ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Schmid, Stefanie U.

Working Paper — Digitized Version

Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit

Kiel Working Paper, No. 823

Provided in Cooperation with:
Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

Suggested Citation: Schmid, Stefanie U. (1997) : Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit, Kiel Working Paper, No. 823, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/52674

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.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Kieler Arbeitspapiere
Kiel Working Papers

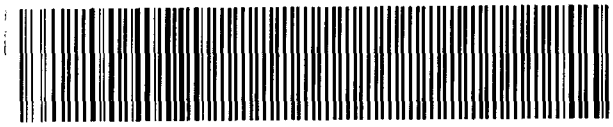
Kieler Arbeitspapier Nr. 823

Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit[1]

von

Stefanie U. Schmid

A 213976



Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel
The Kiel Institute of World Economics

ISSN 0342 - 0787

Abstract

The paper discusses the impact of environmental policies on international competitiveness of industries. Two positions are taken in the current debate on this issue. One the one hand, strict environmental policies are blamed for imposing substantial costs which worsen international competitiveness. One the other hand, the competitiveness of firms may be improved in the long run because firms are encouraged to develop green technologies and may take a leading position on these world markets in the future (Porter-Hypothesis). The paper demonstrates that neither theoretical nor empirical evidence is able to support one of these conflicting positions in general. It shows the effects of environmental policies in different theoretical settings and discusses the problem in a model of perfect competition, in strategic environmental policy models of an international oligopoly, and in a model of firms' locational decisions. Many of the results are very sensitive to changes in parameters and assumptions and cannot be generalized. A survey of empirical studies concludes that there is no general clear evidence for neither a positive nor a negative impact of environmental policy on international competitiveness.

JEL-Classification: Q 20, F12, L1

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Grundbegriffe und wirtschaftspolitischer Rahmen **4**

2.1 Umweltpolitik in einer offenen Volkswirtschaft 4

2.2 Das Konzept der internationalen Wettbewerbsfähigkeit 9

2.3 Umweltpolitik als Einflußfaktor auf die Wettbewerbsfähigkeit 11

3 Umweltinnovationen und Wettbewerbsfähigkeit **14**

3.1 Innovationsbegriff 14

3.2 Umweltregulierung und Innovationen unter vollständiger Konkurrenz 16

4 Umweltpolitik im internationalen Oligopol **22**

4.1 Ein Grundmodell strategischer Umweltpolitik 24

4.2 Strategische Umweltpolitik und Prozeßinnovation 31

4.3 Strategische Produktstandards 49

4.4 Fazit: Strategische Umweltpolitik für internationale Wettbewerbsfähigkeit ? 52

5 Dynamische Aspekte von Innovation und Wettbewerbsfähigkeit **55**

6 Umweltpolitik und Standortentscheidungen von Unternehmen **64**

6.1 Umweltpolitik und internationale Faktormobilität 64

6.2 Umweltpolitik und Standortentscheidungen im internationalen Oligopol 68

6.3 Modellerweiterungen und Bewertung 75

7 Empirische Evidenz **78**

7.1 Methodische Überlegungen 78

7.2 Umweltpolitik, Handel und Wettbewerbsfähigkeit 82

7.3 Umweltpolitik und Innovation als Determinanten von Wettbewerbsfähigkeit 89

7.4 Fazit: Unsichere empirische Evidenz 93

8 Zusammenfassung und Ausblick **94**

Literaturverzeichnis **97**

1 Einleitung

Ein in den letzten Jahren allgemein gestiegenes Umweltbewußtsein spiegelt sich wider in der zunehmenden Akzeptanz staatlicher Umweltregulierungspolitik. Aus ökonomischer Sicht ist Umweltregulierung als Staatseingriff gerechtfertigt zum Ausgleich des Marktversagens, das verbunden ist mit der übermäßigen Nutzung der Umwelt: Umwelt hat den Charakter eines öffentlichen Gutes, und mit ihrer Nutzung sind häufig negative externe Effekte verbunden. In der nationalen Umweltpolitik ist dabei das Prinzip, daß der Verursacher von Umweltverschmutzung für die Kosten seines Handelns aufkommen soll, weitgehend akzeptiert.

Insbesondere in Zeiten wirtschaftlicher Schwierigkeiten wird der Einwand laut, daß eine zu strikte Umweltpolitik hohe Kosten verursache, die der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der regulierten Unternehmen schaden. Dies gelte insbesondere dann, wenn wichtige ausländische Konkurrenten mit deutlich laxeren Umweltstandards konfrontiert sind.

Neben den Bedenken von Umweltschützern ist in jüngster Zeit auch in der ökonomischen Diskussion Kritik an dieser pessimistischen Sichtweise laut geworden. Sie berücksichtige nicht, so wird argumentiert, daß eine nationale Umweltregulierungspolitik langfristig auch positive Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der regulierten Unternehmen haben kann. Umweltpolitik schaffe zum einen verstärkt Anreize für produktionskostensenkende Innovationen, zum anderen führe sie zur Entwicklung neuer Umwelttechnologien, die die regulierten heimischen Unternehmen in eine technologische Vorreiterposition bringen könne[1].

In diesem Zusammenhang stellen sich in der wirtschaftspolitischen Diskussion zwei Fragen. Zum einen: Ist eine gemäß einer sozialen Kosten-Nutzen-Analyse gestaltete, strikte Umweltpolitik tatsächlich ein negativer Wettbewerbsfaktor? Zum anderen

[1] Diese Argumentationsweise ist nach einem ihrer vehementesten Vertreter, dem US-Ökonomen Porter, als Porter-Hypothese in die Literatur eingegangen (Porter 1991; Porter und v.d. Linde 1995).

stellt sich die Frage, welche Politikimplikationen aus einem möglichen Einfluß von Umweltregulierung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit abzuleiten sind. Sollten Regierungen, falls Umweltpolitik der internationalen Wettbewerbsfähigkeit schadet, dies berücksichtigen und weniger strikte Standards setzen? Falls eine strikte Umweltregulierungspolitik positive Wettbewerbseffekte hat, könnten sich die Politikimplikationen umkehren. Die zweite Frage ist dann, ob strikte Umweltregulierungsmaßnahmen zu dem Zweck ergriffen werden sollen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

Diese normativen Ansätze, die nach einer auch unter Berücksichtigung internationaler Rückwirkungen optimalen Umweltpolitik fragen, herrschen in der Literatur zur Wirkung von Umweltpolitik auf die internationale Arbeitsteilung vor. In diesem Beitrag soll jedoch in einer positiven Analyse der ersten Frage nachgegangen werden. Es wird untersucht, welche „Nebeneffekte" eine nach umweltökonomischen Kriterien formulierte Regulierungspolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen hat. Zu diesem Zweck werden alternative Modellrahmen in einem Literaturüberblick vorgestellt und ihre Aussagekraft hinsichtlich der Hypothese, daß eine nationale Umweltpolitik langfristig auch vorteilhaft auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wirken kann, diskutiert. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Innovationsprozessen, die eine Regulierungspolitik induzieren kann, Anreizen zu strategischem Verhalten auf internationalen Oligopolmärkten sowie der technologischen Vorreiterposition als möglicher dynamischer Wirkung von Umweltinnovationen.

Die Betrachtung bezieht sich auf eine noch sehr junge Literatur, die seit den 90er-Jahren in einer Integration wirtschaftstheoretischer Ansätze aus Umweltökonomie, Industrieökonomik, traditioneller und neuerer Außenwirtschaftstheorie die Wirkung von Umweltregulierung auf Kosten, Gewinne und damit die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen untersucht. Das Papier stellt diese Ansätze vor und versucht zu bewerten, inwieweit sie als theoretische Basis für die Beurteilung der Hypothese, daß eine unilaterale Umweltpolitik langfristig auch vorteilhaft auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wirken kann, geeignet sind.

Der Fokus liegt im folgenden auf der Wirkung von Umweltpolitik auf die Wettbewerbsposition von Unternehmen; die Wohlfahrtseffekte der Umweltregulierung werden dabei nicht immer explizit betrachtet. Im Rahmen der umweltökonomischen Theorie und Politik scheint dies zunächst eine sehr eingeschränkte Betrachtung zu sein, ist doch gerade der soziale Nutzen, den eine Umweltpolitik über die Verbesserung der Umweltqualität stiftet, die Begründung für jegliche Regulierungsmaßnahme überhaupt. In diesem Rahmen zielt die hier behandelte Fragestellung darauf ab, die Zusatzkosten, die eine Umweltregulierungspolitik für einzelne Unternehmen verursacht, besser einschätzen zu können. Unabhängig von der Richtung, in der eine strikte Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wirkt, kann daraus nicht gefolgert werden, daß nicht weiterhin eine Umweltregulierung nach gesamtgesellschaftlichen Nutzen-Kosten-Überlegungen formuliert werden soll.

Abschnitt 2 stellt den Rahmen für die Betrachtung vor: Kriterien für eine ökonomisch rationale Umweltpolitik, das Konzept der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und mögliche Determinanten sowie einen Überblick über mögliche Wirkungsketten für den Einfluß einer nationalen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit. In den folgenden drei Abschnitten werden mögliche Wirkungen einer strikten Umweltregulierung auf Kostenstruktur und damit den Güterhandel einer theoretischen Analyse unterzogen. Abschnitt 3 zeigt, daß unter der Annahme vollständiger Konkurrenz Umweltregulierung auch unter Berücksichtigung von Anreizen für Forschung und Entwicklung im Bereich umweltfreundlicherer Produktionsverfahren die Wettbewerbsfähigkeit regulierter Unternehmen nicht verbessern kann.

In Abschnitt 4 wird im Sinne der neueren Außenwirtschaftstheorie die Annahme vollständiger Konkurrenz aufgegeben. Strategisches Verhalten der Akteure kann dann dazu führen, daß eine Regulierungsmaßnahme die Gewinnsituation und damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen oder Sektoren erhöhen kann. Zunächst wird ein spieltheoretisches Grundmodell strategischer Umweltpolitik vorgestellt, in denen Regierungen versuchen, durch Senkung des Um-

weltregulierungsniveaus Renten zugunsten inländischer Sektoren umzulenken. Abschnitt 4.2 erweitert die Betrachtung um strategisches Verhalten auf Seite der Produzenten und zeigt, wie in diesem Modell eine Emissionssteuer kostensenkende und damit gewinnsteigernde Prozeßinnovationen auslösen kann. In Abschnitt 4.3 werden kurz die Ergebnisse eines ähnlich strukturierten Modells für die strategische Bedeutung von Produktstandards vorgestellt.

Während bis zu dieser Stelle vor allem die kostensenkende Wirkung von Innovationen betont wurde, betrachtet Abschnitt 5 den Innovationsprozeß selbst näher und diskutiert Anreize für Investition in FuE zur Entwicklung neuer Produkte und Prozesse. Es wird dann überlegt, ob in einer dynamischen Sichtweise Umweltinnovationen langfristig die Innovatoren in eine technologische Vorreiterposition („first-mover-advantage") bringen können.

Abschnitt 6 ist internationalen Kapitalbewegungen gewidmet und diskutiert einen sektoralen Ansatz aus der neueren Außenwirtschaftstheorie, der den Einfluß von Umweltpolitik auf die Standortentscheidung von Unternehmen in einem internationalen Oligopolmarkt mit endogener Marktstruktur modelliert. In Abschnitt 7 folgt ein Überblick über empirische Evidenz im Hinblick auf die diskutierten theoretischen Ansätze, bevor Abschnitt 8 die zentralen Ergebnisse kurz zusammenfaßt und fragt, ob aus der Untersuchung wirtschaftspolitische Implikationen abgeleitet werden können.

2 Grundbegriffe und wirtschaftspolitischer Rahmen

2.1 Umweltpolitik in einer offenen Volkswirtschaft

In diesem Abschnitt werden die Kriterien für die Formulierung des optimalen Niveaus an Umweltregulierung[2] aus der Sicht eines Landes vorgestellt. Das Konzept

[2] In Anlehnung an die angelsächsische Literatur wird der Begriff „Umweltregulierung" als Oberbegriff für verschiedene umweltpolitische Maßnahmen (Standards, Emissionssteuern, handelbare Zertifikate)

der national optimalen Umweltpolitik kann dann als Referenzrahmen dienen, anhand dessen internationale Unterschiede in den Regulierungsniveaus gemessen und als zu lax oder zu strikt bewertet werden können.

Mit der Umweltnutzung sind in vielen Fällen negative externe Effekte verbunden in Form von Emissionen, die durch Produktion oder Konsum von Gütern verursacht werden. Oft kann die Umwelt auch als Rohstofflieferant oder als Schadstoffauffangmedium kostenlos genutzt werden. Umweltnutzer sind also häufig nicht mit den vollen sozialen Kosten ihres Handelns konfrontiert und haben deshalb einen Anreiz zur übermäßigen, gesellschaftlich nicht optimalen Umweltnutzung. Um richtige Anreize zu setzen, kann ihr Verhalten mit einem Preis belastet werden, der auch die sozialen Kosten ihres Handelns widerspiegelt. Als Konzept zur Internalisierung externer Umweltkosten kennt die umweltökonomische Theorie die Pigou-Steuer (Pigou 1920), die inzwischen geradezu zum Paradigma einer optimalen Umweltregulierungspolitik geworden ist: Gemäß dem Verursacherprinzip wird jede Einheit an Schadstoffausstoß mit einer Abgabe in Höhe der zusätzlichen sozialen Grenzkosten belastet[3]. Eine solche Emissionssteuer steht in der folgenden Analyse stellvertretend für ein effizientes, marktbasiertes umweltpolitisches Instrument[4].

Das Konzept der Pigou-Steuer führt unter „umweltpolitischen Laborbedingungen" zu einer gesamtgesellschaftlich optimalen Internalisierung negativer Umweltexternalitäten. Es beschreibt so ein klares Leitbild für die Umweltpolitik, das jedoch bei der praktischen Umsetzung auf erhebliche Probleme stößt. Die Bestimmung der Höhe einer Pigou-Steuer setzt voraus, daß Umweltschäden bekannt und quantifizierbar sind. In der Realität liegen jedoch objektiv meßbare Informationen über

---

verstanden. Der Begriff der Umweltstandards, der in der Literatur gelegentlich auch als Synonym für Umweltregulierung verwendet wird, soll hier nur die rein ordnungsrechtliche Variante einer Regulierungsmaßnahme, beispielsweise von der Regierung gesetzte Emissionsstandards, bezeichnen.

[3] Einen umfassenden Überblick zur Theorie der Externalitäten und der Umweltregulierung findet man z. B. bei Siebert (1995); Cropper und Oates (1992); Baumol und Oates (1988).

