned}\frac{d\pi_A}{dt_A} &= \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\left(\frac{\partial y}{\partial t_A} - \frac{\partial y}{\partial c_A} t_A u'_A \frac{\partial v}{\partial t_A}\right) - e_A \\ &= \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\left(\frac{\partial y}{\partial c_A} u_A + \frac{\partial y}{\partial c_A} t_A u'_A \frac{\partial v}{\partial t_A} + \frac{\partial y}{\partial c_B} t_B u'_B \frac{\partial z}{\partial t_A} - \frac{\partial y}{\partial c_A} t_A u'_A \frac{\partial v}{\partial t_A}\right) - e_A \\ &= -e_A + p'x \frac{\partial y}{\partial c_A} u_A + p'x \frac{\partial y}{\partial c_B} t_B u'_B \frac{\partial z}{\partial t_A}.\end{aligned}$$

Die Steuersatzerhöhung beeinflußt den Gewinn auf drei Wegen:

- Erster Summand: Die Steuerzahlungen für die Schadstoffemissionen erhöhen sich. Dadurch sinkt der Gewinn.
- Zweiter Summand: Durch den höheren Steuersatz entstehen dem inländischen Unternehmen unmittelbar höhere Grenzkosten. Im Cournot-Wettbewerb verschlechtert sich dadurch seine Wettbewerbsposition. Das ausländische Unternehmen erhöht seine Produktion, wodurch der Gewinn der inländischen Firma sinkt.
- Dritter Summand: Schließlich beeinflußt die Steuererhöhung auch die Innovationstätigkeit des ausländischen Unternehmens.

  Wenn die Erhöhung von t_A dazu führt, daß das ausländische Unternehmen weniger in F&E investiert, steigen seine Grenzkosten, und seine Wettbewerbsfähigkeit sinkt. Das inländische Unternehmen kann in diesem Fall tatsächlich von einer Erhöhung des Steuersatzes t_A profitieren. Allerdings ist dies nur ein Teileffekt, so daß man über das Vorzeichen von $d\pi_A / dt_A$ keine Aussage machen kann. Wie die Abbildung 4.2 zeigt, ist zudem nicht garantiert, daß die ausländische Firma tatsächlich ihre Ausgaben für F&E reduziert, wenn t_A erhöht wird. z kann auch unverändert bleiben oder steigen. Im ersten Fall entfällt der dritte Summand, im zweiten Fall reduziert die verstärkte Innovationstätigkeit des ausländischen Unternehmens dessen Grenzkosten und stärkt seine Wettbewerbsposition, wodurch der Gewinn des inländischen Unternehmens sinkt.

Insgesamt ist es also nicht ausgeschlossen, daß - wie von Porter vermutet und mit Fallbeispielen belegt - das inländische Unternehmen von einer stärkeren Besteuerung profitiert. Das setzt jedoch einiges voraus: Die Forschungsanstrengungen der Unternehmen müssen in Produktionsverfahren münden, die nicht nur die Emissionen reduzieren, sondern gleichzeitig auch die *Grenz*kosten der Produktion senken. Die Erhöhung des inländischen Steuersatzes muß dazu führen, daß die ausländische Konkurrenz ihre Forschungsausgaben reduziert, und schließlich muß die direkte Belastung des inländischen Unternehmens durch die Steuererhöhung gering sein. Sind diese drei Bedingungen nicht erfüllt, senkt eine verschärfte Umweltschutzpolitik den Gewinn des davon betroffenen Unternehmens.

Nichtkooperative umweltpolitische Entscheidung: Auf der ersten Modellstufe maximiert die Regierung in A

$$W_A(t_A,t_B) = \int_p^\infty q_A(\xi)d\xi + \pi_A(x,y,v,t_A) + t_A e_A - D_A(e_A)$$

durch Wahl des Emissionssteuersatzes t_A. Die Größen p, x, y, v und e_A hängen von t_A und t_B ab. Aus der Bedingung erster Ordnung

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_A} = -q_A\frac{\partial p}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_A}{\partial t_A} + e_A + t_A\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - D'_A\frac{\partial e_A}{\partial t_A} = 0$$

erhält man unter Berücksichtigung von $\partial\pi_A / \partial x = 0$, $\partial\pi_A / \partial y = p'x$ und $\partial\pi_A / \partial t_A = -e_A$ nach Umformen

$$t_A^N = D'_A + q_A\frac{\partial p / \partial t_A}{\partial e_A / \partial t_A} - p'x\frac{\partial y / \partial t_A}{\partial e_A / \partial t_A} - \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\partial v / \partial t_A}{\partial e_A / \partial t_A}$$

(4.2)

$$= \begin{matrix}\textit{Pigou-}\\ \textit{steuer}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{Konsumenten-}\\ \textit{renteneffekt}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{rent capture}\\ \textit{Effekt}\end{matrix} + \begin{matrix}\textit{strategischer}\\ \textit{Investitionseffekt.}\end{matrix}$$

Der Vergleich mit Gleichung (2.14) aus Abschnitt 2.6 ergibt neben bekannten Einflußfaktoren ein weiteres Motiv, das auf die umweltpolitische Entscheidung einwirkt. Dieses zeigt sich im letzten Summanden, dem "strategischen Investitionseffekt": Daß die Innovationstätigkeit der Unternehmen das Ergebnis im nachfolgenden Cournot-Wettbewerb beeinflußt, führt zu strategisch erhöhten F&E-Ausgaben. Der Emissionssteuersatz korrigiert diese Verzerrung. Aus Gleichung (4.1) folgt $\partial\pi_A / \partial v < 0$. Wenn bei einer Erhöhung von t_A die Innovationstätigkeit des inländischen Unternehmens zunimmt und seine Emissionen sinken, hat der letzte Summand in Gleichung (4.2) ein negatives Vorzeichen.

Eine Senkung des Steuersatzes verringert die zu hohen F&E-Ausgaben des inländischen Unternehmens. Die Möglichkeit, durch Innovationen einen Wettbewerbsvorteil zu erringen, bildet hier also kein Motiv für hohe Steuersätze, wie es die Porter-Hypothese postuliert. Das Gegenteil ist der Fall. Die Unternehmen nehmen die Chance, durch Innovationen ihre Wettbewerbsposition zu verbessern, zum Anlaß, um aus eigenem Antrieb zuviel in F&E zu investieren. Dies macht einen geringeren Steuersatz nötig, der die Überinvestition reduziert.

In der Regel ist das nur ein Teileffekt. Im speziellen Fall mit $(u_A u_A'' - u_A' u_A') / u_A'' = 0$ entfallen jedoch der rent-capture Effekt und der Konsumentenrenteneffekt, da der Steuersatz t_A keinen Einfluß auf die Produktionsmengen hat. In diesem Fall gilt $t_A < D_A'$ ausschließlich aufgrund der strategischen Investitionsentscheidung der Firmen.[13]

Kooperative umweltpolitische Entscheidung: Aufschluß über mögliche Paretoverbesserungen für die beiden Produzentenländer erhält man aus den Vorzeichen von

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = -q_A \frac{\partial p}{\partial t_B} + \frac{\partial \pi_A}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t_B} + \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial t_B} + t_A \frac{\partial e_A}{\partial t_B} - D_A' \frac{\partial e_A}{\partial t_B}$$

und entsprechend $\partial W_B / \partial t_A$ an der Stelle des teilspielperfekten Gleichgewichts. Einsetzen der Gleichung (4.2) und Umformen ergibt:

$$\frac{\partial W_A}{\partial t_B} = (x - q_A)\frac{\frac{\partial p}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial p}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} - p'x\frac{\frac{\partial x}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} + \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\frac{\partial v}{\partial t_B}\frac{\partial e_A}{\partial t_A} - \frac{\partial v}{\partial t_A}\frac{\partial e_A}{\partial t_B}}{\frac{\partial e_A}{\partial t_A}} \tag{4.3}$$

(= Preiseffekt + Mengeneffekt + strategischer Investitionseffekt)

und analog für $\partial W_B / \partial t_A$. Auch bei kooperativer Festlegung der Steuersätze korrigieren die Regierungen der Produzentenländer eine aus strategischen Gründen verzerrte F&E-Entscheidung der Unternehmen. Jedoch unterscheiden sich in der Regel die Korrekturterme von denen im nichtkooperativen Gleichgewicht, wie der letzte Summand in Gleichung (4.3) zeigt. Für $(u_A u_A'' - u_A' u_A') / u_A'' > 0$ ist dessen Vorzeichen negativ[14], d.h. bei nichtkooperativer Festlegung tendieren

---

[13] Simpson und Bradford (1996, S. 294), D. Ulph (1994, S. 216), Ulph und Ulph (1996, S. 196 f.).

[14] Sofern $\partial v / \partial t_A \geq 0$ und $\partial z / \partial t_B \geq 0$ gilt.

die Regierungen dazu, zu hohe Steuersätze zu wählen. Allerdings handelt es sich hier nur um einen Teileffekt, der durch den Mengeneffekt zumindest teilweise wieder aufgehoben wird.[15] Der Preiseffekt schließlich kann jedes Vorzeichen annehmen.

Insgesamt läßt sich daher wenig über die Differenz von kooperativen und nichtkooperativen Steuersätzen sagen. Lediglich in einem speziellen Fall erhält man ein klares Ergebnis: Für $(u_i u_i'' - u_i' u_i') / u_i'' = 0$ (i=A,B) entsprechen die Emissionssteuersätze bei nichtkooperativer Festlegung denen bei Kooperation der Regierungen, und sie sind geringer als die Grenzschäden.[16]

4.3 Der Zeitpunkt der Innovation

Im vorangegangenen Abschnitt wurde durch die Höhe der Forschungs- und Entwicklungsausgaben der Umfang möglicher Emissionsreduktionen (je Stück) festgelegt. In diesem und dem folgenden Abschnitt wird das Modell dahingehend geändert, daß die Höhe der F&E-Ausgaben nicht mehr die qualitativen Eigenschaften der Umweltschutzinnovation bestimmt, sondern (ausschließlich) den Zeitpunkt, zu dem eine solche Innovation für ein Unternehmen verfügbar wird.[17]

---

[15] Mengeneffekt und strategischer Investitionseffekt haben in Gleichung (4.3) stets entgegengesetzte Vorzeichen. Denn Einsetzen von $\frac{\partial e_A}{\partial t_i} = \frac{\partial e_A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t_i} + \frac{\partial e_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial t_i}$ und Umformen ergibt:

$$\text{Mengeneffekt} = p'x\left(\frac{\partial e_A}{\partial v}\right)\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial t_B} - \frac{\partial x}{\partial t_B}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right) / \frac{\partial e_A}{\partial t_A},$$

$$\text{strategischer Investitionseffekt} = \frac{\partial \pi_A}{\partial v}\frac{\partial e_A}{\partial x}\left(\frac{\partial x}{\partial t_A}\frac{\partial v}{\partial t_B} - \frac{\partial x}{\partial t_B}\frac{\partial v}{\partial t_A}\right) / \frac{\partial e_A}{\partial t_A}.$$

[16] D. Ulph (1994, S. 217 f.), Ulph und Ulph (1996, S. 201).

[17] Im folgenden wird eine Variante des Modells von Carraro und Topa (1994, 1995) diskutiert, die an den bislang diskutierten Modellrahmen angepaßt ist: Carraro und Topa unterstellen, daß die Regierungen den Steuersatz mit zunehmendem Niveau der globalen Schadstoffbelastung erhöhen ($t_i = \eta_i(e_A + e_B)$; das Politikinstrument ist η_i). Wir gehen statt dessen wie bisher von konstanten Emissionssteuersätzen aus.
Wir nehmen ferner an, daß die neue Technologie die Emissionen je Stück auf eine feste Größe senkt (bei Carraro und Topa eröffnet die neue Technologie dagegen den Zugang zu einer Schadstoffvermeidungstechnologie mit einem variablen Verhältnis von Emissionen und Produktionsmenge), und wir begrenzen den Planungshorizont der Unternehmen auf einen Zeitraum endlicher Länge und unterstellen einen Zinssatz von Null. Dies erlaubt es, zumindest exemplarisch die Wirkung von unilateralen Steuersatzänderungen zu berechnen und so die Darstellung von Carraro und Topa um einige Facetten zu bereichern.

Die neue Technologie senkt die Emissionen je Outputeinheit von $\bar{u}$ auf $\underline{u}$ mit $\underline{u} < \bar{u}$. Je höher das F&E-Budget ist, desto eher wird die neue Technologie entdeckt. Dieser Zeitpunkt ist deterministisch. Ein Unternehmen muß F&E-Ausgaben in Höhe von $v(\tau)$ tätigen, wenn ihm die neue Technologie zum Zeitpunkt τ zur Verfügung stehen soll. Es wird $v' < 0$, $v'' > 0$ unterstellt. Das heißt, je kürzer die Entwicklungszeit sein soll, desto höhere F&E-Ausgaben fallen an. Das kann beispielsweise daran liegen, daß im Laufe der Zeit frei zugängliche Forschungsergebnisse verfügbar werden, die die Entwicklungskosten senken. Obwohl die Innovationspfade der Unternehmen in eine Technologie mit symmetrischen Eigenschaften münden, seien die Innovationen wieder firmenspezifisch, d. h. eine Innovation läßt sich nur in dem Unternehmen einsetzen, in dem sie gemacht wurde. Hat Firma i die neue Technologie entwickelt, so kann Firma j das zwar beobachten, die Technologie aber nicht selbst einsetzen. Sie kann sie jedoch ebenfalls entwickeln.[18]

Man kann das Modell auch so interpretieren, daß es den Diffusionsprozeß einer bereits verfügbaren Technologie in der Industrie beschreibt. Die Implementierung der neuen Technologie ist für die Unternehmen mit Kosten verbunden, die um so höher sind, je eher mit dem neuen Produktionsverfahren produziert werden soll. Das mag daran liegen, daß eine schnelle Umstellung des Produktionsverfahrens teurer ist oder daß die Unternehmen für die Zukunft geringere Implementierungskosten oder eine Verminderung der Unsicherheit erwarten, die mit der Einführung einer neuen Technologie verbunden sein kann.[19]

Das Modell hat weiterhin drei Stufen. Zunächst legen die Regierungen die Höhe der Emissionssteuersätze fest. Anschließend entscheidet jedes Unternehmen über die Höhe seines Forschungsetats beziehungsweise über den Innovationszeitpunkt. Diese Entscheidung ist irreversibel. In Stufe drei entscheiden die Unternehmen laufend über die Höhe der Produktion. Die Zeit τ ist eine stetige Variable.

Die Produktionsentscheidung: Die Nachfragefunktion sei linear: $p = \alpha - (x + y)$. Außer den Steuerzahlungen fallen keine weiteren Kosten an. Die Produktionsentscheidungen der Unternehmen zum Zeitpunkt τ hängen davon ab, welche Technologie welchem Unternehmen zur Verfügung steht. Ver-

---

[18] Carraro und Topa (1994, S. 171).

[19] Tirole (1989, S. 401).

fügt Unternehmen A bereits über die neue Technologie, Unternehmen B aber nur über die alte, so erhält man aus

$$\pi_A^{\underline{u}\overline{u}} := (\alpha - x - y)x - t_A \underline{u} x \quad \rightarrow \max_x ,$$
$$\pi_B^{\underline{u}\overline{u}} := (\alpha - x - y)y - t_B \overline{u} y \quad \rightarrow \max_y$$

die Produktionsmengen

$$x^{\underline{u}\overline{u}} := \frac{\alpha + t_B\overline{u} - 2t_A\underline{u}}{3}, \quad y^{\underline{u}\overline{u}} := \frac{\alpha + t_A\underline{u} - 2t_B\overline{u}}{3} .$$

Die im Zeitpunkt τ erzielten Gewinne betragen $\pi_A^{\underline{u}\overline{u}} = \left(x^{\underline{u}\overline{u}}\right)^2 := \left(\alpha + t_B\overline{u} - 2t_A\underline{u}\right)^2 / 9$ und $\pi_B^{\underline{u}\overline{u}} = \left(y^{\underline{u}\overline{u}}\right)^2 := \left(\alpha + t_A\underline{u} - 2t_B\overline{u}\right)^2 / 9$. Der erste hochgestellte Index bezeichnet die Technologie von Unternehmen A, der zweite die von Unternehmen B. Für die übrigen Technologiekonstellationen berechnet man entsprechend

$$(4.4)\; x^{ij} = \frac{\alpha + t_B j - 2t_A i}{3}, \quad y^{ij} = \frac{\alpha + t_A i - 2t_B j}{3}, \quad \pi_A^{ij} = \left(x^{ij}\right)^2, \quad \pi_B^{ij} = \left(y^{ij}\right)^2 \quad \forall i,j \in \{\underline{u},\overline{u}\}.$$

Es werden im folgenden nur solche Steuersatzkombinationen betrachtet, bei denen die Nichtnegativitätsbedingungen für die in (4.4) gegebenen Produktionsmengen erfüllt sind. Insbesondere bedeutet das, daß die Innovation nicht "drastisch"[20] ist, daß also das Unternehmen mit der schlechteren Technologie nicht vom Markt gedrängt wird.

Es gilt

$$x^{\overline{u}\underline{u}} < x^{\overline{u}\overline{u}} < x^{\underline{u}\overline{u}}, \quad x^{\overline{u}\underline{u}} < x^{\underline{u}\underline{u}} < x^{\underline{u}\overline{u}},$$
$$\pi_A^{\overline{u}\underline{u}} < \pi_A^{\overline{u}\overline{u}} < \pi_A^{\underline{u}\overline{u}}, \quad \pi_A^{\overline{u}\underline{u}} < \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} < \pi_A^{\underline{u}\overline{u}},$$
$$x^{\overline{u}\overline{u}} + y^{\overline{u}\overline{u}} < x^{\overline{u}\underline{u}} + y^{\overline{u}\underline{u}} < x^{\underline{u}\underline{u}} + y^{\underline{u}\underline{u}}, \quad x^{\overline{u}\overline{u}} + y^{\overline{u}\overline{u}} < x^{\underline{u}\overline{u}} + y^{\underline{u}\overline{u}} < x^{\underline{u}\underline{u}} + y^{\underline{u}\underline{u}} .$$

Die Gesamtproduktion ist am geringsten, wenn beide Firmen die alte Technologie einsetzen. Sie steigt, wenn sich die Innovation ausbreitet und ist entsprechend am höchsten, wenn beide Firmen die neue Technologie einsetzen. Umgekehrt ist dann der Preis am geringsten. Die Emissionen eines Unternehmens sinken, wenn sein Konkurrent zur neuen Technologie wechselt, da in diesem Fall seine Produktionsmenge geringer wird. Darüber hinaus läßt sich für die

---

[20] Tirole (1989, S. 391 f.).

Emissionen jedoch kein Ranking aufstellen. Insbesondere ist nicht garantiert, daß die Emissionen in einem Land sinken, wenn dort die neue Technologie eingeführt wird.[21] Zwar sind in diesem Fall die Emissionen je Stück geringer, die Produktionsmenge ist jedoch höher.

Die Forschungsentscheidung der Unternehmen: Im Zeitpunkt $\tau = 0$ legen die Unternehmen die Höhe ihrer Forschungsbudgets v und z fest. Alternativ kann man ihre Maximierungsprobleme so formulieren, daß sie über die Zeitpunkte τ_A und τ_B entscheiden, zu denen die neue Technologie im jeweiligen Unternehmen einsatzbereit sein soll. Die Unternehmen planen für einen Zeitraum der Länge $\bar{\tau}$. Zur Vereinfachung nehmen wir zudem an, daß die Unternehmen ihren Gewinn nicht abdiskontieren (der Kalkulationszinssatz sei also gerade Null). Auf der zweiten Modellstufe wählt Unternehmen A (und analog Unternehmen B) den Zeitpunkt seiner Innovation τ_A somit so, daß der Barwert seines Gewinns

$$\Pi_A = \begin{cases} \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\tau_A + \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}(\tau_B - \tau_A) + \pi_A^{\underline{u}\underline{u}}(\bar{\tau} - \tau_B) - v(\tau_A) =: g_1(\tau_A, \tau_B) & \text{für } \tau_A < \tau_B \leq \bar{\tau} \\ \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\tau_B + \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}(\tau_A - \tau_B) + \pi_A^{\underline{u}\underline{u}}(\bar{\tau} - \tau_A) - v(\tau_A) =: g_2(\tau_A, \tau_B) & \text{für } \tau_B \leq \tau_A < \bar{\tau} \\ \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\tau_B + \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}(\bar{\tau} - \tau_B) := g_3(\tau_B) & \text{für } \tau_B \leq \bar{\tau} = \tau_A \end{cases}$$

maximiert wird. Die Funktion $g_1(\tau_A, \tau_B)$ gibt den Barwert der Gewinne von Firma A für den Fall an, daß A die neue Technologie vor B entwickelt, und $g_2(\tau_A, \tau_B)$ für den Fall, daß A die Technologie erst nach B entdeckt. Mit $g_3(\tau_B)$ wird berücksichtigt, daß Firma A auch die Möglichkeit hat, nicht in Forschung und Entwicklung zu investieren.[22]

Als Lösung des Maximierungsproblems erhält man eine Beste-Antwort-Korrespondenz von Unternehmen A, wie sie in der Abbildung 4.3 dargestellt ist (ein Beweis findet sich im Anhang zum Abschnitt 4.3). Dabei wurde vorausgesetzt, daß der Planungszeitraum $\bar{\tau}$ lang genug ist, um eine Investition in F&E lohnend

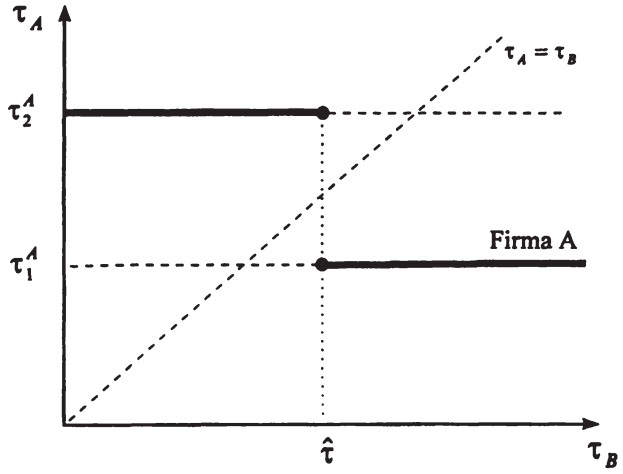
---

21 Bei Carraro und Topa sinken die Emissionen bei Einführung der neuen Technologie (1994, S. 176).

22 Dies wird von Carraro und Topa (1994, 1995) übersehen. Carraro und Topa treffen zwar Annahmen über die Funktionen $v(\tau_A)$ und $z(\tau_B)$, die garantieren sollen, daß die Firmen die Innovation weder sofort einführen noch unendlich lange aufschieben. Diese Annahmen sind jedoch nicht nur nicht hinreichend für eine solche Aussage, sondern sie implizieren im Gegenteil sogar, daß der Barwert der Gewinne Π auf den einzelnen Intervallen streng monoton steigt, so daß es tatsächlich beide Unternehmen vorziehen würden, auf F&E zu verzichten.

erscheinen zu lassen, und daß die Emissionssteuersätze in beiden Ländern positiv sind.

Abbildung 4.3: Reaktionskorrespondenz von Unternehmen A



Die Innovationszeitpunkte τ_1^A und τ_2^A sind bestimmt durch

$$(4.5)\quad \begin{aligned} -v'(\tau_1^A) &= \pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}, \\ -v'(\tau_2^A) &= \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}. \end{aligned}$$

Wegen

$$\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}} = \frac{4t_A(\bar{u}-\underline{u})\left(\alpha + (t_B - t_A)\bar{u} - t_A\underline{u}\right)}{9} > \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} = \frac{4t_A(\bar{u}-\underline{u})\left(\alpha + (t_B - t_A)\underline{u} - t_A\bar{u}\right)}{9} > 0$$

und $v'' > 0$ folgt $\tau_1^A < \tau_2^A$. Auf der linken Seite ($\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}$) steht der Vorteil, den Unternehmen A hat, wenn es das erste Unternehmen ist, das die neue Technologie einsetzt. Macht das Unternehmen die Erfindung erst nach der Konkurrenz, ist dieser Vorteil (rechte Seite: $\pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}$) geringer.

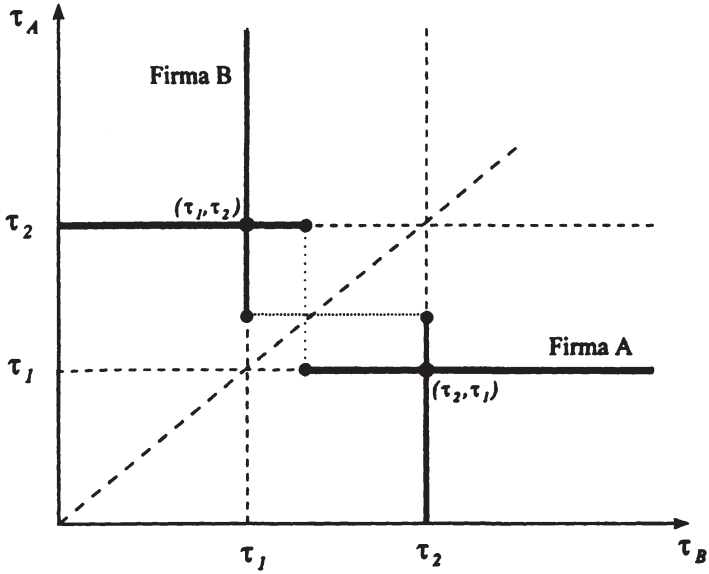
An der Stelle

$$(4.6)\quad \hat{\tau} = \frac{v(\tau_1^A) - v(\tau_2^A) + \tau_1^A\left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right) - \tau_2^A\left(\pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)}{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - \left(\pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)}$$

hat die Reaktionskorrespondenz einen Sprung. Für $\tau_B < \hat{\tau}$ zieht es Unternehmen A vor, weniger in F&E zu investieren und die neue Technologie erst nach der Konkurrenz einzuführen. Für $\tau_B > \hat{\tau}$ investiert A hingegen soviel in F&E, daß es das erste Unternehmen ist, das die neue Technologie einsetzt.

Eine analoge Reaktionskorrespondenz erhält man für Unternehmen B. Bei gleichen Steuersätzen in den Ländern erhält man daher zwei Gleichgewichte, bei denen jeweils ein Unternehmen zum Zeitpunkt τ_1 die neue Technologie entdeckt und das andere zu einem späteren Zeitpunkt τ_2 nachzieht (Abbildung 4.4).

Abbildung 4.4: Innovationszeiten im Gleichgewicht bei gleichen Steuersätzen in A und B



Trotz der Annahme symmetrischer Unternehmen, die auch gleichen Emissionssteuersätzen unterliegen, sind die F&E-Entscheidungen asymmetrisch; die Unternehmen führen die Innovation nacheinander, nicht gleichzeitig, durch ("Diffusion"). Das Ausmaß der Asymmetrie wird durch den Zeitraum $[\tau_1,\tau_2]$ beschrieben, in dem das erste Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil hat. Der Grund für die Diffusion liegt darin, daß "... both firms have an incentive to innovate first. However, if both firms innovate at the same time, they lose the competitive advantage of being the first innovator, while paying the high R&D

costs that enable firms to innovate sooner. One of the two firms thus prefers to save R&D costs, and innovates later." [23]

Entlang der Reaktionsfunktion von A steigt Π_A mit höherem τ_B (und analog für Firma B), daher hat dasjenige Unternehmen einen Vorteil, das die Technologie zuerst einführt. Bei gleichen Steuersätzen in beiden Ländern ist es unbestimmt, welches Unternehmen das ist. Diese Unbestimmtheit löst sich auf, wenn die Unternehmen unterschiedlichen Emissionssteuersätzen unterliegen. Sind die Steuersätze hinreichend asymmetrisch, gibt es nur ein Gleichgewicht.

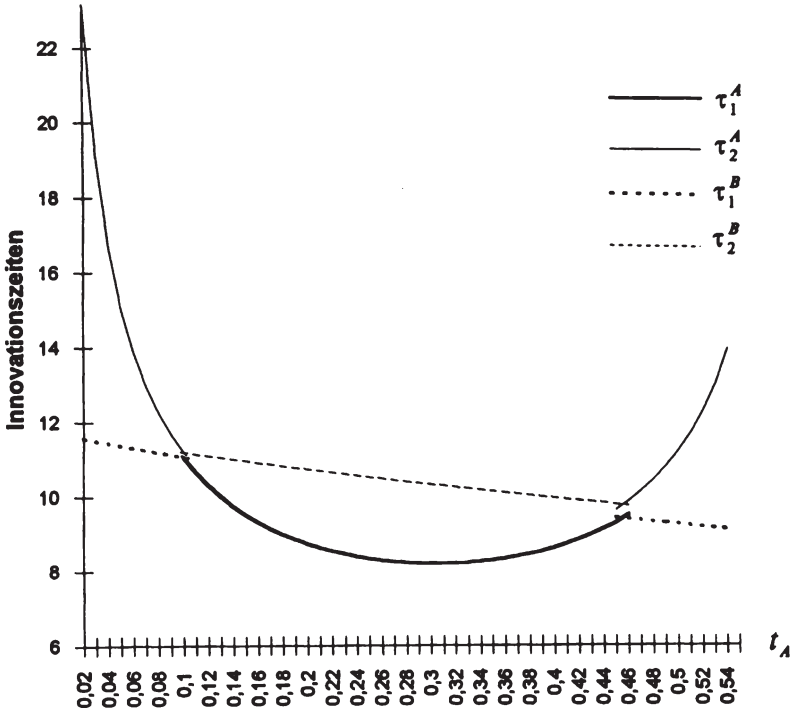
Es stellt sich daher hier nicht nur die Frage, ob die Erhöhung eines Umweltsteuersatzes die F&E-Tätigkeit der Unternehmen fördert oder bremst, sondern es erscheint auch die Möglichkeit interessant, daß die Regierung das inländische Unternehmen durch eine Erhöhung des Emissionssteuersatzes in die "first-mover" Position manövrieren kann. Die numerische Simulation einer Steuererhöhung in Land A für $v = 1/\tau_A$, $z = 1/\tau_B$, $\alpha = 1$, $\bar{u} = 1$ und $\underline{u} = 0{,}8$ zeigt, daß dies möglich ist: Bei einem niedrigen Steuersatz im Ausland ($t_B = 0{,}1$, vgl. Abbildung 4.5) führt ausgehend von symmetrischen Steuersätzen eine Erhöhung des Steuersatzes in Land A dazu, daß Firma A die Technologie schneller als Firma B einführt. Dies entspricht in gewisser Weise dem von Porter vermuteten Szenario. Wenn eine Steuersatzerhöhung in A dazu führt, daß Unternehmen A die neue Technologie nicht nach, sondern vor der Konkurrenz einführt, steigt der Barwert der Gewinne von A sprunghaft an. Allerdings wiegt in den berechneten Beispielen die Steuererhöhung so schwer, daß praktisch nicht damit zu rechnen ist, daß der Gewinn von Unternehmen A infolge einer Steuererhöhung steigt. Bei einer weiteren Erhöhung des Steuersatzes wird zudem wieder ein (schmaler) Bereich erreicht, in dem unbestimmt ist, welches Unternehmen als erstes die neue Technologie einführt. Bei noch höherem Steuersatz in A wird das inländische Unternehmen schließlich in die "Nachfolgerposition" gedrängt.

Wie die Abbildungen 4.6 und 4.7 zeigen, ist es jedoch keineswegs garantiert, daß - ausgehend von einer symmetrischen Situation - eine Steuererhöhung in Land A dem inländischen Unternehmen einen Vorsprung im F&E-Bereich verschafft. Sind in der Ausgangssituation die Steuersätze bereits höher, so führt eine unilaterale Erhöhung des Steuersatzes in Land A dazu, daß Unternehmen B die Führungsposition bei der Entwicklung der neuen Technologie einnimmt.

---

[23] Carraro und Topa (1994, S. 179).

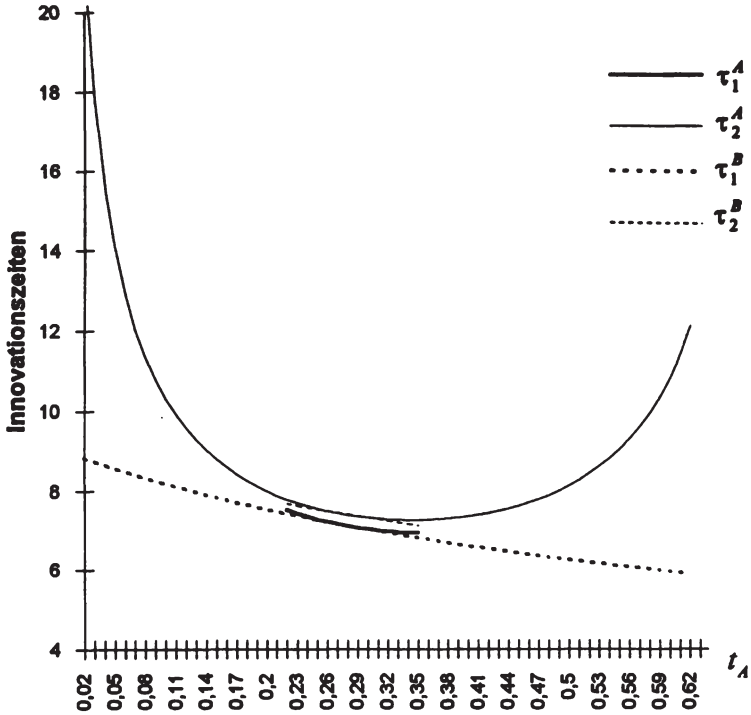
Abbildung 4.5: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}1$ ($v = 1/\tau_A$, $z = 1/\tau_B$, $\alpha = 1$, $\bar{u} = 1$, $\underline{u} = 0{,}8$)



Insgesamt lassen die Beispiele vermuten, daß ein höherer Emissionssteuersatz in Land A die Innovationstätigkeit der ausländischen Konkurrenz fördert und somit dessen Innovationszeiten verkürzt. Für das inländische Unternehmen gilt eine analoge Aussage, solange t_A niedrig ist. Bei höheren Steuersätzen führt eine weitere Erhöhung jedoch dazu, daß Unternehmen A weniger in F&E investiert und die neue Technologie entsprechend später einführt.

Eine Erhöhung von t_A verändert auch die relative Stärke der Unternehmen im F&E-Bereich. Bei einem sehr niedrigen Steuersatz t_A hat Unternehmen A einen geringeren Anreiz als Firma B, in F&E zu investieren, und es führt daher die neue Technologie später ein als B. Bei höherem Steuersatz wird es zunächst wahrscheinlicher, daß A die Technologie vor B einführt. Bei einem noch höheren Steuersatz verliert Firma A diesen "first-mover" Vorteil jedoch wieder, da es in diesem Fall durch die Steuerzahlungen stark belastet wird.

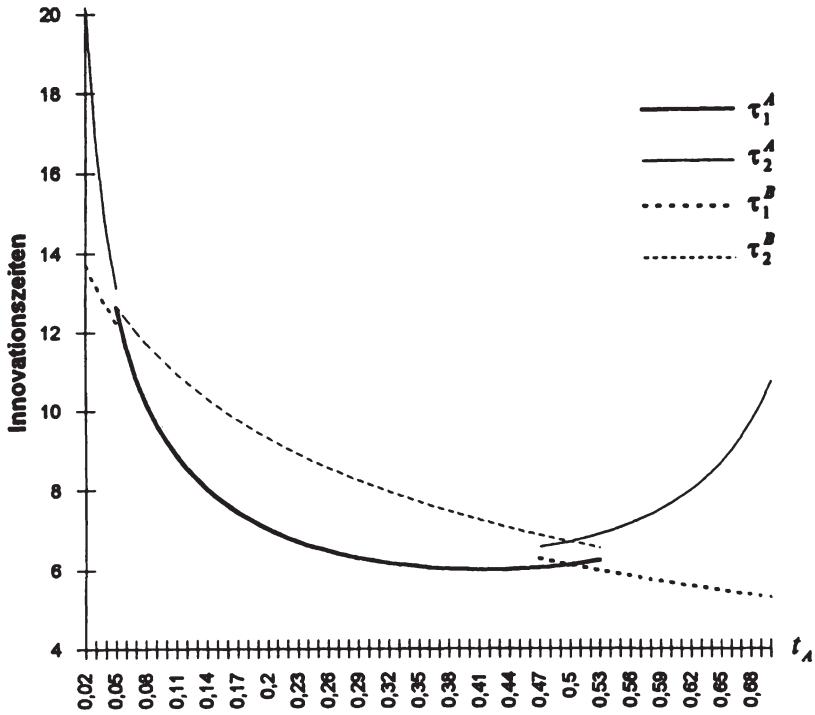
Abbildung 4.6: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}3$
$(v = 1/\tau_A,\ z = 1/\tau_B,\ \alpha = 1,\ \bar{u} = 1,\ \underline{u} = 0{,}8)$



Ausgehend von einer Situation mit gleichen Steuersätzen in beiden Ländern führt eine Erhöhung des Emissionssteuersatzes in A nur dann - wie von Porter postuliert - dazu, daß Firma A die neue Technologie vor der Konkurrenz einführt, wenn die Steuersätze in der Ausgangssituation gering sind. Andernfalls kann eine Steuersatzerhöhung die Wettbewerbsfähigkeit des inländischen Unternehmens so stark schwächen, daß das Unternehmen sich mehr Zeit bei der Einführung der neuen Technologie läßt als die Konkurrenz.

Eine Variation des Steuersatzes in Land A verändert schließlich das Ausmaß der Diffusion (gemessen als Abstand zwischen den Innovationszeiten der beiden Firmen), allerdings in einer nichtmonotonen und vergleichsweise komplexen Weise (vgl. etwa Abbildung 4.7).