[4] Die wichtigsten alternativen umweltpolitischen Instrumente sind die direkte Regulierung durch Standards (Ordnungsrecht), Subventionen für Schadstoffvermeidung und handelbare Emissionsrechte. Für die Diskussion der Wirkung einer umweltpolitischen Maßnahme auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit ist das Niveau der Regulierung von weit größerer Bedeutung als die Wahl des Instruments, so daß im folgenden oft ganz pauschal von einer „Umweltregulierung" gesprochen werden kann. Auf die unterschiedlichen Wirkungen alternativer Instrumente wird nur in relevanten Einzelfällen eingegangen.

soziale Umweltkosten und damit über den Nutzen einer Politikmaßnahme nicht vor. Für die umweltpolitische Praxis ist es deshalb plausibler anzunehmen, daß ein anzustrebendes Umweltziel aus dem politischen Prozeß heraus vorgegeben wird. Dabei können naturwissenschaftlich begründete Informationen über die Gefahren einer umweltschädigenden Aktivität in die Zielvorgabe ebenso eingehen wie die Nachfrage der Bevölkerung nach Umweltqualität. Ein so vorgegebenes Umweltqualitätsziel kann dann mit ökonomischen Instrumenten, beispielsweise einer Emissionssteuer, effizient (kostenminimal) erreicht werden. Nach diesem Konzept, das als Standard-Preis-Ansatz in die Literatur eingegangen ist, setzt die Politik einen anfänglichen Emissionssteuersatz fest, der in einem iterativen Prozeß dann so lange angepaßt wird, bis das vorgegebene Umweltqualitätsziel erreicht ist (Baumol und Oates 1971).

Falls Umweltverschmutzung nicht national begrenzt ist, sondern auch grenzüberschreitende Externalitäten auftreten[5], ist bei der Formulierung einer ökonomisch rationalen Umweltpolitik eine weitere Wirkung der inländischen Umweltregulierungspolitik auf die nationale Wohlfahrt zu berücksichtigen: Eine Verschärfung der Umweltpolitik im Inland kann bei freiem Güterhandel ceteris paribus eine Erhöhung der ausländischen Produktion auslösen, die im Fall grenzüberschreitender Umweltschäden eine negative Rückwirkung auf die inländische Umweltqualität hat („leakage"-Effekt). In einem solchen Fall kann die mit einer umweltpolitischen Maßnahme angestrebte Verbesserung der inländischen Umweltqualität deutlich geschmälert werden. Im Fall emissionsreicherer Produktionstechniken im Ausland und bedeutender grenzüberschreitender Externalitäten kann sich die inländische Umweltqualität als Folge einer unkoordinierten Regulierungsmaßnahme sogar verschlechtern[6].

---

[5] Siebert (1995) unterscheidet globale, internationale, grenzüberschreitende, nationale, regionale und auf Mikroebene beschränkte Umweltprobleme - eine Unterscheidung, die für die Formulierung und Koordination von Regulierungspolitik von wesentlicher Bedeutung ist.

[6] Eine Wirkung nationaler Umweltpolitiken über internationale oder globale Umweltmedien auf das Niveau und die regionale Verteilung globaler Umweltnutzung wird in der vorliegenden Arbeit nicht explizit betrachtet. Die Diskussion konzentriert sich stattdessen auf die für die Betrachtung der internationalen

Wenn jedes Land unter Berücksichtigung seiner jeweiligen natürlichen Umweltausstattung (Ressourcenausstattung und Assimilationskapazität) und der Präferenzen seiner Bevölkerung eine ökonomisch optimale Internalisierung externer Umweltnutzungskosten anstrebt, so führt dies in der Regel dazu, daß nationale Regulierungsniveaus im internationalen Vergleich voneinander abweichen. Bei internationalen Umweltproblemen ist eine internationale Kooperation von Umweltpolitik für alle beteiligten Länder vorteilhaft, führt aber bei unterschiedlicher Umweltausstattung und Präferenzen der Bevölkerung ebenfalls nicht notwendigerweise zu international einheitlichen Niveaus an Umweltregulierung (v. Long und Siebert 1991; Nordhaus 1995). International identische Standards würden komparative Vorteile durch unterschiedliche nationale Umweltausstattung unberücksichtigt lassen. Die vollständige Harmonisierung von Umweltstandards als ein „level playing field" ist also nicht wünschenswert (Siebert 1991b); auch bei vollständiger Internalisierung externer Umweltkosten können Unterschiede zwischen den Regulierungsniveaus einzelner Länder ökonomisch rational sein.

Wenn auch die optimale Internalisierung externer Umweltkosten grundsätzlich das Leitbild für die Setzung nationaler Umweltregulierung ist, so gibt es doch Gründe, die ein Land veranlassen könnten, von einer solchen optimalen Internalisierung abzuweichen (vgl. Rauscher 1994):

Wird bei der Entscheidung für eine nationale Umweltregulierungspolitik deren Wirkung auf die internationale Arbeitsteilung berücksichtigt, so kann es für ein Land wohlfahrtssteigernd sein, von einer optimalen Internalisierung externer Umweltkosten abzuweichen. Beispielsweise hat ein großes Land, das durch seine Marktmacht den Weltmarktpreis beeinflussen kann, die Möglichkeit, durch eine geeignete Umweltregulierungspolitik seine Terms of trade zu verändern. Ist das Land ein Nettoexporteur eines umweltreichen Gutes, so erhöht eine inländische Emissionssteuer auch den Weltmarktpreis für das Exportgut, und die Terms of trade

---

Wettbewerbsfähigkeit relevanten Wirkungen der nationalen Umweltpolitik auf die internationale Arbeitsteilung und Faktorallokation. Für einen Überblick zur Ökonomie grenzüberschreitender und globaler Umweltprobleme siehe z. B. Siebert (1995); Mäler (1990).

verbessern sich. Für ein kleines Land dagegen bleibt es bei national begrenzter Umweltverschmutzung weiterhin vorteilhaft, an der vollständigen Internalisierung externer Kosten, etwa durch eine Pigou-Steuer, festzuhalten (Rauscher 1991).

Ferner kann auch der Einfluß von Interessengruppen eine Regierung veranlassen, von einer optimalen Umweltregulierung abzulassen, um einzelne Industrien zu protegieren (Rauscher 1994, 1997; Klepper 1992).

Die neuere Außenwirtschaftstheorie nimmt an, daß auf internationalen Märkten nicht immer vollständige Konkurrenz vorliegt. Ein Land kann dann Umweltregulierungspolitik auch strategisch einsetzen, um den heimischen Produzenten Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Dies kann besonders dann von Interesse sein, wenn einem Land wegen Teilnahme an regionalen Freihandelsabkommen oder der WTO andere handelspolitische Instrumente nicht zur Verfügung stehen. In der Regel wird davon ausgegangen, daß strategische Überlegungen zu einer - gemessen an der First-Best-Internalisierung - zu laxen Umweltregulierung führen (Barett 1994). Wenn andere Länder ebenfalls ihre Umweltstandards senken, so kann dies zu einem „race to the bottom" in den Regulierungsniveaus führen, was für alle beteiligten Länder Wohlfahrtsverluste bringt[7].

Außer auf diese Gründe für die Abweichung von umweltökonomisch rationaler Regulierungspolitik kann die „laxe" Umweltregulierungspolitik eines Landes auch auf eine umweltreiche Faktorausstattung oder eine Geringschätzung von Umweltqualität durch die Bevölkerung zurückzuführen sein. In der Praxis ist es deshalb bei der Bewertung nationaler Umweltregulierungsniveaus im internationalen Vergleich praktisch unmöglich, zu unterscheiden, ob ein Land eine bestimmte Regulierungspolitik allein aus Überlegungen zur Internalisierung externer Umweltkosten betreibt, oder ob dabei auch andere als allein umweltpolitische Ziele, wie z. B. strategische Überlegungen, eine Rolle spielen (vgl. Rauscher 1994). Als analytischer Referenzrahmen, an dem gemessen werden kann, ob eine bestimmte

---

[7] Strategische Umweltpolitik und mögliche Abweichungen von der Tendenz zu niedrigeren Regulierungsniveaus werden in Abschnitt 4 diskutiert.

Umweltregulierungspolitik „strikt" oder „lax" ist, dient im folgenden die optimale Internalisierung externer Kosten, beispielsweise durch eine Pigou-Steuer[8].

Der in der politischen Diskussion am häufigsten vorgebrachte Einwand gegen eine aus Umweltgesichtspunkten optimale Regulierungspolitik lautet, daß eine solche zu erheblichen Verlusten an internationaler Wettbewerbsfähigkeit führt. In diesem Fall stellt sich die Frage, ob es sich ein Land leisten kann, eine im oben genannten Sinn optimale Umweltpolitik zu verfolgen, wenn bei zunehmender Globalisierung der Märkte die Konkurrenten auf dem Weltmarkt deutlich laxere Umweltregulierung praktizieren.

2.2 Das Konzept der internationalen Wettbewerbsfähigkeit

Der Begriff der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wird in der Literatur nicht einheitlich gebraucht. Ebenso vielschichtig sind auch die Dimensionen seiner Anwendung: Man spricht von der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einzelner Unternehmen, Sektoren oder einer gesamten Volkswirtschaft. Gemeinsam ist den meisten in der Literatur verwendeten Definitionen, daß die Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft als die aggregierte Wettbewerbsfähigkeit ihrer auf internationalen Märkten konkurrierenden Unternehmen definiert wird (Orlowski 1982: 12).

Die Vorstellung einer aggregierten Wettbewerbsfähigkeit einer gesamten Volkswirtschaft ist aber für die theoretische wie auch die empirische Untersuchung wenig brauchbar[9]. Für die Diskussion der Wirkung von Umweltpolitik soll vielmehr ein sektoraler Begriff internationaler Wettbewerbsfähigkeit gebraucht werden, da einzelne Sektoren von einer bestimmten Regulierungsmaßnahme unterschiedlich getroffen werden, ihre Wirkung im gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang dagegen praktisch nicht isoliert werden kann. Der sektoralen Betrachtung wird auch die Diskussion auf der Basis der neueren Entwicklungen der Außenwirtschaftstheorie gerecht. In diesem Rahmen werden gestiegene Gewinne der Unternehmen als

---

[8] Alternative Referenzrahmen, insbesondere auch den Vergleich der Regulierung in den Sektoren handelbarer und nichthandelbarer Güter, diskutiert Rauscher (1994).

[9] Zu einer grundsätzlichen Kritik am Konzept der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft siehe z. B. Krugman (1994); Straubhaar (1994).

Indikator für eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit angesehen. Für die empirische Analyse ist diese Vorstellung dagegen wenig brauchbar, da der Einfluß von Umweltregulierung auf Unternehmensgewinne nicht isolierbar ist.

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen wird in der Literatur im allgemeinen verstanden als deren Fähigkeit, ihr Güterangebot auf dem internationalen Markt abzusetzen und dabei langfristig ein angemessenes Einkommen zu erzielen (Gries und Hentschel 1994: 416). Für die wirtschaftspolitische Diskussion läßt sich die internationale Wettbewerbsfähigkeit am ehesten erfassen über Indikatoren wie Weltmarktanteile, offenbarte komparative Vorteile (RCA), Präsenz in Hochtechnologiesektoren oder über Determinanten wie Faktorausstattungen und -preise, Technologieausstattung, Innovationstätigkeit, Steuerbelastung und entsprechende wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen[10]. In einer dynamischen Betrachtung kann die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen auch verstanden werden als deren Fähigkeit, sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen (RWI 1994: 124). Auf die Probleme der empirischen Messung der Wettbewerbsfähigkeit und alternative Indikatoren wird in Abschnitt 7 eingegangen.

Gemäß der traditionellen Außenwirtschaftstheorie, die auf dem Konzept komparativer Kostenvorteile basiert, können auch aus komparativen Vorteilen Indikatoren für die Wettbewerbsfähigkeit abgeleitet werden. Gemäß den Aussagen des Heckscher-Ohlin-Theorems hat ein Land einen komparativen Vorteil in solchen Gütern, bei deren Produktion derjenige Faktor intensiv genutzt wird, mit dem das Land relativ reichlich ausgestattet ist (Siebert 1994). Ein Land hat nun die Möglichkeit, langfristig seine Rahmenbedingungen und damit seine komparativen Vorteile zu gestalten (Konzept des „acquired comparative advantage"; Siebert 1996). Werden nicht internationale Handelsströme betrachtet, sondern die Bewegung international

[10] Zum Konzept der offenbarten komparativen Vorteile siehe Sachverständigenrat (1993: Ziff. 196ff). Zu ausländischen Direktinvestitionen als Standortindikator siehe Klodt und Maurer (1996). Für einen Überblick und zur Unterscheidung zwischen Determinanten und ergebnisorientierten Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit siehe Gries und Hentschel (1994).

mobilen Kapitals, so ist dieser Zusammenhang auch mit dem Begriff der Standortqualität zu erklären. Darunter wird die Fähigkeit einer Volkswirtschaft verstanden, international mobile Produktionsfaktoren, insbesondere Kapital, anzuziehen bzw. im Land zu halten (Siebert 1996; Lorz 1994). In diesem Zusammenhang kann auch Umweltpolitik als eines der Instrumente verstanden werden, mit denen ein Land seine komparativen Vorteile und seine Standortqualität gestalten kann.

2.3 Umweltpolitik als Einflußfaktor auf die Wettbewerbsfähigkeit

Die in Wirtschaftswissenschaft wie auch Politik diskutierten mutmaßlichen Wirkungen einer Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit sind im folgenden thesenartig zusammengestellt. Negativ wird die internationale Wettbewerbsfähigkeit vor allem von den direkten kostensteigernden Effekten einer Umweltregulierungspolitik beeinflußt:

- Eine Regulierungsmaßnahme erhöht für Produzenten direkt die Kosten, da ihnen Ausgaben für die Schadstoffreduktion entstehen. Als Verursacher von Emissionen haben sie entweder für gegebene Emissionsmenge eine Emissionssteuer zu entrichten, oder sie werden ihre Produktionsmenge einschränken oder Innovationsausgaben für emissionsärmere Produktionsverfahren tätigen. Werden diese Kosten überwälzt, so steigen die Preise. Dies führt zu einem Rückgang der Exporte bzw. dazu, daß die inländische Nachfrage zunehmend von ausländischen Anbietern bedient wird.
- Die durch die Einführung einer Emissionssteuer erhöhten Produktionskosten schaffen einen Anreiz, in schadstoffärmere neue Produktionsverfahren zu investieren. Andere, möglicherweise effizienzsteigernde Investitionen können so verdrängt werden (Opportunitätskosten der Schadstoffvermeidung).
- Ein mögliches Symptom einer verringerten Wettbewerbsfähigkeit ist die Verlagerung umweltintensiver Produktion in weniger regulierte Länder. Handelsströme werden umgelenkt und die Exporte dieser Länder steigen auf Kosten heimischer Exporte („pollution havens"-Hypothese).