Abbildung 4.7: Wirkung einer Steuersatzerhöhung in A auf die Innovationszeiten bei $t_B = 0{,}5$ ($v = 1/\tau_A$, $z = 1/\tau_B$, $\alpha = 1$, $\bar{u} = 1$, $\underline{u} = 0{,}8$)

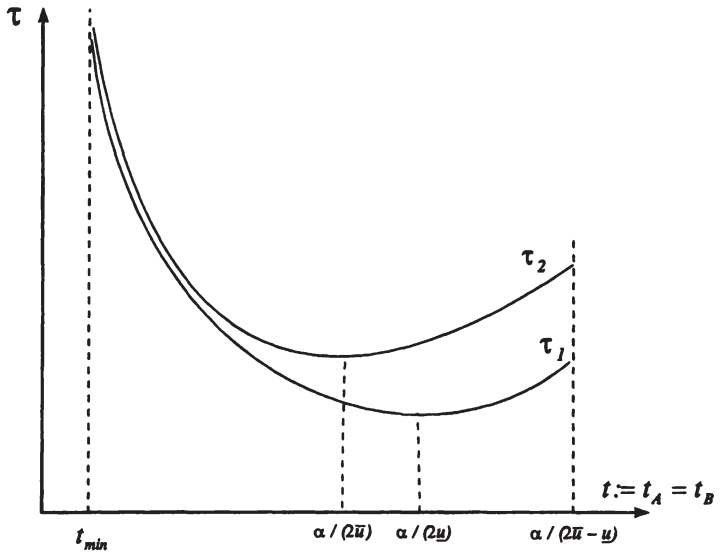


Abschließend soll noch kurz auf die Wirkung einer gemeinsamen Erhöhung der Steuersätze in beiden Ländern eingegangen werden. Sie ist in der Abbildung 4.8 dargestellt.

Auch eine gemeinsame Erhöhung beider Steuersätze hat ambivalente Wirkungen auf die F&E-Ausgaben. Zunächst müssen die Steuersätze ein kritisches Niveau überschreiten, damit die Unternehmen überhaupt einen Anreiz haben, in F&E zu investieren. Ist dieses Niveau überschritten, führt eine Erhöhung der Steuersätze zu einer Verkürzung der Innovationszeiten, da es für die Unternehmen lohnender wird, durch eine frühere Einführung der neuen Technologie Steuern zu sparen. Daran schließt sich ein Bereich an, in dem Steuererhöhungen die Innovationszeiten unterschiedlich beeinflussen: Das schnellere Unternehmen verkürzt seine Innovationszeit weiter, während das zweite Unternehmen immer

weniger investiert und die Einführung der neuen Technologie weiter verzögert. Für $\bar{u} < 1{,}5\underline{u}$ - d. h. wenn die neue Technologie die Emissionen je Stück nur mäßig senkt - gibt es schließlich einen Bereich hoher Steuersätze, in dem Steuersatzerhöhungen dazu führen, daß die neue Technologie bei beiden Unternehmen später eingeführt wird.[24]

Abbildung 4.8: Wirkung einer gemeinsamen Steuersatzerhöhung auf die Innovationszeiten



Die Umweltpolitik der Regierungen: Die Untstetigkeiten in der Beziehung zwischen Steuersätzen und Innovationszeiten bzw. F&E-Ausgaben sowie die Existenz multipler Gleichgewichte auf der F&E-Stufe erschweren es zu bestimmen, wie die Regierungen auf der ersten Stufe ihre Umweltsteuersätze festlegen. Es sei daher auf eine strenge Analyse verzichtet und auf den folgenden Abschnitt verwiesen, in dem einige der Motive beleuchtet werden, die bei dieser Entscheidung eine Rolle spielen. Statt dessen folgen wir dem Vorgehen von Carraro und Topa (1994). Dort wird angenommen, daß der Zinssatz gegen Null tendiert,

[24] Für $t > \alpha / (2\bar{u} - \underline{u})$ ist die Innovation drastisch, ein Fall, der annahmegemäß ausgeschlossen wurde.

so daß die Zeitspanne, in der die neue Technologie eingesetzt wird, extrem an Bedeutung gewinnt.[25] Im obigen Modell entspräche das einem Planungshorizont $\bar{\tau} \rightarrow \infty$. Die Emissionssteuersätze bei nichtkooperativer und bei kooperativer Festlegung durch die Regierungen der Produzentenländer erhält man dann als $t_i^N = arg\,max\ W_i^{uu}$ und $t_i^P = arg\,max\ W_i^{uu} + W_j^{uu}$ (i, j=A, B).

Carraro und Topa gehen von symmetrischen Ländern aus, auf die jeweils die Hälfte des Konsums entfällt. Da sie globale Schadstoffe und eine spezielle Schadstoffvermeidungstechnologie unterstellen, ist bei ihnen der nichtkooperative Steuersatz geringer als bei kooperativer Festlegung.[26] Die Innovationszeiten der Firmen sind bei kooperativer Festlegung der Emissionssteuersätze kürzer als bei nichtkooperativer Festlegung.[27] Eine internationale Koordination der umweltpolitischen Entscheidungen würde den Innovationsprozeß der Firmen somit beschleunigen.[28]

In der in diesem Abschnitt betrachteten Modellvariante sind hingegen auch andere Ergebnisse möglich: Wenn die beiden Länder symmetrisch sind und in jedem Land die Hälfte der Produktionsmenge konsumiert wird, fallen nichtkooperative und kooperative Steuersätze zusammen (vgl. Abschnitt 2.3). Eine Kooperation der Länder hätte dann *keine* Auswirkungen auf die Innovationszeiten der Firmen. Exportieren hingegen die symmetrischen Produzentenländer einen Teil ihrer Produktion in ein drittes Land, so sind auch in diesem Modell die Steuersätze bei nichtkooperativer Festlegung geringer als bei einer Kooperation der Produzentenländer. Sofern das Steuersatzniveau niedrig ist, erhält man ein vergleichbares Ergebnis wie bei Carraro und Topa: Bei Kooperation der Regierungen würde durch den höheren kooperativen Steuersatz der Innovationsprozeß beschleunigt. Bei hohen Steuersätzen stellen sich jedoch andere Ergebnisse ein. In diesem Fall kann durch Kooperation die Einführung der neuen Technologie beim zweiten Unternehmen oder sogar bei beiden Unternehmen *verzögert* werden (vgl. Abbildung 4.8). Das gilt erst recht, wenn man eine Schadstoffvermeidungstechnologie unterstellt, bei der die kooperativen Steuersätze unter den

---

25 Anders formuliert impliziert dieser Ansatz, daß die Regierungen den Einfluß der Besteuerung auf die Innovationszeiten bei ihrer Entscheidung nicht berücksichtigen. Sie werden daher ausschließlich von Motiven geleitet, wie sie im Kapitel 2 beschrieben wurden.

26 Carraro und Topa (1994, Theorem 2, S. 182 f. und Theorem 5, S. 187).

27 Carraro und Topa (1994, Theorem 9, S. 191).

28 Carraro und Topa (1994, S. 193).

nichtkooperativen Steuersätzen liegen (vgl. Abschnitt 2.6), oder wenn die Länder nicht symmetrisch sind.

Zusammengefaßt ergibt sich, daß man der Feststellung von Carraro und Topa (1994, S. 193)

> "The conclusion is therefore the following: in the non-cooperative regime ... innovation dates are postponed with respect to the cooperative case. Hence, the non-cooperation has the further effect of delaying environmental innovation"

dann folgen kann, wenn die Länder annähernd symmetrisch sind, wenn die Kooperation der Regierungen zu einer Erhöhung der Emissionssteuersätze führt und wenn eine gemeinsame Erhöhung der Steuersätze die Innovationszeiten verkürzt. Es sind jedoch ebenso Szenarien konstruierbar, in denen Kooperation die Innovationszeiten nicht beeinflußt oder sogar verzögert.

4.4 Patentrennen

Bislang konnten die Unternehmen parallel Innovationen entwickeln und auch implementieren. Es gab mehrere mögliche Innovationspfade mit der Eigenschaft, daß mit F&E-Ausgaben in gegebener Höhe auf den verschiedenen Pfaden ein vergleichbarer Fortschritt erzielt werden konnte. Gleichzeitig war unterstellt, daß die so entwickelten Innovationen unterschiedlich genug sind, um patentierbar und damit gegen Imitation geschützt zu sein. Im Gegensatz dazu nehmen wir nun an, daß es nur einen Innovationspfad gibt, den die Unternehmen verfolgen können. Die Unternehmen konkurrieren darum, das erste Unternehmen zu sein, das die patentierbare Umweltschutzinnovation entwickelt. Diese Innovation wird dann ausschließlich in dem Unternehmen eingesetzt, das das Patentrennen gewonnen hat. Zur Vereinfachung wird ein Patent mit unendlich langer Laufzeit unterstellt.[29]

---

[29] Das folgende Innovationsmodell geht auf Lee und Wilde (1980) zurück und wurde von D. Ulph (1994, S. 219 ff.) auf das Ökodumping-Problem angewandt. Im Gegensatz zur folgenden Darstellung geht Ulph von einem Grenzfall mit einem Zinssatz $r \to 0$ aus. Das hat den Effekt, daß F&E-Ausgaben ausschließlich aus strategischen Motiven getätigt werden. Diese Methode hat den Nachteil, daß dadurch weitere Motive für F&E verloren gehen. Sie ist zudem insofern problematisch, als das Maximierungsproblem der Unternehmen für die F&E-Ausgaben bei $r = 0$ gar keine Lösung besitzt (für $r \to 0$ gehen die Ausgaben für F&E gegen unendlich).

Die Unternehmen produzieren zunächst mit hohen Emissionen pro Stück $\bar{u}$. Die neue Technologie senkt dieses Verhältnis auf $\underline{u} < \bar{u}$.

In den vorangegangenen Abschnitten wurde ein wichtiges Merkmal von Innovationen vernachlässigt: Der Innovationsprozeß ist im Regelfall mit Unsicherheit verbunden. Wir betrachten daher nun einen Innovationsprozeß, der durch zwei Formen von Unsicherheit gekennzeichnet ist, technologische Unsicherheit und Marktunsicherheit:[30]

Die technologische Unsicherheit besteht darin, daß der Zusammenhang von F&E-Ausgaben und Zeitpunkt der Innovation stochastisch ist. Er wird als homogener Poisson-Prozeß mit dem Parameter λ modelliert. Ein Unternehmen kann seinen Innovationszeitpunkt nun nicht mehr mit Sicherheit bestimmen. Stattdessen ist dieser Zeitpunkt exponentialverteilt mit der Verteilungsfunktion $F(\tau) = 1 - e^{-\lambda(v)\tau}$. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, daß Unternehmen A die neue Technologie im Intervall $(0,\tau]$ entdeckt; mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - F(\tau) = e^{-\lambda(v)\tau}$ entdeckt A die Technologie in diesem Intervall nicht. Der Erwartungswert ist $1/\lambda(v)$, d. h. es dauert im Mittel $1/\lambda(v)$ Zeiteinheiten, bis A die Technologie entdeckt. Je höher λ ist, desto kürzer wird dieses Intervall. Die Höhe von λ hängt von den stetig fließenden Forschungsausgaben v des Unternehmens ab. Diese Funktion habe positive, aber abnehmende Grenzerträge:

$$\lambda'(v) > 0, \quad \lambda''(v) < 0, \quad \lambda(0) = 0, \quad \lim_{v \to 0} \lambda'(v) = \infty, \quad \lim_{v \to \infty} \lambda'(v) = 0.$$

Durch höhere Ausgaben für F&E kann das Unternehmen den Innovationsprozeß also beschleunigen.

Kennzeichen des Poisson-Prozesses ist, daß er "memoryless" ist: Der Erfolg von Unternehmen A zu einem bestimmten Zeitpunkt hängt ausschließlich von der Höhe seiner Forschungsausgaben v zu diesem Zeitpunkt ab. Forschungsausgaben und damit verbundene Forschungserfahrungen, die vor dieser Zeit gemacht wurden, spielen keine Rolle.[31]

Die Marktunsicherheit entsteht daraus, daß auch das Unternehmen in Land B Forschungsentscheidungen trifft. Der Innovationsprozeß von Unternehmen B

---

[30] Reinganum (1985, S. 83 f.).

[31] Diese Annahme dient ausschließlich der Vereinfachung.

wird symmetrisch modelliert; die beiden Prozesse seien ferner voneinander unabhängig.

Die Produktionsentscheidungen der Unternehmen hängen von der verfügbaren Technologie ab. Der Gewinn, der im Zeitpunkt τ anfällt, sofern keines der beiden Unternehmen erfolgreich war, wird weiterhin mit $\pi_i^{\bar{u}\bar{u}}$ bezeichnet. Nachdem ein Unternehmen, etwa Firma A, die Technologie entdeckt hat, erhält es in jedem Zeitpunkt einen Gewinn von $\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}$, und Firma B erzielt einen Gewinn von $\pi_B^{\underline{u}\bar{u}}$. Für eine lineare Nachfragefunktion (und konstante Stückkosten in Höhe von Null) sind $\pi_i^{\bar{u}\bar{u}}$, $\pi_i^{\underline{u}\bar{u}}$ und $\pi_i^{\bar{u}\underline{u}}$ durch Gleichung (4.4) gegeben.

Die Forschungsentscheidung: Im Prinzip legt ein Unternehmen seine F&E-Ausgaben als Funktion der Zeit fest. Zum Zeitpunkt τ investiert es $v(\tau)$, sofern keines der Unternehmen erfolgreich war. Wenn jedoch im Zeitpunkt τ kein Unternehmen die neue Technologie entdeckt hat, dann ist das Spiel, das in diesem Zeitpunkt beginnt, identisch mit dem ursprünglichen Spiel (da Forschungserfahrungen in der Modellierung des Innovationsprozesses als Poisson-Prozeß keine Rolle spielen und der Zeithorizont unendlich ist). Die F&E-Strategien v und z sind daher ebenfalls unabhängig von der Zeit.[32]

Im Zeitpunkt τ hat mit einer Wahrscheinlichkeit von $e^{-[\lambda(v)+\lambda(z)]\tau}$ keines der beiden Unternehmen die Entdeckung gemacht, und der Gewinn beträgt $\pi_i^{\bar{u}\bar{u}}$. Firma A investiert v und entdeckt mit einer Intensität von $\lambda(v)$ die neue Technologie. In diesem Fall erhält A künftig $\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}$ je Zeiteinheit, was im Zeitpunkt τ einem Gegenwartswert von $\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}/r$ entspricht. Darin bezeichnet r den Zinssatz, mit dem die Unternehmen zukünftige Gewinne abdiskontieren. Mit einer Intensität von $\lambda(z)$ macht Firma B die Entdeckung. In diesem Fall erhält A zukünftig nur $\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}$, was zum Zeitpunkt τ einen Barwert von $\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}/r$ ergibt. Der Erwartungswert der abdiskontierten Gewinne von Unternehmen A beträgt somit

$$E\Pi_A = \int_0^\infty e^{-r\tau} e^{-[\lambda(v)+\lambda(z)]\tau} \left(\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - v + \lambda(v)\frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{r} + \lambda(z)\frac{\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} \right) d\tau$$

$$= \frac{\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - v + \lambda(v)\frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{r} + \lambda(z)\frac{\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r}}{\lambda(v)+\lambda(z)+r}. \tag{4.7}$$

---

32 Tirole (1989, S. 395).

Einen analogen Ausdruck erhält man für Unternehmen B.

Als Bedingung erster Ordnung für die Wahl von v folgt

$$(4.8)\quad \frac{\partial E\Pi_A}{\partial v} = \frac{\lambda(z)\lambda'(v)\dfrac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} + \lambda'(v)\left[\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right] + \lambda'(v)v - \lambda(v) - \lambda(z) - r}{\left(\lambda(v) + \lambda(z) + r\right)^2} = 0.$$

Eine Erhöhung der Forschungsanstrengungen v verursacht Kosten, hat aber andererseits zwei positive Effekte: Zum ersten wird dadurch der Innovationsprozeß beschleunigt, die Vorteile der neuen Technologie können eher genutzt werden ("*nichtstrategisches Gewinnmotiv*").[33] Dies kommt im Term $\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}$ zum Ausdruck. Zum zweiten gibt es ein *strategisches Motiv* für F&E: Höhere Forschungsausgaben erhöhen die Wahrscheinlichkeit, der Konkurrenz zuvorzukommen und das Patentrennen zu gewinnen. Dies spiegelt sich im Term $\lambda(z)\lambda'(v)\left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)/r$ wider.[34] Die Bedeutung des strategischen Motivs wächst mit den Forschungsanstrengungen der Konkurrenz: Je höher z und damit $\lambda(z)$ ist, desto eher steht eine Entdeckung der neuen Technologie durch die Konkurrenz bevor und desto länger wird der Zeitraum, in dem das erfolgreiche Unternehmen seinen Wettbewerbsvorteil nutzen kann.[35] Eine ähnliche Rolle kommt dem Zinssatz zu: Der Ausgang des Patentrennens legt die Wettbewerbsfähigkeit für alle Zeiten fest. Je geringer der Zinssatz ist, desto wichtiger sind für die Unternehmen die Zukunft und der Sieg im Patentrennen.

---

33 Wenn Unternehmen B keine Forschung betreibt, erhält man als Gegenwartswert der Gewinne von A

$$E\Pi_A = \int_0^\infty e^{-r\tau} e^{-\lambda(v)\tau}\left(\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - v + \lambda(v)\frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{r}\right)d\tau = \frac{\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - v + \lambda(v)\dfrac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{r}}{\lambda(v) + r}$$

und als Bedingung erster Ordnung

$$\frac{\partial E\Pi_A}{\partial v} = \frac{\lambda'(v)\left[\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right] + \lambda'(v)v - \lambda(v) - r}{\left(\lambda(v) + r\right)^2} = 0.$$

Der Vergleich mit Bedingung (4.8) zeigt, daß dieses Motiv für F&E gewissermaßen "unabhängig" von der Konkurrenzsituation ist. Beath, Katsoulacos und Ulph (1989, S.77) bezeichnen es als "profit incentive".

34 Beath, Katsoulacos und Ulph (1989, S. 77) sprechen vom "competitive threat".

35 Beath, Katsoulacos und Ulph (1989, S. 77).

Durch Differenzieren der Bedingung erster Ordnung $\partial E\Pi_A / \partial v = 0$ erhält man die Steigung der Reaktionsfunktion[36] von Unternehmen A

$$\frac{dv}{dz} = \frac{\lambda'(z)\left(\lambda'(v)\dfrac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} - 1\right)}{\left(-\lambda''(v)\right)\left[\lambda(z)\dfrac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} + \left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right) + v\right]}.$$

Der Nenner ist positiv. Der Zähler reflektiert das strategische Motiv für F&E. Wenn die Konkurrenz ihre Forschungsausgaben erhöht, verschlechtern sich die Aussichten für Unternehmen A, das Patentrennen zu gewinnen. Durch eine Erhöhung der eigenen Forschungsanstrengungen kann Firma A ihre Erfolgsaussichten wieder verbessern. Dem Vorteil dieser Maßnahme $\lambda'(v)\left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)/r$ stehen zusätzliche Kosten in Höhe von 1 gegenüber. Wenn der Zinssatz r hinreichend klein ist, lohnt es sich für A "mitzuhalten". Der Zähler ist dann positiv, und die Reaktionsfunktion verläuft steigend[37] (Abbildung 4.9). Dies wird im folgenden unterstellt. Je stärker die Konkurrenz sich in der Forschung engagiert, desto mehr beschleunigt auch Firma A ihren Innovationsprozeß. Ohne die Bedrohung durch die Forschungsaktivitäten der Konkurrenz würde A nur ein F&E Niveau von v^o wählen, dessen Höhe durch das nichtstrategische Gewinnmotiv bestimmt wird. Durch die Konkurrenz wird A jedoch gezwungen, mehr für F&E auszugeben (entlang der Reaktionsfunktion sinkt der Gewinn von A). Wie in dem nichtdynamischen Modell aus Abschnitt 4.2 kann man daher auch hier wieder von "Überinvestitionen" der Unternehmen in F&E sprechen.

Die komparativ-statischen Wirkungen von Steuersatzänderungen sind unbestimmt: Differenzieren der Bedingung erster Ordnung $\partial E\Pi_A / \partial v = 0$ ergibt die Richtung, in die die Reaktionsfunktion von A verschoben wird:

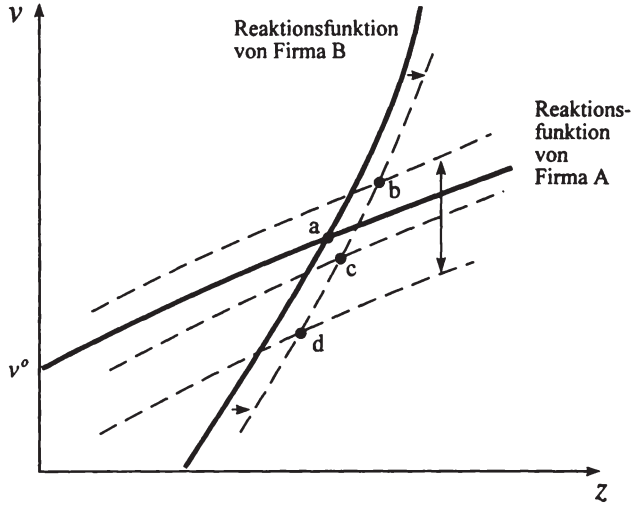
$$\frac{dv}{dt_i} = \frac{\lambda'(v)\lambda(z)\dfrac{1}{r}\left(\dfrac{\partial\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{\partial t_i} - \dfrac{\partial\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{\partial t_i}\right) + \lambda'(v)\left(\dfrac{\partial\pi_A^{\underline{u}\bar{u}}}{\partial t_i} - \dfrac{\partial\pi_A^{\bar{u}\bar{u}}}{\partial t_i}\right)}{\left(-\lambda''(v)\right)\left[\lambda(z)\dfrac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} + \left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right) + v\right]} \quad (i = A, B).$$

---

36 Die Annahmen über $\lambda(v)$ garantieren, daß die Reaktionsfunktion wohldefiniert ist: Für den Zähler $\varphi(v,z) := \lambda(z)\lambda'(v)\left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)/r + \lambda'(v)\left[\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right] + \lambda'(v)v - \lambda(v) - \lambda(z) - r$ in (4.8) gilt $\varphi(0,\cdot) > 0$ (sofern $t_A > 0$ oder $zt_B > 0$ ist), $\varphi(v,\cdot) < 0$ für $v \to \infty$ sowie $\partial\varphi / \partial v < 0$, daher existiert stets genau eine Beste-Antwort von Unternehmen A (vgl. Beath, Katsoulacos und Ulph, 1989, S. 77).

37 Dies ist anders als in den beiden vorangegangenen Modellen.

Abbildung 4.9: Gleichgewicht der F&E-Ausgaben im Patentrennen und Wirkung einer Steuererhöhung in Land A



Im Beispiel mit einer linearen Nachfragefunktion und konstanten Stückkosten von Null wird bei einer Erhöhung von t_A die Reaktionsfunktion von B in der Abbildung 4.9 nach außen verschoben. Für die Reaktionsfunktion von Firma A gilt das nur, wenn t_A klein ist. In diesem Fall führt eine Erhöhung von t_A dazu, daß beide Unternehmen ihre Forschungsanstrengungen erhöhen (Punkt (b) in der Abbildung).[38] Ist t_A in der Ausgangssituation höher, so wird die Reaktionsfunktion von A jedoch nach unten verschoben. Im neuen Gleichgewicht können dann die F&E-Ausgaben eines oder beider Unternehmen gesunken sein (Punkte (c) und (d) in der Abbildung).

Daß dies tatsächlich möglich ist, zeigt ein Beispiel mit $\lambda(v) := \sqrt{v}$ und $\lambda(z) := \sqrt{z}$ (Abbildung 4.10).[39]

---

[38] Sofern das Gleichgewicht stabil ist. In dem linearen Beispiel ist das der Fall.

[39] Dazu wurde das Gleichungssystem aus den Bedingungen erster Ordung der Unternehmen für die angegebenen Parameterwerte numerisch gelöst:

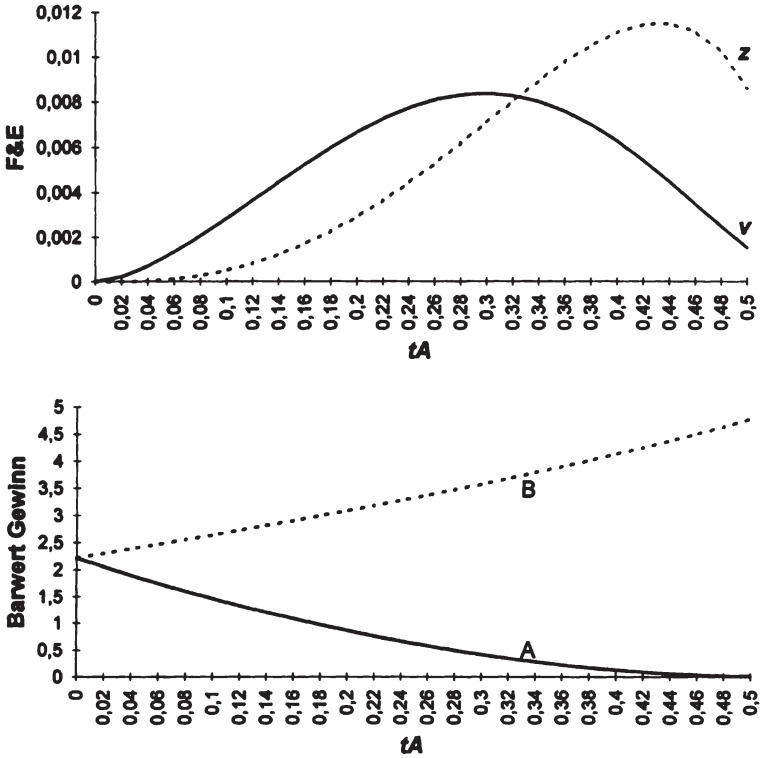
$$\lambda(z)\frac{\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r} + \pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - \left(\lambda(v)\right)^2 - 2\lambda(v)\lambda(z) - 2r\lambda(v) = 0,$$

$$\lambda(v)\frac{\pi_B^{\bar{u}\underline{u}} - \pi_B^{\underline{u}\bar{u}}}{r} + \pi_B^{\bar{u}\underline{u}} - \pi_B^{\bar{u}\bar{u}} - \left(\lambda(z)\right)^2 - 2\lambda(v)\lambda(z) - 2r\lambda(z) = 0$$

mit $\pi_i^{\bar{u}\bar{u}}$, $\pi_i^{\underline{u}\bar{u}}$ und $\pi_i^{\bar{u}\underline{u}}$ (i=A,B) aus Gleichung (4.4).

Abbildung 4.10: F&E und Erwartungswert der abdiskontierten Gewinne bei einer Steuererhöhung in Land A

$(\lambda(v) := \sqrt{v},\ \lambda(z) := \sqrt{z},\ p = 1 - x - y,\ \bar{u} = 1,\ \underline{u} = 0{,}8,\ r = 0{,}05,\ t_B = 0)$



In dem Beispiel steigen die F&E-Ausgaben von Unternehmen A nur dann, wenn der Steuersatz gemessen an der Marktgröße relativ gering ist. Ist der Steuersatz t_A hingegen bereits relativ hoch, so senkt eine weitere Erhöhung des Steuersatzes den Innovationsanreiz von Firma A. Auch die Wirkung auf die Forschungsausgaben des ausländischen Unternehmens ist ambivalent.[40]

---

[40] Bei D. Ulph (1994, S. 221) reagiert das ausländische Unternehmen stets mit einer Erhöhung seiner F&E-Ausgaben. Das liegt daran, daß dort nur komparativ-statische Wirkungen für ein symmetrisches Gleichgewicht mit gleichen Emissionssteuersätzen in beiden Ländern betrachtet werden.

Interessant erscheint in diesem Beispiel ferner, daß das Unternehmen B Forschung betreibt, obwohl seine Emissionen nicht besteuert werden. Für hohe Werte von t_A sind seine F&E-Ausgaben sogar höher als die des Unternehmens A. Diese Forschungsanstrengungen erfolgen ausschließlich aus strategischen Motiven. Sie entspringen nicht der Absicht, die eigenen Grenzkosten zu senken (was ja durch die neue Technologie gar nicht möglich wäre), sondern die der Konkurrenz auf einem hohen Niveau zu halten. Dies geschieht dadurch, daß B in F&E investiert, um selbst das Patent zu erhalten, das dann für A nicht mehr nutzbar ist. Sollte Firma B mit dieser Strategie erfolgreich sein, ist übrigens nicht garantiert, daß sie diese Technologie tatsächlich einsetzt. Im Modell ist B gerade indifferent; bereits geringe fixe Kosten, die einmalig für die Implementierung der neuen Technologie anfallen, würden jedoch dazu führen, daß B das Patent nicht nutzt.

Auch bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Emissionssteuersätze[41] in beiden Ländern ist der Zusammenhang von Steuersatz und Forschungsausgaben nicht eindeutig (vgl. Abbildung 4.11). In diesem Fall erhält man ein ähnliches Ergebnis wie im Modell aus Abschnitt 4.3: Bei geringen Steuersätzen führt eine Erhöhung der Steuersätze zu vermehrten Forschungsanstrengungen, der Innovationsprozeß wird dadurch beschleunigt. Sind die Steuersätze in der Ausgangssituation jedoch hoch, so ist genau das Gegenteil der Fall.

Die Entscheidung der Regierungen: Bei nichtkooperativer Festlegung der Steuersätze maximiert die Regierung in Land A

$$\mathrm{E}\,W_A = \frac{W_A^{\bar{u}\bar{u}} - v + \lambda(v)\dfrac{W_A^{\underline{u}\bar{u}}}{r} + \lambda(z)\dfrac{W_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r}}{\lambda(v) + \lambda(z) + r}$$

durch Wahl des Emissionssteuersatzes t_A. $W_A^{\bar{u}\bar{u}}$ bezeichnet die Wohlfahrt in A (ohne F&E-Ausgaben) zu einem Zeitpunkt, in dem beide Firmen die alte Technologie einsetzen:

$$W_A^{\bar{u}\bar{u}} = \int_p^\infty q_A(\xi)d\xi + \pi_A^{\bar{u}\bar{u}} + t_A e_A^{\bar{u}\bar{u}} - D_A(e_A^{\bar{u}\bar{u}}).$$

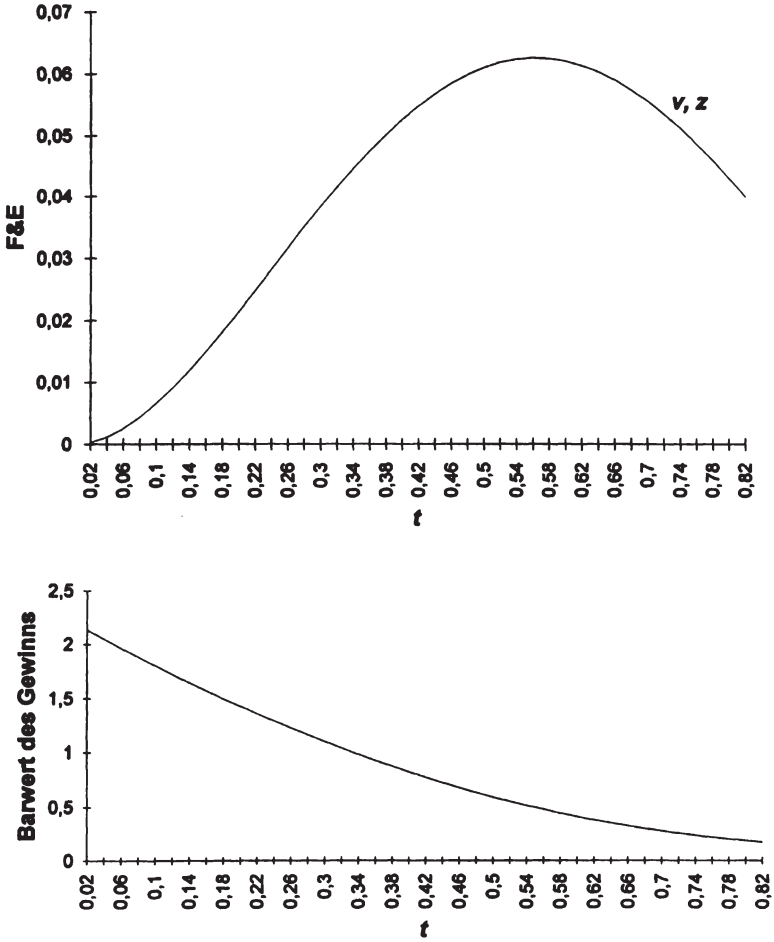
---

41 Auflösen der Bedingungen erster Ordnung ergibt in diesem Fall

$$v = z = \left(\frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} - 2r^2}{6r} + \sqrt{\left(\frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} - 2r^2}{6r} \right)^2 + \frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}}{3}} \right)^2 .$$

Abbildung 4.11: F&E-Ausgaben und Erwartungswert der abdiskontierten Gewinne bei gemeinsamer Erhöhung von $t := t_A = t_B$

$(\lambda(v) := \sqrt{v},\ \lambda(z) := \sqrt{z},\ p = 1 - x - y,\ \bar{u} = 1,\ \underline{u} = 0{,}8,\ r = 0{,}05)$



Analog bezeichnen $W_A^{\underline{u}\bar{u}}$ und $W_A^{\bar{u}\underline{u}}$ die Wohlfahrt in A, wenn Firma A das Patentrennen gewonnen bzw. verloren hat. Als Bedingung erster Ordnung erhält man nach einigen Umformungen

$$\frac{\partial E W_A}{\partial t_A} = \frac{\frac{\partial W_A^{\bar{u}\bar{u}}}{\partial t_A} + \frac{\lambda(v)}{r}\frac{\partial W_A^{\underline{u}\bar{u}}}{\partial t_A} + \frac{\lambda(z)}{r}\frac{\partial W_A^{\bar{u}\underline{u}}}{\partial t_A}}{\lambda(v)+\lambda(z)+r}$$

$$+\frac{\frac{W_A^{\underline{u}\bar{u}} - W_A^{\bar{u}\underline{u}} - \left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right)}{r}\left[\lambda'(v)\frac{\partial v}{\partial t_A}\lambda(z) - \lambda'(z)\frac{\partial z}{\partial t_A}\lambda(v)\right]}{\left(\lambda(v)+\lambda(z)+r\right)^2}$$

$$-\lambda'(z)\frac{\partial z}{\partial t_A}\lambda(v)\ \frac{\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}}{r}\frac{1}{\left(\lambda(v)+\lambda(z)+r\right)^2}$$

$$+\lambda'(v)\frac{\partial v}{\partial t_A}\ \frac{W_A^{\underline{u}\bar{u}} - W_A^{\bar{u}\bar{u}} - \left(\pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}}\right)}{\left(\lambda(v)+\lambda(z)+r\right)^2} + \lambda'(z)\frac{\partial z}{\partial t_A}\ \frac{W_A^{\bar{u}\underline{u}} - \left(W_A^{\bar{u}\bar{u}} - v\right)}{\left(\lambda(v)+\lambda(z)+r\right)^2} = 0.$$

Der erste Summand reflektiert die üblichen statischen handelsstrategischen und umweltpolitischen Motive, wie sie im zweiten Kapitel analysiert wurden.

Hinzu kommen nun dynamische strategische und umweltpolitische Faktoren: Der zweite Summand berücksichtigt, daß der private Anreiz für Unternehmen A, das Patentrennen zu gewinnen, von der sozialen Bewertung dieses Ereignisses abweichen kann.[42] Dies ist der Fall, wenn die Konsumentenrente davon abhängt, welches der beiden Unternehmen das Patentrennen gewinnt, und wenn Steuereinnahmen und Umweltschäden sich nicht decken. Die Richtung der Korrektur hängt vom Vorzeichen dieser Differenz ab und davon, ob eine Steuersatzerhöhung die Erfolgschancen von Firma A gegenüber B verbessert (eckige Klammer).

Der dritte Summand erfaßt den "strategic innovation aspect of environmental policy"[43]. Das Vorzeichen dieses Summanden ist negativ, wenn eine Erhöhung des Steuersatzes das Unternehmen B dazu veranlaßt, seine Forschungsausgaben zu erhöhen. In diesem Fall dient eine Senkung des Steuersatzes dem Zweck, die strategisch motivierte Überinvestition in F&E abzubauen.[44]

Der vierte Summand korrigiert die F&E-Entscheidung von Firma A mit Blick darauf, ob das nichtstrategische F&E-Motiv des Unternehmens dem ent-

---

[42] Vgl. D. Ulph (1994, S. 223).

[43] D. Ulph (1994, S. 223).

[44] D. Ulph (1994, S. 223).

sprechenden sozialen Anreiz zur Durchführung von F&E entspricht. Ohne den Konkurrenzdruck durch die Forschungstätigkeit der ausländischen Konkurrenz ($z = 0$) wäre dies der einzige "dynamische" Korrekturfaktor.

Der letzte Summand erfaßt, daß auch durch eine Erhöhung der ausländischen F&E-Tätigkeit im Gefolge einer Änderung von t_A die alte Technologie schneller von der neuen abgelöst wird. Wenn B das erfolgreiche Unternehmen ist, ändert sich das Niveau der Wohlfahrt in Land A dadurch von $W_A^{\bar{u}\bar{u}} - \nu$ zu $W_A^{\bar{u}\underline{u}}$.[45]

Über das Verhältnis von nichtkooperativen Steuersätzen und Grenzschäden läßt sich selbst unter weiteren restriktiven Annahmen kaum eine generelle Aussage treffen, ebensowenig wie über das Verhältnis von nichtkooperativen und kooperativen Steuersätzen.[46]

4.5 Zusammenfassung

Die vorgestellten Modelle liefern folgende Antworten auf die eingangs formulierten Fragen:

- Es wurde gefragt, ob strengere Umweltschutzbestimmungen überhaupt geeignet sind, die Innovationstätigkeit der Unternehmen zu stimulieren, so daß mehr und schnellere ökologische Verbesserungen der Produktionsverfahren erfolgen. Dies ist nur bedingt der Fall. Eine Steuersatzerhöhung scheint vor allem dann die F&E-Ausgaben der betroffenen Unternehmen zu erhöhen, wenn die Steuerbelastung durch die Emissionssteuer gering ist. In der Praxis dürfte das derzeit zumeist der Fall sein. Insbesondere bei einer höheren Steuerbelastung durch die Umweltsteuer findet man aber auch Beispiele für eine gegenteilige Reaktion.

  Eine Steuersatzerhöhung in Land i beeinflußt nicht nur die unmittelbar davon betroffenen Unternehmen, sondern auch die Forschungsanstrengungen der ausländischen Konkurrenz, in der Regel positiv, in einigen Fällen aber auch negativ. Die komparativ-statischen Wirkungen von Steuersatzänderungen sind also ambivalent.