Dem entgegen stehen mögliche positive Wirkungen einer Umweltregulierung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit:

- Durch Umweltregulierung erhöhte Umweltqualität kann neben der Steigerung der sozialen Wohlfahrt auch die Preise für Umweltgüter als Produktionsvorleistungen senken oder die Produktivität der Inputfaktoren erhöhen. In diesem Fall sinken die Produktionskosten, was als ein Gewinn an internationaler Wettbewerbsfähigkeit interpretiert werden kann. Ein Beispiel hierfür sind weniger aufwendige Filterverfahren bei gestiegener Wasserqualität (Jaffe 1995).
- Umweltregulierung, so wird auch argumentiert, wirkt sich positiv auf Produktivität und Effizienz von Produktionsverfahren aus, wenn Unternehmen Innovationsmöglichkeiten zur Effizienzsteigerung erst durch Druck von außen wahrnehmen (Porter und v.d. Linde 1995). Dies gilt jedoch nur unter der Annahme, daß die regulierende Regierung mehr Information über zukünftige technologische Möglichkeiten hat als die Unternehmen. Es kann auch gelten, wenn mit Forschungsprozessen positive Externalitäten verbunden sind und der Regierung keine effizienteren Politikinstrumente, wie beispielsweise Forschungssubventionen, zur Verfügung stehen.
- Umweltpolitik schafft verstärkt Anreize zur Entwicklung und Anwendung neuer umweltfreundlicherer Produktionsprozesse. Dies kann langfristig die Produktionskosten erheblich senken.
- In einer dynamischen Betrachtung bietet eine gestiegene heimische Nachfrage nach Umweltgütern den Forschungsabteilungen von Unternehmen und insbesondere der umwelttechnischen Industrie zusätzlichen Anreiz für die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren. Dies bringt die Erfinder dann in eine technologische Vorreiterposition auf dem Weltmarkt, die Monopolgewinne ermöglicht, wenn längerfristig auch andere Länder diese Technologien nachfragen werden.

Bibliothek des Instituts für Weltwirtschaft Kiel

- Eine durch Umweltregulierung steigende heimische Nachfrage nach umweltfreundlichen Produktionstechniken verbessert für den Sektor der umwelttechnischen Industrie die Marktposition.
- Im Falle strategischer Interaktion auf Oligopolmärkten kann eine Umweltregulierungspolitik dazu führen, daß Renten zugunsten der inländischen Unternehmen umgelenkt werden. Beispielsweise kann eine geeignete Umweltpolitik ein inländisches Unternehmen in eine verbesserte Wettbewerbsposition entsprechend einer Stackelberg-Führerschaft bringen, in der höhere Gewinne erzielt werden können (siehe Abschnitt 4).

Die Auswirkung des direkten kostensteigernden Effektes von Umweltregulierung kann im Heckscher-Ohlin-Modell der traditionellen Außenwirtschaftstheorie abgebildet werden, in dem komparative Kostenvorteile zwischen Ländern die wesentliche Determinante für Handel sind (Siebert et al. 1980; Rauscher 1991). Ist ein Land relativ reichlich mit natürlichen Ressourcen ausgestattet, so hat es einen komparativen Vorteil in der Produktion umweltintensiver Güter und wird diese Güter exportieren. Die Verschärfung einer nationalen Umweltpolitik führt nun - über Zwang oder über Anreizmechanismen - dazu, daß die inländischen Unternehmen die bei der Produktion entstehende Umweltverschmutzung reduzieren. Dies wirkt wie eine Verknappung des reichlichen Faktors natürliche Ressource und führt zu einem Verlust an komparativem Vorteil für umweltintensive Produktion. Umweltintensive Sektoren verlieren dann entweder an Wettbewerbsfähigkeit (im Fall international immobiler Produktionsfaktoren), oder sie versuchen, die Steigerung der Produktionskosten durch Abwanderung in Regionen mit weniger strikter Regulierungspolitik zu umgehen. In beiden Fällen führt dies zu einem Rückgang der Exporte umweltintensiver Güter (Siebert 1994; v. Beers und v.d. Bergh 1995). Außerdem wird erwartet, daß heimische Konsumenten wegen gestiegener Inlandspreise mehr ausländische Produkte nachfragen, so daß die Importe steigen.

Die indirekten und langfristigen Wirkungen einer Umweltpolitik, die möglicherweise dem direkten kostensteigernden Effekt entgegenwirken können, werden im

folgenden näher betrachtet. Abbildung 1 stellt die mutmaßlichen Wirkungsketten nochmals im Überblick dar. Über den Nettoeffekt einer strikten Umweltregulierungspolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit lassen sich a priori keine Aussagen machen. Es ist zu vermuten, daß er für eine gesamte Volkswirtschaft geringer ausfällt als für bestimmte Sektoren und daß er insgesamt positiv oder negativ von der Stringenz der Regulierung abhängt und damit von der Höhe der Kosten, die diese verursacht.

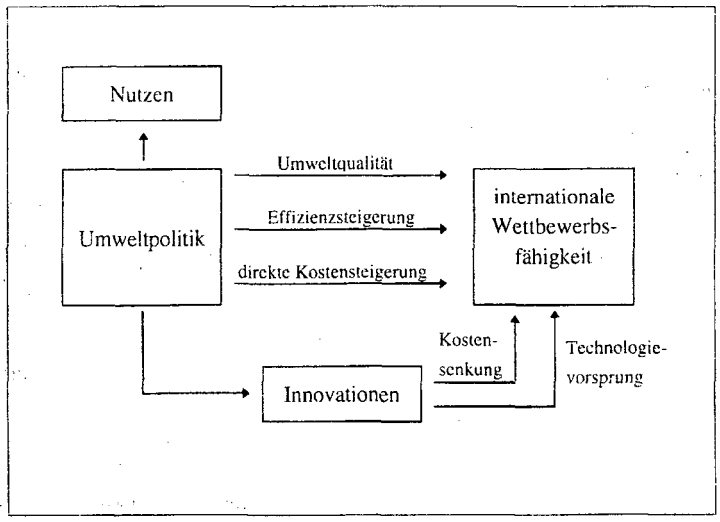


Abbildung 1: Wirkungsketten einer nationalen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit im Überblick

3 Umweltinnovationen und Wettbewerbsfähigkeit

3.1 Innovationsbegriff

Dieser Abschnitt geht wie der folgende der Frage nach, ob und unter welchen Bedingungen Umweltpolitik Innovationen induzieren und dadurch die internationale

Wettbewerbsfähigkeit der Innovatoren verbessern kann. In diesen beiden Abschnitten, in denen die Anreize für Umweltinnovation im nichtstrategischen bzw. strategischen Rahmen diskutiert werden, wird ein relativ spezieller Innovationsbegriff gebraucht. Umweltinnovation wird verstanden als ein vom Innovator erstmals angewandtes Produktionsverfahren, das mit geringeren Grenzkosten der Schadstoffvermeidung als die bisher eingesetzte Technologie verbunden ist[11]. Davon abzugrenzen ist die rein produktionskostensenkende Prozeßinnovation, die sich nicht auf die pro Produktionseinheit emittierte Schadstoffmenge auswirkt.

Der in diesem Kapitel verwendete Innovationsbegriff ist zunächst unabhängig davon, ob eine existierende Technologie übernommen wird oder ob ein neues Verfahren im Unternehmen selbst entwickelt wird. Im ersten Fall besteht die Innovationsaktivität in der Wahl der besten verfügbaren Technologie[12], und die Innovationskosten sind für den Erwerb dieser neuen Produktionstechnik aufzubringen. Im zweiten Fall beinhalten die Innovationskosten die Ausgaben des Unternehmens für Forschung und Entwicklung (FuE). In den hier diskutierten Modellen wird dabei von einem deterministischen FuE-Prozeß ausgegangen: Ein bestimmtes Niveau an FuE-Ausgaben führt mit Sicherheit zu einer Innovation, die eine vorher bekannte Senkung der Produktionskosten ermöglicht. Verlauf und Dauer des Forschungsprozesses werden nicht explizit betrachtet. Für die Untersuchung von Anreizen für Forschung und Entwicklung unterscheidet sich ein solcher deterministischer Forschungsprozeß also nicht von der Situation, in der eine bereits vorhandene Technologie lediglich übernommen wird, und die Investitionsausgaben in FuE können im Modell behandelt werden wie die Investitionskosten für die Einführung einer neuen Anlage (Moro 1993).

---

[11] Dies ist der Innovationsbegriff, der den traditionellen umweltökonomischen Modellen zur innovationssteigernden Wirkung von Umweltregulierung zugrunde liegt (Downing und White 1986; Milliman und Prince 1989). Von der zeitlichen Dimension der Innovation wird zunächst abgesehen. In Kapitel 5 wird dann ein erweiterter Innovationsbegriff vorgestellt, der die Betrachtung von Innovationsprozessen im dynamischen Kontext erlaubt.

[12] In der klassischen Schumpeterschen Dreiteilung des Innovationsprozesses in die Phasen Invention, Innovation und Diffusion (Schumpeter 1952), auf in Abschnitt 5 näher eingegangen wird, entspricht dieser Fall eigentlich der Phase der Diffusion - eine Unterscheidung, auf die die umweltökonomische Innovations-Literatur nicht immer eingeht. Eine Ausnahme sind Milliman und Prince (1989).

Von diesem Begriff der Prozeßinnovation sind Produktinnovationen zu unterscheiden. Darunter fällt im umweltökonomischen Zusammenhang auch ein relativ unverändertes Produkt, das in einem umweltfreundlicheren Prozeß hergestellt wird, sofern dies von den Konsumenten wahrgenommen und als spezifische Produkteigenschaft betrachtet wird (Ecchia und Mariotti 1994). Es wird angenommen, daß in diesem Fall die Konsumenten bereit sind, einen höheren Produktpreis zu bezahlen, so daß die Unternehmen nicht die vollen Kosten der zugrundeliegenden Prozeßinnovation zu tragen haben[13].

3.2 Umweltregulierung und Innovationen unter vollständiger Konkurrenz

In der politischen Diskussion wird meist angenommen, daß ein einfacher Trade-off zwischen Produktions- bzw. Konsumniveau und Umweltschutz besteht. Dieser statischen Sichtweise liegt die Vorstellung zugrunde, daß eine Einschränkung der Produktion der einzige Weg ist, Emissionen zu vermindern und so die kostensteigernde Wirkung einer Umweltpolitik abzufangen. In einer dynamischen Betrachtung kann ein Unternehmen jedoch auch durch die Einführung neuer, schadstoffärmerer Technologien auf eine Regulierungspolitik reagieren; die Outputmenge sinkt dann nicht. Diese Reaktion der Unternehmen setzt voraus, daß es der Regulierungsinstanz gelingt, die negativen Umweltexternalitäten der Produktion so zu internalisieren, daß gleichzeitig Anreize für die Einführung und Verbreitung emissionsärmerer Technologien geschaffen werden. Grundsätzlich wird eine Umweltinnovation immer dann getätigt, wenn die Produktions- und Emissionskostensenkung, die sie ermöglicht, ihren Anschaffungspreis betragsmäßig übersteigt. In diesem Zusammenhang hat die umweltökonomische Literatur verschiedene umweltpolitische Instrumente hinsichtlich ihrer Innovationswirkung untersucht:

Downing und White (1986) gehen von unter vollständiger Konkurrenz operierenden Unternehmen aus und nehmen an, daß eine Technologie verfügbar ist, die die Grenzkosten der Schadstoffvermeidung senkt. Die Autoren zeigen graphisch anhand

---

[13]Die Unterscheidung zwischen Produktinnovation und Prozeßinnovation kann also nicht immer eindeutig vorgenommen werden.

alternativer Grenzkostenkurven der Schadstoffvermeidung, daß alle umweltpolitischen Instrumente - mit Ausnahme der direkten Regulierung - Anreiz für die Investition in die neue, bereits verfügbare Technologie schaffen. Milliman und Prince (1989) kommen zu einem ähnlichen Ergebnis: Emissionssteuern und versteigerte Emissionsrechte sind am ehesten geeignet, Umweltinnovationen anzuregen, während auch hier Instrumente der direkten Kontrolle nicht effizient bezüglich einer Innovationssteigerung sind. Carraro und Siniscalco (1992) untersuchen Innovationsanreize in einer offenen Volkswirtschaft unter alternativen Marktstrukturen und kommen zu dem Ergebnis, daß zusammen mit der Einführung eines Emissionsstandards eine Innovationssubvention die beste Maßnahme ist, um die Unternehmen zur Investition in umweltfreundliche Technologien zu veranlassen. Mit der Einführung des Emissionsstandards ist nämlich immer eine Senkung der Unternehmensgewinne verbunden, die kompensiert werden muß, um Anreiz für die Innovation zu bieten, da die Unternehmen sonst lediglich ihre Produktionsmengen senken würden (Carraro und Siniscalco 1992).

Porter und v.d. Linde (1995) widersprechen der Auffassung, daß Umweltregulierung grundsätzlich zu höheren Produktionskosten und damit einem Verlust an Wettbewerbsfähigkeit führt. Sie gehen davon aus, daß sinnvoll eingesetzte Umweltstandards sogar Innovationen auslösen werden, die die Kosten der Anpassung an die Regulierung nicht nur reduzieren, sondern in einzelnen Fällen auch überkompensieren können. Innovation führe also nicht nur zu reduzierten Nettokosten der Anpassung an die Regulierungspolitik, sondern könne sogar zu absoluten Vorteilen einer Industrie gegenüber ihren ausländischen Rivalen, die nicht einer ähnlichen Regulierungspolitik unterworfen sind, führen. In einer dynamischen Betrachtung, so Porter (1991), könne so der klassische (statische) Trade-off zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Umweltschutz aufgehoben werden, und es eröffne sich so ein „new paradigm of international competitiveness" (Porter und v. d. Linde 1995: 96). Ein internationaler Wettbewerbsvorteil wird in diesem Zusammenhang definiert als die Innovationsfähigkeit von Unternehmen, die es erlaubt, Restriktionen zu verschieben.

Porters Überlegungen liegt die Annahme zugrunde, daß Unternehmen nicht immer optimale Entscheidungen treffen, da sie entweder zu statisch denken oder keine vollständige Information besitzen. Da Unternehmen noch unerfahren im Umgang mit Umweltfragen seien, nähmen sie oft die mit einer Umweltregulierungspolitik verbundenen zahlreichen Wege für technologische Verbesserung nicht wahr[14]. In diesem Fall kann eine Regulierungspolitik wichtigen Einfluß auf die Richtung der Innovationen haben, da eine Reduktion der Umweltverschmutzung, für die dann Anreize geschaffen werden, oft mit einer erhöhten Produktivität bei der Ressourcennutzung einhergeht. Diese Thesen unterstützen Porter und v.d. Linde (1995) mit zahlreichen Fallstudien erfolgreicher Unternehmen.