---

45 Die letzten beiden Summanden haben im Modell von D. Ulph (1994) keine Entsprechung. Da dort der Zinssatz gegen Null tendiert, spielt die Zeitspanne vor der Entdeckung der Innovation keine Rolle.

46 Vgl. D. Ulph (1994, S. 224 ff.). Für spezielle Fälle wird dort gezeigt, daß die nichtkooperativen Steuersätze niedriger als der Grenzschaden und auch niedriger als die kooperativen Steuersätze sind.

- Profitieren die betroffenen Unternehmen von verschärften Umweltschutzbestimmungen? Das ist zwar theoretisch möglich, wird aber nur in Ausnahmefällen zu beobachten sein: Die Innovationstätigkeit der Unternehmen muß zu Produktionsverfahren führen, die die Grenzkosten der Produktion senken. Die Steuererhöhung muß ferner die ausländische Konkurrenz zu einer Reduktion ihrer F&E-Ausgaben veranlassen. Dann entsteht dem inländischen Unternehmen durch die Innovation ein Wettbewerbsvorteil, der möglicherweise den Kostennachteil höherer Emissionssteuern übertreffen kann. In allen anderen Fällen sinkt der Gewinn der betroffenen Unternehmen durch die Steuererhöhung. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn - wie in allen Modellvarianten möglich - eine Erhöhung des inländischen Steuersatzes auch die ausländische Konkurrenz zu verstärkten Innovationsanstrengungen motiviert. In der Regel wird man daher - anders als von Porter postuliert - davon ausgehen dürfen, daß ökologische Verbesserungen nicht zum Nulltarif zu haben sind.
- Angenommen, daß eine Steuererhöhung tatsächlich zu höheren Ausgaben der betroffenen Unternehmen für Umweltschutzinnovationen führt: Sind diese F&E-Ausgaben systematisch zu niedrig, so daß sie durch hohe Umweltsteuern stimuliert werden müssen? In mehreren Fällen tendierten die Unternehmen dazu, aus strategischen Gründen mehr in F&E zu investieren, als sie es ohne Konkurrenzdruck tun würden. Daraus entsteht für die Regierungen - anders als von Porter vermutet[47] - ein Motiv, solche "Überinvestitionen"

---

[47] Einen wesentlichen Punkt in der Argumentation von Porter und van der Linde können die dargestellten Modelle allerdings nicht abdecken: Nach Porter und van der Linde (1995, S. 98 f.) entstehen die 'innovation offsets' nicht zuletzt dadurch, daß Firmen aufgrund organisatorischer Unvollkommenheiten innerhalb der Unternehmen nicht in der Lage sind, Marktchancen wahrzunehmen. Strengere Umweltschutzvorschriften sollen helfen, diese Unvollkommenheiten zu überwinden. Vgl. dazu jedoch kritisch Palmer, Oates und Portney (1995, S. 121 f.): "Porter and van der Linde ... see a private sector that systematically overlooks profitable opportunities for innovation. Second, and equally important, they envision a regulatory authority that is in a position to correct this 'market failure'. With properly designed measures, regulators can set in motion innovative activities through which firms can realize these overlooked opportunities. Their vision thus suggests a new role for regulatory activity in bringing about dynamic efficiency: enlightened regulators provide the needed incentives for cost-saving and quality-improving innovations that competition apparently fails to provide. Regulators can, as Porter and van der Linde put it, help firms 'to overcome organizational inertia and to foster creative thinking', thereby increasing their profits. We find this view hard to swallow, and suspect that most regulated firms would share our difficulty."

durch geringere Steuersätze abzubauen. Dabei handelt es sich jedoch stets nur um Teileffekte, so daß sich über die Differenz von nichtkooperativen Steuersätzen und Grenzschäden keine allgemeine Aussage treffen läßt.

- Führt eine international unkoordinierte Umweltpolitik der Länder zu einem global effizienten Ergebnis? Oder lassen sich durch eine internationale Koordination der Umweltschutzpolitik Kooperationsvorteile erzielen? Man kann wohl davon ausgehen, daß Kooperationsvorteile existieren. Es ist jedoch nicht möglich, generelle Aussagen darüber zu machen, ob und in welche Richtung die nichtkooperativen von den kooperativen Steuersätzen abweichen.

5 Umweltschutz und Standortwahl

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Wirkung verschiedener umweltpolitischer Instrumente auf Produktions-, Preis- und Forschungsentscheidungen der Unternehmen untersucht. Die Marktstruktur - Zahl und räumliche Verteilung der Betriebe - ist dabei als exogen betrachtet worden. Der aus Sicht einer Regierung optimale Steuersatz war dadurch gekennzeichnet, daß marginale Wohlfahrtssteigerungen durch einen verbesserten Umweltschutz die marginalen Wohlfahrtsverluste in Form von Vermeidungskosten, Gewinneinbußen, Verlust an Konsumentenrente usw. gerade ausglichen. Unternehmen treffen aber nicht nur Produktions- und Preisentscheidungen, sondern auch Standortentscheidungen. Damit stellt sich die Frage, inwieweit Umweltschutzmaßnahmen solche Standortentscheidungen beeinflussen und inwiefern daraus ein Motiv entsteht, Umweltpolitik so zu gestalten, daß Standortverlagerungen verhindert oder Direktinvestitionen gefördert werden.

Diese Fragen stehen im Zentrum dieses Kapitels. Sie werden in einem Modellrahmen diskutiert, in dem die Regierungen zweier Länder durch ihre Umweltpolitik die Standortentscheidung von zwei mobilen Oligopolisten beeinflussen können. Zunächst beschreiben wir den Einfluß verschiedener Größen wie Umweltpolitik, Marktgröße, Transportkosten und Fixkosten auf die Standortentscheidung der Duopolisten. Dabei erfahren Wirkungsmechanismen, wie sie aus verwandten Modellen in der Literatur bekannt sind, im wesentlichen eine Bestätigung. Da die Komplexität der verwendeten Modelle in der Regel dazu zwingt, mit speziellen Funktionen zu arbeiten[1], ist dies ein erfreuliches Indiz für eine gewisse Robustheit der gefundenen Zusammenhänge.

In einem zweiten Schritt werden die Entscheidungen der Regierungen analysiert und mit dem Ergebnis verglichen, das sich bei kooperativer Festlegung der Emissionssteuersätze ergibt. Wie bereits die Standortentscheidung der Unternehmen ist auch das Ergebnis dieses Umweltsteuerwettbewerbs stark parameterabhängig. Es zeigt sich, daß es in diesem Modell keineswegs zwangsweise zu dem gefürchteten "Wettlauf der Umweltsteuern nach unten" kommen muß. Die nichtkooperativen Steuersätze können auch zu hoch oder effizient sein. Abschließend wird die Wirkung grenzüberschreitender Schadstoffemissionen be-

---

[1] So zum Beispiel Levinson (1997), Markusen (1997), Markusen, Morey, und Olewiler (1993, 1995), Motta und Thisse (1994) und A. Ulph (1994).

leuchtet. Dadurch ergibt sich in dem behandelten Beispiel - wie bereits im zweiten Kapitel - ein steuersenkender Effekt.

Der hier diskutierte Problemkreis ist in jüngster Zeit Gegenstand mehrerer Beiträge gewesen. Markusen, Morey und Olewiler (1993), Markusen (1997) und Motta und Thisse (1994) untersuchen ebenfalls den Einfluß der Umweltpolitik auf die Standortentscheidung oligopolistischer Unternehmen. In diesen Modellen ist jedoch nur ein Land umweltpolitisch aktiv. Das zweite Land verfolgt keine Umweltschutzziele. Markusen, Morey und Olewiler (1993) zeigen, daß kleine Änderungen der Umweltpolitik sprunghafte Veränderungen der Wohlfahrt nach sich ziehen, wenn sie zu einer Standortverlagerung der Produktion führen. Die Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen, die aus Modellen mit immobilen Unternehmen abgeleitet werden, können daher irreführend sein, wenn die Mobilität von Unternehmen in die Analyse einbezogen wird. Motta und Thisse (1994) untersuchen den Einfluß verschiedener Parameter auf die Standortentscheidung oligopolistischer Unternehmen. Markusen (1997) analysiert in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell, welchen Einfluß Handelsschranken auf Wohlfahrt und Produktion eines Landes haben, wenn dieses Land einseitig seine Umweltschutzbestimmungen verschärft.

Hoel (1997c), Levinson (1997), Markusen, Morey und Olewiler (1995) sowie Rauscher (1995, 1997) modellieren die Interaktion beider Regierungen. Sie vereinfachen aber die Industriestruktur und betrachten auf der Angebotsseite kein Oligopol, sondern ein Monopol. Es wird gezeigt, daß einerseits der Fall eintreten kann, daß sich die Regierungen gegenseitig mit niedrigen Steuersätzen unterbieten, um Direktinvestitionen in ihrem Land zu fördern. Wird die durch die Produktion hervorgerufene Umweltbelastung als schwerwiegend empfunden, so ist es andererseits jedoch ebenso möglich, daß sich die Regierungen gegenseitig mit hohen Steuersätzen überbieten, um die "dreckige" Produktion in das Ausland abzudrängen. Dies kann sogar zu prohibitiv hohen Steuern führen, so daß der Monopolist im Gleichgewicht nicht produziert, obwohl eine Produktion die Summe der Wohlfahrt beider Länder erhöhen würde. Für ein solches Szenario haben Markusen, Morey und Olewiler (1995) den Ausdruck NIMBY (= not in my back yard) geprägt.

Hoel (1997c) geht zusätzlich auf den Fall mehrerer Unternehmen ein, die in monopolistischer Konkurrenz zueinander stehen. Das Wettbewerbsverhalten der Unternehmen wird allerdings nicht explizit modelliert. Die Zahl der Unternehmen wird durch die Nullgewinnbedingung bestimmt, jedoch werden Unstetig-

keiten ignoriert, die sich aus einer Änderung der Unternehmenszahl ergeben können. Zentrales Ergebnis dieser Analyse ist die Existenz eines Kontinuums von teilspielperfekten Gleichgewichten. Ein Vergleich dieser Gleichgewichte mit einer kooperativen Lösung unterbleibt.

A. Ulph (1994) betrachtet zwei aktive Regierungen und zwei mobile Unternehmen sowie ein drittes Land, das keine Umweltpolitik betreibt. Anders als im nachfolgend diskutierten Modell verfolgen die beiden umweltpolitisch aktiven Länder bei Ulph ein exogen gegebenes Umweltziel, das eine Reduktion des Schadstoffausstoßes um einen bestimmten Prozentsatz (20%, 25% oder 35%) vorsieht. Die Umweltsteuersätze werden so angepaßt, daß das Ziel in beiden Ländern genau erreicht wird. Das strategische Instrument der Regierungen kann daher nicht der Emissionssteuersatz sein. Statt dessen entscheiden die Regierungen darüber, ob den Unternehmen ein Anteil der Einnahmen aus der Umweltsteuer rückerstattet wird. Das geschieht mit dem Ziel, als Produktionsstandort attraktiv zu werden. In der Handhabung dieses Instruments sind die Regierungen auf wenige diskrete Werte (0%, 50%, 100% Rückerstattung) beschränkt. In den drei von Ulph präsentierten Beispielen tendieren sie dazu, den Unternehmen keine Umweltsteuern zu erstatten.

Ulph kalibriert sein Modell mit Daten aus der Düngemittelindustrie aus den Jahren 1985/86 und schätzt die Wohlfahrtsänderungen, die sich gegenüber einer Situation ergeben, in der der Schadstoffausstoß nicht reduziert wird. Dabei geht die Änderung der Umweltqualität nicht in die Wohlfahrtsanalyse ein. Das Hauptergebnis ist, daß die so ermittelten Wohlfahrtswirkungen der angestrebten Emissionsreduktion größer sind, als viele empirische Studien auf der Basis von Modellen mit konkurrenzmäßig organisierten Märkten bisher nahelegten.[2] Dasselbe gilt für den "carbon leakage"-Effekt, also den Teil der angestrebten Emissionsreduktion, der durch Produktionsausweitungen in Ländern ohne Umwelt-

---

2 Vgl. A. Ulph (1994, S. 125) und die dort zitierte Literatur. Allerdings ist bei der Einschätzung des Zahlenmaterials etwas Vorsicht geboten. Rechentechnisch sind Probleme daraus entstanden, daß es in einigen Fällen schwer war, Steuersätze zu ermitteln, die die Umweltschutzziele wirksam implementieren. Daneben gab es Probleme durch uneindeutige Gleichgewichte bei der Standortwahl (A. Ulph, 1994, S. 136). Vor allem aber erfaßt die geringe Unternehmenszahl die Situation in der Düngemittelindustrie nicht (A. Ulph, 1994, S. 137). Auch die verwendeten Daten für Fixkosten und Nachfrageelastizitäten mußten an modelltechnische Erfordernisse angepaßt werden (A. Ulph, 1994, S. 139). So stellt A. Ulph (1994, S. 152) selbst fest: "Since this is clearly a gross simplification of the fertiliser market I shall use the data on the fertiliser industry as a guide to calibration rather than claiming to model very precisely the world fertiliser industry."

schutzpolitik (hier das dritte Land) konterkariert wird. In dem von Ulph betrachteten Modell entsteht dieser Effekt ausschließlich aus einer Standortverlagerung der Unternehmen, da im Referenzfall ohne Umweltpolitik in dem dritten Land nicht produziert wird.

Der nächste Abschnitt beschreibt das Modell. Im Unterschied zu Hoel geht es nicht von monopolistischer Konkurrenz aus, sondern unterstellt ein Cournot-Duopol. Der Wettbewerb der Unternehmen wird explizit modelliert. Zusätzlich werden Transportkosten berücksichtigt. In anderer Hinsicht ist das Modell jedoch weniger allgemein als das von Hoel, da spezielle Funktionen unterstellt werden.

In den beiden darauffolgenden Abschnitten werden die Entscheidungen der Unternehmen über Produktionsmengen und Produktionsorte dargestellt. Anschließend werden die Entscheidungen der Regierungen analysiert und mit dem Ergebnis einer kooperativen Lösung kontrastiert. Abschließend wird auf die Wirkung grenzüberschreitender Schadstoffemissionen eingegangen.

5.1 Das Modell

Wir betrachten zwei Länder, A und B, und zwei Unternehmen, I und II. Unternehmen I gehört den Einwohnern des Landes A, Unternehmen II denen des Landes B. In diesen Ländern haben die Unternehmen ihren Firmensitz, jedoch nicht unbedingt ihren Produktionsstandort. Die Firmen produzieren ein homogenes Gut, das in beiden Ländern nachgefragt wird. Die Unternehmen können zwischen den Märkten Preisdifferenzierung durchsetzen. Die Nachfrage wird durch die inversen Nachfragefunktionen

$$p_i = \alpha_i - (x_i + y_i) \qquad (i = A, B)$$

beschrieben. Darin bezeichnet p_i den Marktpreis in Land i, x_i die Absatzmenge von Unternehmen I in Land i und y_i die Absatzmenge von Unternehmen II in Land i. Die Parameter α_A und α_B messen die Marktgrößen in den Ländern.

Bei der Produktion des Gutes wird proportional zur produzierten Menge ein Schadstoff freigesetzt. Die Schadstoffeinheit sei wieder so gewählt, daß je Einheit des Gutes eine Einheit des Schadstoffs anfällt. Die Unternehmen verfügen über keinerlei Technologie zur Schadstoffvermeidung. Jedes Land kann die Schadstoffemissionen besteuern, die bei der Produktion innerhalb seiner Landesgrenzen entstehen. Die jeweiligen Steuersätze sind t_A und t_B.

Neben Steuerzahlungen entstehen bei der Güterproduktion konstante Grenzkosten in Höhe von c_I für Unternehmen I und c_{II} für Unternehmen II. Diese Kosten sind unabhängig davon, in welchem Land das jeweilige Unternehmen produziert. Beim Export der Güter fallen Transportkosten in Höhe von k je Mengeneinheit an. Diese Kosten lassen sich auch als nicht-tarifäre Handelshemmnisse deuten.

Das Modell besteht aus drei Stufen.

- Zunächst legen die Regierungen simultan die Höhe ihrer Emissionssteuersätze t_A und t_B fest.
- Auf der zweiten Spielstufe entscheiden die Unternehmen darüber, ob und in welchem der beiden Länder sie produzieren wollen. Jedem Unternehmen stehen vier Möglichkeiten offen:[3]
  - Es kann ausschließlich in Land A produzieren. Diese Option bezeichnen wir mit dem Buchstaben "A".
  - Es kann ausschließlich in Land B produzieren ("B")
  - oder aber "multinational" werden und in beiden Ländern produzieren ("M").
  - Eine vierte Möglichkeit besteht darin, aus dem Markt auszusteigen und nicht zu produzieren ("O").

  Der Aufbau einer Produktionsstätte im eigenen Land ist mit fixen Kosten in Höhe von h verbunden. Soll im Ausland produziert werden, so entstehen fixe Kosten in Höhe von f, bei einer Produktion in beiden Ländern entsprechend $h + f$. Es erscheint plausibel anzunehmen, daß der Aufbau einer Betriebsstätte im Ausland mit höheren Kosten verbunden ist als der Aufbau einer Produktion im Heimatland, etwa aufgrund von Sprachbarrieren, bürokratischen Hemmnissen oder höheren Informationskosten. Bei der Analyse des

---

3 Bei Motta und Thisse (1994) trifft nur ein Unternehmen eine Standortentscheidung. Das Unternehmen II produziert annahmegemäß nur in Land B. Levinson (1997), Markusen, Morey und Olewiler (1995) und Rauscher (1995, 1997) betrachten ohnehin einen Monopolisten. Bei Markusen, Morey und Olewiler (1993) kann jedes Unternehmen nur drei Strategien verfolgen: Produktion im eigenen Land, Produktion in beiden Ländern oder gar keine Produktion. A. Ulph (1994) läßt hingegen die Möglichkeit zu, daß die Unternehmen ihren Standort in einem dritten Land wählen. Dies erweitert die Zahl der Standortoptionen für jedes Unternehmen auf acht.

Einflusses der Fixkosten auf die Standortentscheidung der Unternehmen beschränken wir uns daher auf den Parameterbereich $0 \leq h \leq f$.[4]

- Auf der dritten und letzen Spielstufe legen die Unternehmen schließlich simultan ihre Produktionsmengen fest. Es wird Cournot-Wettbewerb unterstellt.

5.2 Die Produktionsentscheidung der Unternehmen

Wie üblich beginnen wir mit der Analyse der letzten Spielstufe. Die Entscheidungen über die Produktionsmengen in dieser Phase des Modells hängen davon ab, welche Standortentscheidungen die Unternehmen zuvor getroffen haben. Falls sich Unternehmen I für eine Produktion in Land A entschieden hat, lautet seine Gewinnfunktion

$$\pi_I^A = p_A x_A + p_B x_B - (c_I + t_A)x_A - (c_I + t_A + k)x_B - h \ .$$

Bei Produktion in Land B erhält man stattdessen

$$\pi_I^B = p_A x_A + p_B x_B - (c_I + t_B + k)x_A - (c_I + t_B)x_B - f$$

und bei Produktion in beiden Ländern

$$\pi_I^M = p_A x_A + p_B x_B - (c_I + t_A)x_A - (c_I + t_B)x_B - h - f \ .$$

Baut das Unternehmen I keine Produktionsstätte auf, beträgt sein Gewinn

$$\pi_I^O = 0 \ .$$

---

4 Diese Formulierung ist so allgemein gehalten, daß sie die in verwandten Literaturbeiträgen getroffenen Annahmen als Spezialfälle einschließt. Markusen, Morey und Olewiler (1993) unterstellen $h = f$. Zusätzlich zu diesen Fixkosten auf der Ebene der Betriebsstätten fallen bei ihnen auch Fixkosten auf der Unternehmensebene an, etwa für Forschung und Entwicklung. Den Zusammenhang dieser beiden Fixkostenarten analysieren Horstmann und Markusen (1992). Sie zeigen, daß die Fixkosten, die auf der Ebene des Unternehmens anfallen, "... increase the cost of existing as a firm, but do not affect the attractiveness of branch-plant production versus exporting." (Horstmann und Markusen, 1992, S. 119). Wir haben daher bei der Modellformulierung von diesem Fixkostentyp abgesehen. Stattdessen nehmen wir an, daß die unternehmensspezifischen Fixkosten für die Duopolisten bereits versunken sind und daß sie hoch genug sind, um den Marktzutritt weiterer Unternehmen zu verhindern.
A. Ulph (1994) analysiert ein Beispiel mit $0 < h < f$. Motta und Thisse (1994) unterstellen den extremen Fall $0 = h < f$, bei dem die Unternehmen bereits eine Produktionsstätte im jeweiligen Heimatland aufgebaut haben: "This expresses our belief that firms are linked by historical, cultural and economic reasons to their mother country." (Motta und Thisse, 1994, S. 565).

Analog gilt für Unternehmen II

$$\pi_{II}^{A} = p_A y_A + p_B y_B - (c_{II} + t_A) y_A - (c_{II} + t_A + k) y_B - f \ ,$$
$$\pi_{II}^{B} = p_A y_A + p_B y_B - (c_{II} + t_B + k) y_A - (c_{II} + t_B) y_B - h \ ,$$
$$\pi_{II}^{M} = p_A y_A + p_B y_B - (c_{II} + t_A) y_A - (c_{II} + t_B) y_B - h - f \ ,$$
$$\pi_{II}^{O} = 0 \ .$$

Entsprechend diesen vier Optionen O, A, B, M für jedes Unternehmen sind sechzehn verschiedene Standortkombinationen möglich: OO, OA, OB, OM, AO, AA, AB, AM usw. Der erste Buchstabe steht für die Standortentscheidung der Firma I, der zweite für die der Firma II. Betrachten wir exemplarisch den Fall eines Exportduopols AB, bei dem jedes Unternehmen in seinem Heimatland produziert, Unternehmen I in Land A und Unternehmen II in Land B. In diesem Fall lösen die Unternehmen die Maximierungsprobleme

$$\max_{x_A, x_B} \ \pi_I^A \quad \text{und} \quad \max_{y_A, y_B} \ \pi_{II}^B \ .$$

Aus den Gewinnmaximierungsbedingungen erster Ordnung erhält man in einem inneren Nash-Gleichgewicht die Produktionsmengen

$$x_A^{AB} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B + k)/3 \ ,$$
$$x_B^{AB} = (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B - 2k)/3 \ ,$$
$$y_A^{AB} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A - 2k)/3 \ ,$$
$$y_B^{AB} = (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A + k)/3$$

und die Gewinne

$$\pi_I^{AB} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B + k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B - 2k)^2/9 - h \ ,$$
$$\pi_{II}^{AB} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A - 2k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A + k)^2/9 - h$$

in Abhängigkeit von der Höhe der Umweltsteuern. Der hochgestellte Index steht für die von den Firmen gewählten Produktionsstandorte.

Die Mengenentscheidung bei den übrigen Standortkombinationen analysiert man analog. Die Abbildung 5.1 faßt die Ergebnisse zusammen. Angegeben sind die Gewinne für Unternehmen I (oberer Wert) und Unternehmen II (unterer Wert), und zwar für innere Nash-Gleichgewichte auf beiden Märkten; d.h. jede Firma bietet auf jedem Markt an (außer bei der Strategie "O"). Der erste Summand stellt den Teil des Gewinns dar, der von einem Unternehmen im Markt A erwirtschaftet wird, und der zweite Summand resultiert aus Verkäufen auf dem Markt in Land B.

Abbildung 5.1: Unternehmensgewinne in Abhängigkeit von der Standortentscheidung

UNTERNEHMEN II

UNTERNEHMEN I	O	A	B	M
O	$\pi_I^{OO} = 0$ $\pi_{II}^{OO} = 0$	$\pi_I^{OA} = 0$ $\pi_{II}^{OA} = (\alpha_A - c_{II} - t_A)^2/4 + (\alpha_B - c_{II} - t_A - k)^2/4 - f$	$\pi_I^{OB} = 0$ $\pi_{II}^{OB} = (\alpha_A - c_{II} - t_B - k)^2/4 + (\alpha_B - c_{II} - t_B)^2/4 - h$	$\pi_I^{OM} = 0$ $\pi_{II}^{OM} = (\alpha_A - c_{II} - t_A)^2/4 + (\alpha_B - c_{II} - t_B)^2/4 - h - f$
A	$\pi_I^{AO} = \frac{(\alpha_A - c_I - t_A)^2}{4} + \frac{(\alpha_B - c_I - t_A - k)^2}{4} - h$ $\pi_{II}^{AO} = 0$	$\pi_I^{AA} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - t_A - k)^2/9 - h$ $\pi_{II}^{AA} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - t_A - k)^2/9 - f$	$\pi_I^{AB} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B + k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B - 2k)^2/9 - h$ $\pi_{II}^{AB} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A - 2k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A + k)^2/9 - h$	$\pi_I^{AM} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B - 2k)^2/9 - h$ $\pi_{II}^{AM} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A + k)^2/9 - h - f$
B	$\pi_I^{BO} = \frac{(\alpha_A - c_I - t_B - k)^2}{4} + \frac{(\alpha_B - c_I - t_B)^2}{4} - f$ $\pi_{II}^{BO} = 0$	$\pi_I^{BA} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_B - 2k + t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_B + t_A + k)^2/9 - f$ $\pi_{II}^{BA} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_A + t_B + k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_A - 2k + t_B)^2/9 - f$	$\pi_I^{BB} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - t_B - k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - t_B)^2/9 - f$ $\pi_{II}^{BB} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - t_B - k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - t_B)^2/9 - h$	$\pi_I^{BM} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_B - 2k + t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - t_B)^2/9 - f$ $\pi_{II}^{BM} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_A + t_B + k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - t_B)^2/9 - h - f$
M	$\pi_I^{MO} = \frac{(\alpha_A - c_I - t_A)^2}{4} + \frac{(\alpha_B - c_I - t_B)^2}{4} - h - f$ $\pi_{II}^{MO} = 0$	$\pi_I^{MA} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - 2t_B + t_A + k)^2/9 - h - f$ $\pi_{II}^{MA} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - 2t_A - 2k + t_B)^2/9 - f$	$\pi_I^{MB} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - 2t_A + t_B + k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - t_B)^2/9 - h - f$ $\pi_{II}^{MB} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - 2t_B + t_A - 2k)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - t_B)^2/9 - h$	$\pi_I^{MM} = (\alpha_A - 2c_I + c_{II} - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_I + c_{II} - t_B)^2/9 - h - f$ $\pi_{II}^{MM} = (\alpha_A - 2c_{II} + c_I - t_A)^2/9 + (\alpha_B - 2c_{II} + c_I - t_B)^2/9 - h - f$

Daneben ist zu berücksichtigen, daß auf einem oder beiden Märkten Randlösungen auftreten können. Beispielsweise kann es bei der oben dargestellten Standortkombination AB sein, daß sich infolge hoher Transportkosten ein Export nach B für das Unternehmen I nicht lohnt. Im Gewinn der Firma I, wie er in der Tabelle angegeben ist, entfällt dann der zweite Summand. Auch der Gewinn des zweiten Unternehmens π_{II}^{AB} ist in diesem Fall zu modifizieren, da das Unternehmen II nun auf dem Markt in Land B den Monopolgewinn realisieren kann. Eine weitere Möglichkeit ist, daß sich für beide Unternehmen der Export nicht lohnt und jedes auf seinem Heimatmarkt zum Monopolisten avanciert. Das Auftreten solcher Randlösungen ist auch bei anderen Standortkonstellationen zu berücksichtigen.

5.3 Die Standortentscheidungen der Unternehmen

Nun kann man für ein gegebenes Paar von Umweltsteuersätzen (t_A, t_B) ermitteln, welche Standortentscheidungen die Unternehmen treffen. Die Abbildung 5.2 demonstriert das Vorgehen an einigen Beispielen für spezielle Parameterwerte. Die Unternehmen vergleichen die bei den verschiedenen Marktformen erzielbaren Gewinne. Sie wählen ihre Produktionsstandorte im Modell simultan, man ermittelt also das Nash-Gleichgewicht (es können auch mehrere sein) des Matrixspiels. Die Gewinne im Gleichgewicht sind schwarz umrandet.

Die wenigen Beispiele zeigen bereits, wie sensibel die Marktstruktur von den Parameterwerten abhängt. Im Beispiel (a) unterhält jedes Unternehmen im Gleichgewicht eine Betriebsstätte in seinem Heimatland und beliefert den ausländischen Markt über Exporte.

Im Beispiel (b) sind die Fixkosten f für die Produktion im Ausland geringer. Nun ist es für beide Unternehmen eine dominante Strategie, multinational zu werden und in beiden Ländern zu produzieren, um Transportkosten zu sparen. Durch die Fixkosten ist die Gewinnsituation im Gleichgewicht aber dennoch für beide Unternehmen schlechter als in einem "Exportduopol" AB. Bei noch geringeren Fixkosten, etwa $f = 2$, wäre das nicht der Fall. Das Beispiel (b) zeigt, daß das Ergebnis der Standortwahl aus Sicht der Unternehmen ineffizient sein kann. Bei der Standortkombination AB würden sich die Gewinne beider Unternehmen erhöhen.

Im Beispiel (c) ist Unternehmen I indifferent zwischen den Strategien B und M. Dies führt dazu, daß es zwei Gleichgewichte, BB und MB, gibt, die beide zu derselben Gewinnsituation führen.

Abbildung 5.2: Die Standortentscheidungen der Unternehmen
(Werte gerundet)

(a) $\alpha_A = \alpha_B = 10, \quad c_I = c_{II} = 0, \quad k = 2, \quad t_A = t_B = 0, \quad h = 0, \quad f = 14$

		Unternehmen II			
		O	**A**	**B**	**M**
	O	0 , 0	0 , 27	0 , 41	0 , 36
Unter-	**A**	41 , 0	18.22 , 4.22	**20 , 20**	15.11 , 13.11
nehmen I	**B**	27 , 0	6 , 6	4.22 , 18.22	1.11 , 13.11
	M	36 , 0	13.11 , 1.11	13.11 , 15.11	8.22 , 8.22

(b) $\alpha_A = \alpha_B = 10, \quad c_I = c_{II} = 0, \quad k = 2, \quad t_A = t_B = 0, \quad h = 0, \quad f = 4$

		Unternehmen II			
		O	**A**	**B**	**M**
	O	0 , 0	0 , 37	0 , 41	0 , 46
Unter-	**A**	41 , 0	18.22 , 14.22	20 , 20	15.11 , 23.11
nehmen I	**B**	37 , 0	16 , 16	14.22 , 18.22	11.11 , 23.11
	M	46 , 0	23.11 , 11.11	23.11 , 15.11	**18.22 , 18.22**

(c) $\alpha_A = \alpha_B = 10, \quad c_I = c_{II} = 0, \quad k = 2, \quad t_A = 2, \quad t_B = 0, \quad h = 0, \quad f = 2$

		Unternehmen II			
		O	**A**	**B**	**M**
	O	0 , 0	0 , 23	0 , 41	0 , 39
Unter-	**A**	25 , 0	11.11 , 9.11	7.56 , 28.89	7.56 , 26.89
nehmen I	**B**	39 , 0	26.89 , 5.56	**16.22 , 18.22**	16.22 , 16.22
	M	39 , 0	26.89 , 5.56	**16.22 , 18.22**	16.22 , 16.22

(d) $\alpha_A = \alpha_B = 10, \quad c_I = c_{II} = 0, \quad k = 4, \quad t_A = 2.8, \quad t_B = 4, \quad h = f = 6$

		Unternehmen II			
		O	**A**	**B**	**M**
	O	0 , 0	0 , 9.52	0 , 4	**0 , 9.96**
Unter-	**A**	9.52 , 0	0.9 , 0.9	**6.98 , 2.6**	-0.22 , 2.36
nehmen I	**B**	4 , 0	**2.6 , 6.98**	-1.56 , -1.56	-2 , 4.96
	M	**9.96 , 0**	2.36 , -0.22	4.96 , -2	-2.24 , -2.24

Anders ist es im Beispiel (d). Dort existieren vier Gleichgewichte: BA, AB, MO und OM, deren Gewinnaussichten für die Unternehmen unterschiedlich sind. Daß hier neben AB auch BA und neben MO auch OM ein Gleichgewicht ist, wird sich als typisches Phänomen für Parameterkonstellationen mit $h = f$ herausstellen. Wenn die Fixkosten der Produktion unabhängig davon sind, ob im eigenen Land oder im Ausland produziert wird, hat kein Unternehmen einen "Heimvorteil", und es ist zum Beispiel in einer Situation, in der in verschiedenen Ländern produziert wird, nicht determiniert, welches Unternehmen in welchem Land produziert.

Um Ordnung in die Vielfalt der Möglichkeiten zu bringen, analysieren wir zunächst den Einfluß verschiedener Parameter wie Umweltpolitik, Marktgröße, Transportkosten und Fixkosten auf die Standortentscheidung der Unternehmen.

Die Abbildung 5.3 veranschaulicht den Zusammenhang von Transportkosten und Umweltpolitik des Landes A. Die Berechnung des Bereiches, in dem eine bestimmte Standortkonstellation auftritt, ist recht aufwendig. Daher wurde für ein Gitter von Punkten ermittelt, welche Standortentscheidung die beiden Unternehmen treffen. Um die Darstellung optisch nicht zu überfrachten, sind die Kürzel für einige Standortkombinationen durch andere Symbole ersetzt worden. Es bedeuten

"+" MM

"=" AB

"A" AA

"B" BB

"." multiple Gleichgewichte.

Aus der Abbildung 5.3 wird zweierlei deutlich. Transportkosten schotten die Märkte voneinander ab. Eine Senkung der Transportkosten (oder in alternativer Interpretation: ein Abbau von Handelsschranken) verschärft daher den Wettbewerb und erhöht die Bereitschaft zum Wechsel des Produktionsstandortes, sobald ein Land unilateral seine Umweltschutzbestimmungen verschärft. Zum zweiten bilden Transportkosten in diesem Modell den (einzigen) Grund für das Entstehen multinationaler Unternehmen. Je höher die Transportkosten für Exporte sind, um so eher ist eine Produktion "vor Ort" sinnvoll. Dafür werden dann auch größere Unterschiede zwischen den Umweltsteuersätzen in Kauf genommen. Transportkosten erhöhen also den Spielraum, in dem eine Regierung ihre

Umweltpolitik gestalten kann, ohne mit Standortverlagerungen rechnen zu müssen.[5]

Abbildung 5.3: Transportkosten, Standortwahl und Umweltpolitik
$(t_B = 0, \alpha_A = \alpha_B = 10, c_I = c_{II} = 0, f = 8, h = 2)$

k \ tA	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,4	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,8	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,2	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,6	=	=	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	=	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,4	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,8	+	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,2	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,6	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4,4	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4,8	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5,2	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5,6	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6,4	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6,8	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
7,2	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
7,6	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8,4	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B
8,8	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B
9,2	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B
9,6	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B
10	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B

Die Abbildung 5.4 analysiert den Zusammenhang von Produktionstechnik[6] und Standortwahl. Für jedes Unternehmen gilt, daß bei gegebenen Fixkosten und gegebener Marktgröße die höheren Fixkosten einer multinationalen Tätigkeit nur bei geringen variablen Kosten gedeckt werden können. Je asymmetrischer die Unternehmen sind, desto eher wird das Unternehmen mit dem besseren Produktionsverfahren zu einem multinationalen Unternehmen. Denn ihm fällt durch seinen Kostenvorteil ein größerer Marktanteil zu.

---

5 Zu diesem Ergebnis kommen auch Markusen (1995, Abbildung 1c auf S. 179; 1997) und Motta und Thisse (1994, S. 569 f.).

6 Die Grenzkosten c_I und c_{II} stehen für die Produktionsverfahren der Unternehmen. Sie reflektieren Unterschiede zwischen den Unternehmen, nicht zwischen den Ländern, und stellen daher keine Standortvorteile oder -nachteile dar. Egal in welchem Land ein Unternehmen produziert, es produziert stets mit derselben Technik.

Abbildung 5.4: Produktionstechnik und Standortentscheidung
($k = 5, \alpha_A = \alpha_B = 14, t_A = t_B = 0, f = 14, h = 5$)

cI \ cII	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
0,4	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
0,8	+	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
1,2	+	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
1,6	AM	AM	+	+	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
2	AM	AM	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
2,4	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
2,8	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	=	MB	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
3,2	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	=	=	MB	MB	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
3,6	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	=	=	=	=	MB	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
4	OM	OM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	MB	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
4,4	OM	OM	OM	OM	AM	AM	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	#	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
4,8	OM	OM	OM	OM	OM	OM	AM	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	#	#	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
5,2	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	#	#	#	#	MO	MO	MO	MO	MO	MO
5,6	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	AM	=	=	=	=	=	=	#	#	#	#	#	MO	MO	MO	MO
6	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO	AO
6,4	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
6,8	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	x	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
7,2	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
7,6	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
8	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
8,4	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	x	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
8,8	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	=	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
9,2	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OB	=	=	=	=	=	=	=	=	AO	AO
9,6	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OO	OO
10	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OM	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OO	OO

"x": AB und OM
"#": AB und MO

Die Abbildung 5.5 zeigt die Wirkung der Fixkosten bei Aufnahme der Produktion im Ausland. Wir gehen zunächst von einer Situation aus, die durch geringe Fixkosten gekennzeichnet ist, etwa $f = 1{,}2$. Bei höherem Steuersatz t_A lohnt es sich, eine Niederlassung im Ausland zu gründen, um Steuern und Transportkosten zu sparen. Bei einem noch höheren Steuersatz wird ausschließlich in Land B produziert und der Markt in Land A durch Exporte beliefert.

Betrachten wir nun den Bereich mittlerer Fixkosten, etwa $f = 5{,}2$. Die Fixkosten sind hier im Vergleich zu den Transportkosten und der Marktgröße relativ hoch, daher wird länger am Export festgehalten. Erst ab einem höheren Steuersatz lohnt sich eine Verlagerung der Produktion nach B. Die Aufrechterhaltung der Produktion in A rentiert sich nicht, da die Steuersatzdifferenz im Vergleich zu den Transportkosten zu hoch ist.

Bei sehr hohen Fixkosten, in der Abbildung zum Beispiel bei $f = 8$, lohnt sich für Unternehmen I die Gründung einer Produktionsstätte im Ausland nie. Eine Erhöhung des Steuersatzes im Land A hat dann nur die übliche Wirkung: Erst

wird der Export eingestellt, da die Steuerbelastung und die Transportkosten vom ausländischen Markt nicht mehr getragen werden. Schließlich wird die Produktion ganz aufgegeben.