Downing und White (1986) sowie Milliman und Prince (1989) haben die Anreize zur Einführung neuer Technologien untersucht und dabei deren Wirkung auf die Grenzkosten der Schadstoffvermeidung berücksichtigt. Dabei sind sie davon ausgegangen, daß die Regierung ein vorgegebenes Umweltziel hat, und haben untersucht, welches umweltpolitische Instrument zu dessen Realisierung optimal ist. Für die Betrachtung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit ist nun von Bedeutung, wie eine Regulierungsmaßnahme auf die Gewinne der Unternehmen wirkt. Im Gegensatz zum Problem der Wahl des optimalen umweltpolitischen Instrumentes zur Erreichung eines gegebenen Umweltzieles lautet die Fragestellung nun, ob überhaupt Umweltregulierung stattfinden kann, ohne daß sich die Gewinnsituation der regulierten Unternehmen verschlechtert. Palmer, Oates und Portney (1995) diskutieren, wie sich eine Umweltregulierung über Innovationseffekte auf die Gewinnsituation von Unternehmen auswirkt. In einem Modell, das auf den Ansätzen von Downing und White (1986) und Milliman und Prince (1989) basiert, zeigen sie, daß bei vollständiger Konkurrenz eine zusätzliche Restriktion auf die Wahlmöglichkeiten eines Unternehmens in Form einer anreizbasierten Umwelt-

---

[14] Porter geht in der Tat davon aus, daß Unternehmen Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung schlichtweg übersehen: „$10 bills are waiting to be picked up" (Porter und v. d. Linde 1995: 99). Eine solche Annahme kann auch im Rahmen der Idee der X-Effizienz interpretiert werden. Vgl. Leibenstein (1966) sowie - im Zusammenhang mit der Porter-Hypothese - Rauscher (1995a).

regulierung keine Erhöhung der Gewinne erwarten läßt. Dies gilt unter der Voraussetzung, daß Unternehmen mögliche kostensenkende Innovationsmöglichkeiten nicht systematisch übersehen.

In ihrem einfachen Modell gehen sie von einem unter vollständiger Konkurrenz operierenden gewinnmaximierenden Unternehmen aus. In einer solchen Situation realisieren Unternehmen keine volkswirtschaftlichen Gewinne[15]. Das Unternehmen operiere in der Anfangssituation unter der in Abbildung 2 dargestellten Grenzkostenfunktion der Schadstoffvermeidung (GKV). Gemäß der üblichen Konvexitätsannahme, daß ein höheres Schadstoffvermeidungsniveau höhere Vermeidungsgrenzkosten verursacht, hat die Kurve eine positive Steigung. Der Gewinn des Unternehmens ist dann für gegebene Technologie eine abnehmende Funktion des Emissionssteuersatzes. Die Regulierungsinstanz erhebe nun pro Emissionseinheit eine Emissionsabgabe in Höhe von *t*. Das gewinnmaximierende Unternehmen wird seine Produktionsmenge - und damit bei gegebener Technologie seine Emissionen - so lange reduzieren, wie die Grenzkosten der Vermeidung die Höhe der Abgabe nicht überschreiten. Es stellt sich die mit der gewinnmaximalen Ausbringungsmenge verbundene Emissionsmenge *e* ein. Der Gewinn des Unternehmens fällt jetzt geringer aus als vor Einführung der Emissionssteuer.

Das Unternehmen hätte nun die Möglichkeit, Ausgaben für Forschung zu tätigen und eine neue Technologie zu entwickeln, bei der die Vermeidung einer Schadstoffeinheit mit geringeren Kosten verbunden ist (neue Grenzkostenkurve der Schadstoffvermeidung GKV* in Abbildung 2)[16]. Die Ausgaben für FuE und die Innovation

---

[15]Palmer, Oates und Portney (1995) diskutieren, ob sich durch eine Prozeßinnovation „der Gewinn der Unternehmen erhöhen läßt" gegenüber der Situation mit der alten Produktionstechnologie. Im folgenden wird davon ausgegangen, daß sie mit der „Erhöhung des Gewinns" die Realisierung einer Monopolrente aufgrund eines neuen, kostengünstigeren Produktionsverfahrens meinen. Dies bezeichnen die Autoren - möglicherweise in einer betriebswirtschaftlichen Interpretation - als Gewinn. Die volkswirtschaftlichen Gewinne hingegen müssen unter vollständiger Konkurrenz stets Null sein. Auf die Kritik an der Relevanz dieser Modellvorstellung wird weiter unten eingegangen.

[16] Es wird angenommen, daß die notwendigen Ausgaben für die Entdeckung der neuen Technologie und das Ergebnis des FuE-Prozesses vollständig bekannt sind.

(Bewegung von GKV nach GKV*) wird das gewinnmaximierende Unternehmen aber nur dann tätigen, wenn die damit verbundenen Kosten geringer sind als die Kosteneinsparung durch die neue Technologie und die Investition somit einen positiven Unternehmensgewinn erwarten läßt.

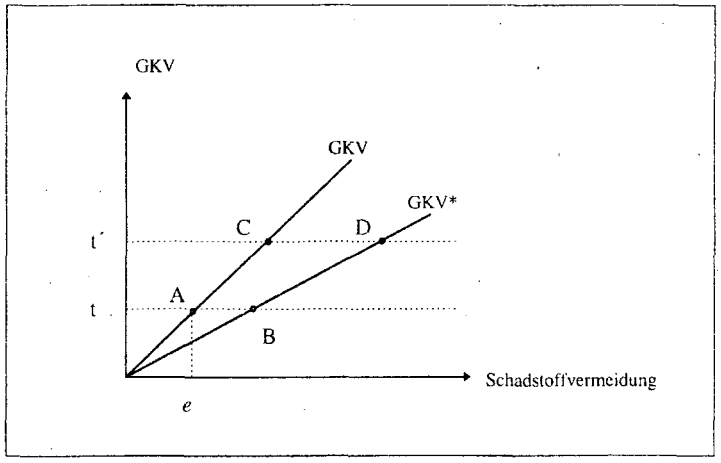


Abbildung 2: Anreiz zu Prozeßinnovation unter vollständiger Konkurrenz. Quelle: Palmer, Oates und Portney (1995: 123).

Unter diesen Annahmen läßt sich nun die Wirkung einer Verschärfung der Umweltpolitik diskutieren. Die Frage lautet dann, ob das Unternehmen nach einer Erhöhung des Emissionssteuersatzes durch die Einführung der umweltfreundlicheren Technologie vermeiden kann, gegenüber der Situation vor der Regulierungsmaßnahme schlechter gestellt zu sein. Da das gewinnmaximierende Unternehmen in der Ausgangssituation beim Emissionssteuersatz *t* mit der durch GKV gekennzeichneten Technologie produziert, lohnt sich die Investition in FuE für Schadstoffvermeidungstechnologie offensichtlich nicht. Im mit der neuen Technologie erreichbaren Punkt B in Abbildung 2 wäre das Unternehmen gegenüber Punkt A nicht besser gestellt, da

die zusätzlichen Einsparungen an Emissionssteuerzahlungen die Kosten für FuE nicht kompensieren würden.

Wird der Emissionssteuersatz jetzt auf t' erhöht, läßt sich ohne weitere Annahmen keine Aussage darüber machen, ob das Unternehmen weiterhin mit der alten Technologie produziert oder aber in die neue Technologie investiert (Punkt C oder D). Es kann jedoch gezeigt werden, daß das Unternehmen in keinem Fall besser gestellt sein wird als vor der Verschärfung der Umweltpolitik (in Punkt A): Falls das Unternehmen nach Erhöhung der Emissionssteuer auf t' bei der alten Technologie bleibt (Punkt C), wird sein Gewinn, der annahmegemäß für gegebene Technologie eine abnehmende Funktion des Emissionssteuersatzes ist, gegenüber der Ausgangssituation (Punkt A) sinken. Für die Bewertung der Porter-Hypothese müssen jedoch die Gewinne in den Punkten A und D verglichen werden. Bei Wahl der neuen Technologie ist der Unternehmensgewinn nach Erhöhung der Steuer (Punkt D) niedriger, als er es im Fall des niedrigeren Emissionssteuersatzes unter derselben Technologie (Punkt B) wäre. Da es sich aber vor Erhöhung der Emissionssteuer annahmegemäß nicht gelohnt hat, in die neue Technologie zu investieren, muß der Gewinn in Punkt B auch niedriger als in Punkt A sein. Transitivität ergibt nun, daß ein erhöhter Emissionssteuersatz in jedem Fall das Unternehmen schlechter stellen wird: Sowohl unter der alten Technologie in Punkt C als auch mit der neuen Technologie in Punkt D ist der Gewinn niedriger als vor Erhöhung der Steuer[17].

Das Ergebnis von Palmer, Oates und Portney widerlegt damit im Grunde nicht die Aussage von Porter, daß Umweltregulierung über effizienzsteigernde Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit erhöhen kann. Porter geht nämlich davon aus, daß Unternehmen gewinnerhöhende Möglichkeiten für Umweltinnovationen systematisch übersehen - eine Annahme, für die im Modell von Palmer, Oates und Portney unter vollständiger Konkurrenz grundsätzlich kein Raum ist. Eine verschärfte Umweltpolitik kann also bei vollständiger Konkurrenz für das Unternehmen nur dann zur

[17] Palmer, Oates und Portney (1995: 125) betonen ferner - ohne dies formal zu untermauern -, daß auch eine Dynamisierung des Modells oder das Zulassen von Unsicherheit diese grundlegende Aussage nicht ändert.

Realisierung einer Monopolrente führen, wenn eine Innovationsmöglichkeit vor Einführung der Regulierung von allen Unternehmen systematisch übersehen wurde. Eine solche hypothetische Situation ist jedoch unwahrscheinlich. Porters Hypothese (Porter 1991; Porter und v.d. Linde 1995) macht unter dieser Prämisse im Modell vollständiger Konkurrenz wenig Sinn. Sie muß vielmehr in einem Modell monopolistischer Konkurrenz beschrieben werden: Einzelne innovative Unternehmer können durch ein neues, kostensenkendes Produktionsverfahren vorübergehend Monopolgewinne realisieren (Schumpeter 1950; 1952).

Wenn man die Porter-Hypothese stattdessen - ähnlich wie Palmer, Oates und Portney (1995) - in dem Sinne interpretiert, daß sie von einer ineffizienten Produktionssituation ausgeht, so könnte man sie nur damit belegen, daß Unternehmen in Einzelfällen gewinnsteigernde Innovationsmöglichkeiten übersehen, beispielsweise wegen Trägheit in der Organisation. In einem solchen Fall kann aber grundsätzlich jede Art von exogenem Schock, der Unternehmen veranlaßt, neue Kostensenkungsmöglichkeiten oder Produktinnovationen zu erwägen, zu einer Erschließung bisher übersehener Effizienzreserven führen (Rauscher 1995b: 10). Es ist zwar denkbar, daß auch eine Umweltregulierungsmaßnahme einen solchen Prozeß auslöst. Diese Wirkung von Umweltregulierung wäre aber allenfalls ein ungeplanter Nebeneffekt in seltenen Einzelfällen, so daß allein daraus noch keine Begründung für die Unschädlichkeit strikter Umweltpolitik für die Unternehmensgewinne abgeleitet werden kann.

4 Umweltpolitik im internationalen Oligopol

Der vorhergehende Abschnitt hat gezeigt, daß eine Umweltpolitik ein effizient wirtschaftendes Unternehmen grundsätzlich nicht besser stellen kann. Dabei wurde jedoch angenommen, daß die Unternehmen unter vollständiger Konkurrenz operieren. Es wurde gezeigt, daß Umweltregulierung dann ein Unternehmen nicht von einer Null-Gewinn-Situation in eine Situation bringen kann, in der positive Gewinne

möglich sind. Wenn die Annahme vollständiger Konkurrenz aufgegeben wird, sind Konstellationen denkbar, in denen auch eine strikte Umweltpolitik den Unternehmen zu einer verbesserten internationalen Wettbewerbsposition verhelfen kann. Diese strategischen Aspekte sind in den letzten Jahren in der theoretischen Analyse der Wirkung einer unilateralen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit in den Vordergrund getreten (Barrett 1993, 1994; Conrad und Wang 1993; Kennedy 1994; Rauscher 1994, 1995a,b; Simpson und Bradford 1996; Ulph 1994, 1996a). Die Analyse basiert auf der neueren Außenwirtschaftstheorie, die in den letzten Jahren Modelle entwickelt hat, in denen die traditionelle Annahme der vollständigen Konkurrenz auf Güter- und Faktormärkten aufgeben wird[18]. In dieser Tradition stehen die Modelle der strategischen Handelspolitik, auf deren Grundlage seit der ersten Hälfte der 90er-Jahre die neueren Modellrahmen für die Analyse von Umweltpolitik im Kontext internationaler oligopolistischer Marktstrukturen entwickelt wurden.

Unter strategischem Verhalten der Unternehmen wird hier verstanden, daß diese bei ihren Produktions- und Investitionsentscheidungen die Reaktion ihrer Konkurrenten berücksichtigen, um so mögliche Renten zu ihrem eigenen Vorteil umzulenken. In diesem Zusammenhang ergibt sich neben niedrigen Kosten bzw. hohem Gewinn als Indikatoren für die internationale Wettbewerbsfähigkeit eine weitere Definition: Die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen kann verstanden werden als deren Fähigkeit, sich auf Output- und Preisniveaus glaubwürdig zu verpflichten (Barrett 1994: 327). Ferner ist es denkbar, daß auch Regierungen Umweltpolitik strategisch einsetzen, um heimischen Industrien Kostenvorteile zu verschaffen und dadurch Renten ins Inland umzulenken. Wenn Regierungen eine Umweltregulierungspolitik nach strategischen Kriterien betreiben, so führt dies in der Regel nicht zu einer optimalen Internalisierung externer Umweltkosten.

[18] Für einen Überblick zur neuen Außenwirtschaftstheorie siehe Helpman und Krugman (1985); Siebert und Rauscher (1991).

Wegen der Interdependenz der Entscheidungen verschiedener Akteure bietet sich für die Analyse der Wirkung einer Regulierungspolitik im strategischen Kontext die Modellierung als mehrstufiges Spiel an (vgl. Tirole 1988; Fudenberg und Tirole 1991):

1. Stufe: Die annahmegemäß wohlfahrtsmaximierenden Regierungen entscheiden über ihre Umweltregulierungspolitik, indem sie die Höhe einer Emissionssteuer festsetzen oder Emissionsstandards vorgeben.

2. Stufe: Im Wettbewerb auf dem Produktmarkt setzen die Unternehmen unter Berücksichtigung der Strategien ihrer Konkurrenten ihre Outputmengen (Cournot-Fall) bzw. Preise (Bertrand-Fall) fest.