Abbildung 5.5: Fixkosten, Standortwahl und Umweltpolitik
($k = 1, \alpha_A = \alpha_B = 8, c_I = c_{II} = 0, t_B = 2, h = 0{,}0001$)

f \ tA	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	A	A	A	+	+	+	+	+	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,4	A	A	A	+	+	+	+	+	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,8	A	A	A	AM	+	+	+	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,2	A	A	A	AM	+	+	+	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,6	A	A	A	AM	AM	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	A	A	A	AM	AM	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,4	A	A	A	AM	AM	=	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,8	A	A	A	AM	AM	=	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,2	A	A	A	AM	=	=	=	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,6	A	A	A	AM	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	A	A	A	.	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4,4	A	A	A	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4,8	A	A	A	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5,2	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5,6	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6,4	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6,8	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
7,2	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
7,6	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8,4	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8,8	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
9,2	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
9,6	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
10	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB

Eine vergleichbare Wirkung, nur mit umgekehrtem Vorzeichen, hat die Marktgröße. In der Abbildung 5.6 variiert entlang der vertikalen Achse die Marktgröße in beiden Ländern simultan ($\alpha := \alpha_A = \alpha_B$).[7] Sind beide Märkte relativ klein, so lohnt sich der Aufbau einer Produktion im Ausland für Unternehmen I nicht. Bei höherer Steuerbelastung verliert es an Wettbewerbsfähigkeit gegenüber dem ausländischen Unternehmen und stellt irgendwann die Produktion ein. Das ist um so später der Fall, je größer die Märkte sind. Bei (im Vergleich zu den Fixkosten) mittlerer Marktgröße in beiden Ländern gibt es einen kritischen Wert des Steuersatzes, ab dem es sich für Unternehmen I lohnt, nicht in Land A sondern im Ausland zu produzieren. Dieser Punkt ist um so eher erreicht, je

7 Die Abbildung 5.6 hat bemerkenswerte Ähnlichkeit mit einer Darstellung von Motta und Thisse (1994, S. 568), obwohl dort nur ein Unternehmen mobil ist und praktisch alle Formeln falsch sind. Durch diese Fehler entsteht bei Motta und Thisse ein Bereich, in dem die Unternehmen produzieren, selbst wenn keine Nachfrage nach dem Gut besteht.

größer die Märkte sind, da dann die Fixkosten weniger ins Gewicht fallen. Bei großen Märkten erfolgt die Produktionsverlagerung im Zuge einer Steuererhöhung schrittweise, zunächst über die Gründung einer zweiten Niederlassung in Land B, dann über die Verlagerung der gesamten Produktion.

Abbildung 5.6: Marktgröße und Umweltpolitik
$(k = 2, c_I = c_{II} = 0, t_B = 0, f = 10, h = 1)$

α \ tA	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO
0,8	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO
1,6	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO
2,4	=	.	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
3,2	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
4	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
4,8	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
5,6	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
6,4	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
7,2	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8	=	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8,8	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
9,6	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
10,4	=	=	=	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
11,2	=	=	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12	=	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12,8	=	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
13,6	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
14,4	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
15,2	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16,8	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
17,6	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
18,4	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
19,2	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
20	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Daß Multinationalität wegen der damit verbundenen höheren Fixkosten entsprechende Marktgrößen verlangt, wird in der Abbildung 5.7 bestätigt. Dort wird auch deutlich, daß die Marktgröße ein Standortfaktor ist. Bei asymmetrischen Märkten ist der größere Markt der attraktivere Standort.[8] Dies zeigen ebenfalls die Abbildungen 5.8 und 5.9. Je größer der Markt in A ist, desto eher kann die Regierung in A ihren Steuersatz erhöhen, ohne Standortverlagerungen auszulösen. Die entgegengesetzte Wirkung hat die Marktgröße in Land B. Je größer dieser Markt ist, desto eher führt eine Erhöhung von t_A zu Produktionsverlagerungen.

---

8 Motta und Thisse (1994, S. 569) kommen zum umgekehrten Schluß: "This might come as a surprise since the increase in its market size could suggest that country A becomes a more attractive location. In fact, such a reasoning does not take into account that the larger the size of market A the stronger the incentive to produce at a lower marginal cost."

Abbildung 5.7: Die Marktgröße in A und B
($k = 2, c_I = c_{II} = 0, t_A = t_B = 0, f = 8, h = 3$)

αA \ αB	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2	16	16,8	17,6	18,4	19,2	20
0	OO	OO	OO	OO	OO	OB	OB	OB	OB	OB	OB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,8	OO	OO	OO	OO	OO	OB	OB	OB	OB	OB	OB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,6	OO	OO	OO	OO	OO	OB	OB	OB	OB	OB	OB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,4	OO	OO	OO	OO	OO	OB	OB	OB	OB	OB	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,2	OO	OO	OO	OO	OO	OB	OB	OB	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	AO	AO	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
4,8	AO	AO	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
5,6	AO	AO	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
6,4	AO	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
7,2	AO	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
8	AO	AO	AO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
8,8	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
9,6	A	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
10,4	A	A	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	=	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
11,2	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12,8	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13,6	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14,4	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15,2	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16,8	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17,6	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18,4	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19,2	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Abbildung 5.8: Der Einfluß der Marktgröße in Land A
($k = 2{,}5, \alpha_B = 12, c_I = c_{II} = 0, t_B = 3{,}2, f = 6, h = 3$)

αA \ tA	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
0,8	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
1,6	A	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2,4	A	=	=	=	.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3,2	A	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	A	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4,8	A	A	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5,6	A	A	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6,4	A	A	A	=	=	=	=	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
7,2	A	A	A	=	=	=	=	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8	A	A	A	A	=	=	=	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8,8	A	A	A	A	=	=	=	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
9,6	A	A	A	A	AM	AM	=	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
10,4	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
11,2	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12,8	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
13,6	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
14,4	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
15,2	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16,8	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
17,6	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
18,4	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
19,2	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
20	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	+	+	+	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Abbildung 5.9: Der Einfluß der Marktgröße in Land B
($k = 2{,}5, \alpha_A = 12, c_I = c_{II} = 0, t_B = 3{,}2, f = 8, h = 3$)

αB \ tA	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10
0	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
0,8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
1,6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
2,4	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
3,2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
4	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	AO	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
4,8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AO	AO	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
5,6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
6,4	A	A	A	A	A	A	A	A	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
7,2	A	A	A	A	A	A	AM	AM	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8	A	A	A	A	A	A	AM	AM	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
8,8	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	=	=	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
9,6	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
10,4	A	A	A	A	A	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
11,2	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	=	=	=	=	=	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	=	=	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
12,8	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	=	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
13,6	A	A	A	A	AM	AM	AM	AM	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
14,4	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
15,2	A	A	A	A	AM	AM	AM	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16	A	A	A	A	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16,8	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
17,6	A	A	A	AM	AM	AM	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
18,4	A	A	A	AM	AM	+	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
19,2	A	A	A	AM	AM	+	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
20	A	A	A	AM	AM	+	+	+	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Fassen wir zusammen: Erwartungsgemäß zeigt sich in allen Fällen, daß die Zahl der Produktionsbetriebe in einem Land abnimmt, wenn das Land einseitig seine Umweltschutzbestimmungen verschärft.

Bei kleinen Märkten und hohen Fixkosten für die Gründung einer Betriebsstätte führt ein höherer inländischer Emissionssteuersatz zum Ausscheiden des eigenen und in einem Fall auch des ausländischen Unternehmens. Bei mittleren Marktgrößen und mittleren Fixkosten führt ein höherer Steuersatz dazu, daß die gesamte Produktion im Ausland stattfindet. Bei großen Märkten und geringen Fixkosten vollzieht sich dieser Exodus hingegen in mehreren Schritten. Hier entstehen - sofern für den Güterexport Transportkosten anfallen - multinationale Unternehmen. Bei einem höheren Steuersatz in Land A wird eine Niederlassung im Land B gegründet, die Produktion in Land A aber zunächst beibehalten. Erst bei einem noch höheren Steuersatz wird schließlich nicht mehr in Land A produziert.

Die Annahme, daß die Fixkosten für die Gründung einer Niederlassung im Ausland höher sind als beim Aufbau einer Produktion im Heimatland ($h < f$) impliziert, daß ein Unternehmen bei der Produktion im Ausland gegenüber dem

dort ansässigen Unternehmen benachteiligt ist. Verschärft Land A seine Umweltschutzbestimmungen, verzichtet daher zuerst das ausländische Unternehmen II auf eine Produktion in A, dann das eigene Unternehmen I.

Ein großer lokaler Markt, hohe Fixkosten sowie hohe Transportkosten senken die Mobilität der Unternehmen und eröffnen der Regierung einen größeren Spielraum, in dem sie ihre Umweltpolitik gestalten kann, ohne Standortverlagerungen zu induzieren.

In der Literatur wird die Auffassung vertreten, daß multinationale Unternehmen die internationale ökonomische Aktivität dominieren, wenn Länder einander in bezug auf Größe, Faktorausstattung und Produktionsbedingungen ähnlich sind.[9] Trotz seiner einfachen Struktur reproduziert das Modell dieses Ergebnis. In der Abbildung 5.7 entstehen multinationale Unternehmen in der Nähe der Diagonalen. Dort ist die Nachfrage in beiden Ländern gleich. Bei sehr asymmetrischen Marktgrößen dominiert hingegen die Produktion in nur einem Land, und zwar in demjenigen, das aufgrund seiner größeren Nachfrage als Produktionsstandort attraktiver ist. In den Abbildungen 5.3, 5.5, 5.8 und 5.9 bilden sich multinationale Unternehmen vor allem dann, wenn die Steuersätze in den Ländern nicht zu weit differieren.

5.4 Die Entscheidung der Regierungen[10]

Die Wohlfahrt der Länder messen wir als Summe von Konsumentenrente, Unternehmensgewinnen und Steuereinnahmen abzüglich der produktionsbedingten Umweltbelastung. Diese Umweltbelastung wird durch eine quadratische Schadensfunktion erfaßt. Grenzüberschreitende Emissionen sind zunächst ausgeschlossen. Die Wohlfahrt hängt von der Standortentscheidung der Unternehmen ab. Produziert Unternehmen I in Land A und Unternehmen II in Land B, so beträgt die Wohlfahrt in Land A

---

9 Vgl. Markusen (1995, S. 178) und die dort zitierte Literatur.

10 Eine erweiterte Darstellung der Abschnitte 5.4, 5.5 und 5.6 findet sich in Hübner (1998). Dort werden ergänzend verschiedene Formen der Schadensfunktion, Bertrand-Wettbewerb, Beschäftigungs- und Einkommenseffekte sowie eine Variante mit drei Ländern behandelt. In dem dort analysierten Modell sind die Märkte A und B integriert, d. h. die Unternehmen können keine Preisdifferenzierung zwischen den Märkten durchsetzen. Die Länder können sich zudem in ihrem Nachfrageverhalten unterscheiden. Solange keine Transportkosten anfallen, sind die Ergebnisse der beiden Modellvarianten jedoch gleich.

$$W_A^{AB} = (x_A^{AB} + y_A^{AB})^2 / 2 + \pi_I^{AB} + t_A (x_A^{AB} + x_B^{AB}) - \delta\left(x_A^{AB} + x_B^{AB}\right)^2 .$$

Produktionsmengen und Firmengewinne sind Funktionen der Steuersätze, daher ist auch W_A^{AB} eine Funktion der Umweltsteuersätze t_A und t_B. Der erste Summand mißt die Konsumentenrente, der letzte Summand die Höhe der Umweltbelastung durch die Produktion. Die Größe δ ist ein Parameter der Schadensfunktion. Je höher δ, um so umweltbelastender ist die Produktion oder um so wichtiger wird die Umweltqualität genommen.

Falls beide Unternehmen multinational operieren, erhält man als Wohlfahrt in Land A

$$W_A^{MM} = (x_A^{MM} + y_A^{MM})^2 / 2 + \pi_I^{MM} + t_A (x_A^{MM} + y_A^{MM}) - \delta\left(x_A^{MM} + y_A^{MM}\right)^2 .$$

Bei dieser Formulierung wird unterstellt, daß auch der Teil des Gewinns, den das Unternehmen I im Ausland erwirtschaftet, seinen Eignern in Land A zugute kommt. Beim Auslandsengagement handelt es sich also um eine hundertprozentige Tochtergesellschaft, deren gesamter Gewinn an die Muttergesellschaft transferiert wird.[11]

In analoger Weise ermittelt man die Wohlfahrt von Land A, wenn beide Unternehmen dort produzieren,

$$\begin{aligned} W_A^{AA} = {} & (x_A^{AA} + y_A^{AA})^2 / 2 + \pi_I^{AA} + t_A (x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}) \\ & - \delta\left(x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}\right)^2 , \end{aligned}$$

und wenn beide Unternehmen in Land B produzieren

$$W_A^{BB} = (x_A^{BB} + y_A^{BB})^2 / 2 + \pi_I^{BB} .$$

Auch für die übrigen zwölf Standortkonstellationen sind die Wohlfahrtsfunktionen zu berechnen. Es sei darauf verzichtet, sie hier aufzulisten.

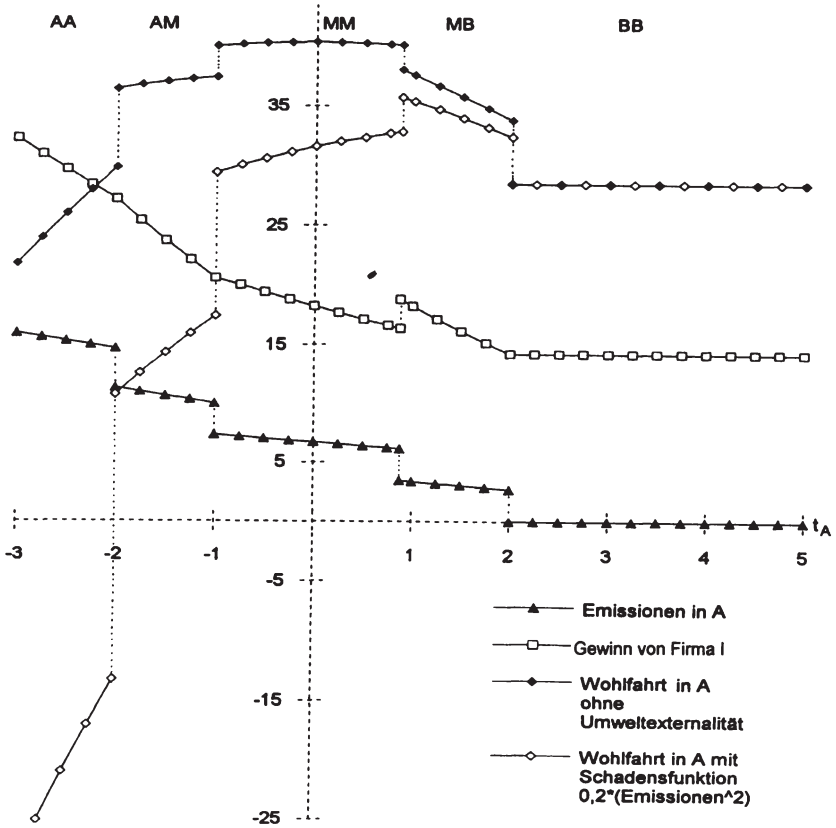
Die Abbildung 5.10 zeigt exemplarisch, wie Wohlfahrt, Gewinn und Emissionen in Land A von der Umweltpolitik seiner Regierung abhängen.

---

[11] Dies entspricht dem Fall $\omega_i = 1$ in Abschnitt 2.5. Dort wurde untersucht, wie sich die Regierungen bei multinationalen Unternehmen entscheiden, wenn ein Teil $1 - \omega_i$ des Gewinns im Gastland verbleibt.

Abbildung 5.10: Wohlfahrt, Gewinn und Emissionen in Land A in Abhängigkeit vom inländischen Emissionssteuersatz

$(k = 2, \alpha_A = \alpha_B = 10, c_I = c_{II} = t_B = 0, f = 4, h = 0)$



Man sieht, daß kleine Änderungen des Steuersatzes t_A sprunghafte Veränderungen aller Größen nach sich ziehen, wenn sie zu einer Standortverlagerung der Produktion führen.[12] Die Wirkungen von Steuersatzänderungen, die aus Modellen mit immobilen Unternehmen abgeleitet werden, sind daher wenig aussa-

[12] Im abgebildeten Beispiel geschieht dies bei Steuersätzen von -2, -1, 0.875 und 2.

gekräftig, wenn Unternehmen mobil sind.[13] Durch diese Unstetigkeiten können zudem unvermutete Wirkungsketten entstehen. Beispielsweise ist in der Abbildung 5.10 die Beziehung zwischen dem Gewinn von Unternehmen A und dem Steuersatz in Land A nicht mehr monoton. Der sprunghafte Anstieg des Gewinns bei $t_A = 0{,}875$ rührt daher, daß für höhere Steuersätze das ausländische Unternehmen in Land B produziert und Land A durch Exporte beliefert. Das verbessert die Wettbewerbsposition von Firma A, da die Exporte von Firma B durch Transportkosten belastet werden.

Im vorangegangenen Abschnitt ist deutlich geworden, daß die Standortwahl der Unternehmen sehr sensibel nicht nur von der Umweltpolitik, sondern auch von Parametern wie Fixkosten, Transportkosten, Grenzkosten und Marktgrößen abhängt. Es ist also zu erwarten, daß auch das Ergebnis des Umweltsteuerwettbewerbs zwischen den Regierungen stark parameterabhängig ist. Im folgenden wird daher eine Reihe spezieller Fälle analysiert, die einen Einblick vermitteln sollen, welche Faktoren auf die Steuersatzentscheidung einwirken und welche Ergebnisse möglich sind.

Annahmen: Wir unterstellen für den Rest des Kapitels gleiche Nachfragefunktionen in beiden Ländern ($\alpha_A = \alpha_B =: \alpha$) und gleiche Grenzkosten der Unternehmen ($c_I = c_{II} =: c$). Da in diesem Fall eine Erhöhung (Senkung) von c genau wie eine Senkung (Erhöhung) des Nachfrageparameters α wirkt (vgl. Abb. 5.1), können wir $c = 0$ setzen. Zusätzlich sehen wir zunächst von Fixkosten und Transportkosten ab ($k = h = f = 0$). Die Unternehmen sind dadurch sehr mobil. Die Annahmen über Fixkosten und Transportkosten werden in den Abschnitten 5.6 und 5.7 aufgehoben.

Unter diesen Annahmen erhält man den in der Abbildung 5.11 dargestellten Zusammenhang von Marktform und Umweltpolitik. Solange die Steuerbelastung in den Ländern nicht zu hoch ist, werden beide Unternehmen in dem Land mit dem geringeren Emissionssteuersatz produzieren. Bei gleichem Steuersatz sind sie indifferent zwischen den Ländern. Es existieren daher mehrere Gleichgewichte[14], die alle zu derselben Gewinnsituation für die Unternehmen führen. Wir treffen für diesen Fall die Annahme, daß jedes Unternehmen in seiner Heimat produziert und den anderen Markt durch Exporte beliefert (Marktform AB). Übersteigt die Steuerbelastung in beiden Ländern den Preis, der für das erste

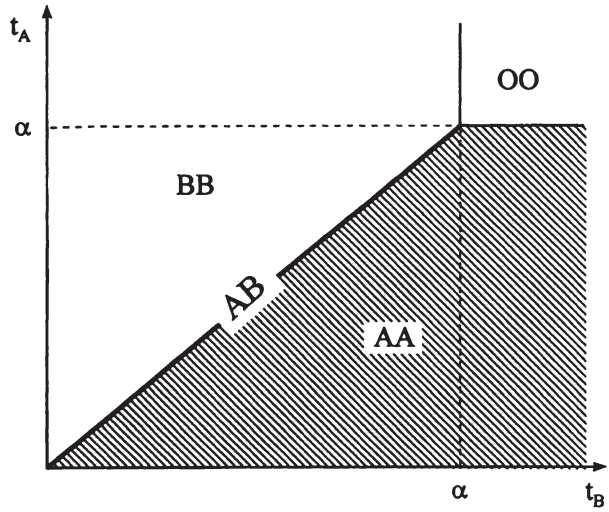
---

[13] Vgl. dazu auch die Beispiele bei Markusen, Morey und Olewiler (1993).

[14] AA, AB, AM, BA, BB, BM, MM, MA und MB.

abgesetzte Stück erzielbar ist ($t_A \geq \alpha, t_B \geq \alpha$), kann kein Unternehmen kostendeckend arbeiten, und es wird nicht produziert.

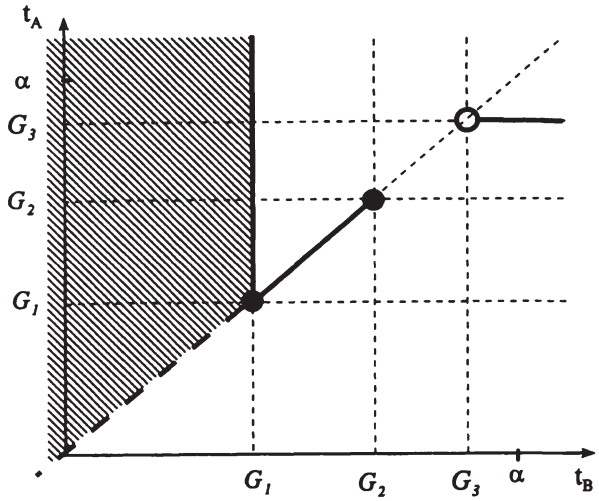
Abbildung 5.11: Standortentscheidung ohne Fixkosten und Transportkosten



Um das teilspielperfekte Gleichgewicht des nichtkooperativen Spiels zu bestimmen, wird zunächst die Beste-Antwort-Korrespondenz der Regierung in Land A ermittelt. Sie ist in der Abbildung 5.12 dargestellt. Eine formale Herleitung erfolgt im Anhang zum Abschnitt 5.4.

Bei einem relativ geringen Emissionssteuersatz in Land B ($t_B < G_1$) ist es für Land A am besten, wenn beide Unternehmen im Ausland produzieren. Die Regierung in Land A wählt ihren Steuersatz daher über dem in Land B. Konsumenten wie Firmeneigner profitieren von den niedrigen Steuern im Ausland. Wollte die Regierung von Land A die Unternehmen zu Direktinvestitionen in ihrem Land bewegen, müßte sie ihren Steuersatz dem des Auslandes angleichen. Konsumentenrente und Gewinn blieben durch diese Maßnahme unverändert. Die Steuereinnahmen wären jedoch geringer als die Umweltbelastung, die durch die Produktion im Inland entstehen würde. Das gilt erst recht, wenn Land A den Steuersatz von Land B unterbietet, um beide Unternehmen zu attrahieren.

Abbildung 5.12: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A



Erst bei einem Steuersatz in Höhe von G_1 entspricht der Schaden, den die Produktion von Unternehmen I anrichtet, gerade den Steuerzahlungen, die es leistet. Bei diesem Steuersatz ist Land A als Produktionsstandort aber nur attraktiv, wenn der Steuersatz in Land B ebenfalls mindestens das Niveau G_1 erreicht. Bei $t_B = G_1$ ist Land A indifferent zwischen allen Steuersätzen $t_A \geq t_B$.

Für $t_B > G_1$ kann die Regierung in Land A Steuern verlangen, die die produktionsbedingte Minderung der Umweltqualität mehr als ausgleichen, ohne deshalb als Produktionsstandort unattraktiv zu werden. Für Land A ist daher die Standortkombination AB günstiger als BB. Wird die Regierung in A ihren Steuersatz so weit senken, daß auch das zweite Unternehmen seine Produktion nach A verlagert? Dazu würde bereits eine marginale Senkung des Steuersatzes ausreichen. Im Bereich $G_1 \leq t_B \leq G_2$ lohnt sich eine solche Maßnahme nicht. Zwar würden sich bei zwei Unternehmen die Produktion im Inland und damit auch die Steuerzahlungen etwa verdoppeln. Die Umweltkosten würden sich infolge der Konvexität der Schadensfunktion aber ungefähr vervierfachen. Erst wenn Land A den Unternehmen einen Steuersatz von mehr als G_2 abverlangen kann, ist der Überschuß der Steuerzahlungen über die Umweltschäden bei zwei Unternehmen größer als bei einer Firma. Ab diesem Punkt wird die Marktform AA attraktiver als die Standortkombination AB, und die Regierung in Land A wird den auslän-

dischen Steuersatz unterbieten und $t_A < t_B$ setzen. Im Bereich $G_2 < t_B \leq G_3$ sollte t_A gleichzeitig möglichst hoch sein. Daher existiert dort strenggenommen keine beste Antwort.

Da die Länder und Unternehmen symmetrisch modelliert sind, erhält man eine analoge Reaktionskorrespondenz für die Regierung in Land B. Damit kann man die Steuersätze im teilspielperfekten Gleichgewicht aus der Abbildung 5.12 ablesen: Es ergibt sich ein Kontinuum von Gleichgewichten. Jedes Paar von Steuersätzen (t_A, t_B) mit

$$t^N := t_A = t_B \in [G_1, G_2],$$
$$G_1 = \frac{2\alpha\delta}{3+2\delta}, \quad G_2 = \frac{2\alpha\delta}{1+2\delta}$$

ist ein teilspielperfektes Gleichgewicht.

Kooperation der Regierungen: Um das Ergebnis des nichtkooperativen Spiels einzuordnen, betrachten wir eine Situation, in der die Regierungen ihre Umweltpolitik so festlegen, daß die Summe der Wohlfahrt in Land A und Land B maximiert wird. Diese Summe wird im folgenden wieder als "Weltwohlfahrt" bezeichnet.

Auch die Weltwohlfahrt hängt davon ab, welche Produktionsstandorte die Unternehmen gewählt haben. Bei der unterstellten streng konvexen Schadensfunktion ist eine Aufteilung der Weltproduktion auf beide Länder einer Konzentration in nur einem Land vorzuziehen. Das Maximum der Weltwohlfahrt wird daher bei der Standortkombination AB erreicht.

Entsprechend berechnet man die optimalen Steuersätze[15] als Lösung des Maximierungsproblems

---

[15] Mit der Emissionssteuer muß ein Instrument zur Korrektur mehrerer Verzerrungen herhalten. Daher liegt hier ein "second-best" Problem vor. Zur Korrektur von Standortwahl, unvollkommenem Wettbewerb und Produktionsexternalität würde ein Planer eigentlich mehrere Instrumente benötigen. Dennoch wird mit den angegebenen Steuersätzen hier ein "first-best" Ergebnis erzielt. Warum? Zur Korrektur der durch den oligopolistischen Wettbewerb bedingten Ineffizienz würde man eine Produktionssubvention benötigen. Durch ein zweites Instrument, eine Besteuerung der Emissionen, läßt sich erreichen, daß die Unternehmen die von ihnen verursachte Umweltbelastung berücksichtigen. Da in diesem Modell Produktion und Emissionen proportional erfolgen, richten sich beide Instrumente auf dieselbe Größe, so daß man sie zu einem Instrument zusammenfassen kann. Da die Steuersätze hier symmetrisch sind, wird schließlich auch noch die optimale Standortentscheidung AB realisiert.

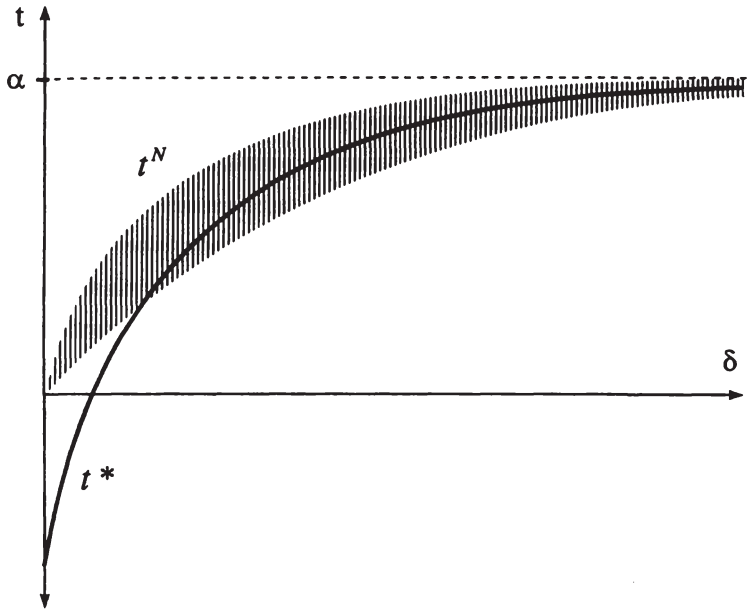
$$\max_{t_A, t_B} \quad W_A^{AB}(t_A, t_B) + W_B^{AB}(t_A, t_B)$$
$$u.d.N. \quad t_A = t_B$$

und erhält

$$t^* := t_A = t_B = \alpha \frac{4\delta - 1}{4\delta + 2} \quad .$$

Diese Steuersätze sind in der Abbildung 5.13 denen des nichtkooperativen Spiels gegenübergestellt.

Abbildung 5.13: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze



Zur Interpretation betrachten wir zunächst eine Situation, in der die Produktion nicht umweltbelastend ist ($\delta = 0$). Optimal wäre eine Produktionssubvention, die das durch die oligopolistische Marktform bedingte zu geringe Angebot korrigiert. Eine solche Subvention kommt im nichtkooperativen Spiel aber nicht zustande. Denn aus der Perspektive des einzelnen Landes ist es immer besser, wenn diese Subvention vom anderen Land aufgebracht wird. Ausgehend von der

kooperativen Lösung hat jede Regierung daher einen Anreiz, ihren Subventionssatz zu senken, also t_i zu erhöhen. Dies treibt die Steuersätze hoch bis auf Null. Bei positiven Steuersätzen konkurrieren andererseits die Länder im Wettlauf um die Steuereinnahmen, bis die Steuersätze auf Null gefallen sind. Ein vergleichbarer Effekt tritt ein, wenn durch die Produktion die Umweltqualität beeinträchtigt wird. Denn auch in diesem Fall beinhaltet der kooperative Steuersatz neben seiner Funktion als Korrektiv der Umweltexternalität ein Element der Produktionssubventionierung. Daher existiert stets ein teilspielperfektes Gleichgewicht mit Steuersätzen, die höher sind als im kooperativen Fall.

Bei der hier unterstellten quadratischen Schadensfunktion kommt noch ein weiterer Aspekt hinzu. Die strenge Konvexität der Schadensfunktion mildert die Konkurrenz der Länder um die Steuereinnahmen. Es entsteht eine Art "Präferenz" der Länder für die Standortkonstellation AB, die dazu führt, daß ein Kontinuum von Gleichgewichten existiert. In allen diesen Gleichgewichten zahlen die Unternehmen Steuern, die mindestens den von ihnen verursachten Umweltschäden entsprechen. Bei allen Gleichgewichten mit $t^N \in (G_1, G_2]$ übersteigen die Steuereinnahmen die produktionsbedingten Umweltschäden sogar.[16] Daher hat keine Regierung einen Grund, ihren Steuersatz zu erhöhen, um ihr Unternehmen zu einer Produktionsverlagerung in das andere Land zu veranlassen. Anders als ohne Umweltexternalität hat aber auch keine Regierung ein Motiv für Steuersenkungen, um Direktinvestitionen des zweiten Unternehmens einzuwerben. Denn die von diesem Unternehmen erzielbaren Steuereinnahmen würden den überproportional höheren Verlust an Umweltqualität nicht kompensieren.

Wenn der Schadensparameter δ hoch genug ist, ist die kooperative Lösung eines der möglichen Gleichgewichte des nichtkooperativen Spiels, das darüber hinaus die übrigen Gleichgewichte paretodominiert.[17]

Je gravierender die Beeinträchtigung der Umwelt ist, um so mehr verlieren strategische Motive gegenüber der Regulierung der Umweltproblematik an Ge-

---

[16] Bei einer nicht streng konvexen, sondern nur linearen Schadensfunktion könnte eine solche Situation kein Gleichgewicht sein. Dort würde man ein eindeutiges nichtkooperatives Gleichgewicht erhalten, bei dem die Steuerzahlungen eines Unternehmens genau dem Schaden entsprechen, den es anrichtet ($t^N = t_A = t_B = \delta$), vgl. Hübner (1998).

[17] Paretodominanz ist ein mögliches - wenngleich nicht unumstrittenes - Kriterium bei der Auswahl aus mehreren Gleichgewichten, vgl. etwa Binmore (1992, S. 298 f.).

wicht. Daher konvergieren mit steigender Umweltbelastung (gemessen durch δ) schließlich die kooperativen und die nichtkooperativen Steuersätze gegen den prohibitiv hohen Steuersatz α.

5.5 Grenzüberschreitende Schadstoffemissionen

Wir gehen weiterhin von symmetrischen Ländern, symmetrischen Unternehmen und einer Situation ohne Transport- und Fixkosten aus, lassen nun aber die Annahme fallen, daß die Emissionen nur die nationale Umwelt belasten. Die Standortentscheidung der Unternehmen wird durch die Abbildung 5.11 beschrieben.

Die Wohlfahrt in Land A bei den vier relevanten Standortkombinationen beträgt

$$W_A^{BB}(t_B) = (x_A^{BB} + y_A^{BB})^2 / 2 + \pi_I^{BB} - \delta\left(\gamma(x_A^{BB} + x_B^{BB} + y_A^{BB} + y_B^{BB})\right)^2,$$

$$W_A^{AA} = (x_A^{AA} + y_A^{AA})^2 / 2 + \pi_I^{AA} + t_A(x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}) - \delta\left(x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}\right)^2,$$

$$W_A^{AB} = (x_A^{AB} + y_A^{AB})^2 / 2 + \pi_I^{AB} + t_A(x_A^{AB} + x_B^{AB}) - \delta\left(x_A^{AB} + x_B^{AB} + \gamma y_A^{AB} + \gamma y_B^{AB}\right)^2,$$

$$W_A^{OO}(t_A, t_B) = 0 .$$

Symmetrische Ausdrücke erhält man für die Wohlfahrt in Land B. Der Parameter γ, $0 \le \gamma \le 1$, mißt den Globalitätsgrad des Umweltproblems. Bei $\gamma = 0$ erfolgt durch die Emissionen nur eine lokale Umweltbelastung. Dieser Fall wurde bislang unterstellt. Das andere Extrem, $\gamma = 1$, beschreibt einen global wirkenden Schadstoff.

Was geschieht, wenn der emittierte Schadstoff nicht nur die lokale Umwelt belastet, sondern auch die Umwelt im jeweils anderen Land? Bei gegebenem δ ist die Gesamtbelastung der Umwelt höher. Eine kooperative Umweltpolitik würde dem durch höhere Steuersätze Rechnung tragen. Aus dem Maximierungsansatz

$$\max_{t_A, t_B} \quad W_A^{AB}(t_A, t_B) + W_B^{AB}(t_A, t_B)$$
$$u.d.N. \quad t_A = t_B$$

berechnet man die kooperativen Steuersätze

$$t^* := t_A = t_B = \alpha \frac{4\delta(1+\gamma)^2 - 1}{4\delta(1+\gamma)^2 + 2} .$$

Im nichtkooperativen Spiel tritt jedoch das genaue Gegenteil ein. Je stärker die Umweltqualität eines Landes durch die Produktion des Auslandes belastet wird, desto geringer ist der Nachteil, der einem Land daraus entsteht, Produktionsstandort zu sein, und desto geringer wird entsprechend der Anreiz, durch hohe Steuern Produktion in das Ausland umzulenken. Dafür wird der Wettbewerb um die Steuereinnahmen härter. Dies führt zu geringeren Steuersätzen als bei nur lokal wirkenden Schadstoffen.

Die Reaktionsfunktion der Regierung A behält die in der Abbildung 5.12 gezeigte Form. Jedoch sind G_1 und G_2 nun durch

$$G_1 = \frac{\alpha\delta(1-\gamma)(2+6\gamma)}{3+\delta(1-\gamma)(2+6\gamma)}, \qquad G_2 = \frac{2\alpha\delta(1-\gamma)(3+\gamma)}{3+2\delta(1-\gamma)(3+\gamma)}$$

definiert. Eine formale Herleitung findet sich im Anhang zu Abschnitt 5.4.

Man erhält wieder ein Kontinuum von Gleichgewichten. Jedes Paar von Steuersätzen (t_A, t_B) mit

$$t^N := t_A = t_B \in [G_1, G_2]$$

ist ein teilspielperfektes Gleichgewicht.

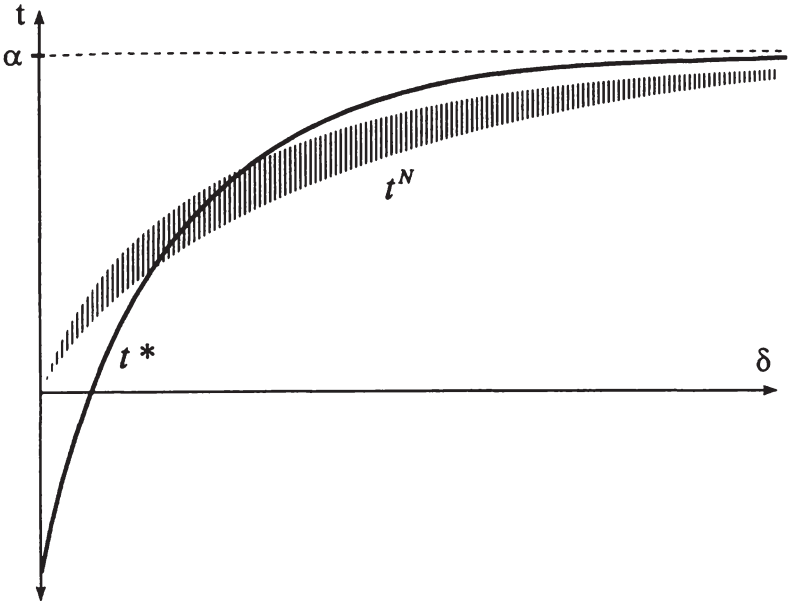
Im Extrem $\gamma = 1$ schrumpft dieser Bereich auf $t^N = 0$ zusammen. Wenn der emittierte Schadstoff die Umwelt global schädigt, werden die Schadstoffemissionen der Unternehmen also nicht besteuert.[18]

Die Abbildung 5.14 veranschaulicht den Verlauf der nichtkooperativen und der kooperativen Steuersätze für den Fall eines hinreichend hohen Anteils γ an grenzüberschreitenden Schadstoffemissionen.