Ein solches statisch-strategisches Modell kann durch eine Stufe erweitert werden, in der die Unternehmen im Anschluß an die Politikentscheidungen der Regierungen über ihre Produktionstechnologie bzw. Investitionen in Forschung zur Entwicklung neuer Produktionsverfahren entscheiden. In diesem Fall wird der Wettbewerb auf dem Produktmarkt dann zum dritten Schritt. Ein so erweitertes Modell strategischer Innovation wird in Abschnitt 4.2 erörtert. In jedem Schritt handeln die betreffenden Akteure auf Grundlage der Information über die Handlungen der anderen Akteure in der vorhergehenden Periode. Es wird angenommen, daß alle Entscheidungen auf einer Stufe des Spiels simultan getroffen werden. Die Lösung des Spiels ist dann das teilspielperfekte Gleichgewicht, das durch Rückwärtsinduktion berechnet werden kann[19].

4.1 Ein Grundmodell strategischer Umweltpolitik

In diesem Abschnitt wird angenommen, daß ausschließlich die Regierungen strategisch handeln. Zunächst wird kurz das Grundmodell der strategischen Handelspolitik von Brander und Spencer (1985) skizziert, um anschließend formal vorzustellen, wie die Ergebnisse auf den Fall strategischer Umweltpolitik übertragen werden können. Im Fall eines internationalen Oligopols auf den Gütermärkten kann ein Land

---

[19] Zum Konzept der Rückwärtsinduktion, Teilspielperfektheit sowie für einen allgemeinen Überblick zur Spieltheorie siehe Fudenberg und Tirole (1991); zur Teilspielperfektheit Selten (1965).

versuchen, seinen eigenen Unternehmen durch Exportsubventionierung Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Brander und Spencer (1985) haben dies für den Fall eines internationalen Dyopols untersucht, in dem ein inländisches Unternehmen mit einem ausländischen Unternehmen auf einem dritten Markt in Mengen konkurriert[20]. Jedes Unternehmen wählt für gegebenen Output des Konkurrenten seine Produktionsmenge gewinnmaximierend, und es stellt sich ein Cournot-Nash-Gleichgewicht ein[21].

Das inländische Unternehmen könnte nun eine Stackelberg-Führerschaft einnehmen und höhere Gewinne erzielen, wenn es sich vor der Outputentscheidung des Konkurrenten auf eine höhere Produktionsmenge festlegt. Eine solche Outputerhöhung wäre dann glaubwürdig, wenn der Staat die Produktionskosten des Unternehmens durch eine Exportsubvention senkt. Brander und Spencer (1985) zeigen, daß eine solche Umlenkung ausländischer Gewinne ins Inland nicht nur den Gewinn der inländischen Firma erhöht, sondern auch die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt im Inland steigert, da der zusätzliche Gewinn höher ist als die Subventionszahlungen. Wenn internationale Handelsabkommen oder erwartete Vergeltungsmaßnahmen des Auslandes eine direkte Exportsubvention verhindern, so kann die inländische Regierung stattdessen auch eine Subvention für FuE als verstecktes handelspolitisches Instrument einsetzen (Spencer und Brander 1983).

Statt einer direkten Subvention für die Produktion des Exportgutes oder einer FuE-Subvention kann die Regierung auch durch eine laxe Umweltpolitik ihr Unternehmen indirekt subventionieren (Barrett 1994). Dies kann beispielsweise durch einen Emissionssteuersatz geschehen, der unter den sozialen Grenzkosten der Umweltverschmutzung liegt, also die negativen Externalitäten nicht vollständig internalisiert. Die inländischen Produzenten erhalten so einen Kostenvorteil auf dem internationalen Markt, sie werden daraufhin ihre Produktionsmenge erhöhen, und

---

[20] Die Annahme des Drittmarktes erlaubt es, vom Wohlfahrtseffekt der Regulierungspolitik auf die Konsumentenrente abzusehen. Diese in der Literatur übliche Betrachtung (Brander und Spencer 1985; Barrett 1994) ist hier angemessen, da der Fokus nicht auf den Wohlfahrtseffekten der Regulierungspolitik, sondern auf ihrer Wirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen liegt.

[21] Zum Konzept des Cournot-Nash-Gleichgewichts und der Stackelberg-Führerschaft siehe Tirole (1988), Fudenberg und Tirole (1991).

Renten werden gemäß dem Ergebnis des Grundmodells von Brander und Spencer ins Inland umgelenkt. Die Regierung hat also in diesem Fall einen Anreiz, eine Umweltpolitik zu betreiben, die gemessen an der vollständigen Internalisierung der externen Kosten zu lax ist.

Ein solches Modell strategischer Umweltpolitik, das Barrett (1994) für den Fall eines Umwelt-Produktstandards darstellt, wird hier für den Fall einer Emissionssteuer vorgestellt. Anders als bei Rauscher (1995b), der diesen Fall untersucht hat, wird grenzüberschreitende Umweltverschmutzung vernachlässigt. Ein inländisches und ein ausländisches Unternehmen konkurrieren auf dem internationalen Dyopolmarkt in Mengen (Cournot-Wettbewerb). In einem zweistufigen Spiel entscheiden zuerst die inländische Regierung über ihre Regulierungspolitik (hier den Emissionssteuersatz t), bevor die Unternehmen ihre Produktionsmengen festsetzen. Es wird angenommen, daß die ausländische Regierung keine Umweltpolitik betreibt bzw. an einer konstanten Emissionssteuer festhält. Die Lösung des Spieles erfolgt durch Rückwärtsinduktion, so daß zunächst die Lösung des zweiten Schrittes, das Gleichgewicht auf dem Outputmarkt, berechnet wird. In diesem Schritt wählen die Unternehmen ihre Produktionsmengen q_i $(i=1,2)$ gewinnmaximierend:

$$(1) \qquad \max_{q_i} \pi_i = \max_{q_i} p(q_i + q_j) \cdot q_i - C_i(q_i, t) \qquad i, j = 1,2; \quad i \neq j$$

Hierbei ist $C_i(q_i,t)$ die Kostenfunktion. Als Bedingungen erster Ordnung für die Gewinnmaxima der beiden Unternehmen ergeben sich

$$(2) \qquad \Phi_i := \frac{\partial p_i}{\partial q_i} = \frac{\partial p(q_i + q_j)}{\partial q_i} \cdot q_i + p(q_i + q_j) - \frac{\partial C_i(q_i, t)}{\partial q_i} = 0$$

Aus den Bedingungen (2) (i = 1,2) lassen sich die gewinnmaximalen Produktionsmengen jedes Unternehmens für gegebene Produktionsmenge des ausländischen Rivalen bestimmen:

(3) $q_i=q_i(q_j, t)$

Diese Bedingungen ($i,j = 1,2; i \neq j$) können interpretiert werden als Reaktionsfunktionen, die jeder (gegebenen) Produktionsmenge des Rivalen die optimale Produktionsmenge des Unternehmens zuordnen. Ihr Verlauf hängt ab von dem aus dem ersten Schritt des Spieles gegebenen Emissionssteuersatz t. Die Reaktionsfunktionen können im q_1,q_2-Raum graphisch dargestellt werden. Ihr Schnittpunkt gibt das Nash-Gleichgewicht in den Produktionsmengen an (Punkt N in Abbildung 3). Dabei wird angenommen, daß die Steigung der Reaktionsfunktionen negativ ist, wobei die Kurve des inländischen Unternehmens steiler verläuft als die des Rivalen[22].

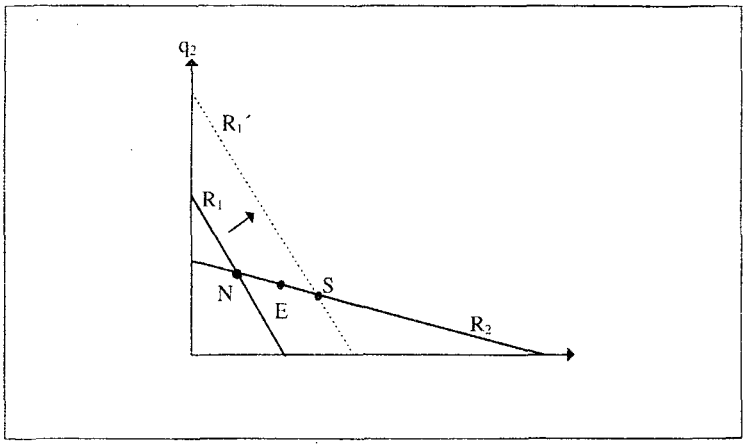


Abbildung 3: Reaktionsfunktionen, Nash- und Stackelberg-Gleichgewicht in den Produktionsmengen im Grundmodell strategischer Umweltpolitik

[22] Dies sind die Bedingungen für die Existenz eines *stabilen* Nash-Gleichgewichts (vgl. Fudenberg und Tirole 1991; Rauscher 1995b). Ein Nash-Gleichgewicht ist eine Situation, in der der einzelne Spieler bei gegebener Strategie des anderen keinen Anreiz hat, von seiner Strategie abzuweichen. Zur formalen Definition siehe Fudenberg und Tirole (1991).

Im ersten Schritt des Spiels wählt die inländische Regierung den Emissionssteuersatz t so, daß die soziale Wohlfahrt W_I maximal wird. Zur Vereinfachung sollen zunächst allein der Gewinn des inländischen Unternehmens π_1 und die Steuereinnahmen te in diese Zielfunktion der Regulierungsinstanz eingehen, wobei e die besteuerte Emissionsmenge ist.

$$(4) \qquad \max_t W_I = \max_t \pi_1(t) + t\,e$$

Im Rahmen der positiven Analyse der Wirkung einer Umweltpolitik wird dieser Schritt des Spieles nicht vollständig gelöst[23].

Für die Diskussion des Einflusses einer Regulierungspolitik ist von Bedeutung, wie sich eine Veränderung des Emissionssteuersatzes auf die gleichgewichtigen Produktionsmengen und damit die Gewinne der Unternehmen und deren Wettbewerbssituation auswirkt. Auch bei Variation des Emissionssteuer-Parameters t müssen die Bedingungen (2) für die Gewinnmaxima der beiden Unternehmen stets erfüllt sein. Deshalb läßt sich die komparativ-statische Abhängigkeit des Nash-Gleichgewichts in den Outputmengen vom Emissionssteuersatz analytisch bestimmen durch totales Ableiten der Bedingungen erster Ordnung für die Gewinnmaxima nach t:

$$(5) \qquad d\Phi_i = \frac{\partial \Phi_i}{\partial q_i} dq_i + \frac{\partial \Phi_i}{\partial q_j} dq_j + \frac{\partial \Phi_i}{\partial t} dt = 0$$

$$(6) \quad \text{bzw.} \quad \frac{d\Phi_i}{dt} = \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial q_i^2} \cdot \frac{dq_i}{dt} + \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial q_i \partial q_j} \cdot \frac{dq_j}{dt} + \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial q_i \partial t} \cdot 1 = 0$$

Dieses System (6) zweier Gleichungen ($i,j=1,2;\ i \neq j$) bestimmt die Wirkung des Emissionssteuersatzes auf die gleichgewichtigen Produktionsmengen der beiden Unternehmen:

---

[23] Zur normativen Bestimmung des optimalen Emissionssteuersatzes siehe Barrett (1994), Rauscher (1995b).

$$(7) \qquad \frac{dq_1^*}{dt} \text{ und } \frac{dq_2^*}{dt}$$

Die Regierung hat nun die Möglichkeit, durch eine indirekte Subvention in Form einer Senkung des inländischen Emissionssteuersatzes das inländische Unternehmen in eine Stackelberg-Führerschaft zu bringen und ihm so eine höhere Produktionsmenge und damit einen höheren Gewinn zu ermöglichen. In Abbildung 3 entspricht dies der Verschiebung der Reaktionsfunktion nach außen (gestrichelte Linie) und dem neuen Gleichgewichtspunkt S. Die Senkung des Emissionssteuersatzes, also eine Regulierungspolitik, die nicht die gesamten externen Kosten der Produktion internalisiert, erhöht hier den Gewinn des inländischen Unternehmens; für die Ableitungen der Outputmenge des inländischen Unternehmens nach der Emissionssteuer gilt also[24]:

$$(8) \qquad \frac{dq_1}{dt} < 0$$

Rauscher (1995b) zeigt, wie sich das Ergebnis ändert, wenn grenzüberschreitende Umweltverschmutzung zugelassen wird und in die Zielfunktion der Regierung neben dem inländischen Unternehmensgewinn auch die mit der Regulierungspolitik verbundene Veränderung der Umweltqualität eingeht. In diesem Fall liegt der strategisch optimale Emissionssteuersatz zwar immer noch unter demjenigen Wert, der externe Umweltkosten vollständig internalisieren würde, ist aber höher als im Fall, in dem ausschließlich strategische Überlegungen eine Rolle spielen. Dies

---

[24] Aus (5) und (6) ergibt sich $\frac{dq_1}{dt} = -\frac{\frac{\partial^2\pi_1}{\partial q_1 \partial t} \cdot \frac{\partial^2\pi_2}{\partial q_2^2} - \frac{\partial^2\pi_2}{\partial q_2 \partial t} \cdot \frac{\partial^2\pi_1}{\partial q_1 \partial q_2}}{\frac{\partial^2\pi_1}{\partial q_1^2} \cdot \frac{\partial^2\pi_2}{\partial q_2^2} - \frac{\partial^2\pi_2}{\partial q_2 \partial q_1} \cdot \frac{\partial^2\pi_1}{\partial q_1 \partial q_2}} < 0.$

Das negative Vorzeichen des Ausdrucks ergibt sich aus der Annahme fallender Reaktionsfunktionen (Zähler positiv) und der Stabilitätsbedingung für das Nash-Gleichgewicht (Nenner positiv) (vgl. Ulph 1994; Rauscher 1995b; Barrett 1994).

entspricht in Abbildung 3 dem Punkt E, in dem eine höhere inländische Produktionsmenge und damit höhere Unternehmensgewinne als in Punkt N realisiert werden. In dieser Situation reicht die Umlenkung von Renten ins Inland aus, um die mit der höheren Produktionsmenge und damit dem Emissionsanstieg verbundene Kostensteigerung zu kompensieren[25]. Die inländische Outputmenge in Punkt E ist aber niedriger als in Punkt S, wo der Wohlfahrtsverlust durch gestiegene Emissionen nicht (wie in Punkt E) durch den gestiegenen inländischen Unternehmensgewinn kompensiert würde. Die inländische Regierung kann also in diesem Modell durch einen Emissionssteuersatz, der niedriger ist als das First-Best-Niveau, den Gewinn des inländischen Unternehmens (und im Modell von Rauscher (1995b) damit auch die soziale Wohlfahrt) erhöhen.