---

[18] Zu diesem Ergebnis kommt auch Rauscher (1995, S. 239) in einem Modell, in dem n Länder um einen Monopolisten konkurrieren. Es lassen sich bei anderen Schadensfunktionen allerdings auch Beispiele finden, in denen bei $\gamma = 1$ ein zusätzliches Gleichgewicht mit positiven, prohibitiv hohen Steuersätzen existiert, vgl. Hübner (1998).

Abbildung 5.14: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze bei grenzüberschreitenden Emissionen
$(\sqrt{4/3} - 1 < \gamma < 1)$

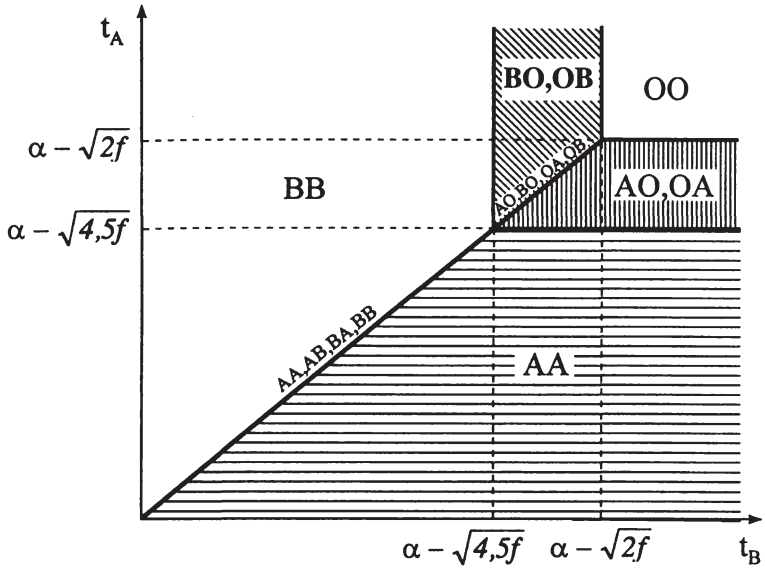


5.6 Der Einfluß der Fixkosten

Für den Rest des Kapitels sehen wir von grenzüberschreitenden Emissionen ab. Ausgehend von den Annahmen des Abschnitts 5.4 ($\alpha := \alpha_A = \alpha_B$, $c_I = c_{II} = k = 0$) fügen wir nun Fixkosten in die Analyse ein. Wir betrachten die beiden Möglichkeiten $f = h > 0$ und $f > h \geq 0$ getrennt, da sie unterschiedliche Folgen haben.

Im ersten Fall ($h = f > 0$) ist die Gründung einer Niederlassung stets mit denselben Fixkosten verbunden unabhängig davon, in welchem Land sie erfolgt. Daher spielen die Fixkosten bei der Wahl zwischen den beiden Ländern keine Rolle. Sie wirken sich nur gegenüber der Alternative "O" (keine Produktion) aus. Man erhält den in der Abbildung 5.15 dargestellten Zusammenhang zwischen den Emissionssteuersätzen und der Standortentscheidung der Unternehmen.

Abbildung 5.15: Standortwahl bei Fixkosten $h = f > 0$



Bei geringer Steuerbelastung ergibt sich dieselbe Situation wie im vorangegangenen Abschnitt. Die Unternehmen reagieren flexibel bereits auf kleinste Differenzen zwischen den Steuersätzen der beiden Länder. Auch für die Regierungen ergeben sich daher dieselben Überlegungen, solange der Schadensparameter δ und damit die Steuersätze nicht zu hoch sind.

Anders sieht es aus, wenn die durch die Produktion hervorgerufenen Umweltschäden gravierend sind: Bei einer hohen Steuerbelastung in beiden Ländern schrumpfen die Gewinnaussichten auf dem Markt so zusammen, daß nur noch eines der Unternehmen profitabel arbeiten kann. Das ist um so eher der Fall, je höher die Fixkosten für den Aufbau einer Betriebsstätte sind. In diesem symmetrischen Modell ist kein Unternehmen gegenüber dem anderen besonders ausgezeichnet. Daher läßt sich nicht sagen, welches der beiden Unternehmen aus dem Markt ausscheidet. So gibt es in diesem Bereich stets mindestens zwei gleichgewichtige Standortkombinationen. Bei einer noch höheren Steuerbelastung in beiden Ländern kann schließlich nicht einmal ein Monopolist seine Fixkosten decken, und es wird nicht produziert.

Der "monopolistische Bereich" wird erreicht, wenn die Produktion sehr umweltbelastend ist oder die Fixkosten sehr hoch sind. In diesen Fällen können sich Ergebnisse einstellen, wie sie aus dem Umweltsteuerwettbewerb um ein monopolistisches Unternehmen[19] bekannt sind. So findet man Beispiele dafür, daß beide Regierungen ihre Steuersätze so hoch wählen, daß die Unternehmen den Markt verlassen - obwohl die Länder in der Summe besser gestellt wären, wenn ein Unternehmen am Markt bliebe. Dieses Phänomen kann zwei Ursachen haben:

- Zum einen kann es sein, daß das Land, in dem das Unternehmen dann produziert, sich gegenüber einer Situation ohne Produktion schlechter stellen würde und vom anderen Land kompensiert werden müßte. Dies entspricht dem NIMBY-Szenario von Rauscher (1995) und Markusen, Morey und Olewiler (1995). Ein Beispiel dafür liefern die Parameterwerte $\alpha = 10$, $f = h = 11$, $\delta = 1{,}3$. Wenn in diesem Beispiel ein Unternehmen oder sogar beide in Land A produzieren, ist die Wohlfahrt in Land A negativ.[20] Die Regierung A kann durch einen prohibitv hohen Steuersatz jedoch stets ein Wohlfahrtsniveau von mindestens Null erreichen. Daher besteht für sie ein Anreiz, den ausländischen Steuersatz zu überbieten, um zu verhindern, daß im Inland produziert wird. Die Regierung in Land B befindet sich in derselben Situation. Folglich werden Steuersätze gewählt, die höher als $\alpha - \sqrt{2f}$ sind und somit jegliche Produktion verhindern. Würde statt dessen die Regierung in A ihren Steuersatz beispielsweise auf das Niveau $5{,}3 < \alpha - \sqrt{2f}$ senken, dann könnte ein Unternehmen in Land A existieren, und die Weltwohlfahrt würde von Null auf rund 1,7605 steigen. Zwar würde sich Land A durch diese Maßnahme verschlechtern, es könnte aber von Land B dafür kompensiert werden.
- Ein NIMBY-Ergebnis kann sich zum anderen auch einstellen, weil unsicher ist, welches der beiden Unternehmen am Markt bleibt und welches ausscheidet. Zur Illustration betrachten wir ein Beispiel mit einer linearen (!)

---

19 Vgl. Hoel (1997c), Levinson (1997), Markusen, Morey und Olewiler (1995) sowie Rauscher (1995, 1997).

20 Wenn die Regierung zuläßt, daß beide Unternehmen in Land A die Produktion aufnehmen, kann sie im besten Fall ein Wohlfahrtsniveau von $W_A^{AA}(\alpha - \sqrt{4{,}5f}) \cong -75{,}59$ realisieren. Wenn nur ein Unternehmen in Land A produziert, ist maximal ein Wohlfahrtsniveau von $W_A^{AO}(\alpha - \sqrt{2f}) \cong -0{,}9458$ zu erreichen.

Schadensfunktion der Form "$\delta \cdot$ *Emissionen*" und den Parameterwerten $\alpha = h = f = 10$ und $\delta = 6{,}1$. Wenn beide Unternehmen in Land A produzieren, ist bestenfalls ein Wohlfahrtsniveau von rund $-15{,}1173$ erreichbar. Der Erwartungswert der Wohlfahrt im monopolistischen Bereich "AO/ OA" lautet

$$\frac{W_A^{AO} + W_A^{OA}}{2} = \frac{3(\alpha - t_A)^2}{8} - \frac{f}{2} + (t_A - \delta)(\alpha - t_A)$$

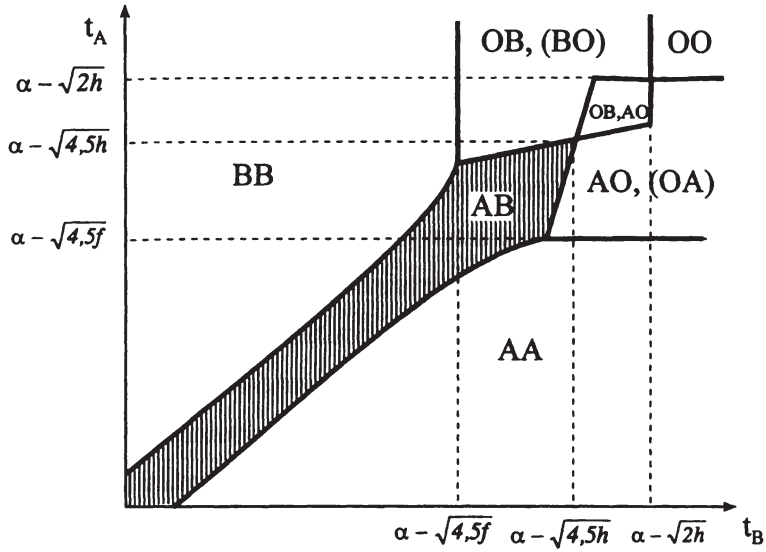
und beträgt höchstens -0,0587 (gerundet). Daher wird die Regierung in Land A (und ebenso die in Land B) ihren Steuersatz prohibitiv hoch setzen und im Gleichgewicht ein Wohlfahrtsniveau von Null erreichen. Die Weltwohlfahrt läßt sich wiederum erhöhen, wenn ein Land seinen Steuersatz so weit senkt, daß eines der beiden Unternehmen produzieren kann. Anders als im vorherigen Beispiel könnte sich in diesem Fall sogar das Produzentenland durch diese Maßnahme verbessern. Wenn beispielsweise bei Steuersätzen in Höhe von $t_A = 4{,}8 < t_B$ das Unternehmen I in Land A produziert, ergibt sich ein Wohlfahrtsniveau von $W_A^{AO} = 0{,}14$ in Land A und $W_B^{AO} = 3{,}38$ in Land B. Beide Länder hätten sich verbessert. Es wäre keine Kompensation nötig. Da die Regierung in Land A aber damit rechnen muß, daß statt des eigenen Unternehmens das Unternehmen II am Markt bleibt, kommt dieses Ergebnis nicht zustande.

Betrachten wir nun eine Situation, die durch $f > h \geq 0$ charakterisiert ist. Der Aufbau einer Betriebsstätte im Ausland ist dann mit höheren Fixkosten verbunden als der Aufbau von Produktionskapazität in dem Land, in dem das Unternehmen seinen Sitz hat. Im Extremfall $h = 0$ hat jedes Unternehmen bereits eine Produktionsstätte in seinem Heimatland aufgebaut. Die Differenz zwischen den Fixkosten führt zu einer gewissen Bindung der Unternehmen an ihr Heimatland und sorgt dafür, daß erst bei größeren Steuersatzdifferenzen eine Abwanderung in das Ausland erfolgt. Die Abbildung 5.16 verdeutlicht, wie die Unternehmen ihre Standortentscheidung in diesem Fall treffen.[21]

---

[21] Wenn f und h nah genug zusammen liegen (genauer: falls $f < 2{,}25h$ gilt), liegt innerhalb des Gebietes OB ein Bereich, in dem zusätzlich die Standortkombination BO ein zweites Gleichgewicht ist. Dasselbe gilt für das Gebiet AO. Dort ist in einem Teilbereich dann auch OA ein Gleichgewicht. Ferner wird in diesem Fall das Gebiet OB/AO kleiner.

Abbildung 5.16: Standortwahl bei Fixkosten $f > h \geq 0$



Die Grenze zwischen den Gebieten AB und BB wird durch die Bedingung $\pi_I^{AB} = \pi_I^{BB}$ gegeben. Daraus erhält man

$$t_B = \frac{t_A(\alpha - t_A) - 1{,}125(f - h)}{\alpha - t_A} \quad .$$

Analog wird die Grenze zwischen den Standortkombinationen AB und AA durch $\pi_{II}^{AB} = \pi_{II}^{AA}$ beziehungsweise

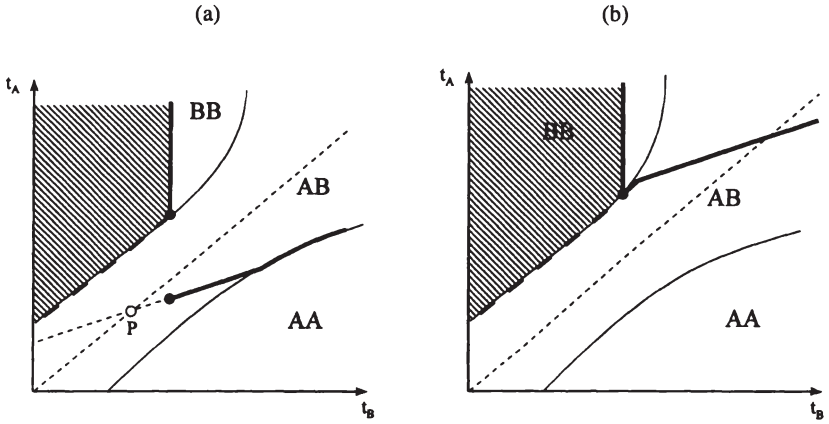
$$t_A = \frac{t_B(\alpha - t_B) - 1{,}125(f - h)}{\alpha - t_B}$$

bestimmt. Man sieht, daß der Bereich, in dem sich ein Exportduopol etabliert, um so größer ist, je höher die Differenz $f - h$ ist.

Die beste Antwort der Regierung in Land A wird bei niedrigen und hohen Steuersätzen im Ausland von ähnlichen Überlegungen diktiert wie im Fall ohne Fixkosten. Bei mittleren Steuersätzen wählt die Regierung ihren Steuersatz so, daß die Unternehmen im nachfolgenden Spiel die Standortentscheidung AB treffen. Dabei verbleibt ihr nun jedoch ein Spielraum, innerhalb dessen sie ihren Steuersatz variieren kann, ohne sofort Standortverlagerungen der Unternehmen aus-

zulösen. Innerhalb dieses Spielraums wählt die Regierung ihren Emissionssteuersatz so, daß die marginalen Wohlfahrtsverluste bei Konsumentenrente und Gewinn die marginalen Wohlfahrtssteigerungen durch höhere Steuereinnahmen und verbesserten Umweltschutz gerade ausgleichen. Die Abbildung 5.17 stellt die Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A für zwei mögliche Fälle graphisch dar. Einen Verlauf wie im Abbildungsteil (a) erhält man zum Beispiel bei den Parameterwerten $\alpha = 10$, $f = 5$, $h = 0$, $\delta = 0{,}3$. Wenn man in diesem Beispiel den Schadensparameter auf $\delta = 1$ erhöht, ergibt sich ein Verlauf wie im Abbildungsteil (b).

Abbildung 5.17: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A bei $f > h \geq 0$



Bei der hier unterstellten Symmetrie der Länder führt ein Verlauf wie in (b) zu einem Gleichgewicht, bei dem auf der zweiten Spielstufe die Standortkombination AB realisiert wird. Dieses Gleichgewicht würde sich ebenfalls einstellen, wenn beide Unternehmen immobil wären und jedes in seinem Land produzieren würde.

Anders im Fall (a). Dort existiert kein Gleichgewicht in reinen Strategien. Bei einer exogen gegebenen Marktform AB würde der Punkt P realisiert. Die Mobilität der Unternehmen führt jedoch dazu, daß ausgehend von diesem Punkt beide Regierungen einen Anreiz haben, ihren Steuersatz zu erhöhen.

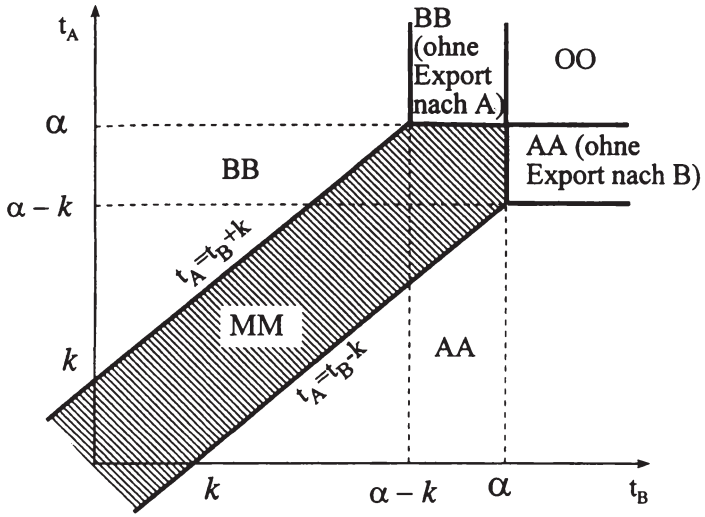
Es ist bemerkenswert, daß bereits die Einführung eines winzigen Unterschieds in den Fixkosten f und h die Eigenschaften des teilspielperfekten Gleichge-

wichts völlig verändert. Eine ganz leichte Präferenz der Unternehmen für ihr Heimatland ist hinreichend, um den Regierungen Raum für marginalanalytische Wohlfahrtsvergleiche zu geben. Das führt dazu, daß (bei niedrigen Schadensparametern und geringen Fixkosten) kein Gleichgewicht in reinen Strategien existiert[22] oder aber (bei höherem Schadensparameter) das für ein Exportduopol AB typische Gleichgewicht realisiert wird. Bei der hier unterstellten Symmetrie der beiden Länder ist dieses Gleichgewicht effizient.

5.7 Der Einfluß der Transportkosten

Um den Einfluß der Transportkosten bzw. Handelshemmnisse zu untersuchen, gehen wir von den Annahmen des Abschnitts 5.4 aus ($\alpha := \alpha_A = \alpha_B$, $c_I = c_{II} = h = f = 0$), lassen nun aber $k > 0$ zu. Diese Annahmen führen zu dem in der Abbildung 5.18 dargestellten Zusammenhang von Standortwahl und Umweltpolitik.

Abbildung 5.18: Standortentscheidung bei Transportkosten
($\alpha := \alpha_A = \alpha_B$, $c_I = c_{II} = f = h = 0$, $k > 0$)



[22] Führt man ausgehend von einer Situation ohne Fixkosten sehr kleine Fixkosten $f > 0$ ein, so deckt sich der Bereich der Schadensparameterwerte δ, für die kein Gleichgewicht existiert, in etwa mit dem Bereich, in dem in der Abbildung 5.13 $t^N > t^*$ für alle teilspielperfekten Gleichgewichte gilt.

Solange die Differenz der Steuersätze die Transportkosten nicht übersteigt, operieren beide Unternehmen multinational. Erst wenn der Abstand zwischen den Steuersätzen groß genug ist, produzieren sie ausschließlich in dem Land mit dem geringeren Emissionssteuersatz. Wenn die Steuerbelastung in beiden Ländern die kritische Höhe $\alpha - k$ erreicht, lohnt sich ein Export für die Unternehmen nicht mehr. Die Belastung der Exporte durch Steuern und Transportkosten wäre dann so hoch, daß im Importland keine Nachfrage mehr besteht.

Auf den Geraden $t_A = t_B \pm k$ sind die Unternehmen gerade indifferent zwischen den Strategien M und B bzw. M und A. Daher existieren dort mehrere gleichgewichtige Standortkombinationen[23]. Wir treffen für diesen Fall die Annahme, daß die Standortkonstellation MM realisiert wird. Diese Annahme ist unkritisch, erleichtert aber die folgende Argumentation.

Die Umweltpolitik der Regierungen: Um das teilspielperfekte Gleichgewicht des nichtkooperativen Spiels zu bestimmen, wird die Beste-Antwort-Korrespondenz der Regierung in Land A ermittelt. Sie ist in der Abbildung 5.19 dargestellt. Eine formale Herleitung findet sich im Anhang zum Abschnitt 5.7. Je nach Höhe des Schadensparameters δ hat die Reaktionskorrespondenz das im Abbildungsteil (a) oder im Abbildungsteil (b) gezeigte Aussehen. Die Größen $\hat{G}_1$, $\hat{G}_2$ und t^N sind gegeben durch

$$\hat{G}_1 = \frac{4\delta\alpha}{6+4\delta}, \quad \hat{G}_2 = \frac{6\delta\alpha - 2\delta k}{3+6\delta}, \quad t^N = \frac{4\delta\alpha}{3+4\delta}.$$

Bei geringen wie auch bei hohen Steuern im Ausland wird die beste Antwort der Regierung A von denselben Überlegungen diktiert wie im Fall ohne Transportkosten: Entscheidend ist in beiden Fällen der Vergleich von Steuereinnahmen und Umweltbelastung.

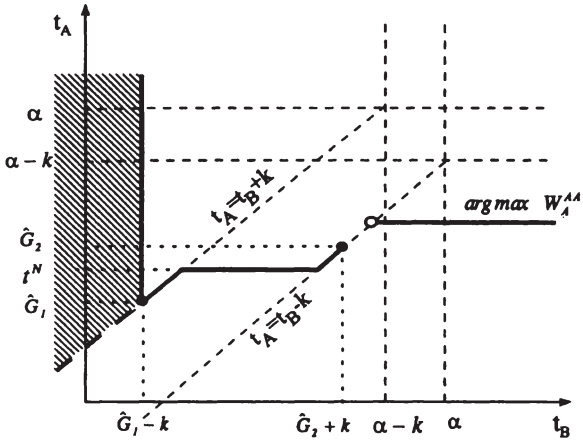
Bei einem relativ geringen Emissionssteuersatz in Land B ($t_B < \hat{G}_1 - k$) ist es für Land A wieder vorteilhaft, wenn beide Unternehmen im Ausland produzieren. Die Regierung in Land A wählt ihren Steuersatz daher so weit über demjenigen von Land B ($t_A > t_B + k$), daß es für die Unternehmen trotz der Transportkosten besser ist, in Land B zu produzieren und den Markt in Land A durch Exporte zu beliefern, als eine Betriebsstätte in Land A zu gründen. Wollte die Regierung in Land A Produktion in das eigene Land verlagern, müßte sie ihren

[23] Auf der oberen Geraden sind dies BB, BM, MB, MM und auf der unteren Geraden AA, AM, MA und MM.

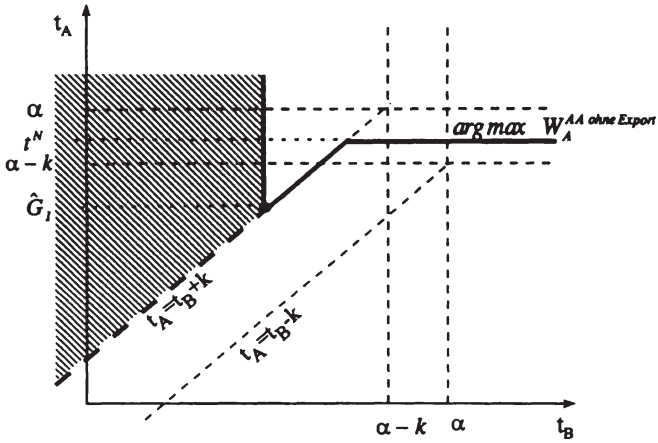
Steuersatz mindestens auf das Niveau $t_A = t_B + k$ senken. Konsumentenrente und Gewinn blieben auf diesem Niveau unverändert. Die Steuereinnahmen wären jedoch geringer als die Umweltbelastung, die durch die Produktion entstehen würde.

Abbildung 5.19: Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land A bei Berücksichtigung von Transportkosten

(a) $0 < \delta < 0{,}75(\alpha - k)/k$



(b) $\delta \geq 0{,}75(\alpha - k)/k$



Erst ab einem Steuersatz in Höhe von $\hat{G}_1$ decken die Steuereinnahmen die produktionsbedingte Umweltbelastung bei der Standortkombination MM. Bei diesem Steuersatz ist Land A aber unattraktiv, solange der Steuersatz in Land B unterhalb von $\hat{G}_1 - k$ liegt. Liegt der Steuersatz in Land B darüber, lohnt es sich für Land A, Betriebsstätten der beiden Unternehmen zuzulassen. Die Marktform AA wird für die Regierung in Land A aber erst attraktiv, wenn sie einen Steuersatz von mindestens $\hat{G}_2$ verlangen kann. Das ist der Fall, wenn der Steuersatz in B den kritischen Wert $\hat{G}_2 + k$ überschreitet.

Im mittleren Bereich ($\hat{G}_1 - k \leq t_B \leq \hat{G}_2 + k$) wählt die Regierung in A ihren Steuersatz gerade so, daß die für sie günstigste Standortsituation MM erreicht wird. Dabei bleibt ihr ein Spielraum, in dem sie ihren Steuersatz variieren kann, ohne deshalb Standortverlagerungen auszulösen. Dieser Freiraum wird dadurch geschaffen, daß die Mobilität der Unternehmen durch die Transportkosten eingeschränkt wird. Innerhalb dieses Spielraums wird die Entscheidung der Regierung von (Marginal-)Überlegungen geleitet, wie sie im zweiten Kapitel diskutiert wurden. Die Regierung vergleicht die marginalen Wohlfahrtssteigerungen durch einen verbesserten Umweltschutz und höhere Steuereinnahmen mit den marginalen Wohlfahrtsverlusten durch eine Minderung der Konsumentenrente und des Gewinns. t^N ist gerade der Steuersatz, bei dem die Wohlfahrt W_A^{MM} maximal wird.

Bei symmetrischen Ländern hat die Reaktionskorrespondenz der Regierung in Land B dasselbe Aussehen. Man erhält ein eindeutiges teilspielperfektes Gleichgewicht mit

$$t^N = t_A = t_B = \frac{4\delta\alpha}{3+4\delta} \ .$$

Die Lage dieses Gleichgewichts ist unabängig von der Höhe der Transportkosten, solange nur überhaupt beim Export der Güter Transportkosten entstehen[24]: Die Existenz von Transportkosten bildet für die Unternehmen das Motiv, multinational zu werden und in mehreren Ländern zu produzieren. Diese Di-

[24] Beim Übergang von $k > 0$ zu $k = 0$ erhält man als Grenzfall das im Abschnitt 5.4 abgeleitete Ergebnis. Die Annahme, daß auf den Geraden $t_A = t_B \pm k$ die Markform MM realisiert wird, geht in diesem Fall über in die Annahme, daß auf der Diagonalen die Marktform MM realisiert wird. Dies ist unter Wohlfahrtsgesichtpunkten äquivalent mit der in Abschnitt 5.4 getroffenen Annahme, daß bei gleichen Steuersätzen jedes Unternehmen in seinem eigenen Land produziert.

rektinvestitionen ersetzen den Export der Güter, so daß im Gleichgewicht keine Transportkosten anfallen.

Ähnlich wie die Einführung unterschiedlicher Fixkosten für den Aufbau einer Produktionsstätte im eigenen Land gegenüber dem Ausland verändern auch Transportkosten den Charakter des Gleichgewichts grundlegend. Bei $k = 0$ existiert ein Kontinuum von Gleichgewichten, die durch die Bedingung charakterisiert sind, daß die Steuereinnahmen die Umweltschäden mindestens decken. Transportkosten eröffnen den Regierungen einen Handlungsspielraum, in dem marginale Wohlfahrtsvergleiche dazu führen, daß aus diesem Kontinuum ein Gleichgewicht herausgefiltert wird.

Kooperation der Regierungen: Vergleichen wir abschließend wieder das Ergebnis des Umweltsteuerwettbewerbs mit den Steuersätzen, die die Weltwohlfahrt maximieren. Auch hier ist wegen der Konvexität der Schadensfunktion die Produktion in beiden Ländern einer Konzentration der gesamten Produktion in einem der beiden Länder vorzuziehen. Das Maximum der Weltwohlfahrt wird daher bei der Standortkombination MM erreicht. Somit berechnet man die optimalen Steuersätze als Lösung des Maximierungsproblems

$$\max_{t_A, t_B} \quad W_A^{MM}(t_A, t_B) + W_B^{MM}(t_A, t_B)$$
$$u.d.N. \quad t_B - k \leq t_A \leq t_B + k.$$

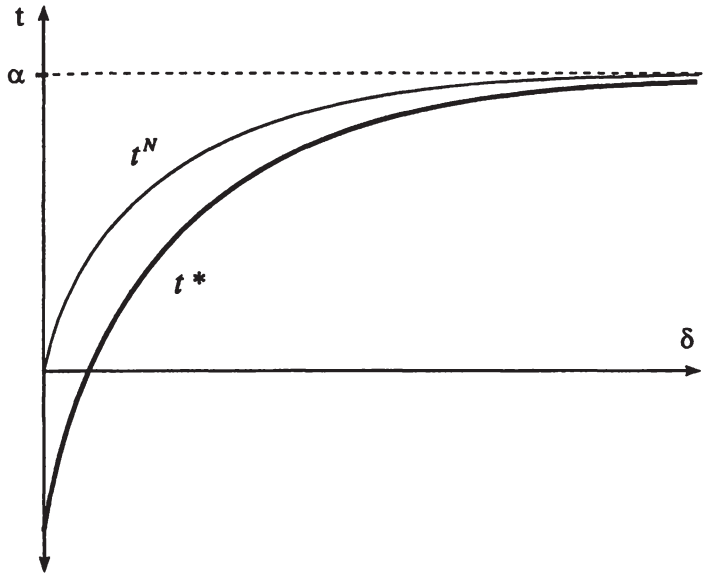
Daraus erhält man

$$t^* := t_A = t_B = \alpha \frac{4\delta - 1}{4\delta + 2} \quad .$$

Die Abbildung 5.20 vergleicht die Ergebnisse. Die nichtkooperativen Steuersätze liegen über denen der kooperativen Lösung. Beide konvergieren mit wachsendem δ gegen den prohibitiv hohen Steuersatz α.

Daß die nichtkooperativen Steuersätze über dem kooperativen Niveau liegen, hat hier denselben Grund wie im Modell mit multinationalen Unternehmen in Abschnitt 2.5. Die Regierungen wählen ihre Steuersätze so, daß sich eine Marktform mit zwei multinational operierenden Unternehmen herausbildet. Dabei verbleibt jeder Regierung ein gewisser Spielraum, den sie dazu nutzt, der Niederlassung des fremden Unternehmens durch die Besteuerung Gewinne zu entziehen.

Abbildung 5.20: Kooperative und nichtkooperative Steuersätze bei Berücksichtigung von Transportkosten



5.8 Zusammenfassung

- Anders als in Modellen mit vollkommener Konkurrenz, wo sozusagen "marginale" Einheiten von Kapital zwischen den Regionen bewegt werden können, erfolgen bei unvollkommener Konkurrenz diskrete Standortentscheidungen. Kleine Änderungen eines Emissionssteuersatzes können daher große Wohlfahrtswirkungen nach sich ziehen, wenn sie zu Standortverlagerungen führen. Dies ist von einer Regierung bei der Ausgestaltung ihrer Umweltpolitik zu beachten.
- Die Zahl der Produktionsbetriebe in einem Land nimmt zu, wenn dessen Regierung unilateral ihre Umweltschutzbestimmungen lockert. Solche Direktinvestitionen implizieren in dem Modell dieses Kapitels ambivalente Wohlfahrtswirkungen für eine Region. Sie wirken nachteilig aufgrund der Umweltbelastung, die durch die Produktion entsteht. Andererseits sind die Unternehmen als Steuerquelle interessant, insbesondere dann, wenn durch die Steuereinnahmen der Verlust an Umweltqualität mehr als kompensiert wird.

Eine wohlfahrtssteigernde Wirkung von Direktinvestitionen ergibt sich auch dadurch, daß infolge geringerer Transportkosten der Güterpreis in der Region sinkt und die Konsumentenrente steigt.

- Abhängig vom "Mobilitätsgrad" der beteiligten Unternehmen erfahren diese verschiedenen Aspekte bei der Entscheidung der Regierungen über die Emissionssteuern eine unterschiedliche Gewichtung. In einer Situation ohne Fix- und Transportkosten sind die Unternehmen extrem mobil. Hier führen bereits kleinste Unterschiede in den Emissionssteuersätzen zu Produktionsverlagerungen in das Land mit dem geringeren Steuersatz. Diese extreme Mobilität der Unternehmen ist zwar unrealistisch; sie erscheint aber gerade dadurch interessant, denn in diesem Fall ist der Umweltsteuerwettbewerb der Länder oder Regionen am intensivsten. Die Umweltpolitik der Regierungen wird in dieser Situation von dem Kriterium dominiert, inwieweit die Steuereinnahmen die produktionsbedingte Beeinträchtigung der Umweltqualität decken. Anders als in einer Situation ohne Umweltproblematik mildert hier die strenge Konvexität der Schadensfunktion die sonst übliche harte Konkurrenz der Länder um die Steuereinnahmen. Es entsteht ein Kontinuum von teilspielperfekten Gleichgewichten, das auch die kooperative Lösung einschließen kann.
- Die Einführung von Fixkosten führt nicht zwangsweise zu einer Modifikation dieses Ergebnisses. Solange die Höhe der Fixkosten unabhängig davon ist, in welchem Land die neue Produktionsstätte aufgebaut wird, bleibt weiterhin die Differenz der Steuersätze für die Unternehmen das einzig entscheidende Kriterium bei der Wahl des Produktionsstandortes. Die oben angestellten Überlegungen behalten ihre Gültigkeit, zumindest solange der Schadensparameter δ einen kritischen Wert nicht übersteigt. Anders sieht die Situation aus, wenn hohe Werte des Schadensparameters für hohe Steuersätze sprechen. Durch die Fixkosten entsteht bei hohen Steuersätzen ein "monopolistischer" Bereich, in dem nur noch ein Unternehmen seine Fixkosten decken kann. Dieser Bereich bildet den Lebensraum für Gleichgewichte, die dem NIMBY-Szenario ähneln: Obwohl beide Länder vom Aufbau einer Produktionsstätte profitieren könnten, wählen sie im Gleichgewicht Steuersätze, die prohibitiv hoch sind. Einen Grund für dieses Ergebnis liefert die Unsicherheit darüber, welches der beiden Unternehmen "das Rennen macht".

- Wenn die Fixkosten für den Aufbau einer Betriebsstätte im Ausland höher sind als bei Gründung einer Produktionsstätte im Inland, entsteht eine Bindung der Unternehmen an ihre Ursprungsländer, die ihre Mobilität dämpft. Ein Wechsel des Produktionsstandortes erfolgt erst bei größeren Unterschieden zwischen den Steuersätzen beider Länder. Je höher die Differenz der Fixkosten ist, desto stärker wird das Verhalten der Regierungen von Überlegungen bestimmt, wie sie für immobile Unternehmen dargestellt wurden. Allerdings finden sich auch Beispiele, in denen kein Gleichgewicht des Umweltsteuerwettbewerbs in reinen Strategien existiert.
- Auch Transportkosten senken den Mobilitätsgrad der Unternehmen und schaffen damit einen Spielraum, in dem marginalanalytische Überlegungen die Höhe der Steuersätze im Gleichgewicht mitbestimmen.
- Grenzüberschreitende Schadstoffemissionen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, daß der Steuerwettbewerb zu unerwünscht niedrigen Umweltsteuersätzen führt.

Die Struktur des in diesem Kapitel behandelten Modells ist sehr einfach. Die Verwendung spezieller Funktionen ist eine zusätzliche Restriktion. Zudem fehlt ein Element, das im internationalen oder regionalen Wettbewerb um Direktinvestitionen eine wichtige Rolle spielt: die Auswirkungen von Direktinvestitionen auf die Beschäftigung. Die Integration von Beschäftigungseffekten führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer qualitativen Änderung der oben abgeleiteten Resultate.[25]

[25] Vgl. dazu die von Hoel (1997c) für einen Monopolmarkt und von Hübner (1998) für ein Duopol ermittelten Ergebnisse.

6 Zusammenfassung

Im Zentrum dieser Arbeit stand die Frage, wie die Regierung eines Landes, das Handelsbeziehungen zu anderen Ländern unterhält, ihre Umweltpolitik gestaltet. Die Antwort hängt wesentlich von den Rahmenbedingungen und den zur Verfügung stehenden Instrumenten ab. Es wurde unterstellt, daß - bedingt durch eine Mitgliedschaft in Freihandelsabkommen - ein Einsatz handelspolitischer Instrumente nicht möglich war. Dies ist der Boden, auf dem Befürchtungen gedeihen, daß Regierungen einen Anreiz haben, ersatzweise die Umweltpolitik in den Dienst der Exportförderung zu stellen. Eine Regierung, die ihre Umweltschutzpolitik zu lax gestaltet, um der heimischen Industrie Wettbewerbsvorteile zu verschaffen, trifft der Vorwurf, "Ökodumping" zu betreiben.

Um solcher "Übeltäter" habhaft zu werden, benötigt man ein Kriterium dafür, wann Umweltschutzvorschriften als zu locker bezeichnet werden können. Hier beginnen die Probleme. In der Literatur werden mehrere Konzepte diskutiert: Während weitgehend Einigkeit darüber besteht, daß der Dumping-Begriff des GATT als Kriterium ausscheidet, gehen die Meinungen darüber auseinander, ob Umweltschutzbestimmungen international einheitlich gestaltet werden sollten. Die Charakterisierung von Ökodumping als eine Situation, in der die Umweltschutzbestimmungen eines Landes niedriger als die anderer Länder sind, ist (relativ) leicht zu handhaben und daher praktisch. Zudem entspricht der Gedanke einer internationalen Harmonisierung einem weitverbreiteten Bedürfnis nach "Fairneß". Aus ökonomischer Sicht wird gegen eine Harmonisierung nationaler Umweltschutzvorschriften jedoch angeführt, daß dadurch die Basis für Handelsgewinne untergraben wird, die aus der Nutzung von Unterschieden in der Ausstattung der Länder mit dem "Produktionsfaktor Umwelt" erwachsen. Anders formuliert ist es vorteilhaft, wenn sich asymmetrische Länder auch in ihrer Umweltpolitik unterscheiden.