Die Ergebnisse für eine optimale strategische Umweltpolitik hängen stark von den Annahmen über die Art der Konkurrenz auf dem Produktmarkt ab. Falls Unternehmen in Preisen statt in Mengen konkurrieren (Bertrand-Fall bei heterogenen Gütern), kann sich das Ergebnis wesentlich ändern. Regierungen haben dann einen Anreiz, einen Emissionssteuersatz höher als die sozialen Grenzkosten der Emission zu setzen, um die Wettbewerbsposition der inländischen Unternehmen zu verbessern[26] (Barrett 1994). Auch im Fall, daß die inländische Industrie aus mehr als einem Unternehmen besteht, kann der Anreiz zur Lockerung von Umweltstandards reduziert oder sogar umgekehrt sein (Barrett 1994). Zudem wäre selbst im Cournot-Fall statt einer laxen Umweltpolitik als Instrument zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit eine direkte Industriepolitik, beispielsweise eine Produktionssubvention, die das heimische Unternehmen ohne Wohlfahrtsverluste

---

[25] Außerdem sind in dieser Situation wegen der gesunkenen ausländischen Produktionsmenge die grenzüberschreitenden Emissionen niedriger, was sich ebenfalls positiv auf die inländische soziale Wohlfahrt auswirkt. Falls Emissions-Spillovers sehr groß sind, kann es für die Regierung sogar optimal sein, dem Emissionssteuersatz noch weiter zu senken, so daß sogar ein Gleichgewicht mit höherer inländischer Produktionsmenge als im Stackelberg-Punkt denkbar wäre (Rauscher 1995b).

[26] Diese Überlegungen entsprechen in der Literatur zur strategischen Handelspolitik dem Ergebnis, daß bei Wettbewerb in Preisen eine Export*steuer* (statt der für den Cournot-Fall hergeleiteten Exportsubvention) die strategisch optimale Politik ist (Eaton und Grossman 1986; Barrett 1994). Zu den Grundlagen des Bertrand-Wettbewerbs siehe Tirole (1988).

wegen erhöhter Emissionen in eine Stackelberg-Führerschaft brächte, einer solchen Umweltpolitik überlegen (Barrett 1994). Es gibt also keinen Grund, die Umweltpolitik aus strategischen Überlegungen heraus zu verzerren, wenn der Regierung effizientere Instrumente zur Verfügung stehen.

Insgesamt ist der Anreiz zum strategischen Abweichen von einer umweltökonomisch optimalen Umweltpolitik in der für industrieökonomische Modelle typischen Weise nicht eindeutig und kann auch bei nur kleinen Änderungen der Verhaltensannahmen in eine andere Richtung weisen, als in der Regel angenommen wird. Es ist äußerst problematisch, das Ergebnis im Bertrand-Fall als theoretische Unterstützung dafür zu betrachten, daß eine strikte Umweltregulierungspolitik die Wettbewerbsfähigkeit der inländischen Industrie steigert. Ein Modell, das schon bei kleinen Änderungen der Annahmen (z. B. Cournot- statt Bertrand-Wettbewerb, Zahl der Unternehmen auf dem heimischen Markt) unterschiedliche qualitative Ergebnisse hervorbringt, ist als Grundlage für eine wirtschaftspolitische Aussage äußerst fragwürdig. Die Ergebnisse können also wegen der fehlenden Robustheit der Modelle gegenüber Änderungen in den Parameterwerten oder Verhaltensannahmen nicht als allgemeingültige Unterstützung der Porter-Hypothese interpretiert werden[27].

4.2 Strategische Umweltpolitik und Prozeßinnovation

4.2.1 Ein Modell strategischer Prozeßinnovation

Wurde im vorigen Abschnitt noch angenommen, daß sich ausschließlich die Regierungen strategisch verhalten, so soll jetzt auch strategisches Verhalten der Produzenten bei ihren Entscheidungen über die Einführung neuer, kosten- und emissionssenkender Produktionstechnologien berücksichtigt werden. Seit der ersten Hälfte der neunziger Jahre wächst die Literatur zur Untersuchung der Wirkung von

[27] Die vorgestellten Ergebnisse sind zudem aus einer theoretischen Analyse hervorgegangen, deren Frage war, welcher Instrumente sich der Staat bedienen soll, wenn er die Wettbewerbsfähigkeit heimischer Unternehmen verbessern will. Auf die grundlegenden, mit strategischen Politikmaßnahmen verbundenen Probleme wird in Abschnitt 4.4 eingegangen.

Umweltregulierungspolitik und Innovationsanreizen im dynamisch-strategischen[28] Kontext rapide. Immer wieder wird argumentiert, daß gerade ein solcher Modellrahmen Raum für eine Unterstützung der Porter-Hypothese liefern kann (Rauscher 1995b; A. Ulph 1994; Ulph und Ulph 1995; Simpson und Bradford 1996)[29]. Dabei wird postuliert, daß Umweltregulierungspolitik bei strategisch handelnden Unternehmen kostensenkende Prozeßinnovationen induzieren kann. Durch die staatliche Regulierung wird diese Kostensenkung glaubwürdig, und die inländischen Unternehmen können so in eine Situation entsprechend einer Stackelberg-Führerschaft auf dem internationalen Oligopolmarkt gebracht werden. Dies erhöht ihre Produktionsmengen und damit die Gewinne, was als eine erhöhte internationale Wettbewerbsfähigkeit interpretiert werden kann (Simpson und Bradford 1996).

Das folgende spieltheoretische Modell verdeutlicht exemplarisch, welche Bedeutung strategische Interaktion der Unternehmen bei FuE-Entscheidungen für die Wirkung einer Emissionssteuer auf die Unternehmensgewinne hat[30]. Es ergänzt das im vorigen Abschnitt vorgestellte Grundmodell um einen der Regulierungsentscheidung der Regierung folgenden Schritt, in dem die Produzenten strategisch über Investitionen in FuE entscheiden (A. Ulph 1994; Ecchia und Mariotti 1994):

1.Stufe: Die wohlfahrtsmaximierenden Regierungen entscheiden über ihre Umweltregulierungspolitik, indem sie die Höhe einer Emissionssteuer festsetzen oder Emissionsstandards vorgeben.

2. Stufe: Die gewinnmaximierenden Unternehmen wählen ihre Produktionstechnologie und entscheiden über die Neueinführung bereits existierender besserer Technologien oder Investitionen in FuE zur Entwicklung kosten- oder emissionssenkender neuer Produktionstechnologien.

---

[28] Der Begriff der Dynamik wird in der Literatur nicht einheitlich gebraucht. Im folgenden wird immer dann von einem dynamischen Spiel gesprochen, wenn strategisches Investitionsverhalten der Produzenten berücksichtigt wird.

[29] Porter selbst dagegen argumentiert nicht mit *strategischen* Anreizen, wenn er die innovationsfördernde Wirkung einer Umweltregulierungspolitik betont (vgl. Porter 1991, Porter und v. d. Linde 1995).

[30] Die Investition in FuE steht hier stellvertretend für eine beliebige Art von Investition (z. B. auch in Produktionskapazität), die es einem Unternehmen erlaubt, sich glaubhaft als Stackelberg-Führer gegenüber seinen Konkurrenten zu verhalten.

3.Stufe: Im Wettbewerb auf dem Produktmarkt setzen die gewinnmaximierenden Unternehmen unter Berücksichtigung der Strategien ihrer Konkurrenten ihre Outputmengen (Cournot-Fall) bzw. Preise (Bertrand-Fall) fest.

Auch hier werden vollständige Information der beteiligten Akteure über die vorhergehenden Stufen sowie simultane Handlungen in jeder Stufe angenommen. Wie für das zweistufige Spiel im vorherigen Abschnitt kann die Lösung dieses Spieles als teilspielperfektes Nash-Gleichgewicht durch Rückwärtsinduktion berechnet werden.

Ein Problem bei der Modellierung ist die Tatsache, daß das Spiel für allgemeine Kosten- und Nachfragefunktionen nicht explizit lösbar ist. Es können ohne Beschränkung der Allgemeinheit lediglich die Reaktionsfunktionen und Nash-Gleichgewichte in Abhängigkeit von den im jeweiligen Schritt exogenen Modellparametern abgeleitet werden. So können dann komparativ-statische Aussagen darüber gemacht werden, über welche Wirkungskanäle die Änderung eines Emissionssteuersatzes auf gleichgewichtige FuE-Niveaus, Outputmengen, Kosten und damit auch auf die Unternehmensgewinne wirkt. Um Aussagen über die Richtung und Größe dieser Einflüsse machen zu können, müssen jedoch weitere Annahmen über die funktionale Form einzelner Zusammenhänge getroffen werden. Mit Hilfe von Plausibilitätsüberlegungen werden deshalb funktionale Zusammenhänge und - durch die Annahme spezieller funktionaler Formen - Aussagen über die Richtung der Wirkung der Emissionssteuer abgeleitet. Als Indikatoren für die internationale Wettbewerbsfähigkeit werden dabei die Gewinne der Unternehmen betrachtet.

Das folgende Modell, das die Wirkung einer inländischen Emissionssteuer auf die Gewinne eines inländischen und eines ausländischen Unternehmens und damit auf deren internationale Wettbewerbsfähigkeit bestimmt, lehnt sich an die Beiträge von Simpson und Bradford (1996) sowie Ulph und Ulph (1995) an. Im Gegensatz zu Simpson und Bradford (1996) wird hier von Spillovers in der Forschung abgesehen; Investitionen in FuE wirken also allein für das investierende Unternehmen kostensenkend. Außerdem wird das Spiel zunächst für allgemeine Kosten- und

Nachfragefunktionen dargestellt. Anders als bei Ulph und Ulph (1995) wird hier angenommen, daß ausschließlich im Inland eine Emissionssteuer erhoben wird, deren Wirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit des inländischen Unternehmens untersucht werden soll.

Betrachtet wird ein symmetrisches internationales Dyopol, in dem ein inländisches und ein ausländisches Unternehmen für einen dritten Markt ein homogenes Gut produzieren. Die inländische Regierung entscheidet über ihre Umweltregulierungspolitik, indem sie die Höhe des inländischen Emissionssteuersatzes t festsetzt. Die Regulierungspolitik der ausländischen Regierung wird als gegeben angenommen, und von grenzüberschreitender Umweltverschmutzung wird abgesehen. Neben der Umweltregulierungspolitik im Inland werden jegliche weitere handels- oder industriepolitische Instrumente sowie Forschungssubventionen ausgeschlossen. Die Entscheidung über die Einführung neuer Produktionstechnologien soll verstanden werden als die Entscheidung über das Niveau an Investitionsausgaben für Forschung und Entwicklung. Es wird davon ausgegangen, daß ein bestimmtes Niveau an FuE-Investitionen mit Sicherheit zur Einführung einer neuen Technologie führt, deren produktionskostensenkender Effekt bekannt ist. Dabei sind zwei Arten von Prozeßinnovationen möglich: (Rein) produktionskostensenkende Innovationen verbessern die Produktionseffizienz, während emissionssenkende Innovationen (Umweltinnovationen) die Emissionen pro Outputeinheit und damit bei t>0 auch die Kosten der Umweltverschmutzung senken.

Die Kostenfunktion C_i des Unternehmens i hängt ab von der eigenen Outputmenge q_i und der Höhe der FuE-Ausgaben r_i (i=1,2). Für das inländische Unternehmen 1 kommt hinzu noch die Höhe der inländischen Emissionssteuer t:

$$C_1=C_1(q_1, r_1, t) \qquad (9)$$

$$C_2=C_2(q_2, r_2) \qquad (10)$$

Dabei wird angenommen, daß die Stückkosten c_i für gegebene r_i und t konstant sind.

Es wird nun untersucht, wie eine Änderung des Emissionssteuersatzes über die Kosten auf die Gewinnsituation - als Indikator für die internationale Wettbewerbs-

fähigkeit der beiden Unternehmen - wirkt. Die Lösung per Rückwärtsinduktion beginnt mit dem letzten Schritt des Spiels.

Schritt 3: Wettbewerb auf dem Produktmarkt

Im Schritt des Wettbewerbs auf dem Produktmarkt wählen die beiden Unternehmen simultan ihre Produktionsmengen q_i so, daß bei gegebener Produktionsmenge des Rivalen q_j ihr Gewinn maximal wird:

$$(11) \qquad \max_{q_i} \pi_i(q_i,q_j,c_i) = \max_{q_i} p(q_i+q_j)q_i - c_i q_i, \qquad i,j=1,2;\ i \neq j$$

Als Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum ergeben sich

$$(12) \qquad \phi_i := \frac{\partial \pi_i(q_i,q_j,c_i)}{\partial q_i} = \frac{\partial p(q_i+q_j)}{\partial q_i} q_i + p(q_i+q_j) - c_i(r_i,t) \stackrel{!}{=} 0$$

Das Gleichungssystem (12) der Bedingungen erster Ordnung für die beiden Unternehmen ($i=1,2$; $t=0$ *für* $i=2$) beschreibt die gewinnmaximalen Produktionsmengen jedes Unternehmens als Funktion der Produktionsmenge des Rivalen. Der Verlauf dieser Funktionen hängt ab von den Kosten der beiden Unternehmen, die wiederum von den in den vorhergehenden Stufen des Spiels bestimmten Parametern für die Innovationsausgaben der beiden Unternehmen (r_1 und r_2) sowie dem inländischen Emissionssteuersatz t abhängen:

$$(13) \qquad q_1 = q_1(q_2,\ c_1(r_1,\ t),\ c_2(r_2))$$

$$(14) \qquad q_2 = q_2(q_1,\ c_2(r_2),\ c_1(r_1,\ t))$$

Die gewinnmaximale Outputmenge für jedes Unternehmen läßt sich als Reaktionsfunktion interpretieren, die jeder gegebenen Produktionsmenge des Rivalen die

eigene gewinnmaximierende Menge zuordnet[31]. Auflösen des Systems der beiden Reaktionsfunktionen ergibt die gleichgewichtigen Outputmengen im Cournot-Nash-Gleichgewicht q_1^* und q_2^*, die abhängen von den Kostenniveaus der beiden Länder und damit indirekt von den FuE-Ausgaben beider Unternehmen und dem Emissionssteuersatz des Inlandes:

$$(15) \qquad q_1^* = q_1^*(c_1(r_1, t), c_2(r_2)) = q_1^*(r_1, r_2, t)$$

$$(16) \qquad q_2^* = q_2^*(c_1(r_1, t), c_2(r_2)) = q_2^*(r_1, r_2, t)$$

Setzt man die gleichgewichtigen Werte der Outputmengen in die Gewinnfunktion ein, so erhält man den Gewinn jedes Unternehmens in Abhängigkeit der eigenen Kosten und der Kosten des Rivalen:

$$(17) \qquad \pi_1 = \pi_1(c_1, c_2) = \pi_1(c_1(r_1, t), c_2(r_2))$$

$$(18) \qquad \pi_2 = \pi_2(c_1, c_2) = \pi_2(c_1(r_1, t), c_2(r_2))$$

Für den Verlauf der Gewinnfunktion gelten die üblichen Cournot-Annahmen (Tirole 1988):

$$(19) \quad \frac{\partial \pi_i}{\partial c_i} < 0, \quad \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial c_i^2} > 0, \quad \frac{\partial \pi_i}{\partial c_j} > 0, \quad \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial c_i \partial c_j} < 0, \ (i \neq j)$$

Der Gewinn eines Unternehmens sinkt also mit einer marginalen Steigerung der eigenen Kosten, was sich in einen nichtstrategischen und einen strategischen Effekt zerlegen läßt: Zum einen senkt eine Kostensteigerung den Gewinn direkt, zum anderen sinkt der Gewinn, weil aufgrund der Kostensteigerung für das Unternehmen der Rivale seine Produktionsmenge erhöhen wird. Der Gewinn eines Unternehmen ist konvex in den eigenen Kosten: Je höher das Kostenniveau ist, desto weniger

[31] Die Reaktionsfunktionen lassen sich auch hier im q_1,q_2-Raum darstellen (siehe Abb. 3). Das Cournot-Nash-Gleichgewicht der Produktionsmengen ergibt sich dann als Schnittpunkt der Kurven. Bedingung für ein *stabiles* Gleichgewicht ist wiederum, daß R_1 steiler verläuft als R_2 (siehe Abschnitt 4.1).

mindert eine marginale Kostenerhöhung den Gewinn. Ferner steigt der Gewinn eines Unternehmens bei einer Erhöhung der Kosten des Rivalen, da damit eine Steigerung der eigenen Produktionsmenge verbunden ist. Je höher die Kosten seines Rivalen sind, um so größer ist auch die Outputmenge eines Unternehmens im Gleichgewicht und damit seine Gewinnerhöhung bei einer marginalen Senkung der eigenen Kosten.

Um die Wirkung einer Emissionssteueränderung auf die Unternehmensgewinne identifizieren zu können, ist nun also von Bedeutung, wie sich eine Änderung des Emissionssteuersatzes auf die Kosten auswirkt. Annahmegemäß sind die Stückkosten der beiden Unternehmen von der Produktionsmenge q unabhängig; sie hängen ab von den eigenen FuE-Ausgaben sowie für das inländische Unternehmen zudem vom Emissionssteuersatz:

$$(20) \qquad c_1 = c_1(r_1, t)$$

$$(21) \qquad c_2 = c_2(r_2)$$

Die Wirkung der Emissionssteuer auf die Kosten des inländischen Unternehmens läßt sich wie folgt zerlegen:

$$(22) \qquad \frac{d c_1}{d t} = \frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{\partial c_1}{\partial r_1} \cdot \frac{d r_1}{d t}$$

Die Emissionssteuer wirkt also zum einen direkt kostensteigernd auf die Produktionskosten des Landes (erster Term der rechten Seite von Gleichung (22)). Zum anderen wirkt sie indirekt über den Einfluß, den sie auf die Höhe der FuE-Ausgaben hat (zweiter Term).

Im Ausland, wo annahmegemäß keine Emissionssteuer erhoben wird, wirkt die Emissionssteuer des Inlandes ausschließlich indirekt über ihren Anreiz für Investitionen in FuE:

$$(23) \qquad \frac{dc_2}{dt} = \frac{\partial c_2}{\partial r_2} \cdot \frac{dr_2}{dt}$$

Die Wirkung eines gegebenen FuE-Niveaus auf die Kosten, ausgedrückt durch den Faktor $\frac{\partial c_i}{\partial r_i}$, ist durch die exogene Stückkostenfunktionen $c=c(r,t)$ gegeben. Für die weitere Diskussion der Wirkung der Emissionssteuer auf Kosten und Gewinne ist also von Bedeutung, wie die Steuer auf die FuE-Ausgaben der beiden Unternehmen wirkt (Faktor $\frac{\partial r_i}{\partial t}$). Dieser Zusammenhang läßt sich aus dem zweiten Schritt des dreistufigen Spieles ableiten.

Schritt 2: Entscheidungen der Unternehmen über FuE-Investitionen

In der zweiten Stufe des Spiels entscheiden die Unternehmen für gegebenen Emissionssteuersatz des Inlandes über ihre Ausgaben für Forschung und Entwicklung. Um die Wirkung einer Änderung des Emissionssteuersatzes auf die Innovationstätigkeit und damit auf die Produktionskosten zu untersuchen, werden zunächst die Reaktionsfunktionen und das Nash-Gleichgewicht in den FuE-Ausgaben abgeleitet. Anschließend kann die Abhängigkeit der Nash-gleichgewichtigen FuE-Niveaus vom in diesem Schritt des Spieles exogen gegebenen Emissionssteuersatz diskutiert werden.

Das Unternehmen i $(i=1,2)$ wählt seine FuE-Ausgaben r_i gewinnmaximierend. Im Gegensatz zu der Gewinnmaximierung in Stufe 3 des Spiels muß hier in der Gewinnfunktion der Aufwand für FuE (r_i) subtraktiv berücksichtigt werden:

$$(24) \qquad \max_{r_i} \Pi_i(r_i, r_j, t) = \pi_i(c_1(r_1, t), c_2(r_2)) - r_i.$$

Als notwendige Bedingungen für die Gewinnmaxima der beiden Unternehmen ergeben sich

$$(25) \qquad \phi_1 := \frac{\partial \Pi_1(r_1,r_2,t)}{\partial r_1} = \frac{\partial \pi_1(c_1(r_1,t),c_2(r_2))}{\partial c_1(r_1,t)} \cdot \frac{\partial c_1(r_1,t)}{\partial r_1} - 1 \stackrel{!}{=} 0$$

$$(26) \qquad \phi_2 := \frac{\partial \Pi_2(r_1,r_2,t)}{\partial r_2} = \frac{\partial \pi_2(c_1(r_1,t),c_2(r_2))}{\partial c_2(r_2)} \cdot \frac{\partial c_2(r_2)}{\partial r_2} - 1 \stackrel{!}{=} 0$$

Es wird angenommen, daß implizite Lösungen

$$(27) \qquad r_1 = r_1(c_2(r_2),t)$$

$$(28) \qquad r_2 = r_2(c_1(r_1,t))$$

existieren[32], die die gewinnmaximierende FuE-Menge jedes Unternehmens für aus dem ersten Schritt des Spieles gegebenen Emissionssteuersatz t in Abhängigkeit von den FuE-Aufwendungen des Rivalen beschreiben. Die gewinnmaximale FuE-Menge für jedes Unternehmen läßt sich also als Reaktionsfunktion im Raum der FuE-Ausgaben interpretieren, die jeder gegebenen FuE-Menge des Rivalen die eigene gewinnmaximierende Menge zuordnet (Abbildung 4).

Gemäß den üblichen Cournot-Annahmen sind die FuE-Ausgaben des Unternehmens 1 abnehmend in den FuE-Ausgaben des Unternehmens 2; die Reaktionsfunktionen im r_1,r_2-Raum sind also fallend[33]. Auflösen des Systems der beiden Reaktionsfunktionen ergibt die gleichgewichtigen FuE-Mengen im Cournot-Nash-Gleichgewicht r_1^* und r_2^* (Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen), die allein vom inländischen Emissionssteuersatz abhängen:

$$(29) \qquad r_i^* = r_i^*(t) \qquad\qquad i=1,2$$

---

[32] Zu den Voraussetzungen für die Existenz impliziter Lösungen siehe den Satz über implizite Funktionen (vgl. Takayama 1994: 46f).

[33] Es wird wiederum angenommen, daß die Reaktionsfunktion des inländischen Unternehmens steiler fällt als die des Rivalen, so daß ein stabiles Nash-Gleichgewicht existiert (vgl. Fudenberg und Tirole 1991).

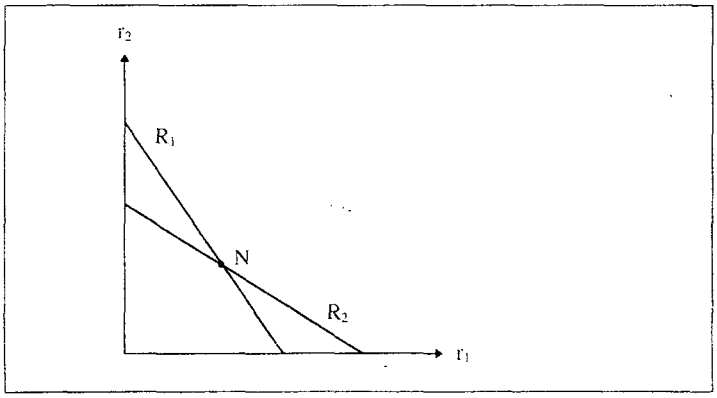


Abbildung 4: Reaktionsfunktionen und Nash-Gleichgewicht in den FuE-Niveaus

Die Abhängigkeit des Nash-Gleichgewichts in FuE vom Emissionssteuersatz läßt sich analytisch wiederum bestimmen durch totales Differenzieren der Bedingungen erster Ordnung für die Gewinnmaxima der beiden Unternehmen (vgl. Abschnitt 4.1):

$$(30) \qquad d\phi_i = \frac{\partial \phi_i}{\partial r_i} dr_i + \frac{\partial \phi_i}{\partial r_j} dr_j + \frac{\partial \phi_i}{\partial t} dt \qquad (i \neq j)$$

$$= \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i^2} dr_i + \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i \partial r_j} dr_j + \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i \partial t} dt = 0$$

$$(31) \quad \text{bzw.} \frac{d\phi_i}{dt} = \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i^2} \frac{dr_i}{dt} + \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i \partial r_j} \frac{dr_j}{dt} + \frac{\partial^2 \Pi_i(r_i, r_j, t)}{\partial r_i \partial t} \cdot 1 = 0$$

Durch diese beiden Gleichungen (i=1,2) ist die Wirkung des Emissionssteuersatzes auf die FuE-Ausgaben der beiden Unternehmen bestimmt:

$$(32) \qquad \frac{dr_1}{dt} \text{ und } \frac{dr_2}{dt}.$$

Dadurch ist theoretisch der letzte Term der Gleichungen *(22)* und *(23)* bestimmt. Damit der Innovationsanreiz, den die Emissionssteuer induziert, näher untersucht

werden kann, muß nun der funktionale Zusammenhang zwischen FuE-Ausgaben und Stückkosten bekannt sein. Zu diesem Zweck sollen im folgenden einige Plausibilitätsüberlegungen über den Verlauf der Kostenfunktion angestellt werden. Es wird angenommen, daß sich die Gesamtausgaben für FuE r vollständig auf zwei spezielle Arten von FuE aufteilen, die sich in unterschiedlicher Weise auf die Stückkosten auswirken: produktionskostensenkende Prozeß-FuE g und emissionssenkende Umwelt-FuE h (vgl. Ulph und Ulph 1995)[34].

Die Produktionskosten der Unternehmen setzen sich additiv zusammen aus den Kosten der Herstellung des Produktes (ohne Umweltkosten) und den Umweltkosten (hier: Emissionssteuerzahlungen). Die reinen Produktionskosten a hängen vom Niveau an produktionskostensenkender Prozeß-FuE g ab; die Umweltkosten (Emissionssteuerzahlungen) vom Emissionssteuersatz t sowie der Emissionsmenge e, die wiederum durch das Niveau an Umwelt-FuE h beeinflußt wird. Für die Stückkosten der Unternehmen gilt also

$$c = a(g) + t\,e(h). \qquad (33)$$

Es wird angenommen, daß sowohl die (reine) produktionskostensenkende Innovation g als auch die Umweltinnovation h die Produktionskosten senkt, aber mit jeweils abnehmender Grenzproduktivität. Es gilt also[35]:

$$a'<0,\ a''>0,\ e'<0,\ e''>0. \qquad (34)$$

Das Unternehmen teilt nun seine Gesamtausgaben für FuE vollständig so auf die beiden Forschungsarten auf, daß die Kosten minimal werden. Um die verschiedenen Wirkungsarten der Emissionssteuer und der FuE-Ausgaben auf die Kosten zu isolieren, sollen hier zunächst die beiden Spezialfälle vorgestellt werden, in denen

---

[34] Der Begriff der (reinen) produktionskostensenkenden Prozeß-FuE wird hier gebraucht, um diese FuE von der Umwelt-FuE abzugrenzen. Strenggenommen wirkt auch Umwelt-FuE produktionskostensenkend, wenn die Emissionssteuerzahlungen ebenfalls unter die Produktionskosten gefaßt werden und wenn $t > 0$.

[35] a' (a'') bezeichnet hier die erste (zweite) Ableitung der Produktionskostenfunktion nach dem Niveau an produktionskostensenkender FuE; e' (e'') die erste (zweite) Ableitung der Produktionskostenfunktion nach dem Niveau an Umwelt-FuE.

ein Unternehmen ausschließlich in produktionskostensenkende Innovation bzw. ausschließlich in Umweltinnovation investiert.

Für den Sonderfall, in dem das Unternehmen ausschließlich produktionskostensenkende FuE tätigt ($g=r$, $h=0$), erhält man durch partielles Ableiten der Kostenfunktion die folgenden Zusammenhänge über die Wirkung von r und t auf die Kosten (Ulph 1993):

$$(35)\quad \frac{\partial c}{\partial r} = a'(r) < 0; \quad \frac{\partial c}{\partial t} = e(0) > 0; \quad \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} = a''(r) > 0; \quad \frac{\partial^2 c}{\partial r \partial t} = 0.$$

Die Kosten sinken also mit steigenden FuE-Ausgaben und steigen mit steigendem Emissionssteuersatz. Dabei nimmt der Kostensenkungseffekt aufgrund einer Erhöhung der FuE-Ausgaben mit steigendem FuE-Niveau ab. Die Emissionssteuer wirkt dagegen nicht auf die marginale Effektivität von FuE für die Kostensenkung. Eine Erhöhung des Emissionssteuersatzes bringt also im Fall von ausschließlich produktionskostensenkender FuE keinen Anreiz für Investitionen in FuE, sondern nur eine direkte Kostensteigerung über die Emissionssteuerzahlungen. Wegen der Kostensteigerung verschiebt sich die Produktionsmengen-Reaktionsfunktion des inländischen Unternehmens hin zum Koordinatenursprung, und die gleichgewichtige Produktionsmenge des Rivalen und damit dessen Anreiz für FuE steigt. Unter diesen Annahmen wirkt also eine Erhöhung des Emissionssteuersatzes fördernd auf die FuE-Ausgaben des Rivalen.