In der ökonomischen Literatur hat sich statt dessen ein anderes Kriterium etabliert, das darauf abstellt, inwieweit eine Internalisierung der produktionsbedingten Umweltbeeinträchtigung stattfindet. Es zeigt sich, daß bei oligopolistischer Marktstruktur neben der Internalisierung des eigentlichen Umweltproblems weitere Aspekte die umweltpolitische Entscheidung einer Regierung beeinflussen: Eine internationale Dimension des Umweltproblems, der Konsum des Gutes im Inland sowie eben auch die Stärkung der internationalen Wettbe-

werbsfähigkeit der heimischen Industrie führen zu einer Politik des Ökodumping. Jedoch sind diese Ergebnisse abhängig von den Eigenschaften der Produktionstechnologie, die die Unternehmen einsetzen. Das Motiv, die heimische Industrie im internationalen Wettbewerb durch eine weniger strenge Umweltschutzpolitik zu fördern, ist zudem wenig robust gegenüber einer Variation der Modellannahmen über die Wettbewerbsform und die Zahl der Unternehmen.

Folgt man der vorgenannten Auffassung von Ökodumping, so stellt sich im Kontext von Märkten mit oligopolistischer Marktstruktur heraus, daß ein so definiertes Ökodumping für alle beteiligten Länder von Vorteil sein kann - eine Vorstellung, die mit dem üblichen negativ besetzten Sprachgebrauch dieses Begriffs nicht recht in Einklang zu bringen ist. Wenn gegen eine internationale Harmonisierung von Umweltschutzvorschriften eingewandt wird, daß diese dem Effizienzgedanken widerspricht, so müßte m. E. dasselbe Argument auch gegen eine Definition sprechen, die auf das Ausmaß der Internalisierung der Umweltexternalität abstellt. Diese Beobachtung führt zu einer weiteren Definition, die Ökodumping an einer Situation mißt, wie sie sich bei einer zentral geplanten oder koordinierten Umweltpolitik ergibt. In diesem Fall sorgen - unabhängig von der Zahl der Unternehmen - zwei Faktoren für ein Abweichen der dezentral festgelegten Emissionssteuersätze von den kooperativen Niveaus: der Globalitätsgrad der emittierten Schadstoffe und die Handelsstruktur (Export oder Import des Gutes). Während bei grenzüberschreitenden Schadstoffen die Steuersätze niedriger sind als bei kooperativer Festlegung, also Ökodumping im Sinne dieser letzten Definition vorliegt, ist der Einfluß der Handelsstruktur zum einen von der Produktionstechnologie der Firmen abhängig und zum anderen auch davon, ob man die Konsumenten aus Drittländern, in denen das Gut nur konsumiert und nicht produziert wird, in die Wohlfahrtsanalyse miteinbezieht. Ein deutliches Indiz für Ökodumping kann somit nicht abgeleitet werden. Auch das Gegenteil - zu strenge Umweltschutzbestimmungen - ist möglich. Jedoch ist festzustellen, daß die dezentralen Entscheidungen der Regierungen nur in speziellen Fällen optimal sind (etwa, wenn sich Produktion und Konsum des Gutes in den Ländern jeweils ausgleichen), so daß selbst bei national begrenzten Umweltproblemen aus einer Koordination der nationalen Umweltschutzregelungen Kooperationsgewinne erwachsen können. Da die Höhe solcher Wohlfahrtsgewinne vom Exportüberschuß abhängt, wächst der Kooperationsbedarf mit der unterstellten Asymmetrie der Länder.

Zur ineffizienten Festlegung der Höhe des umweltpolitischen Instruments können weitere Wohlfahrtsverluste durch die Wahl eines "falschen" Umweltpolitikinstruments hinzukommen. In einem Modell, in dem die Regierungen zweier Länder eine Emissionssteuer, einen Emissionsstandard oder einen Prozeßstandard einsetzen konnten, ließ sich weder eine eindeutige Präferenz für ein bestimmtes Instrument erkennen, noch war die Wahl des Instrumententyps in jedem Fall optimal. Die Wohlfahrtsverluste gegenüber einer Situation mit zentral geplanter Umweltpolitik waren zum Teil erheblich.

Die Ausgestaltung von Umweltschutzbestimmungen betrifft nicht nur die Produktions-, Preis- und Investitionsentscheidungen ansässiger Unternehmen, sondern sie kann auch Einfluß auf die Standortentscheidungen der Firmen nehmen. Dies liefert einen zweiten Grund für die Befürchtung, daß Regierungen Umweltschutzmaßnahmen bewußt lax gestalten, um Direktinvestitionen zu attrahieren. Dieser Frage wurde in einem Modell mit zwei Regionen und zwei mobilen Firmen nachgegangen. In diesem Modell nimmt die Zahl der Produktionsbetriebe in einem Land zu, wenn dessen Regierung unilateral ihre Umweltschutzbestimmungen lockert. Selbst unter der Annahme extrem mobiler Firmen ist jedoch keine deutliche Tendenz zu Ökodumping zu beobachten. Solange die Umweltbelastung nur ein regionales Problem darstellt, sind die Umweltschutzmaßnahmen eher zu streng als zu lax. Grenzüberschreitende Schadstoffemissionen erhöhen aber auch hier (wie bei immobilen Unternehmen) die Wahrscheinlichkeit, daß der Umweltsteuerwettbewerb zu unerwünscht niedrigen Steuersätzen führt.

Durch Umweltschutzmaßnahmen werden Emissionen verteuert. Daraus entsteht für die Unternehmen ein Anreiz, ihre Produktionstechnologie zu verbessern. Einem Argument von Porter zufolge sollen Regierungen ihre Umweltschutzbestimmungen verschärfen, um dadurch die heimische Industrie zu Innovationen zu zwingen, die ihr einen "early-mover advantage" auf dem internationalen Markt verschaffen und so zukünftig einen Wettbewerbsvorteil sichern. In der Auseinandersetzung mit dieser Hypothese war zunächst zu klären, ob strengere Umweltschutzbestimmungen überhaupt geeignet sind, die auf Umweltschutz gerichtete Innovationstätigkeit der Unternehmen zu stimulieren. Dies ist in der Regel der Fall, zumindest wenn die Steuerbelastung durch die Emissionssteuer nicht zu hoch ist. Insbesondere bei einer höheren Belastung ist es jedoch nicht ausgeschlossen, daß bei einer Steuererhöhung die Innovationstätigkeit der davon betroffenen Unternehmen sinkt. Daß die Innovationstätigkeit zu einer ver-

besserten Produktionstechnik führt, bedeutet nicht, daß die Unternehmen von verschärften Umweltschutzbestimmungen profitieren. Denn neben der direkten Belastung etwa durch höhere Emissionssteuern fallen Forschungsausgaben an. Zudem intensiviert in vielen Fällen auch die ausländische Konkurrenz ihre Forschungsanstrengungen, so daß trotz einer verstärkten Innovationstätigkeit Marktanteile abgegeben werden. Aus einer innovationsfördernden Wirkung einer verschärften Umweltschutzpolitik folgt auch nicht unbedingt ein Motiv zu strengeren Umweltschutzregelungen, da der Konkurrenzdruck eine Exportindustrie dazu zwingen kann, ohnehin zuviel in F&E zu investieren.

Insgesamt ist festzustellen, daß die dezentralen Entscheidungen der Regierungen über umweltpolitische Maßnahmen nicht optimal sind, so daß eine Koordination der nationalen Maßnahmen einen Wohlfahrtsgewinn verspricht, und zwar auch dann, wenn die Umweltprobleme national begrenzt sind. Allerdings gibt es weder eine klare Indikation für Ökodumping noch für das Gegenteil. Politikempfehlungen müßten entsprechend sehr situationsbezogen erfolgen.

In dieser Arbeit wurde den umweltpolitischen Entscheidungsträgern ein wohlfahrtsmaximierendes Verhalten unterstellt. Ein deutlicheres Indiz für Ökodumping könnte sich ergeben, wenn man sich von dieser Vorstellung löst und Politikern - wie den übrigen Akteuren ja auch - die Verfolgung eigener Interessen unterstellt. Dann könnte beispielsweise die politische Einflußnahme von industriellen Interessengruppen dazu führen, daß Ökodumping wahrscheinlicher wird.

Wir haben die Wohlfahrtswirkungen von umweltpolitischen Entscheidungen in einer Freihandelssituation analysiert. Man kann aber auch umgekehrt fragen, was ein Freihandelsabkommen den beteiligten Ländern bringt, wenn - bedingt durch die Abwesenheit handelspolitischer Instrumente - die umweltpolitischen Entscheidungen verzerrt werden. Im Modell des Abschnitts 2.3 lautet die Anwort schlicht: nichts.[1] Da sich wegen des Zusammenhangs von Produktion und Emissionen eine Produktionssubvention und eine Emissionssteuer auf dieselbe Größe richten, kann die Emissionssteuer die handelsstrategischen Aufgaben der

---

[1] Zum Beweis vergleichen wir die durch das Modell beschriebene Situation mit einer, in der die Regierungen zusätzlich Produktionssubventionen einsetzen können. Bei einem Subventionssatz von μ_A beträgt der Gewinn eines Unternehmens in Land A $\pi_A = p(X+Y)x_i - K_A(x_i) - (t_A - \mu_A)x_i$. Die komparativ-statischen Ergebnisse hängen in diesem Fall nur von der Differenz der beiden Instrumente $t_A - \mu_A$, ("Nettosteuersatz") ab.

Produktionssubvention voll übernehmen. Durch ein Verbot von Produktionssubventionen (d. h. durch den Übergang zu Freihandel) würde sich somit keine Wohlfahrtsänderung ergeben.[2] Diese Aussage ist einzuschränken, wenn die Firmen auf die Besteuerung der Emissionen außer durch Produktionseinschränkungen auch durch Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung reagieren können. In diesem Fall kann eine Emissionssteuer das handelspolitische Instrument nicht voll ersetzen. Wie Walz und Wellisch (1997) zeigen, können dann durch ein Verbot oder eine Einschränkung von Produktionssubventionen tatsächlich Vorteile entstehen. In dem dort diskutierten Beispiel verbessern sich zwei Exportländer bei einem Verbot von Exportsubventionen; die Weltwohlfahrt sinkt allerdings durch den Übergang zu Freihandel. Wie Verdier (1993) zeigt, können sich die Exportländer durch den Übergang zu Freihandel aber auch verschlechtern, wenn nämlich das Verbot handelspolitischer Instrumente dazu führt, daß ein ineffizientes umweltpolitisches Instrument wie ein Prozeßstandard eingesetzt wird. Zusammengenommen ist es daher möglich, aber in keiner Weise garantiert, daß durch den Freihandel die Wohlfahrt der beteiligten Staaten steigt.

---

2 Diese Aussage ist einzuschränken, wenn man die Emissionssteuer nach unten beschränkt ($t_i \geq 0$).

Literaturverzeichnis

Adlung, R., 1997, Wirtschaftspolitisches Forum. Umwelt- und Sozialdumping: Argumente gegen freien Welthandel?, Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 46, S. 168 - 177.

Althammer, W. und W. Buchholz, 1995, Strategic trade incentives in environmental policy, Finanzarchiv N.F. 52, S. 293 - 305.

Althammer, W. und W. Buchholz, 1998, Distorting environmental taxes: The role of the market structure, Manuskript, Leipzig und Regensburg.

Anderson, K., 1992, The standard welfare economics of policies affecting trade and the environment, in K. Anderson und R. Blackhurst (Hrsg.), The greening of world trade issues, Ann Arbor, S. 25 - 48.

Barnett, A. J., 1980, The Pigouvian tax rule under monopoly, The American Economic Review 70, S. 1037 - 1041.

Barrett, S., 1994, Strategic environmental policy and international trade, Journal of Public Economics 54, S. 325 - 338.

Barrett, S., 1997, The strategy of trade sanctions in international environmental agreements, Resource and Energy Economics 19, S. 345 - 361.

Beath, J., Y. Katsoulacos und D. Ulph, 1989, Strategic R&D policy, The Economic Journal 99 (Supplement), S. 74 - 83.

Besanko, D., 1987, Performance versus design standards in the regulation of pollution, Journal of Public Economics 34, S. 19 - 44.

Binmore, K., 1992, Fun and games. A text on game theory, Lexington, Toronto.

Brander, J. A. und B. J. Spencer, 1985, Export subsidies and international market share rivalry, Journal of International Economics 18, S. 83 - 100.

Braulke, M., 1983, On the effectiveness of effluent charges, Journal of Institutional and Theoretical Economics 139, S. 122 - 130.

Carraro, C. und A. Soubeyran, 1996, Environmental taxation, market share, and profits in oligopoly, in C. Carraro, Y. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 23 - 44.

Carraro, C. und G. Topa, 1994, Should environmental innovation policy be internationally coordinated? in C. Carraro (Hrsg.), Trade, innovation, environment, Dordrecht, S. 167 - 204.

Carraro, C. und G. Topa, 1995, Taxation and environmental innovation, in C. Carraro und J. A. Filar (Hrsg.), Control and game-theoretic models of the environment, Boston, S. 109 - 139.

Conrad, K., 1993, Taxes and subsidies for pollution-intensive industries as trade policy, Journal of Environmental Economics and Management 25, S. 121 - 135.

Conrad, K., 1994, Emission taxes and international market share rivalry, in E. C. van Ierland (Hrsg.), International environmental economics. Theories, models and applications to climate change, international trade and acidification, Amsterdam u. a., S. 173 - 194.

Conrad, K., 1996a, Choosing emission taxes under international price competition, in C. Carraro, Y. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 85 - 98.

Conrad, K., 1996b, Optimal environmental policy for oligopolistic industries under intra-industry trade, in C. Carraro, Y. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 65 - 83.

Conrad, K., 1997, Environmental tax competition - a simulation study for asymmetric countries, in J. B. Braden und S. Proost (Hrsg.), The economic theory of environmental policy in a federal system, Cheltenham, S. 97 - 121.

de Meza, D., 1985, Effluent charges and environmental damage: A clarification, Oxford Economic Papers 37, S. 700 -702.

Dixit, A., 1984, International trade policy for oligopolistic industries, The Economic Journal Supplement 94, S. 1 - 16.

Eaton, J. und G. M. Grossman, 1986, Optimal trade and industrial policy under oligopoly, The Quarterly Journal of Economics 101, S. 383 - 406.

Ebert, U., 1991, On the effect of effluent fees under oligopoly: Comparative statics, Diskussionspapier Nr. V-82-91, Universität Oldenburg.

Ebert, U., 1992, Pigouvian tax and market structure: The case of oligopoly and different abatement technologies, Finanzarchiv N. F. 49, S. 154 - 166.

Endres, A., 1983, Do effluent charges (always) reduce environmental damage?, Oxford Economic Papers 35, S. 254 - 261.

Endres, A., 1985a, Effluent charges and environmental damage: A further clarification, Oxford Economic Papers 37, S. 703 - 704.

Endres, A., 1985b, Umwelt- und Ressourcenökonomie, Darmstadt.

Endres, A., 1993, Internationale Vereinbarungen zum Schutz der globalen Umweltressourcen - Der Fall proportionaler Emissionsreduktion, Aussenwirtschaft 48, S. 51 - 76.

Endres, A., 1997, Incentive-based instruments in environmental policy: Conceptual aspects and recent developments, Konjunkturpolitik 43, S. 299 - 343.

Endres, A. und M. Finus, 1996, International environmental agreements: How the policy instrument affects equilibrium emissions and welfare, Diskussionsbeitrag des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der FernUniversität Hagen, Nr. 231.

Endres, A. und K. Holm-Müller, 1998, Die Bewertung von Umweltschäden. Theorie und Praxis sozioökonomischer Verfahren, Stuttgart.

Ethier, W. J., 1988, Modern international economics, 2. Auflage, New York, London.

Feenstra, T., P. Kort, P. Verheyen und A. de Zeeuw, 1996, Standards versus taxes in a dynamic duopoly model of trade, in A. Xepapadeas (Hrsg.), Economic policy for the envi-

ronment and natural resources. Techniques for the management and control of pollution, Cheltenham, Brookfield, S. 197 - 216.

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

Gaudet, G. und S. W. Salant, 1991, Uniqueness of Cournot equilibrium: New results from old methods, Review of Economic Studies 58, S. 399 - 404.

Grossman, G. M. und C. Shapiro, 1987, Dynamic R&D competition, The Economic Journal 97, S. 372 - 387.

Hahn, F. H., 1962, The stability of the Cournot oligopoly solution, Review of Economic Studies 29, S. 329 - 331.

Helm, C., 1995, Sind Freihandel und Umweltschutz vereinbar? Ökologischer Reformbedarf des GATT/WTO-Regimes, Berlin.

Heyes, A. G., 1994, Discharge taxes when regulatory jurisdiction is incomplete: A simple application of the theory of the second best, Scottish Journal of Political Economy 41, S. 278 - 285.

Hoel, M., 1991, Global environmental problems: The effects of unilateral actions taken by one country, Journal of Environmental Economics and Management 20, S. 55 - 70.

Hoel, M., 1997a, Coordination of environmental policy for transboundary environmental problems?, Journal of Public Economics 66, S. 199 - 224.

Hoel, M., 1997b, International coordination of environmental taxes, in C. Carraro und D. Siniscalco (Hrsg.), New directions in the economic theory of the environment, Cambridge, S. 105 - 146.

Hoel, M., 1997c, Environmental policy with endogenous plant locations, Scandinavian Journal of Economics 99, S. 241 - 259.

Horstmann, I. J. und J. R. Markusen, 1992, Endogenous market structures in international trade (natura facit saltum), Journal of International Economics 32, S. 109 - 129.

Hübner, M., 1998, Umweltsteuerwettbewerb in einem internationalen Duopol mit endogener Standortwahl, Finanzarchiv N. F. 55, S. 186 - 218.

Hung, N. M., 1994, Taxing pollution in an international duopoly context, Economics Letters 44, S. 339 - 343.

Karl, H. und O. Ranné, 1997, Öko-Dumping. Ein stichhaltiges Argument für ökologische Ausgleichszölle? Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt) 26, S. 284 - 289.

Katsoulacos, Y. und A. Xepapadeas, 1996, Emission taxes and market structure, in C. Carraro, Y. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 3 - 22.

Kennedy, P. W., 1994a, Equilibrium pollution taxes in open economies with imperfect competition, Journal of Environmental Economics and Management 27, S. 49 - 63.

Kennedy, P. W., 1994b, Environmental policy and trade liberalization under imperfect competition, in E. C. van Ierland (Hrsg.), International environmental economics. Theories, models and applications to climate change, international trade and acidification, Amsterdam u. a., S. 195 - 212.

Klemmer, P., 1997, Wirtschaftspolitisches Forum. Umwelt- und Sozialdumping: Argumente gegen freien Welthandel?, Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 46, S. 189- 192.

Krutilla, K., 1991, Environmental regulation in an open economy, Journal of Environmental Economics and Management 20, S. 127 - 142.

Kuhn, M. und T. Tivig, 1996, Ecological dumping and environmental capital flight - the economics behind the propaganda, Diskussionsbeiträge der Universität Konstanz, Serie II, Nr. 324.

Lee, T. und L. L. Wilde, 1980, Market structure and innovation: A reformulation, The Quarterly Journal of Economics 94, S. 429 - 436.

Levin, D., 1985, Taxation within Cournot oligopoly, Journal of Public Economics 27, S. 281 - 290.

Levinson, A., 1997, A note on environmental federalism: Interpreting some contradictory results, Journal of Environmental Economics and Management 33, S. 359 - 366.

Markusen, J. R., 1995, The boundaries of multinational enterprises and the theory of international trade, Journal of Economic Perspectives 9, S. 169 - 189.

Markusen, J. R., 1997, Costly pollution abatement, competitiveness, and plant location decisions, Resource and Energy Economics 19, S. 299 - 320.

Markusen, J. R., J. R. Melvin, W. H. Kaempfer und K. E. Maskus, 1995, International trade. Theory and evidence, New York u. a.

Markusen, J. R., E. R. Morey und N. D. Olewiler, 1993, Environmental policy when market structure and plant locations are endogenous, Journal of Environmental Economics and Management 24, S. 69 - 86.

Markusen, J. R., E. R. Morey und N. D. Olewiler, 1995, Competition in regional environmental policies when plant locations are endogenous, Journal of Public Economics 56, S. 55 - 77.

Merrifield, J. D., 1988, The impact of selected abatement strategies on transnational pollution, the terms of trade, and factor rewards: A general equilibrium approach, Journal of Environmental Economics and Management 15, S. 259 - 284.

Motta, M. und J. F. Thisse, 1994, Does environmental dumping lead to delocation?, European Economic Review 38, S. 563 - 576.

Nannerup, N., 1998, Strategic environmental policy under incomplete information, Environmental and Resource Economics 11, S. 61 - 78.

Novshek, W., 1985, On the existence of Cournot equilibrium, Review of Economic Studies 52, S. 85 - 98.

Palmer, K., W. E. Oates und P. R. Portney, 1995, Tightening environmental standards: The benefit-cost or the no-cost paradigm?, Journal of Economic Perspectives 9, Nr. 4, S. 119 - 132.

Porter, M. E., 1991, America's green strategy, Scientific American 264, Nr. 4, S. 96.

Porter, M. E. und C. van der Linde, 1995, Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship, Journal of Economic Perspectives 9, Nr. 4, S. 97 - 118.

Rauscher, M., 1994, On ecological dumping, Oxford Economic Papers 46, S. 822 - 840.

Rauscher, M., 1995, Environmental regulation and the location of polluting industries, International Tax and Public Finance 2, S. 229 - 244.

Rauscher, M., 1997, International trade, factor movements, and the environment, Oxford.

Reinganum, J. F., 1985, Innovation and industry evolution, The Quarterly Journal of Economics 100, S. 81 - 99.

Sartzetakis, E. S. und C. Constantatos, 1995, Environmental regulation and international trade, Journal of Regulatory Economics 8, S. 61 - 72.

Seade, J., 1980, The stability of Cournot revisited, Journal of Economic Theory 23, S. 15 - 27.

Shapiro, C., 1989, Theories of oligopoly behavior, in R. Schmalensee und R. D. Willig (Hrsg.), Handbook of industrial organization, Vol. 1, Amsterdam, S. 329 - 414.

Simpson, R. D., 1995, Optimal pollution taxation in a Cournot duopoly, Environmental and Resource Economics 6, S. 359 - 369.

Simpson, R. D. und R. L. Bradford, 1996, Taxing variable cost: Environmental regulation as industrial policy, Journal of Environmental Economics and Management 30, S. 282 - 300.

Stavins, R. N., 1996, Correlated uncertainty and policy instrument choice, Journal of Environmental Economics and Management 30, S. 218 - 232.

Tirole, J., 1989, The theory of industrial organization, 2. Auflage, Cambridge/Mass.

Ulph, A., 1992, The choice of environmental policy instruments and strategic international trade, in R. Pethig (Hrsg.), Conflicts and cooperation in managing environmental resources, Berlin, Heidelberg, S. 111 - 129.

Ulph, A., 1994, Environmental policy, plant location and government protection, in C. Carraro (Hrsg.), Trade, innovation, environment, Dordrecht, S. 123 - 163.

Ulph, A., 1996a, Environmental policy and international trade when governments and producers act strategically, Journal of Environmental Economics and Management 30, S. 265 - 281.

Ulph, A., 1996b, Environmental policy instruments and imperfectly competitive international trade, Environmental and Resource Economics 7, S. 333 - 355.

Ulph, A., 1996c, Strategic environmental policy, international trade and the Single European Market, in J. B. Braden, H. Folmer und T. S. Ulen (Hrsg.), Environmental policy with

political and economic integration: The European Union and the United States, Cheltenham, S. 235 - 256.

Ulph, A., 1996d, Strategic environmental policy and international trade - the role of market conduct, in C. Carraro, Y. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 99 - 127.

Ulph, A., 1996e, Strategic environmental policy and international competitiveness, in H. Siebert (Hrsg.), Elemente einer rationalen Umweltpolitik: Expertisen zur umweltpolitischen Neuorientierung, Tübingen, S. 337 - 376.

Ulph, A., 1997a, Environmental policy and international trade, in C. Carraro und D. Siniscalco (Hrsg.), New directions in the economic theory of the environment, Cambrige, S. 147 - 192.

Ulph, A., 1997b, International environmental regulation when national governments act strategically, in J. B. Braden und S. Proost (Hrsg.), The economic theory of environmental policy in a federal system, Cheltenham, S. 66 - 96.

Ulph, A. und D. Ulph, 1996, Trade, strategic innovation and strategic environmental policy - a general analysis, in C. Carraro, K. Katsoulacos und A. Xepapadeas (Hrsg.), Environmental policy and market structure, Dordrecht, S. 181 - 208.

Ulph, D., 1994, Strategic innovation and strategic environmental policy, in C. Carraro (Hrsg.), Trade, innovation, environment, Dordrecht, S. 205 - 228.

Verdier, T., 1993, Strategic trade and the regulation of pollution by performance or design standards, Nota di Lavoro 58.93, FEEM, Mailand.

Walz, U., 1992, Oligopolistischer Wettbewerb und internationaler Handel. Eine Analyse ausgewählter positiver und normativer Aspekte, Tübingen.

Walz, U. und D. Wellisch, 1997, Is free trade in the interest of exporting countries when there is ecological dumping? Journal of Public Economics 66, S. 275 - 291.

Weimann, J., 1990, Umweltökonomik. Eine theorieorientierte Einführung, Berlin u. a.

Weitzman, M. L., 1974, Prices versus quantities, Review of Economic Studies 41, S. 477 - 491.

Whalley, J., 1991, The interface between environmental and trade policies, The Economic Journal 101, S. 180 - 189.

Wiemann, J., 1993, Umweltorientierte Handelspolitik: Ein neues Konfliktfeld zwischen Nord und Süd?, in B. Engels (Hrsg.), Perspektiven einer neuen internationalen Handelspolitik, Hamburg, S. 59 - 78.

Anhang zu Abschnitt 2.3

Komparativ-statische Wirkungen einer Steuersatzänderung bei Cournot-Wettbewerb

Durch die Bedingungen

$$\phi_A(x,y,t_A) = p'(nx+my)x + p(nx+my) - K_A'(x) - t_A = 0,$$

$$\phi_B(x,y,t_B) = p'(nx+my)y + p(nx+my) - K_B'(y) - t_B = 0$$

sind implizit die Produktionsmengen $x(t_A, t_B)$ und $y(t_A, t_B)$ als Funktionen der beiden Steuersätze bestimmt. Implizites Differenzieren führt zu

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial\phi_A}{\partial x} & \frac{\partial\phi_A}{\partial y} \\ \frac{\partial\phi_B}{\partial x} & \frac{\partial\phi_B}{\partial y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial t_A} \\ \frac{\partial y}{\partial t_A} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

mit

$$\frac{\partial\phi_A}{\partial x} = n(p''x + p') + p' - K_A'' < 0,$$

$$\frac{\partial\phi_A}{\partial y} = m(p''x + p') < 0,$$

$$\frac{\partial\phi_B}{\partial x} = n(p''y + p') < 0,$$

$$\frac{\partial\phi_B}{\partial y} = m(p''y + p') + p' - K_B'' < 0.$$

Lösen ergibt die Änderung der Produktionsmengen in Reaktion auf eine Änderung des Steuersatzes in Land A

$$\frac{\partial x}{\partial t_A} = \frac{\partial\phi_B/\partial y}{\Delta} < 0, \qquad \frac{\partial y}{\partial t_A} = -\frac{\partial\phi_B/\partial x}{\Delta} > 0$$

mit

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{\partial\phi_A}{\partial x}\frac{\partial\phi_B}{\partial y} - \frac{\partial\phi_B}{\partial x}\frac{\partial\phi_A}{\partial y} \\ &= n(p''x + p')(p' - K_B'') + m(p''y + p')(p' - K_A'') + (p' - K_A'')(p' - K_B'') > 0.\end{aligned}$$

Damit berechnet man weiter

$$\frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A} = \frac{n(p' - K_B'')}{\Delta} < 0\,, \qquad \frac{\partial p}{\partial t_A} = p' \frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A} > 0,$$

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial t_A} = p' \frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A} y - p'y \frac{\partial y}{\partial t_A} > 0\,.$$

Die Ungleichungen folgen aufgrund der Annahmen über die Nachfrage und die Kostenfunktionen.

Als Ableitung von $\pi_A(x(t_A,t_B),y(t_A,t_B),t_A)$ erhält man

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_A}{\partial t_A} &= p' \frac{\partial(X+Y)}{\partial t_A} x - p'x \frac{\partial x}{\partial t_A} - x \\ &= x[-(p' - K_A'')(p' - K_B'') - m(p''y + p')(p' - K_A'' + p') - (p' + np''x)(p' - K_B'')] / \Delta.\end{aligned}$$

Die ersten beiden Summanden in der eckigen Klammer sind negativ. Hinreichend, aber nicht notwendig, für $\partial \pi_A / \partial t_A < 0$ ist $p' + np''x \leq 0$, insbesondere also $p'' \leq 0$ oder $n = 1$.

Anhang zu Abschnitt 2.4

Komparativ-statische Wirkungen einer Steuersatzänderung bei Bertrand-Wettbewerb:

Durch implizites Differenzieren von

$$\frac{\partial \pi_A(p^x, p^y, t_A)}{\partial p^x} = 0, \quad \frac{\partial \pi_B(p^x, p^y, t_B)}{\partial p^y} = 0$$

erhält man

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^x} & \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^y} \\ \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^x} & \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial p^x}{\partial t_A} \\ \frac{\partial p^y}{\partial t_A} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial p^x} \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Lösen ergibt

$$\frac{\partial p^x}{\partial t_A} = \frac{\frac{\partial x}{\partial p^x} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y}}{\Gamma} > 0 \text{ und } \frac{\partial p^y}{\partial t_A} = -\frac{\frac{\partial x}{\partial p^x} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^x}}{\Gamma} > 0$$

$$\text{mit } \Gamma := \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^x} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y} - \frac{\partial^2 \pi_A}{\partial p^x \partial p^y} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^x} > 0 .$$

Weiter berechnet man

$$\frac{\partial x}{\partial t_A} = \frac{\partial x}{\partial p^x} \frac{\partial p^x}{\partial t_A} + \frac{\partial x}{\partial p^y} \frac{\partial p^y}{\partial t_A} = \frac{\partial x}{\partial p^x} \left(\frac{\partial x}{\partial p^x} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^y} - \frac{\partial x}{\partial p^y} \frac{\partial^2 \pi_B}{\partial p^y \partial p^x} \right) \Big/ \Gamma < 0 ,$$

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial t_A} = \frac{\partial \pi_B}{\partial p^x} \frac{\partial p^x}{\partial t_A} + \frac{\partial \pi_B}{\partial p^y} \frac{\partial p^y}{\partial t_A} = \frac{\partial \pi_B}{\partial p^x} \frac{\partial p^x}{\partial t_A} = (p^y - K'_B - t_B) \frac{\partial y}{\partial p^x} = \frac{(-y)\, \partial y / \partial p^x}{\partial y / \partial p^y} > 0.$$

In die letzte Umformung geht die Bedingung $\frac{\partial \pi_B}{\partial p^y} = y + (p^y - K'_B - t_B) \frac{\partial y}{\partial p^y} = 0$ ein.

Anhang zu Abschnitt 2.6

Komparativ-statische Ergebnisse im Modell mit Schadstoffvermeidungstechnologie:

Aus der Bedingung erster Ordnung (2.13) $\partial\pi_A / \partial v_i = 0$ erhält man durch Anwendung des Satzes über implizite Funktionen

$$v_i = \hat{v}(x_i, t_A, s_A)$$

mit

$$\frac{\partial \hat{v}}{\partial x_i} = -\frac{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial v_i}}{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}}, \quad \frac{\partial \hat{v}}{\partial t_A} = -\frac{\dfrac{\partial e_A}{\partial v_i}}{t_A \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}} > 0, \quad \frac{\partial \hat{v}}{\partial s_A} = \frac{1}{t_A \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}} > 0 .$$

Ebenso erhält man eine Funktion $\hat{z}(y_j, t_B, s_B)$ für ein repräsentatives Unternehmen j aus Land B.

Einsetzen von $\hat{v}$ in $\partial\pi_A / \partial x_i = 0$ und von $\hat{z}$ in $\partial\pi_B / \partial y_j = 0$ reduziert das Gleichungssystem aus $2(m+n)$ Bedingungen erster Ordnung auf ein System mit $m+n$ Gleichungen. Wir gehen im folgenden von einem inneren Gleichgewicht aus, in dem die Unternehmen in Land A dieselbe Produktionsmenge $x := x_1 = \ldots = x_n > 0$ und dasselbe Niveau an Schadstoffvermeidungsinvestitionen $v := v_1 = \ldots = v_n > 0$ realisieren. Ebenso verhalten sich die Unternehmen in Land B symmetrisch. Dadurch reduzieren sich die Bedingungen erster Ordnung auf nur noch zwei Gleichungen

$$\phi_A(x, y, t_A, s_A) := p'(nx + my)x + p(nx + my) - K_A'(x) - t_A \frac{\partial e_A(x, \hat{v}(x, t_A, s_A))}{\partial x} = 0,$$

$$\phi_B(x, y, t_B, s_B) := p'(nx + my)y + p(nx + my) - K_B'(y) - t_B \frac{\partial e_B(y, \hat{z}(y, t_B, s_B))}{\partial y} = 0.$$

Als Interpretationshilfe betrachten wir zunächst eine Hilfsfunktion: Wenn die Schadstoffvermeidungsinvestition gemäß $\hat{v}$ stets optimal an die Produktionsmenge, den Steuersatz und den Subventionssatz in Land A angepaßt wird, lassen sich die Gesamtkosten von Unternehmen i in Land A nur in Abhängigkeit von der Produktionsmenge sowie t_A und s_A formulieren:

$$H_A(x_i, t_A, s_A) := K_A(x_i) + (1 - s_A)\hat{v}(x_i, t_A, s_A) + t_A e_A(x_i, \hat{v}(x_i, t_A, s_A)) .$$

Deren Ableitungen berechnet man als

$$\frac{\partial H_A}{\partial x_i} = K_A'(x_i) + t_A \frac{\partial e_A}{\partial x_i} + \frac{\partial \hat{v}}{\partial x_i}(1 - s_A + t_A \frac{\partial e_A}{\partial v_i}) = K_A'(x_i) + t_A \frac{\partial e_A(x_i, \hat{v}(x_i, t_A, s_A))}{\partial x_i},$$

$$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x_i \partial x_i} = K_A'' + t_A \frac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial x_i} - t_A \frac{\left(\frac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial v_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}},$$

$$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x_i \partial t_A} = \frac{\partial e_A}{\partial x_i} - \frac{\partial e_A}{\partial v_i} \frac{\frac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial v_i}}{\frac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}},$$

$$\frac{\partial^2 H_A}{\partial x_i \partial s_A} = \frac{\partial^2 e_A}{\partial x_i \partial v_i} / \frac{\partial^2 e_A}{\partial v_i \partial v_i}.$$

Bei der Herleitung der ersten Gleichung wurde die Bedingung erster Ordnung $\partial \pi_A / \partial v_i = 0$ eingesetzt.

Damit kann man die beiden Gleichungen, die das Cournot-Gleichgewicht charakterisieren, auch schreiben als

$$(1) \quad \begin{aligned} \phi_A(x, y, t_A, s_A) &:= p'(nx + my)x + p(nx + my) - \frac{\partial H_A(x, t_A, s_A)}{\partial x} = 0, \\ \phi_B(x, y, t_B, s_B) &:= p'(nx + my)y + p(nx + my) - \frac{\partial H_B(y, t_B, s_B)}{\partial y} = 0. \end{aligned}$$

Mit Blick auf die komparativ-statischen Eigenschaften des Marktgleichgewichts treffen wir folgende Annahme

$$p' - \frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial x} = p' - K_A'' - t_A \frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial x} + t_A \frac{\left(\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\right)^2}{\frac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} < 0,$$

die die Annahme $p' - K_A'' < 0$ verschärft. Diese Annahme ist hinreichend (aber nicht notwendig) dafür, daß die Gewinnmaximierungsbedingungen zweiter Ordnung für die Unternehmen in Land A erfüllt sind. Sie beinhaltet, daß der

Betrag der Kreuzableitung $\partial^2 e_A / \partial x \partial v$ hinreichend klein ist. Eine analoge Annahme gelte für die Unternehmen aus Land B. Damit folgt

$$\frac{\partial \phi_A}{\partial x} = n(p''x + p') + p' - \frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial x} < 0 \ ,$$

$$\frac{\partial \phi_A}{\partial y} = m(p''x + p') < 0 \ ,$$

$$\frac{\partial \phi_B}{\partial y} = m(p''y + p') + p' - \frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial y} < 0 \ ,$$

$$\frac{\partial \phi_B}{\partial x} = n(p''y + p') < 0$$

sowie

$$m\frac{\partial \phi_A}{\partial x} < n\frac{\partial \phi_A}{\partial y} < 0 \ ,$$

$$n\frac{\partial \phi_B}{\partial y} < m\frac{\partial \phi_B}{\partial x} < 0$$

und daher

$$\Delta := \frac{\partial \phi_A}{\partial x}\frac{\partial \phi_B}{\partial y} - \frac{\partial \phi_A}{\partial y}\frac{\partial \phi_B}{\partial x} > 0 \ .$$

Implizites Differenzieren des Gleichungssystems (1) liefert nun

$$\frac{\partial x}{\partial t_A} = \frac{\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}\frac{\partial \phi_B}{\partial y}}{\Delta}, \quad \frac{\partial x}{\partial s_A} = \frac{\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\frac{\partial \phi_B}{\partial y}}{\Delta \frac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} \ ,$$

$$\frac{\partial y}{\partial t_A} = \frac{-\frac{\partial \phi_B}{\partial x}\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}}{\Delta}, \quad \frac{\partial y}{\partial s_A} = \frac{-\frac{\partial \phi_B}{\partial x}\frac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}}{\Delta \frac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} \ .$$

Daraus kann man die Änderungen der übrigen Variablen bestimmen:

$$\frac{\partial (X+Y)}{\partial t_A} = n\frac{\partial x}{\partial t_A} + m\frac{\partial y}{\partial t_A} = \frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}\frac{n\frac{\partial \phi_B}{\partial y} - m\frac{\partial \phi_B}{\partial x}}{\Delta} \ ,$$

$$\frac{\partial v}{\partial t_A} = \frac{\partial \hat{v}}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t_A} + \frac{\partial \hat{v}}{\partial t_A} = \frac{-\dfrac{\partial \phi_B}{\partial y}}{\Delta}\frac{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial x}}{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}}\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A} - \frac{\dfrac{\partial e_A}{\partial v}}{t_A \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}},$$

$$\frac{\partial e_A}{\partial t_A} = \frac{\partial e_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial t_A} + \frac{\partial e_A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t_A} = \left(\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}\right)^2 \frac{\partial \phi_B}{\partial y}\frac{1}{\Delta} + \frac{\partial e_A}{\partial v}\frac{\partial \hat{v}}{\partial t_A} < 0,$$

$$\frac{\partial z}{\partial t_A} = \frac{\partial \hat{z}}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t_A} = \frac{\dfrac{\partial^2 e_B}{\partial z \partial y}\dfrac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}\dfrac{\partial \phi_B}{\partial x}}{\Delta \dfrac{\partial^2 e_B}{\partial z \partial z}},$$

$$\frac{\partial e_B}{\partial t_A} = \frac{\partial e_B}{\partial z}\frac{\partial z}{\partial t_A} + \frac{\partial e_B}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t_A} = -\frac{\partial \phi_B}{\partial x}\frac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}\frac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B} / \Delta,$$

$$\frac{\partial (X+Y)}{\partial s_A} = n\frac{\partial x}{\partial s_A} + m\frac{\partial y}{\partial s_A} = \frac{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\left(n\dfrac{\partial \phi_B}{\partial y} - m\dfrac{\partial \phi_B}{\partial x}\right)}{\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}\,\Delta},$$

$$\frac{\partial v}{\partial s_A} = \frac{\partial \hat{v}}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial s_A} + \frac{\partial \hat{v}}{\partial s_A} = \frac{-\dfrac{\partial \phi_B}{\partial y}}{\Delta}\frac{\left(\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial x}\right)^2}{\left(\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}\right)^2} + \frac{1}{t_A \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} > 0,$$

$$\frac{\partial e_A}{\partial s_A} = \frac{\partial e_A}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial s_A} + \frac{\partial e_A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial s_A} = \frac{\dfrac{\partial e_A}{\partial v}}{t_A \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}} + \frac{\dfrac{\partial \phi_B}{\partial y}\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\dfrac{\partial^2 H_A}{\partial x \partial t_A}}{\Delta \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}},$$

$$\frac{\partial z}{\partial s_A} = \frac{\partial \hat{z}}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial s_A} = \frac{\dfrac{\partial^2 e_B}{\partial z \partial y}\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\dfrac{\partial \phi_B}{\partial x}}{\Delta \dfrac{\partial^2 e_B}{\partial z \partial z}\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}},$$

$$\frac{\partial e_B}{\partial s_A} = \frac{\partial e_B}{\partial z}\frac{\partial z}{\partial s_A} + \frac{\partial e_B}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial s_A} = \frac{-\dfrac{\partial \phi_B}{\partial x}\dfrac{\partial^2 e_A}{\partial x \partial v}\dfrac{\partial^2 H_B}{\partial y \partial t_B}}{\Delta \dfrac{\partial^2 e_A}{\partial v \partial v}}.$$

Anhang zu Abschnitt 3.2

Produktionsmengen im Marktgleichgewicht (Stufe 3):

	Prozeßstandard in B	*Emissionssteuer in B*	*Emissionsstandard in B*
Prozeß-standard in A	$x = \frac{\alpha + 1/u_B - 2/u_A}{3}$ $y = \frac{\alpha + 1/u_A - 2/u_B}{3}$	$x = \frac{\alpha + 2\sqrt{t_B} - 2/u_A}{3}$ $y = \frac{\alpha + 1/u_A - 4\sqrt{t_B}}{3}$	$x = \frac{\alpha(e_B+2) - (e_B+1)2/u_A}{3e_B+4}$ $y = \frac{(\alpha + 1/u_A)e_B}{3e_B+4}$
Emissions-steuer in A	$x = \frac{\alpha + 1/u_B - 4\sqrt{t_A}}{3}$ $y = \frac{\alpha + 2\sqrt{t_A} - 2/u_B}{3}$	$x = \frac{\alpha + 2\sqrt{t_B} - 4\sqrt{t_A}}{3}$ $y = \frac{\alpha + 2\sqrt{t_A} - 4\sqrt{t_B}}{3}$	$x = \frac{\alpha(e_B+2) - 4\sqrt{t_A}(e_B+1)}{3e_B+4}$ $y = \frac{e_B\left(\alpha + 2\sqrt{t_A}\right)}{3e_B+4}$
Emissions-standard in A	$x = \frac{(\alpha + 1/u_B)e_A}{3e_A+4}$ $y = \frac{\alpha(e_A+2) - (e_A+1)2/u_B}{3e_A+4}$	$y = \frac{e_A\left(\alpha + 2\sqrt{t_B}\right)}{3e_A+4}$ $x = \frac{\alpha(e_A+2) - 4\sqrt{t_B}(e_A+1)}{3e_A+4}$	$x = \frac{\alpha e_A(e_B+2)}{3e_Ae_B + 4(e_A+e_B+1)}$ $y = \frac{\alpha e_B(e_A+2)}{3e_Ae_B + 4(e_A+e_B+1)}$

Gewinne im Marktgleichgewicht (Stufe 3):

	Prozeßstandard in B	*Emissionssteuer in B*	*Emissionsstandard in B*
Prozeß-standard in A	$\pi_A = x(u_A,u_B)^2$ $\pi_B = y(u_A,u_B)^2$	$\pi_A = x(u_A,t_B)^2$ $\pi_B = y(u_A,t_B)^2$	$\pi_A = x(u_A,e_B)^2$ $\pi_B = y(u_A,e_B)^2(e_B+1)/e_B$
Emissions-steuer in A	$\pi_A = x(t_A,u_B)^2$ $\pi_B = y(t_A,u_B)^2$	$\pi_A = x(t_A,t_B)^2$ $\pi_B = y(t_A,t_B)^2$	$\pi_A = x(t_A,e_B)^2$ $\pi_B = y(t_A,e_B)^2(e_B+1)/e_B$
Emissions-standard in A	$\pi_A = x(e_A,u_B)^2(e_A+1)/e_A$ $\pi_B = y(e_A,u_B)^2$	$\pi_A = x(e_A,t_B)^2(e_A+1)/e_A$ $\pi_B = y(e_A,t_B)^2$	$\pi_A = x(e_A,e_B)^2(e_A+1)/e_A$ $\pi_B = y(e_A,e_B)^2(e_B+1)/e_B$

Anhang zu Abschnitt 3.3

Prozeßstandards in beiden Ländern

Wohlfahrt:

$$W_A = x^2(1-u_A{}^2) = \left(\frac{\alpha + 1/u_B - 2/u_A}{3}\right)^2 \left(1-u_A{}^2\right) \quad \to \max_{u_A} ,$$

$$W_B = y^2(1-u_B{}^2) = \left(\frac{\alpha + 1/u_A - 2/u_B}{3}\right)^2 \left(1-u_B{}^2\right) \quad \to \max_{u_B} .$$

Bedingungen erster Ordnung für die Umweltpolitik der Regierungen:

$$u_i = \sqrt[3]{\frac{2}{\alpha + 1/u_j}} \qquad i,j = A,B; \quad i \neq j .$$

Daraus folgt

$$u_A = u_B =: u ,$$
$$\alpha u^3 + u^2 - 2 = 0 .$$

Gleichgewichtswerte für ausgewählte Werte des Nachfrageparameters α:

α	u_A, u_B	e_A, e_B	π_A, π_B	x, y	W_A, W_B
2	0,85809433	0,23872955	0,07740024	0,27820899	0,02040844
3	0,77541987	0,44208654	0,32504293	0,57012537	0,12960243
4	0,71851016	0,62468021	0,75587446	0,86941041	0,36564909
5	0,67581049	0,79301748	1,37694205	1,17343174	0,74806534
6	0,64202071	0,95070809	2,19278627	1,48080595	1,28894039
7	0,6142924	1,10001561	3,20661932	1,79070358	1,99658499
8	0,59092873	1,24247662	4,42085466	2,10258285	2,8771065
9	0,57084252	1,37919424	5,8373836	2,4160678	3,93520684
10	0,55329821	1,51099403	7,45773535	2,73088545	5,1746324
11	0,53777657	1,63851409	9,28317649	3,04683056	6,59844806
12	0,52389846	1,76226051	11,3147763	3,36374439	8,20921423
13	0,5113792	1,88264319	13,553452	3,68150132	10,0091066
14	0,5	2	16	4	12
15	0,48958939	2,11461359	18,6551202	4,31915735	14,1835296
16	0,48001065	2,22672346	21,5194331	4,6389043	16,5611357
17	0,47115319	2,33653476	24,593493	4,95918269	19,1340983
18	0,46292638	2,44422495	27,8777992	5,2799431	21,9035636
19	0,45525508	2,54994881	31,3728037	5,60114307	24,8705648
20	0,44807636	2,65384242	35,0789184	5,92274585	28,0360388

Emissionssteuern in beiden Ländern

Wohlfahrt:

$$W_A = x^2 + t_A u_A x - u_A^2 x^2 = \left(\frac{\alpha + 2\sqrt{t_B} - 4\sqrt{t_A}}{3}\right)^2 \left(1 - 1/t_A\right) + \sqrt{t_A}\,\frac{\alpha + 2\sqrt{t_B} - 4\sqrt{t_A}}{3} \quad \to \max_{t_A},$$

$$W_B = y^2 + t_B u_B y - u_B^2 y^2 = \left(\frac{\alpha + 2\sqrt{t_A} - 4\sqrt{t_B}}{3}\right)^2 \left(1 - 1/t_B\right) + \sqrt{t_B}\,\frac{\alpha + 2\sqrt{t_A} - 4\sqrt{t_B}}{3} \quad \to \max_{t_B}.$$

Bedingungen erster Ordnung für die umweltpolitischen Entscheidungen der Regierungen bei $t_A = t_B =: t$:

$$\alpha^2 - 4t - t^2 - 2{,}5\alpha t^{1{,}5} = 0 \ .$$

Beispiele:

α	t_A, t_B	u_A, u_B	e_A, e_B	π_A, π_B	x, y	W_A, W_B
2	0,49827455	1,41666005	0,27777337	0,03844589	0,19607623	0,09969525
3	0,786765	1,12739858	0,46073192	0,16700967	0,40866817	0,31722352
4	1,0471199	0,97724126	0,63632168	0,42398437	0,65114082	0,68538419
5	1,28502415	0,88215389	0,80358982	0,82981283	0,91094063	1,21668855
6	1,50558692	0,81498025	0,96329383	1,3970868	1,18198426	1,91947439
7	1,71248758	0,76416349	1,11638148	2,13428629	1,46091967	2,79976811
8	1,90834483	0,72388833	1,2637022	3,04751842	1,7457143	3,86215473
9	2,0950634	0,69087808	1,40596758	4,14140576	2,03504441	5,11025214
10	2,27406652	0,66312961	1,54376535	5,41958141	2,32799944	6,54699505
11	2,44644529	0,63934054	1,67758199	6,88498534	2,62392556	8,17481656
12	2,61305548	0,61862246	1,80782318	8,54005232	2,92233679	9,99576994
13	2,77458185	0,60034546	1,93483032	10,3868368	3,22286159	12,0116136
14	2,93158188	0,5840486	2,05889346	12,4270995	3,52520914	14,223872
15	3,08451641	0,56938557	2,18026119	14,6623686	3,82914724	16,6338812
16	3,23377142	0,55609033	2,29914841	17,0939855	4,13448733	19,2428225
17	3,37967402	0,54395452	2,4157423	19,7231384	4,44107402	22,0517491
18	3,5225043	0,53281229	2,53020708	22,5508888	4,74877761	25,0616063
19	3,66250426	0,52252964	2,64268772	25,5781914	5,05748864	28,273248
20	3,79988476	0,51299695	2,75331303	28,8059105	5,36711379	31,68745

Emissionsteuern in Land A, Prozeßstandard in Land B

Wohlfahrt:

$$W_A = x^2 + t_A u_A x - u_A^2 x^2 = \left(\frac{\alpha + 1/u_B - 4\sqrt{t_A}}{3}\right)^2 \left(1 - 1/t_A\right) + \sqrt{t_A}\,\frac{\alpha + 1/u_B - 4\sqrt{t_A}}{3} \quad \rightarrow \max_{t_A},$$

$$W_A = y^2 - u_B^2 y^2 = \left(\frac{\alpha + 2\sqrt{t_A} - 2/u_B}{3}\right)^2 \left(1 - u_B^2\right) \quad \rightarrow \max_{u_B}.$$

Bedingungen erster Ordnung für die Umweltpolitik der Regierungen:

$$2/u_B^2 + (4\alpha - 5t_A^{1,5} - 8\sqrt{t_A})/u_B + 2\alpha^2 - 8\alpha\sqrt{t_A} + 8t_A^2 - 5\alpha t_A^{1,5} = 0$$

(Reaktionsfunktion von A),

$$u_B = \sqrt[3]{\frac{2}{\alpha + 2\sqrt{t_A}}} \quad \text{(Reaktionsfunktion von B).}$$

Beispiele:

α	t_A	u_B	x	y	u_A	W_A	W_B
2	0,45067767	0,84264828	0,16714451	0,32306037	1,48959079	0,07815612	0,03026086
3	0,69254465	0,75407034	0,33245518	0,67070429	1,2016448	0,22759852	0,19405288
4	0,92371005	0,69638443	0,53053167	1,01673994	1,04047623	0,48664679	0,53243682
5	1,14238512	0,65437236	0,75096173	1,36042819	0,93560758	0,8729351	1,05826144
6	1,34949971	0,62169463	0,98726265	1,70211531	0,86082248	1,39931209	1,77741785
7	1,54650223	0,59515642	1,23529761	2,04223592	0,80412715	2,07543997	2,69340929
8	1,73476774	0,5729388	1,49232128	2,3811458	0,75924044	2,90880937	3,80867504
9	1,91546831	0,55391399	1,75643888	2,71911335	0,72254103	3,90538408	5,12507472
10	2,08957253	0,53733732	2,02629563	3,05633799	0,69178521	5,07002109	6,64410369
11	2,25787616	0,52269268	2,30089257	3,39296867	0,66550288	6,40675243	8,36700549
12	2,42103545	0,50960847	2,57947334	3,72911794	0,64268687	7,91898014	10,2948381
13	2,57959568	0,49780868	2,86145198	4,06487208	0,6226216	9,60961479	12,428517
14	2,73401399	0,48708301	3,14636551	4,40029816	0,60478308	11,4811764	14,7688442
15	2,88467714	0,47726769	3,43384175	4,73544903	0,58877775	13,5358694	17,3165302
16	3,03191527	0,4682329	3,723577	5,07036684	0,57430351	15,7756399	20,0722094
17	3,17601251	0,45987401	4,01532012	5,40508564	0,56112407	18,2022194	23,0364529
18	3,31721533	0,4521056	4,30886099	5,7396332	0,54905161	20,8171597	26,2097778
19	3,45573907	0,44485703	4,60402198	6,07403239	0,53793466	23,6218599	29,5926548
20	3,59177311	0,43806926	4,90065151	6,40830223	0,52764953	26,6175887	33,1855151

Emissionsstandards in beiden Ländern

Wohlfahrt:

$$W_A = \pi_A - e_A^{\,2} = \frac{(e_A^{\,2} + e_A)\alpha^2 (e_B + 2)^2}{(3e_A e_B + 4e_A + 4e_B + 4)^2} - e_A^{\,2} \quad \rightarrow \max_{e_A} ,$$

$$W_B = \pi_A - e_B^{\,2} = \frac{(e_B^{\,2} + e_B)\alpha^2 (e_A + 2)^2}{(3e_A e_B + 4e_A + 4e_B + 4)^2} - e_B^{\,2} \quad \rightarrow \max_{e_B} .$$

Bedingungen erster Ordnung für die umweltpolitischen Entscheidungen der Regierungen bei $e_A = e_B =: e$:

$$\alpha^2 (e + 2)^2 (5e^2 + 8e + 4) - 2e(3e^2 + 8e + 4)^3 = 0.$$

Beispiele:

α	e_A, e_B	x, y	π_A, π_B	u_A, u_B	W_A, W_B
2	0,262839268	0,1885154	0,17074637	1,3942589	0,10166189
3	0,43287829	0,39368858	0,51303752	1,09954496	0,3256539
4	0,596974733	0,62989889	1,06141147	0,94773105	0,70503264
5	0,754415035	0,88478966	1,82054777	0,85264902	1,25140573
6	0,905738338	1,15204204	2,7925257	0,7862025	1,97216376
7	1,051630073	1,42804409	3,97849935	0,73641289	2,87257354
8	1,192714753	1,71055419	5,37921894	0,69726803	3,95665045
9	1,329524935	1,99809217	6,9952286	0,6653972	5,22759205
10	1,462508401	2,2896323	8,82695346	0,63875252	6,68802264
11	1,59204213	2,58443577	10,8747426	0,61601149	8,34014447
12	1,718445525	2,88195336	13,1388926	0,59627805	10,1858376
13	1,841991353	3,1817659	15,6196612	0,57892108	12,2267291
14	1,962914461	3,48354625	18,3172765	0,56348167	14,4642433
15	2,081418633	3,78703426	21,2319427	0,54961706	16,8996392
16	2,197681997	4,09201952	24,3638443	0,53706537	19,5340381
17	2,311861307	4,39832948	27,7131495	0,52562258	22,3684468
18	2,424095372	4,70582078	31,2800124	0,51512701	25,403774
19	2,534507805	5,01437298	35,0645751	0,5054486	28,6408453
20	2,643209272	5,32388388	39,066969	0,49648139	32,0804138

Prozeßstandard in Land A und Emissionsstandard in Land B

Wohlfahrt:

$$W_A = x^2 (1 - u_A^{\,2}) = \left(\frac{\alpha (e_B + 2) - 2 (e_B + 1) / u_A}{3e_B + 4} \right)^2 \left(1 - u_A^{\,2}\right) \quad \rightarrow \max_{u_A} ,$$

$$W_B = \pi_B - e_B^{\,2} = \frac{e_B (\alpha + 1 / u_A)^2 (e_B + 1)}{(3e_B + 4)^2} - e_B^{\,2} \quad \rightarrow \max_{e_B} .$$

Bedingungen erster Ordnung für die Umweltpolitik der Regierungen:

$$u_A = \sqrt[3]{\frac{2 (e_B + 1)}{\alpha (e_B + 2)}} \text{ (Reaktionsfunktion von A),}$$

$$(\alpha + 1 / u_A)^2 (5e_B + 4) - 2e_B (3e_B + 4)^3 = 0 \text{ (Reaktionsfunktion von B).}$$

Beispiele:

α	e_B	u_A	x	y	u_B	W_A	W_B
2	0,25269297	0,82233267	0,30657419	0,17079876	1,47947783	0,03043031	0,08076377
3	0,40536294	0,73030713	0,64557924	0,33955461	1,1938078	0,19448753	0,2354081
4	0,55894706	0,67284241	0,98679418	0,54017951	1,03474316	0,5329239	0,50141421
5	0,71004097	0,63197061	1,32761305	0,76242185	0,93129672	1,05861454	0,89579585
6	0,85747964	0,60062936	1,66753421	1,00001129	0,85746997	1,77752788	1,43098601
7	1,00097775	0,57540082	2,00655489	1,24897127	0,80144177	2,69322293	2,11637829
8	1,14060054	0,55439714	2,34478651	1,50666587	0,75703615	3,80817214	2,959289
9	1,27654794	0,53647471	2,68235269	1,77127384	0,72069485	5,12425358	3,96556708
10	1,40906304	0,52089203	3,01936303	2,04149028	0,69021296	6,64297241	5,1399926
11	1,53839291	0,50714253	3,35590855	2,31635064	0,66414509	8,36557707	6,48654532
12	1,66477219	0,49486562	3,69206332	2,59512277	0,64150036	10,2931277	8,00859135
13	1,78841708	0,48379592	4,02788733	2,87723807	0,62157425	12,4265404	9,70901641
14	1,90952387	0,47373267	4,36342931	3,16224623	0,60385047	14,766617	11,5903232
15	2,02826963	0,46452053	4,69872909	3,44978445	0,58794098	17,3140672	13,6547044
16	2,14481374	0,45603689	5,03381942	3,73955609	0,57354768	20,0695249	15,9040977
17	2,2592996	0,44818335	5,36872746	4,03131541	0,56043732	23,0335599	18,3402294
18	2,37185646	0,44087982	5,70347589	4,32485643	0,54842432	26,2066884	20,9646476
19	2,48260105	0,43406024	6,03808379	4,62000475	0,53735898	29,5893803	23,7787492
20	2,59163902	0,42766954	6,37256733	4,91661134	0,52711895	33,1820659	26,7838022

Emissionssteuern in Land A, Emissionsstandard in Land B

Wohlfahrt:

$$W_A = x^2(1-1/t_A)+\sqrt{t_A}x$$

$$=\left(\frac{\alpha(e_B+2)-4\sqrt{t_A}(e_B+1)}{3e_B+4}\right)^2\left(1-1/t_A\right)+\sqrt{t_A}\frac{\alpha(e_B+2)-4\sqrt{t_A}(e_B+1)}{3e_B+4} \quad \rightarrow \max_{t_A},$$

$$W_A = \pi_B - e_B^{\,2} = \frac{\left(e_B^{\,2}+e_B\right)\left(\alpha+2\sqrt{t_A}\right)^2}{\left(3e_B+4\right)^2} - e_B^{\,2} \quad \rightarrow \max_{e_B}.$$

Reaktionsfunktion der Regierung in Land A:

$$2\alpha(e_B+2)^2 - t_A^{\,1,5}(e_B+2)(5e_B+4) - 8\sqrt{t_A}(e_B+1)(e_B+2) + 8t_A^{\,2}e_B(e_B+1)/\alpha = 0\,.$$

Reaktionsfunktion der Regierung in Land B:

$$(\alpha+2\sqrt{t_A})^2(5e_B+4) - 2e_B(3e_B+4)^3 = 0\,.$$

Beispiele:

α	t_A	e_B	x	y	u_A	u_B	W_A	W_B
2	0,5103297	0,2799696	0,1864566	0,1983395	1,3998276	1,4115677	0,09984	0,10146
3	0,8181243	0,4655428	0,3880721	0,4148511	1,1055804	1,1221924	0,31753	0,32505
4	1,1000185	0,6433618	0,6204125	0,6615394	0,9534545	0,9725221	0,68569	0,70395
5	1,3588070	0,8123090	0,8717302	0,9251818	0,8578692	0,8779993	1,21682	1,24985
6	1,5986176	0,9732278	1,1358684	1,1995341	0,7909111	0,8113381	1,91927	1,97017
7	1,8229234	1,1271794	1,4092120	1,4812622	0,7406547	0,7609587	2,79914	2,87017
8	2,0344236	1,2751072	1,6894669	1,7684015	0,7010989	0,7210507	3,86103	3,95388
9	2,2351966	1,4177921	1,9750919	2,0597013	0,6688706	0,6883484	5,10860	5,22447
10	2,4268558	1,5558721	2,2650048	2,3543163	0,6419157	0,6608594	6,54480	6,68457
11	2,6106714	1,6898695	2,5584191	2,6516472	0,6189048	0,6372904	8,17208	8,33638
12	2,7876575	1,8202162	2,8547458	2,9512524	0,5989358	0,6167606	9,99248	10,1817
13	2,9586358	1,9472724	3,1535333	3,2527961	0,5813721	0,5986456	12,0078	12,2224
14	3,1242806	2,0713421	3,4544282	3,5560166	0,5657505	0,5824894	14,2195	14,4596
15	3,2851520	2,1926844	3,7571486	3,8607049	0,5517244	0,5679492	16,6290	16,8948
16	3,4417207	2,3115219	4,0614666	4,1666916	0,5390290	0,5547619	19,2374	19,5289
17	3,5943857	2,4280477	4,3671949	4,4738370	0,5274577	0,5427215	22,0459	22,3631
18	3,7434886	2,5424307	4,6741781	4,7820241	0,5168466	0,5316641	25,0553	25,3982
19	3,8893245	2,6548191	4,9822858	5,0911542	0,5070641	0,5214572	28,2665	28,6351
20	4,0321497	2,7653446	5,2914072	5,4011427	0,4980026	0,5119925	31,6803	32,0744

Kooperation der Produzentenländer

Legen die Regierungen der Produzentenländer ihre Prozeßstandards kooperativ so fest, daß die Wohlfahrt in einem repräsentativen Land maximiert wird, so erhält man aus dem Maximierungsansatz

$$\max_u \left(\frac{\alpha - 1/u}{3}\right)^2 (1 - u^2)$$

den kooperativen Prozeßstandard

$$u^P = \sqrt[3]{1/\alpha}\ .$$

Beispiele:

α	u	e_A, e_B	π_A, π_B	x, y	W_A, W_B
2	0,79370053	0,19580035	0,06085743	0,246692983	0,02251965
3	0,69336127	0,36002794	0,26962071	0,519250143	0,14000059
4	0,62996052	0,50661403	0,64673708	0,804199649	0,3900793
5	0,58480355	0,64133925	1,20269536	1,096674684	0,79137933
6	0,55032121	0,76730908	1,94405335	1,394293136	1,35529012
7	0,52275796	0,88643524	2,87536324	1,695689606	2,08959581
8	0,5	1	4	2	3
9	0,48074986	1,10891624	5,32058221	2,306638726	4,09088699
10	0,46415888	1,21386294	6,83921056	2,615188437	5,36574731
11	0,44964431	1,31536248	8,55761394	2,92533997	6,82743548
12	0,43679023	1,4138276	10,4772443	3,236857172	8,47833588
13	0,42529037	1,5095916	12,5993414	3,549555104	10,3204746
14	0,41491327	1,60292858	14,924978	3,863285912	12,355598
15	0,40548013	1,69406733	17,4550933	4,177929309	14,5852292
16	0,39685026	1,7832014	20,1905174	4,493385967	17,0107102
17	0,38891112	1,87049634	23,1319905	4,809572803	19,633234
18	0,38157141	1,95609515	26,2801773	5,126419535	22,453869
19	0,37475618	2,04012245	29,6356783	5,443866117	25,4735787
20	0,36840315	2,12268767	33,1990398	5,761860794	28,6932369

Legen die Regierungen der Produzentenländer ihre Emissionssteuersätze kooperativ fest, so folgt aus

$$\max_t \left(\frac{\alpha - 2\sqrt{t}}{3}\right)^2 (1 - 1/t) + \sqrt{t}\,\frac{\alpha - 2\sqrt{t}}{3}$$

für den kooperativen Steuersatz

$$0 = 2\alpha^2 - 4\alpha\sqrt{t^P} - \alpha(t^P)^{1,5} - 4(t^P)^2 .$$

Legen die Regierungen kooperativ ihre Emissionsstandards fest, so folgt aus

$$\max_e \quad \frac{(e^2 + e)\alpha^2}{(3e + 2)^2} - e^2$$

für den kooperativen Emissionsstandard

$$0 = \alpha^2 (e^P + 2) - 2e^P (3e^P + 2)^3 .$$

Die Instrumente Emissionssteuern und Emissionsstandards sind bei kooperativer Festlegung insofern äquivalent, als sie zu derselben Produktionstechnologie und gleichen Produktions- und Schadstoffmengen führen; lediglich die Unternehmensgewinne unterscheiden sich um die Steuerzahlungen.

Beispiele:

α	e	π_A, π_B (Emissionssteuern)	π_A, π_B (Emissionsstandards)	t	u_A, u_B	x, y	W_A, W_B
2	0,22947609	0,02914325	0,15614232	0,55343049	1,34421414	0,17071394	0,10348304
3	0,36182306	0,12376349	0,4658188	0,94536624	1,02848972	0,35180036	0,33490287
4	0,48356012	0,31420382	0,96397583	1,34372539	0,86267009	0,56053887	0,73014544
5	0,59646367	0,61939709	1,65784607	1,7410096	0,7578782	0,78701785	1,30207716
6	0,70225815	1,05267516	2,55166119	2,1345228	0,68446241	1,02599959	2,05849468
7	0,80225628	1,62398417	3,64825523	2,52322245	0,62953841	1,27435637	3,00464009
8	0,89743669	2,34106899	4,9496864	2,90674254	0,58653876	1,53005522	4,14429378
9	0,98853945	3,21015761	6,45753191	3,28502247	0,55173537	1,79169127	5,48032167
10	1,07613597	4,23638448	8,17304734	3,65814635	0,52284079	2,05824792	7,01497872
11	1,16067663	5,42406709	10,0972611	4,02626699	0,49836635	2,32896266	8,75009086
12	1,24252315	6,77689478	12,2310344	4,38956782	0,47729745	2,60324697	10,6871706
13	1,32197085	8,29806239	14,5751013	4,74824303	0,45891635	2,88063576	12,8274943
14	1,39926439	9,9903678	17,1300963	5,10248707	0,44269951	3,16075431	15,1721554
15	1,47460909	11,8562848	19,8965748	5,45248911	0,42825515	3,44329563	17,7221028
16	1,5481792	13,8980188	22,8750279	5,79843029	0,4152836	3,72800467	20,4781691
17	1,62012406	16,1175502	26,0658934	6,14048238	0,4035513	4,01466688	23,4410915
18	1,69057286	18,5166687	29,4695647	6,47880745	0,39287325	4,30309989	26,6115281
19	1,75963821	21,0970007	33,0863976	6,8135579	0,38310077	4,59314715	29,9900709
20	1,82741901	23,860032	36,9167157	7,14487683	0,37411285	4,88467317	33,5772555

First-best

Sowohl bei kooperativer Festlegung der Prozeßstandards wie auch bei kooperativer Festlegung von Emissionssteuersätzen oder Emissionsstandards wird nur ein zweitbestes Ergebnis erzielt. Die Produktionsmengen und Produktionstechnologien im first-best-Optimum erfüllen die Bedingungen

$$x = y\,,$$

$$(\alpha - 4x)^3 - 16x = 0\,,$$

$$u_A = u_B = \sqrt[3]{1/(2x)}$$

und werden beispielsweise erreicht, wenn zusätzlich zu einem Prozeßstandard noch eine Mengensteuer auf die Exporte erhoben werden kann.

Beispiele:

α	x	u	e_A, e_B	W_A, W_B
2	0,1588361	1,46557123	0,23278562	0,10464696
3	0,31938795	1,16113797	0,37085347	0,34154963
4	0,5	1	0,5	0,75
5	0,69262645	0,89706445	0,62133056	1,34551445
6	0,89329417	0,82412262	0,73618393	2,13791572
7	1,09975296	0,76893853	0,84564242	3,13402426
8	1,31060165	0,72527009	0,95054017	4,33887998
9	1,52490593	0,6895657	1,05152282	5,75637643
10	1,74200989	0,65963921	1,14909803	7,38962316
11	1,96143423	0,63406252	1,24367194	9,24116839
12	2,18281735	0,61185832	1,33557496	11,3131437
13	2,40587919	0,59233227	1,42507989	13,607362
14	2,63039807	0,57497572	1,51241504	16,1253872
15	2,8561953	0,55940632	1,5977737	18,8685839
16	3,08312452	0,54533032	1,68132129	21,8381549
17	3,31106426	0,5325178	1,76320066	25,0351696
18	3,53991244	0,52078583	1,84353625	28,4605861
19	3,76958243	0,50998678	1,92243721	32,1152683
20	4	0,5	2	36

Anhang zu Abschnitt 4.2

Komparativ-statische Wirkungen einer Änderung des Emissionssteuersatzes in Land A

Aus den Bedingungen erster Ordnung für die F&E-Ausgaben

$$\frac{\partial \breve{\pi}_A(v,z,t_A,t_B)}{\partial v} = \frac{\partial \psi_A(c_A,c_B)}{\partial c_A} t_A u'_A(v) - 1 = 0,$$

$$\frac{\partial \breve{\pi}_B(v,z,t_A,t_B)}{\partial z} = \frac{\partial \psi_B(c_A,c_B)}{\partial c_B} t_B u'_B(z) - 1 = 0$$

(vgl. Gleichung (4.1')) folgt durch Anwendung des Satzes über implizite Funktionen

$$(1) \qquad \frac{\partial v}{\partial t_A} = \left(\frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial t_A} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial z} - \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial t_A} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z^2} \right) / \Delta ,$$

$$\frac{\partial z}{\partial t_A} = \left(\frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial v} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial t_A} - \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v^2} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial t_A} \right) / \Delta$$

mit $\Delta := \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v^2} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial z} \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial v}$.

Annahme: Das Gleichgewicht sei stabil, also $\Delta > 0$.

Forschungsausgaben in B: Einsetzen der zweiten Ableitungen und Umformen ergibt

$$\frac{\partial z}{\partial t_A} = -\left(t_A t_B u'_B \frac{\partial^2 \psi_B}{\partial c_B \partial c_A} \frac{\partial \psi_A}{\partial c_A} \left(u_A u''_A - u'_A u'_A \right) \right) / \Delta$$

$$= (+) \cdot \left(u_A u''_A - u'_A u'_A \right) = (+) \cdot \frac{u_A u''_A - u'_A u'_A}{u''_A} .$$

Stückkosten: Aus $c_B = t_B u_B(z)$ und $c_A = t_A u_A(v)$ folgt

$$(2) \qquad \frac{dc_B}{dt_A} = t_B u'_B \frac{\partial z}{\partial t_A} = (-) \cdot \left(u_A u''_A - u'_A u'_A \right) = (-) \cdot \left(u_A u''_A - u'_A u'_A \right) / u''_A ,$$

$$(3) \qquad \frac{dc_A}{dt_A} = u_A + t_A u'_A \frac{\partial v}{\partial t_A}$$

$$\underset{(1)}{=} \frac{\frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z^2} \left(u_A \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v^2} - t_A u'_A \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial t_A} \right) - \frac{\partial^2 \breve{\pi}_A}{\partial v \partial z} \left(u_A \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial v} - t_A u'_A \frac{\partial^2 \breve{\pi}_B}{\partial z \partial t_A} \right)}{\Delta}$$

$$= \left(t_A \frac{\partial^2 \tilde{\pi}_B}{\partial z^2} \frac{\partial \psi_A}{\partial c_A} \left(u_A u_A'' - u_A' u_A' \right) \right) / \Delta$$

$$= (+) \cdot \left(u_A u_A'' - u_A' u_A' \right) = (+) \cdot \frac{u_A u_A'' - u_A' u_A'}{u_A''} .$$

Forschungsausgaben in A: Aus (3) folgt

$$\frac{\partial v}{\partial t_A} = \left(\frac{dc_A}{dt_A} - u_A \right) / \left(t_A u_A' \right) > 0 \quad \text{falls} \quad \frac{dc_A}{dt_A} \leq 0 .$$

Produktionsmengen: Die Wirkung von t_A auf die Produktionsmengen erhält man nun sofort aus

$$\frac{\partial x}{\partial t_A} = \frac{\partial x}{\partial c_A} \frac{dc_A}{dt_A} + \frac{\partial x}{\partial c_B} \frac{dc_B}{dt_A} ,$$

$$\frac{\partial y}{\partial t_A} = \frac{\partial y}{\partial c_A} \frac{dc_A}{dt_A} + \frac{\partial y}{\partial c_B} \frac{dc_B}{dt_A}$$

mit dc_A / dt_A und dc_B / dt_A aus (2) und (3).

Emissionen: $\dfrac{\partial e_A}{\partial t_A} = u_A' \dfrac{\partial v}{\partial t_A} x + u_A \dfrac{\partial x}{\partial t_A}$.

Anhang zu Abschnitt 4.3

Annahmen: Es gelte

(a) $v(\tau_A) \geq 0 \quad \forall \tau_A \in [0,\infty)$,

(b) $v'(\tau_A) < 0 \quad \forall \tau_A \in [0,\infty)$,

(c) $v''(\tau_A) > 0 \quad \forall \tau_A \in [0,\infty)$,

(d) $\lim\limits_{\tau_A \to 0} v'(\tau_A) = -\infty$,

(e) $\lim\limits_{\tau_A \to \infty} v'(\tau_A) = 0$,

(f) $\bar{\tau} > \tau_2^A - \dfrac{v(\tau_2^A)}{v'(\tau_2^A)}$,

(g) $t_A > 0, t_B > 0$.

Gezeigt wird, daß die Reaktionskorrespondenz die in der Abbildung 4.3 gegebene Form hat.

*1. **Die Funktion $g_2(\tau_A, \tau_B)$ ist streng konkav in τ_A und wird an der Stelle τ_2^A mit $0 < \tau_2^A < \bar{\tau}$ maximal. (τ_2^A wie in Gleichung (4.5)).***

<u>Beweis:</u> Differenzieren von g_2 ergibt $\partial g_2(\tau_A, \tau_B) / \partial \tau_A = \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} - \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - v'(\tau_A)$. Wegen (d) gilt $\lim\limits_{\tau_A \to 0} \partial g_2(\tau_A, \tau_B) / \partial \tau_A = \infty > 0$ und wegen (e) gilt $\lim\limits_{\tau_A \to \infty} \partial g_2(\tau_A, \tau_B) / \partial \tau_A = \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} - \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} < 0$. Zusammen mit der Stetigkeit von $\partial g_2 / \partial \tau_A$ ist somit die Existenz einer Nullstelle von $\partial g_2 / \partial \tau_A$ gezeigt. Diese Nullstelle ist offensichtlich gerade τ_2^A aus Gleichung (4.5). Gleichzeitig ist $0 < \tau_2^A < \infty$ gezeigt. Wegen (c) folgt ferner $\partial^2 g_2 / \partial \tau_A \partial \tau_A = -v''(\tau_A) < 0$. Daher liegt bei τ_2^A ein eindeutiges Maximum vor. Wegen (f) gilt auch $\tau_2^A < \bar{\tau}$.

*2. **Die Funktion $g_1(\tau_A, \tau_B)$ ist streng konkav in τ_A und wird an der Stelle τ_1^A mit $0 < \tau_1^A < \tau_2^A$ maximal. (τ_1^A wie in Gleichung (4.5)).***

<u>Beweis:</u> Wie unter 1) zeigt man, daß $\tau_1^A = \underset{\tau_A}{arg\,max}\ g_1(\tau_A, \tau_B)$ mit $0 < \tau_1^A < \infty$ gilt. Aus $-v'(\tau_1^A) = \pi_A^{\underline{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\bar{u}} > \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} = -v'(\tau_2^A)$ für $t_A > 0, t_B > 0$ (Annahme (g)) zusammen mit $v'' > 0$ (Annahme (c)) folgt $\tau_1^A < \tau_2^A$.

3. ***Ein Vergleich der Maxima der Funktionen*** $g_1(\tau_A,\tau_B)$ ***und*** $g_2(\tau_A,\tau_B)$ ***ergibt***

$$g_1(\tau_1^A,\tau_B)\begin{Bmatrix}<\\=\\>\end{Bmatrix}g_2(\tau_2^A,\tau_B) \quad\Leftrightarrow\quad \tau_B\begin{Bmatrix}<\\=\\>\end{Bmatrix}\hat{\tau}$$

mit $\hat{\tau}$ ***wie in Gleichung (4.6) definiert.***

Beweis: τ_1^A und τ_2^A in $g_1(\tau_A,\tau_B)$ und $g_2(\tau_A,\tau_B)$ einsetzen und umformen.

4. ***Es gilt*** $\tau_1^A < \hat{\tau} < \tau_2^A$.

Beweis: Gezeigt wird $\tau_1^A < \hat{\tau}$. Die zweite Ungleichung zeigt man analog. Umformen ergibt $\tau_1^A < \hat{\tau} \Leftrightarrow \pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}} < \left(v(\tau_1^A) - v(\tau_2^A)\right) / \left(\tau_2^A - \tau_1^A\right)$. Nach Einsetzen von (4.5) und Multiplikation mit -1 erhält man $\tau_1^A < \hat{\tau} \Leftrightarrow v'(\tau_2^A) > \left(v(\tau_1^A) - v(\tau_2^A)\right) / \left(\tau_1^A - \tau_2^A\right)$. Die rechte Ungleichung ist wegen der strengen Konvexität von $v(\tau_A)$ erfüllt.

5. ***Firma A wählt*** $\tau_A < \bar{\tau}$.

Beweis: Bei $\tau_A = \bar{\tau}$ realisiert A einen Barwert in Höhe von $g_3(\tau_B) = \tau_B\left(\pi_A^{\bar{u}\bar{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right) + \bar{\tau}\pi_A^{\bar{u}\underline{u}}$. Aus Annahme (f) folgt durch elementare Umformungen $\left(\bar{\tau} - \tau_2^A\right)\left(-v'(\tau_2^A)\right) > v(\tau_2^A) \underset{(4.5)}{\Leftrightarrow} \left(\bar{\tau} - \tau_2^A\right)\left(\pi_A^{\underline{u}\underline{u}} - \pi_A^{\bar{u}\underline{u}}\right) > v(\tau_2^A)$ $\Leftrightarrow g_2(\tau_2^A,\tau_B) > g_3(\tau_B)$.

6. ***Die Beste-Antwort von Firma A auf*** τ_B ***ist*** τ_2^A***, falls*** $\tau_B < \hat{\tau}$ ***gilt, und*** τ_1^A***, falls*** $\tau_B > \hat{\tau}$ ***gilt. Für*** $\tau_B = \hat{\tau}$ ***ist Firma A indifferent zwischen*** τ_1^A ***und*** τ_2^A.

Beweis: Für $\tau_B < \hat{\tau}$ zieht A es vor, die neue Technologie erst nach Firma B einzuführen, und zwar zum Zeitpunkt $\tau_2^A \underset{4.}{>} \tau_B$. Denn es gilt $g_2(\tau_2^A,\tau_B) \underset{3.}{>} g_1(\tau_1^A,\tau_B) \underset{2.}{\geq} g_1(\tau_A,\tau_B) \quad \forall\tau_A < \tau_B$ sowie $g_2(\tau_2^A,\tau_B) \underset{1.}{>} g_2(\tau_A,\tau_B)$ $\forall\tau_A \geq \tau_B,\ \tau_A \neq \tau_2^A$.

Wegen 3) ist A für $\tau_B = \hat{\tau}$ indifferent zwischen τ_1^A und τ_2^A.

Für $\tau_B > \hat{\tau}$ führt A die neue Technologie vor B ein, und zwar zum Zeitpunkt $\tau_1^A \underset{4.}{<} \tau_B$. Denn in diesem Fall gilt $g_1(\tau_1^A,\tau_B) \underset{2.}{>} g_1(\tau_A,\tau_B) \quad \forall\tau_A < \tau_B,\ \tau_A \neq \tau_1^A$ und $g_1(\tau_1^A,\tau_B) \underset{3.}{>} g_2(\tau_2^A,\tau_B) \underset{1.}{\geq} g_2(\tau_A,\tau_B) \quad \forall\tau_A \geq \tau_B$.

Anhang zu Abschnitt 5.4

Es wird gezeigt, daß die Beste-Antwort-Korrespondenz die angegebene Form hat. Wir schließen die Möglichkeit grenzüberschreitender Schadstoffemissionen gleich mit ein:

Die Wohlfahrtsfunktionen des Landes A bei den verschiedenen möglichen Standortkonstellationen lauten:

$$\begin{aligned}
W_A^{BB}(t_B) &= (x_A^{BB} + y_A^{BB})^2 / 2 + \pi_I^{BB} - \delta\left(\gamma(x_A^{BB} + x_B^{BB} + y_A^{BB} + y_B^{BB})\right)^2 \\
&= 4(\alpha - t_B)^2 / 9 - \delta\left(\gamma 4(\alpha - t_B)/3\right)^2 , \\
W_A^{AA}(t_A) &= (x_A^{AA} + y_A^{AA})^2 / 2 + \pi_I^{AA} + t_A(x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}) \\
&\quad - \delta\left(x_A^{AA} + x_B^{AA} + y_A^{AA} + y_B^{AA}\right)^2 \\
&= 4(\alpha - t_A)^2 / 9 + t_A 4(\alpha - t_A)/3 - \delta\left(4(\alpha - t_A)/3\right)^2 , \\
W_A^{AB}(t_A, t_B) &= (x_A^{AB} + y_A^{AB})^2 / 2 + \pi_I^{AB} + t_A(x_A^{AB} + x_B^{AB}) \\
&\quad - \delta\left(x_A^{AB} + x_B^{AB} + \gamma y_A^{AB} + \gamma y_B^{AB}\right)^2 \\
&= (2\alpha - t_A - t_B)^2 / 18 + 2(\alpha - 2t_A + t_B)^2 / 9 + t_A 2(\alpha - 2t_A + t_B)/3 \\
&\quad - \delta\left((2\alpha - 4t_A + 2t_B)/3 + \gamma(2\alpha + 2t_A - 4t_B)/3\right)^2 , \\
W_A^{OO}(t_A, t_B) &= 0 .
\end{aligned}$$

Dank der Monotonieeigenschaften dieser Wohlfahrtsfunktionen genügt es, ihre Funktionswerte auf der Winkelhalbierenden ($t := t_A = t_B$) zu vergleichen. Wir stellen zunächst einige wesentliche Eigenschaften zusammen, die man elementar zeigt:

(1) Es gilt $G_3 := \underset{t_A}{arg\,max}\, W_A^{AA}(t_A) = \alpha(8\delta + 1)/(8\delta + 4)$. Für $t_A < G_3$ ist $W_A^{AA}(t_A)$ streng monoton steigend, für $t_A > G_3$ streng monoton fallend in t_A.

(2) $$W_A^{BB}(t) \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} W_A^{AB}(t,t) \quad \Leftrightarrow \quad t \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} \frac{\alpha\delta(1-\gamma)(2+6\gamma)}{3+\delta(1-\gamma)(2+6\gamma)} =: G_1 ;$$

(3) $$W_A^{AA}(t) \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} W_A^{AB}(t,t) \quad \Leftrightarrow \quad t \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} \frac{2\alpha\delta(1-\gamma)(3+\gamma)}{3+2\delta(1-\gamma)(3+\gamma)} =: G_2 ;$$

(4) $G_1 \le G_2 < G_3 < \alpha$. Für $\delta \neq 0$ und $\gamma \neq 1$ gilt $G_1 < G_2 < G_3 < \alpha$.

Damit erhält man folgende beste Antwort des Landes A auf einen Steuersatz des Landes B in Höhe von t'_B :

- Für $t'_B < G_1$ folgt aus (2) $W_A^{BB}(t'_B) > W_A^{AB}(t'_B, t'_B)$, daher ist $t_A = t'_B$ keine beste Antwort. Aus (1), (3) und (4) folgt $W_A^{AB}(t'_B, t'_B) > W_A^{AA}(t'_B) > W_A^{AA}(t_A)$ für alle $t_A < t'_B$, also ist auch $t_A < t'_B$ keine beste Antwort. Land A wählt somit einen beliebigen Steuersatz $t_A > t'_B$ und realisiert damit eine Wohlfahrt von $W_A^{BB}(t'_B)$.
- Für $t'_B = G_1$ folgt aus (1) bis (4) $W_A^{BB}(t'_B) = W_A^{AB}(t'_B, t'_B) > W_A^{AA}(t'_B) > W_A^{AA}(t_A)$ für alle $t_A < t'_B$. Daher wählt Land A einen beliebigen Steuersatz $t_A \geq t'_B$.
- Für $G_1 < t'_B \leq G_2$ folgt $W_A^{AB}(t'_B, t'_B) > W_A^{BB}(t'_B)$ wegen (2) und $W_A^{AB}(t'_B, t'_B) \geq W_A^{AA}(t'_B) > W_A^{AA}(t_A)$ für alle $t_A < t'_B$ wegen (3), (4) und (1). Daher ist $t_A = t'_B$ die beste Antwort von Land A.
- Für $G_2 < t'_B \leq G_3$ existiert keine beste Antwort. Es gilt $W_A^{AB}(t'_B, t'_B) > W_A^{BB}(t'_B)$, daher kann $t_A > t'_B$ keine beste Antwort sein. Wegen $W_A^{AA}(t'_B) > W_A^{AB}(t'_B, t'_B)$ und der Stetigkeit von W_A^{AA} findet man ein $\varepsilon > 0$ mit $W_A^{AA}(t'_B - \varepsilon) > W_A^{AB}(t'_B, t'_B)$, daher kann auch $t_A = t'_B$ keine beste Antwort sein. Schließlich nehmen wir an, es gäbe ein $t'_A < t'_B$, das eine beste Antwort von Land A ist. Für $t''_A := (t'_B + t'_A)/2$ gilt $t'_A < t''_A < t'_B$, und wegen (1) folgt $W_A^{AA}(t'_A) < W_A^{AA}(t''_A)$ im Widerspruch dazu, daß t'_A eine beste Antwort war. Daher gibt es auch kein $t_A < t'_B$, das eine beste Antwort auf t'_B ist.
- Für $G_3 < t'_B < \alpha$ ist $t_A = G_3$ die beste Antwort von Land A, denn nach (1) gilt $W_A^{AA}(G_3) > W_A^{AA}(t_A)$ für alle t_A, und nach (1), (2) und (3) gilt $W_A^{AA}(G_3) > W_A^{AA}(t'_B) > W_A^{AB}(t'_B, t'_B) > W_A^{BB}(t'_B)$.
- Für $t'_B \geq \alpha$ ist ebenfalls G_3 die beste Antwort von Land A, denn wegen (1) maximiert G_3 die Wohlfahrt von Land A bei der Standortkombination AA, und es gilt $W_A^{AA}(G_3) > 0 = W_A^{OO}$.

Anhang zu Abschnitt 5.7

Es wird gezeigt, daß die Beste-Antwort-Korrespondenz die angegebene Form hat. Die Wohlfahrtsfunktionen des Landes A für die möglichen Standortkonstellationen lauten:

$$W_A^{MM}(t_A,t_B) = (\alpha - t_A)^2/3 + (\alpha - t_B)^2/9 + 2t_A(\alpha - t_A)/3 - 4\delta(\alpha - t_A)^2/9 \ ,$$

$$W_A^{AA}(t_A) = (\alpha - t_A)^2/3 + (\alpha - t_A - k)^2/9 + t_A(4\alpha - 4t_A - 2k)/3 - \delta(4\alpha - 4t_A - 2k)^2/9 \ ,$$

$$W_A^{BB}(t_B) = (\alpha - t_B - k)^2/3 + (\alpha - t_B)^2/9 \ ,$$

$$W_A^{OO}(t_A,t_B) = 0$$

und im Fall ohne Exporte

$$W_A^{AA\,ohne\,Export}(t_A) = (\alpha - t_A)^2/3 + 2t_A(\alpha - t_A)/3 - \delta(2\alpha - 2t_A)^2/9 \ ,$$

$$W_A^{BB\,ohne\,Export}(t_B) = (\alpha - t_B)^2/9 \ .$$

Dank der Monotonieeigenschaften dieser Wohlfahrtsfunktionen genügt es im wesentlichen, die Werte dieser Funktionen auf den Geraden $t_A = t_B \pm k$ zu vergleichen. Es werden zunächst einige Eigenschaften zusammengestellt, die man elementar zeigt:

(1) W_A^{MM}, W_A^{AA} und $W_A^{AA\,ohne\,Export}$ sind streng konkav in t_A, und es gilt

$$t^N := \underset{t_A}{arg\,max}\ W_A^{MM}(t_A,t_B) = \underset{t_A}{arg\,max}\ W_A^{AA\,ohne\,Export}(t_A) = 4\delta\alpha/(3+4\delta) < \alpha$$

und $$\underset{t_A}{arg\,max}\ W_A^{AA}(t_A) = \frac{\alpha - k + 2\delta(4\alpha - 2k)}{4 + 8\delta} \ .$$

(2) Entlang der Geraden $t_A = t_B + k$ gilt für $t_A < \alpha$

$$W_A^{MM}(t+k,t) \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} W_A^{BB}(t) \quad \Leftrightarrow \quad t + k \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} \frac{2\alpha\delta}{3+2\delta} =: \hat{G}_1 \ .$$

(3) Entlang der unteren Geraden $t_A = t_B - k$ gilt für $t_B < \alpha$

$$W_A^{MM}(t,t+k) \begin{Bmatrix} > \\ = \\ < \end{Bmatrix} W_A^{AA}(t) \quad \Leftrightarrow \quad t \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} \frac{6\alpha\delta - 2\delta k}{3+6\delta} =: \hat{G}_2 \ .$$

(4) Für $\delta = 0$ gilt $\hat{G}_1 = t^N = \hat{G}_2 = 0 < argmax\ W_A^{AA}$.

Für $0 \neq \delta < 0{,}75(\alpha - k)/k$ gilt $\hat{G}_1 < t^N < \hat{G}_2 < argmax\ W_A^{AA} < \alpha - k$.

Für $\delta \geq 0{,}75(\alpha - k)/k$ gilt $\hat{G}_1 < t^N \geq \hat{G}_2 \geq argmax\ W_A^{AA} \geq \alpha - k$. Dabei gilt die Gleichheit gerade im Fall $\delta = 0{,}75(\alpha - k)/k$.

Wir diskutieren den im Abbildungsteil (a) dargestellten Fall mit $0 \neq \delta < 0{,}75(\alpha - k)/k$: Man erhält folgende beste Antwort des Landes A auf den Steuersatz t'_B des Landes B:

- Es gelte $t'_B \leq \hat{G}_2 + k$.

  Um AA zu realisieren, muß t_A unterhalb von $t'_B - k$ gewählt werden. In diesem Bereich steigt W_A^{AA} streng monoton in t_A, und man erhält $W_A^{MM}(t'_B - k, t'_B) \geq W_A^{AA}(t'_B - k) > W_A^{AA}(t)$ für alle $t < t'_B - k$ wegen (3) und (1). Also wird die Regierung in Land A ihren Steuersatz so wählen, daß die Standortkombinationen MM oder BB realisiert werden. Ein Vergleich dieser beiden Alternativen ergibt, daß BB attraktiver ist, solange der Steuersatz im Ausland t'_B kleiner ist als $\hat{G}_1 - k$, denn dann gilt $W_A^{MM}(t, t'_B) < W_A^{MM}(t'_B + k, t'_B) < W_A^{BB}(t'_B)$ für alle $t'_B - k \leq t < t'_B + k$ wegen (2) und (1). Bei $t'_B = \hat{G}_1 - k$ ist Land A indifferent zwischen allen Steuersätzen $t_A \geq \hat{G}_1$. Für $t'_B > \hat{G}_1 - k$ bringt die Standortkombination MM die höchste Wohlfahrt, denn dann gilt bereits $W_A^{MM}(t'_B + k, t'_B) > W_A^{BB}(t'_B)$ nach (2). Innerhalb des Bereichs $t'_B - k \leq t_A \leq t'_B + k$ zwischen den beiden Geraden wählt A den Steuersatz dann so, daß er möglichst nah an $t^N = argmax\ W_A^{MM}$ liegt.

- Betrachten wir nun $\hat{G}_2 + k < t'_B \leq \alpha$.

  Ein Vergleich der Wohlfahrt von MM und BB im Bereich $\hat{G}_2 + k < t'_B < \alpha - k$ ergibt $W_A^{MM}(t'_B + k, t'_B) > W_A^{BB}(t'_B)$ wegen $t'_B > \hat{G}_2 + k > \hat{G}_1 - k$ (vgl. (2)). Daher ist es für Land A nicht attraktiv, den ausländischen Steuersatz so weit zu überbieten, daß auf der folgenden Spielstufe die Standortkombination BB realisiert wird. Für $\alpha - k \leq t'_B \leq \alpha$ vergleicht man MM und BB ohne Export und kommt wegen $W_A^{MM}(t_A, t'_B) > W_A^{MM}(\alpha, t'_B) = (\alpha - t'_B)^2/9 = W_A^{BB\,ohne\,Export}(t'_B)$ für $\alpha - k < t_A < \alpha$ zu demselben Ergebnis.

Der Vergleich von MM und AA ergibt, daß Land A den ausländischen Steuersatz so weit unterbietet, daß beide Unternehmen in A produzieren, denn nach (3) erhält man $W_A^{AA}(t'_B - k) > W_A^{MM}(t'_B - k, t'_B)$, und wegen der Stetigkeit von W_A^{AA} findet man ein $\varepsilon > 0$ mit $W_A^{AA}(t'_B - k - \varepsilon) > W_A^{MM}(t'_B - k, t'_B)$. Im Bereich $t'_B \leq k + \arg\max W_A^{AA}$ ist W_A^{AA} streng monoton steigend für $t_A < t'_B - k$, daher existiert hier keine beste Antwort. Für $t'_B > k + \arg\max W_A^{AA}$ ist $t_A = \arg\max W_A^{AA}$ die beste Antwort von Land A auf t'_B.

- Für $t'_B > \alpha$ vergleicht man AA mit und ohne Export mit OO.

  Dort gilt für $t_A = \arg\max W_A^{AA}$

  $$W_A^{AA}(t_A) > W_A^{AA}(\alpha - k) = \frac{3\alpha k + k(3\alpha - 3k - 4\delta k)}{9} = W_A^{AA\,ohne\,Export}(\alpha - k) > 0\,.$$

  Daher ist $t_A = \arg\max W_A^{AA}$ die beste Antwort.

Bei dem im Abbildungsteil (b) behandelten Fall mit einem Schadensparameter von $\delta \geq 0{,}75(\alpha - k)/k$ argumentiert man ähnlich:

- Für $t'_B \leq \alpha$ folgt wegen (1), (3) und (4) $W_A^{MM}(t'_B - k, t'_B) > W_A^{AA}(t'_B - k) \geq W_A^{AA}(t_A)$ für alle $t_A < t'_B - k$. Daher kann $t_A < t'_B - k$ keine beste Antwort sein. Der Vergleich der Wohlfahrtswirkungen von MM und BB verläuft genau wie im Teil (a); der Vergleich von MM und BB ohne Export wird leicht modifiziert zu $W_A^{MM}(t^N, t'_B) > W_A^{MM}(\alpha, t'_B) = (\alpha - t'_B)^2/9 = W_A^{BB\,ohne\,Export}(t'_B)$.
- Für $t'_B > \alpha$ erhält man schließlich $W_A^{AA\,ohne\,Export}(t^N) > W_A^{AA\,ohne\,Export}(\alpha) = 0 = W_A^{OO}$, daher ist AA ohne Export besser als OO. Für $\delta > 0{,}75(\alpha - k)/k$ gilt $W_A^{AA\,ohne\,Export}(t^N) > W_A^{AA\,ohne\,Export}(\alpha - k) = W_A^{AA}(\alpha - k) > W_A^{AA}(t_A)$ für alle $t_A < \alpha - k$, daher ist t^N die beste Antwort. Für $\delta = 0{,}75(\alpha - k)/k$ gilt $t^N = \alpha - k$, und somit ist hier die beste Antwort $t_A = \alpha - k$.

--- ☺ ---

FINANZWISSENSCHAFTLICHE SCHRIFTEN

Band 1 Werner Steden: Finanzpolitik und Einkommensverteilung. Ein Wachstums- und Konjunkturmodell der Bundesrepublik Deutschland. 1979.

Band 2 Rainer Hagemann: Kommunale Finanzplanung im föderativen Staat. 1976.

Band 3 Klaus Scherer: Maßstäbe zur Beurteilung von konjunkturellen Wirkungen des öffentlichen Haushalts. 1977.

Band 4 Brita Steinbach: "Formula Flexibility" - Kritische Analyse und Vergleich mit diskretionärer Konjunkturpolitik. 1977.

Band 5 Hans-Georg Petersen: Personelle Einkommensbesteuerung und Inflation. Eine theoretisch-empirische Analyse der Lohn- und veranlagten Einkommensteuer in der Bundesrepublik Deutschland. 1977.

Band 6 Friedemann Tetsch: Raumwirkungen des Finanzsystems der Bundesrepublik Deutschland. Eine Untersuchung der Auswirkungen der Finanzreform von 1969 auf die Einnahmenposition der untergeordneten Gebietskörperschaften und ihrer regionalpolitischen Zieladäquanz. 1978.

Band 7 Wilhelm Pfähler: Normative Theorie der fiskalischen Besteuerung. Ein methodologischer und theoretischer Beitrag zur Integration der normativen Besteuerungstheorie in der Wohlfahrtstheorie. 1978.

Band 8 Wolfgang Wiegard: Optimale Schattenpreise und Produktionsprogramme für öffentliche Unternehmen. Second-Best Modelle im finanzwirtschaftlichen Staatsbereich. 1978.

Band 9 Hans P. Fischer: Die Finanzierung des Umweltschutzes im Rahmen einer rationalen Umweltpolitik. 1978.

Band 10 Rainer Paulenz: Der Einsatz finanzpolitischer Instrumente in der Forschungs- und Entwicklungspolitik. 1978.

Band 11 Hans-Joachim Hauser: Verteilungswirkungen der Staatsverschuldung. Eine kreislauftheoretische Inzidenzbetrachtung. 1979.

Band 12 Gunnar Schwarting: Kommunale Investitionen. Theoretische und empirische Untersuchungen der Bestimmungsgründe kommunaler Investitionstätigkeit in Nordrhein-Westfalen 1965-1972. 1979.

Band 13 Hans-Joachim Conrad: Stadt-Umland-Wanderung und Finanzwirtschaft der Kernstädte. Amerikanische Erfahrungen, grundsätzliche Zusammenhänge und eine Fallstudie für das Ballungsgebiet Frankfurt am Main. 1980.

Band 14 Cay Folkers: Vermögensverteilung und staatliche Aktivität. Zur Theorie distributiver Prozesse im Interventionsstaat. 1981.

Band 15 Helmut Fischer: US-amerikanische Exportförderung durch die DISC-Gesetzgebung. 1981.

Band 16 Günter Ott: Einkommensumverteilungen in der gesetzlichen Krankenversicherung. Eine quantitative Analyse. 1981.

Band 17 Johann Hermann von Oehsen: Optimale Besteuerung. *(Optimal Taxation)*. 1982.

Band 18 Richard Kössler: Sozialversicherungsprinzip und Staatszuschüsse in der gesetzlichen Rentenversicherung. 1982.

Band 19 Hinrich Steffen: Zum Handlungs- und Entscheidungsspielraum der kommunalen Investitionspolitik in der Bundesrepublik Deutschland. 1983.

Band 20 Manfred Scheuer: Wirkungen einer Auslandsverschuldung des Staates bei flexiblen Wechselkursen. 1983.

Band 21 Christian Schiller: Staatsausgaben und crowding-out-Effekte. Zur Effizienz einer Finanzpolitik keynesianischer Provenienz. 1983.

Band 22 Hannelore Weck: Schattenwirtschaft: Eine Möglichkeit zur Einschränkung der öffentlichen Verwaltung? Eine ökonomische Analyse. 1983.

Band 23 Wolfgang Schmitt: Steuern als Mittel der Einkommenspolitik. Eine Ergänzung der Stabilitätspolitik? 1984.

Band 24 Wolfgang Laux: Erhöhung staatswirtschaftlicher Effizienz durch budgetäre Selbstbeschränkung? Zur Idee einer verfassungsmäßig verankerten Ausgabengrenze. 1984.

Band 25 Brita Steinbach-van der Veen: Steuerinzidenz. Methodologische Grundlagen und empirisch-statistische Probleme von Länderstudien. 1985.

Band 26 Albert Peters: Ökonomische Kriterien für eine Aufgabenverteilung in der Marktwirtschaft. Eine deskriptive und normative Betrachtung für den Allokationsbereich. 1985.

Band 27 Achim Zeidler: Möglichkeiten zur Fortsetzung der Gemeindefinanzreform. Eine theoretische und empirische Analyse. 1985.

Band 28 Peter Bartsch: Zur Theorie der längerfristigen Wirkungen 'expansiver' Fiskalpolitik. Eine dynamische Analyse unter besonderer Berücksichtigung der staatlichen Budgetbeschränkung und ausgewählter Möglichkeiten der öffentlichen Defizitfinanzierung. 1986.

Band 29 Konrad Beiwinkel: Wehrgerechtigkeit als finanzpolitisches Verteilungsproblem. Möglichkeiten einer Kompensation von Wehrungerechtigkeit durch monetäre Transfers. 1986.

Band 30 Wolfgang Kitterer: Effizienz- und Verteilungswirkungen des Steuersystems. 1986.

Band 31 Heinz Dieter Hessler: Theorie und Politik der Personalsteuern. Eine Kritik ihrer Einkommens- und Vermögensbegriffe mit Blick auf die Leistungsfähigkeitstheorie. 1994.

Band 32 Wolfgang Scherf: Die beschäftigungspolitische und fiskalische Problematik der Arbeitgeberbeiträge zur Rentenversicherung. Eine Auseinandersetzung mit der Kritik an der lohnbezogenen Beitragsbemessung. 1987.

Band 33 Andreas Mästle: Die Steuerunion. Probleme der Harmonisierung spezifischer Gütersteuern. 1987.

Band 34 Günter Ott: Internationale Verteilungswirkungen im Finanzausgleich der Europäischen Gemeinschaften. 1987.

Band 35 Heinz Haller: Zur Frage der zweckmäßigen Gestalt gemeindlicher Steuern. Ein Diskussionsbeitrag zur Gemeindesteuerreform. 1987.

Band 36 Thomas Kuhn: Schlüsselzuweisungen und fiskalische Ungleichheit. Eine theoretische Analyse der Verteilung von Schlüsselzuweisungen an Kommunen. 1988.

Band 37 Walter Hahn: Steuerpolitische Willensbildungsprozesse in der Europäischen Gemeinschaft. Das Beispiel der Umsatzssteuer-Harmonisierung. 1988.

Band 38 Ulrike Hardt: Kommunale Finanzkraft. Die Problematik einer objektiven Bestimmung kommunaler Einnahmemöglichkeiten in der gemeindlichen Haushaltsplanung und im kommunalen Finanzausgleich. 1988.

Band 39 Jochen Michaelis: Optimale Finanzpolitik im Modell überlappender Generationen. 1989.

Band 40 Bernd Raffelhüschen: Anreizwirkungen der sozialen Alterssicherung. Eine dynamische Simulationsanalyse. 1989.

Band 41 Berend Diekmann: Die Anleihe- und Darlehenstransaktionen der Europäischen Gemeinschaften. 1990.

Band 42 Helmut Kaiser: Konsumnachfrage, Arbeitsangebot und optimale Haushaltsbesteuerung. Theoretische Ergebnisse und mikroökonometrische Simulation für die Bundesrepublik Deutschland. 1990.

Band 43 Rüdiger von Kleist: Das Gramm-Rudman-Hollings-Gesetz. Ein gescheiterter Versuch der Haushaltskonsolidierung. 1991.

Band 44 Rolf Hagedorn: Steuerhinterziehung und Finanzpolitik. Ein theoretischer Beitrag unter besonderer Berücksichtigung der Hinterziehung von Zinserträgen. 1991.

Band 45 Cornelia S. Behrens: Intertemporale Verteilungswirkungen in der gesetzlichen Krankenversicherung der Bundesrepublik Deutschland. 1991.

Band 46 Peter Saile: Ein ökonomischer Ansatz der Theorie der intermediären Finanzgewalten – Die Kirchen als Parafisci. 1992.

Band 47 Peter Gottfried: Die verdeckten Effizienzwirkungen der Umsatzsteuer. Eine empirische allgemeine Gleichgewichtsanalyse. 1992.

Band 48 Andreas Burger: Umweltorientierte Beschäftigungsprogramme. Eine Effizienzanalyse am Beispiel des "Sondervermögens Arbeit und Umwelt". 1992.

Band 49 Jeanette Malchow: Die Zuordnung verteilungspolitischer Kompetenzen in der Europäischen Gemeinschaft. Eine Untersuchung aufgrund einer Fortentwicklung der ökonomischen Theorie des Föderalismus. 1992.

Band 50 Barbara Seidel: Die Einbindung der Bundesrepublik Deutschland in die Europäischen Gemeinschaften als Problem des Finanzausgleichs. 1992.

Band 51 Ralph Wiechers: Markt und Macht im Rundfunk. Zur Stellung der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten im dualen Rundfunksystem der Bundesrepublik Deutschland. 1992.

Band 52 Klaus Eckhardt: Probleme einer Umweltpolitik mit Abgaben. 1993.

Band 53 Oliver Schwarzkopf: Die Problematik unterschiedlicher Körperschaftsteuersysteme innerhalb der EG. 1993.

Band 54 Thorsten Giersch: Bergson-Wohlfahrtsfunktion und normative Ökonomie. 1993.

Band 55 Li-Fang Chou: Selbstbeteiligung bei Arzneimitteln aus ordnungspolitischer Sicht. Das Beispiel der Bundesrepublik Deutschland. 1993.

Band 56 Harald Schlee: Einkommensteuerliche Behandlung von Transferzahlungen. Zur Neuordnung der Familienbesteuerung sowie der Besteuerung von Versicherungsleistungen und Sozialtransfers. 1994.

Band 57 Alexander Spermann: Kommunales Krisenmanagement. Reaktionen baden-württembergischer Stadtkreise auf steigende Sozialhilfekosten und Einnahmenausfälle (1980-92). 1993.

Band 58 Otto Roloff / Sibylle Brander / Ingo Barens / Claudia Wesselbaum: Direktinvestitionen und internationale Steuerkonkurrenz. 1994.

Band 59 Claudia Wesselbaum-Neugebauer: Internationale Steuerbelastungsvergleiche. 1994.

Band 60 Stephanie Miera: Kommunales Finanzsystem und Bevölkerungsentwicklung. Eine Analyse des kommunalen Finanzsystems vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Bevölkerungsentwicklung am Beispiel Niedersachsens unter besonderer Berücksichtigung des Landkreises Wolfenbüttel und seiner Gemeinden. 1994.

Band 61 Wolfgang Scherf: Die Bedeutung des kaldorianischen Verteilungsmechanismus für die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der staatlichen Neuverschuldung. 1994.

Band 62 Rainer Volk: Vergleich der Vergünstigungseffekte der verschiedenen investitionsfördernden Maßnahmen. 1994.

Band 63 Hans-Georg Napp: Kommunale Finanzautonomie und ihre Bedeutung für eine effiziente lokale Finanzwirtschaft. 1994. 2., unveränderte Auflage 1994.

Band 64 Bernd Rahmann / Uwe Steinborn / Günter Vornholz: Empirische Analyse der Autonomie lokaler Finanzwirtschaften in der Europäischen Gemeinschaft. 1994.

Band 65 Carsten Kühl: Strategien zur Finanzierung der Altlastensanierung. 1994.

Band 66 Stephan Boll: Intergenerationale Umverteilungswirkungen der Fiskalpolitik in der Bundesrepublik Deutschland. Ein Ansatz mit Hilfe des Generational Accounting. 1994.

Band 67 Karl Justus Bernhard Neumärker: Finanzverfassung und Staatsgewalt in der Demokratie. Ein Beitrag zur konstitutionellen Finanztheorie. 1995.

Band 68 Christian Haslbeck: Zentrale versus dezentrale Internalisierung externer Effekte bei unvollständiger Information. 1995.

Band 69 Regina Müller: Horizontale oder vertikale Transfers zur Durchsetzung eines horizontalen Finanzausgleichs. 1995.

Band 70 Christian Hockenjos: Öffentliche Sportförderung in der Bundesrepublik Deutschland. Darstellung und finanztheoretische Analyse. 1995.

Band 71 Manfred Rosenstock: Die Kontrolle und Harmonisierung nationaler Beihilfen durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaften. 1995.

Band 72 Christian Rüsch: Wohnungsbau- und Wohneigentumspolitik im Rahmen der Einkommensteuer. Eine Analyse unter steuersystematischen, verteilungspolitischen und fiskalischen Aspekten. 1996.

Band 73 Stephan Winters: Die kollektive Vorsorge für den Pflegefall im Alter. Eine Untersuchung am Beispiel der gesetzlichen Pflegeversicherung in den Niederlanden. 1996.

Band 74 Knut Blind: Allokationsineffizienzen auf Sicherheitsmärkten: Ursachen und Lösungsmöglichkeiten. Fallstudie: Informationssicherheit in Kommunikationssystemen. 1996.

Band 75 Barbara Petrick-Rump: Ökonomische Wirkungen von Steueramnestien. Untersuchung konkreter Erfahrungen ausgewählter Länder mit dem Einsatz von Steueramnestien anhand eines effizienten Steueramnestieprogramms. 1996.

Band 76 Georg Hirte: Effizienzwirkungen von Finanzausgleichsregelungen. Eine Empirische Allgemeine Gleichgewichtsanalyse für die Bundesrepublik Deutschland. 1996.

Band 77 Ulrike Kirchhoff: Die rheinland-pfälzischen Gemeinden im System des Finanzausgleichs. 1996.

Band 78 Kerstin Keil: Der soziale Mietwohnungsbau: Mängel und Alternativen. 1996.

Band 79 Bernhard Manzke: Kinderlastenausgleich versus verstärkte Einwanderung. Alternative Ansätze zur langfristigen Sicherung der Gesetzlichen Rentenversicherung. 1997.

Band 80 Hariolf M. Wenzler: Institutionenökonomik und öffentliche Finanzkontrolle. Eine Analyse am Beispiel der Europäischen Union. 1997.

Band 81 Joachim Nagel: Supply-Side Policy in den USA. Eine theoretische und empirische Analyse der angebotsorientierten Wirtschaftspolitik Reagans unter besonderer Berücksichtigung steuerlicher Aspekte. 1997.

Band 82 Heinz Lampert: Krise und Reform des Sozialstaates. 1997.

Band 83 Monika Hanswillemenke / Bernd Rahmann: Zwischen Reformen und Verantwortung für Vollbeschäftigung. Die Finanz- und Haushaltspolitik der sozial-liberalen Koalition von 1969 bis 1982. 1997.

Band 84 Berthold Fürst: Die Maastrichter Budgetkriterien im Konflikt mit der Verschuldungsautonomie der deutschen Gebietskörperschaften. 1997.

Band 85 Burkhard Pahnke: Einkommensorientierte Förderung des sozialen Mietwohnungsbaues. Bestandsaufnahme und Kritik. 1998.

Band 86 Judith Safford: Staatsverschuldung im Vereinigten Königreich. Die öffentliche Verschuldung unter der Konservativen Regierung von 1979-1994. Ursachen und Auswirkungen. 1998.

Band 87 Ralf Oberheide: Die Bekämpfung der Steuerumgehung. 1998.

Band 88 Achim Truger: Die neue Finanzwissenschaft zwischen Realitätsferne und Irrelevanz der Annahmen. Eine methodologische Analyse potentieller Verteidigungsstrategien der neuen Finanzwissenschaft gegen den Vorwurf der Realitätsferne ihres entscheidungstheoretischen Fundamentes. 1998.

Band 89 Karin Bickel: Familienbezogene Elemente im System der gesetzlichen Rentenversicherung. Unter besonderer Berücksichtigung von Ein-Eltern-Familien. 1999.

Band 90 Wolfgang Scherf: Schlüsselzuweisungen und Kreisumlage. Die Problematik der Finanzierung der Landkreise am Beispiel des kommunalen Finanzausgleichs von Rheinland-Pfalz. 1998.

Band 91 Sandra Ehmann: Familienpolitik in Frankreich und Deutschland – ein Vergleich. 1999.

Band 92 Hendrik Suermann: Einkommensteuerliche Behandlung von Währungsgewinnen und -verlusten. Eine finanzwissenschaftliche Analyse des Steuerrechts in den USA und in Deutschland. 1999.

Band 93 Rolf Bösinger: Die Neuordnung des bundesstaatlichen Finanzausgleichs 1995. Eine theoretische und empirische Analyse unter Berücksichtigung von allokationstheoretischen und polit-ökonomischen Gesichtspunkten. 1999.

Band 94 Ulrich Ermschel: Finanzwirtschaftliche Konsequenzen beim Übergang auf das Ursprungslandprinzip im Europäischen Binnenmarkt. Eine Untersuchung am Beispiel des unvollkommenen oligopolistischen Neufahrzeugmarktes. 1999.

Band 95 Ute Hansen: Überwälzte Leistungen der Administration. Eine empirische und theoretische Analyse. 2000.

Band 96 Hans-Werner Seiler: Zur Durchsetzung der Einmalbesteuerung deutscher Körperschaftsgewinne. Strategien zur Vermeidung der im deutschen Körperschaftsteuersystem angelegten Benachteiligung ausländischer Anteilseigner. Eine finanzwissenschaftliche Analyse. 2000.

Band 97 Steffen Meyer: Zwischenstaatliche Finanzzuweisungen im zusammenwachsenden Europa. Zur Gestaltung eines Finanzausgleichs für die Europäische Union. 2000.

Band 98 Marion Hübner: Ökodumping? Umweltpolitik in internationalen Oligopolmärkten. 2000.