Im zweiten Spezialfall, in dem das Unternehmen ausschließlich Umwelt-FuE tätigt ($g=0$, $h=r$), ergeben sich folgende Zusammenhänge (Ulph 1994):

$$(36) \qquad \frac{\partial c}{\partial r} = te'(r) < 0; \quad \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} = te''(r) > 0;$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = e(r); \quad \frac{\partial^2 c}{\partial r \partial t} = e'(r) < 0.$$

Die Kosten sinken also mit steigenden FuE-Ausgaben, wobei die Kostensenkung mit steigendem FuE-Niveau abnimmt. Bei Erhöhung der Emissionssteuer um eine Einheit steigen die Kosten um den Schadstoffausstoß, den die Produktion einer Outputeinheit verursacht. Die Kostensteigerung aufgrund einer Erhöhung der Emissionssteuer nimmt dabei mit zusätzlichem FuE-Niveau ab. Die marginale Effektivität von FuE für die Kostensenkung nimmt im Fall von ausschließlich Umwelt-FuE mit steigender Emissionssteuer zu. Unter diesen Bedingungen verstärkt deshalb eine Erhöhung der Emissionssteuer den Anreiz für Investition in Umwelt-FuE.

Im allgemeinen Fall teilt das Unternehmen seine Forschungsausgaben auf produktionskostensenkende FuE und Umwelt-FuE auf ($g>0, h>0;\ g+h=r$). Ulph und Ulph (1995) zeigen, daß in diesem Fall eine Erhöhung der Emissionssteuer in die gleiche Richtung wirkt wie im Fall von ausschließlich Umwelt-FuE, wobei die quantitative Wirkung durch zusätzliche produktionskostensenkende FuE nur noch verstärkt wird. Im Fall beider Arten von FuE nimmt also die marginale Effektivität von FuE für die Kostensenkung mit steigender Emissionssteuer zu. Unter diesen Bedingungen besteht durch die Erhöhung der Emissionssteuer ein verstärkter Anreiz für Investitionen in Umwelt-FuE.

Für die Betrachtung des Effektes der Emissionssteuer auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit ist nun also ihr Gesamteffekt auf die Kosten von Bedeutung (vgl. Gleichung (22)). Zunächst wirkt eine Erhöhung der Emissionssteuer - unter der Annahme, daß die FuE-Ausgaben konstant sind - auf direktem Weg kostensteigernd. Dem gegenüber stehen die indirekten (strategischen) Wirkungen über den Anreiz für FuE, den die Emissionssteuer schafft, die den direkten Effekt entweder verstärken

können oder ihm entgegenwirken. Wie oben gezeigt, reduziert im Fall, daß ein Unternehmen keine Umwelt-FuE tätigt, eine Erhöhung der Emissionssteuer den Anreiz für Prozeß-FuE; der Anreiz für Prozeß-FuE des ausländischen Rivalen steigt. In diesem Fall steigen die Kosten für das inländische Unternehmen; der direkte kostensteigernde Effekt der Emissionssteuer wird noch verstärkt. Der Graph der Reaktionsfunktion des inländischen Unternehmens verschiebt sich daher nach innen zum Ursprung.

Investiert das Unternehmen dagegen sowohl in Umwelt- als auch in Prozeß-FuE, dann lassen sich zwei gegenläufige Effekte feststellen: Zum einen reduziert - wie im Fall ohne Umwelt-FuE - eine Erhöhung der Emissionssteuer wegen der konvexen Abhängigkeit des Unternehmensgewinns von den Kosten den Effekt einer Kostensenkung um eine Einheit auf den Gewinn. Der Anreiz für FuE wird so vermindert und die kostensteigernde Wirkung der Emissionssteuer verstärkt. Zum anderen hat aber mit steigender Emissionssteuer eine gegebene Menge an FuE einen größeren Einfluß auf die Kostensenkung. Durch die so gestiegene Effektivität von FuE wird der Anreiz, in FuE zu investieren, verstärkt, und die Kosten sinken ceteris paribus.

Für die Gesamtwirkung einer Emissionssteuer auf die FuE-Aktivität des regulierten Unternehmens ist nun entscheidend, welcher dieser beiden gegenläufigen Effekte überwiegt. Die Wirkung einer Emissionssteuer im Modell strategischer Innovationen im Fall beider Arten von FuE (nach Ulph und Ulph 1995) ist in Abbildung 5 im Überblick dargestellt.

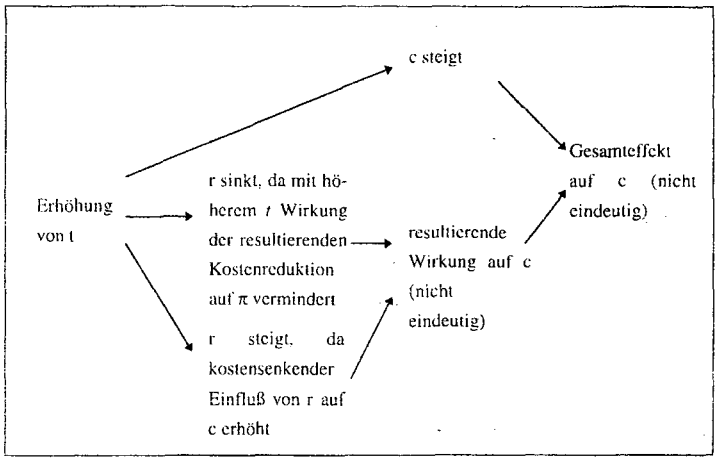


Abbildung 5 : Direkte und indirekte Wirkung einer Emissionssteuer auf die Produktionskosten im Modell strategischer Innovationen.
Quelle: eigene Darstellung (für das Modell von Ulph und Ulph 1995).

Im wesentlichen hängt der Nettoeffekt einer Emissionssteuer auf die Kosten des regulierten Unternehmens von der funktionalen Form der - vom Niveau an Umwelt-FuE abhängigen - Emissionsfunktion $e(h)$ ab (Ulph 1994). Simpson und Bradford (1996) zeigen, daß sich für den Sonderfall eines negativ exponentiellen Verlaufs der Emissionsfunktion eine Steuererhöhung nicht auf die Kosten des regulierten Unternehmens auswirkt. In diesem Fall sind die erhöhten FuE-Aufwendungen, für die die Steuererhöhung Anreiz schafft, nämlich hoch genug, um den kostensteigernden Effekt der Emissionssteuer zu kompensieren. Wenn sich so die Kosten und damit die Outputmenge des inländischen Unternehmens nicht ändern, so hat auch das ausländische Unternehmen keinen Anreiz, seine FuE-Entscheidung anzupassen; auch seine Kosten bleiben dann unverändert.

Im Fall einer Emissionsfunktion der Form $e(h) = e_0(1+h)^{-\alpha}$ ergibt sich im wesentlichen ein komparativ-statisches Ergebnis wie im Fall ohne Umwelt-FuE. In diesem Fall reicht nämlich die Erhöhung der Investitionen in Umwelt-FuE nicht aus, um den direkten kostensteigernden Effekt der Steuer zu kompensieren. Als Nettoeffekt

erhöht die Steuer also die Kosten des inländischen Unternehmens (Ulph und Ulph 1995: 16).

Grundsätzlich gilt, daß die Gesamtausgaben für FuE des inländischen Unternehmens 1 abnehmend in den FuE-Gesamtausgaben von Unternehmen 2 sind. Die Reaktionsfunktionen im r_1,r_2-Raum haben also negative Steigung. Gemäß den Standardannahmen des traditionellen Cournot-Modells wird grundsätzlich alles, was die Kosten für Unternehmen 2 senkt, die Produktionsmenge von Unternehmen 1 vermindern und damit dessen Anreiz für Kostenreduzierung abschwächen (vgl. Tirole 1988). Die Erhöhung einer Emissionssteuer wirkt also immer umgekehrt auf die Kosten des regulierten Unternehmens wie auf die des Rivalen.

Schritt 1: Regulierung

Auf der ersten Stufe des Spiels wählt die Regierung den Emissionssteuersatz so, daß die gesellschaftliche Wohlfahrt maximal wird. Die soziale Wohlfahrtsfunktion *(W)* setze sich additiv zusammen aus dem Gewinn des inländischen Unternehmens, den Staatseinnahmen aus der Emissionssteuer und dem (negativen) sozialen Umweltschaden D, den die Emissionen verursachen. Das Maximierungsproblem für die Regierung lautet also

$$(37) \qquad \max_t W = \max_t \pi(t) + t\,e - D(e).$$

Die annahmegemäß rationale und vollständig informierte Regierung überblickt das gesamte dreistufige Spiel. Sie wählt den sozial optimalen Emissionssteuersatz unter Berücksichtigung des strategischen Verhaltens der Unternehmen in der Wahl ihrer FuE-Niveaus und Produktionsmengen. Dieses strategisch optimale Regulierungsniveau wird sicher von dem - aus reinen Umweltüberlegungen heraus optimalen - Pigou-Steuersatz abweichen. Diese Abweichung wird neben den in den letzten Schritten diskutierten Interdependenzen auch vom funktionalen Zusammenhang zwi-

schen Emissionsmenge und gesellschaftlicher Umweltschadensfunktion $D(e)$ abhängen[36].

4.2.2 Zusammenfassung und Modellerweiterungen

Die Analyse der Wirkung einer Emissionssteuer im Modell, in dem auch Produzenten in ihren Investitionsentscheidungen strategisch handeln, zeigt, daß - im Gegensatz zum Cournot-Fall im Grundmodell mit strategisch handelnden Regierungen aus Abschnitt 4.1 - die Erhöhung einer Emissionssteuer die internationale Wettbewerbsfähigkeit des regulierten Unternehmens, gemessen an den Gewinnen, nicht notwendigerweise senkt. Dem direkten rentenumlenkenden Effekt, der im Modell nicht-strategisch handelnder Regierungen bei einer Emissionssteuererhöhung zu einer Gewinnminderung der regulierten Unternehmen führt, wirkt ein weiterer, strategischer Effekt entgegen: die Wirkung einer Änderung des Emissionssteuersatzes auf die FuE-Ausgaben der regulierten Unternehmen, deren Richtung nicht eindeutig ist. Es sind Fälle des Verlaufs der Emissionskostenfunktion möglich, in denen eine gestiegene Emissionssteuer tatsächlich so viel kostensenkende Investitionen in FuE induziert, daß die Kosten insgesamt sinken (Ulph und Ulph 1995). Die Nash-gleichgewichtige Produktionsmenge des inländischen Unternehmens und damit sein Marktanteil steigt dann, während der ausländische Rivale im Gleichgewicht weniger produzieren wird. In diesem Fall wird der direkte negative Einfluß der Höhe der Emissionssteuer auf die Unternehmensgewinne abgeschwächt. Welcher Gesamteffekt auf die Verschiebungen der Reaktionsfunktionen dominiert, hängt letztlich davon ab, inwieweit eine steigende Emissionssteuer tatsächlich kostensenkende Innovationen induziert (Simpson und Bradford 1996; A. Ulph 1994; Ulph und Ulph 1995).

---

[36] Im Rahmen der positiven Analyse der Wirkung einer Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wird die erste Stufe des Spiels hier nicht vollständig gelöst. Es soll lediglich der Anreiz für die Regierung, vom Pigou-Steuersatz abzuweichen, identifiziert werden. Zur normativen Analyse von Umweltregulierung im strategischen Kontext siehe z. B. A. Ulph (1994), Ulph und Ulph (1995), Simpson und Bradford (1996).

Wahl des umweltpolitischen Instruments

Für den Fall, daß die Regierung statt einer Emissionssteuer Emissionsstandards als Instrument direkter Umweltregulierung einsetzt, kommt man im wesentlichen zu denselben qualitativen Ergebnissen für die Wirkung einer Umweltregulierungspolitik auf die Unternehmensgewinne wie im Fall einer Emissionssteuer (A. Ulph 1994: 31f). Dies gilt für den Fall eines bindenden Standards. Ist die Regulierungsmaßnahme dagegen für das Unternehmen nicht bindend, da es ohnehin eine geringere Schadstoffmenge emittiert als zugelassen, so wird es sich für das Unternehmen nicht lohnen, in Umwelt-FuE zu investieren. In diesem Fall beeinflußt nämlich Umwelt-FuE nicht die Produktionskosten und damit den Marktanteil oder die Gewinne.

Strategisches Verhalten der Regierungen

Ulph (1996b) untersucht, wie sich für Regierungen und Unternehmen die Anreize für strategisches Handeln verändern in Abhängigkeit vom Grad an strategischem Verhalten der jeweils anderen Gruppe von Akteuren. Er zeigt - für den Fall von ausschließlich produktionskostensenkender FuE und für spezielle funktionale Formen -, daß der Anreiz für strategisches Verhalten der Produzenten im Vergleich zu dem hier vorgestellten Modell grundsätzlich höher ist, wenn auch (nichtkooperatives) strategisches Verhalten der Regierungen zugelassen wird. Strategisches Verhalten der Produzenten dagegen senkt grundsätzlich den Anreiz für die Regierungen, ihre Regulierungspolitik aus strategischen Gründen nach unten zu verzerren, da in diesem Fall die Unternehmen durch strategisches Investitionsverhalten selbst zur Rentenumlenkung beitragen können (Ulph 1996b).

Wie gezeigt wurde, kann ein Modell mit strategisch investierenden Produzenten in der Tat Anreize für kostensenkende Prozeßinnovationen identifizieren. Selbst nur qualitative Aussagen über die Wirkung einer Umweltregulierungspolitik lassen sich jedoch nur für spezielle Kostenfunktionen machen. Theoretisch können dann

spezielle Fälle konstruiert werden, in denen eine strikte Umweltregulierungspolitik tatsächlich zu einer verbesserten Wettbewerbssituation des regulierten Unternehmens führt. Die Modellergebnisse sind jedoch nicht robust gegenüber Änderungen in den Verhaltensannahmen, und Informationen über die Modellparameter liegen in der Regel nicht vor. Deshalb ist es praktisch unmöglich, aus den Modellen Ergebnisse für die Analyse der Wirkung einer Regulierungsmaßnahme abzuleiten.

Die Erklärung der Anreizwirkung einer Umweltpolitik für kostensenkende Prozeßinnovationen zielt jedoch nur auf einen Aspekt der Porter-Hypothese. In den vorgestellten Modellen wurde ausschließlich die kostensenkende Wirkung von FuE-Investitionen betont und ein Forschungsprozeß eines simultanen technischen Fortschritts angenommen. Will man dagegen - entsprechend einer zweiten mit der Porter-Hypothese verbundenen Argumentationsschiene - die mögliche technologische Vorreiterposition betonen, in die FuE und Innovationen einzelne Unternehmen bringen können, so ist eine Modellierung des FuE-Prozesses, die den Vorsprung des ersten Innovators betont, angemessener (A. Ulph 1994: 6; D. Ulph 1994). Auf diese dynamischen Anreize für Innovation wird in Abschnitt 5 eingegangen.

4.3 Strategische Produktstandards

Ähnlich wie die strategischen Prozeßinnovationen im vorigen Kapitel kann grundsätzlich auch strategische Produktinnovation dazu verhelfen, Unternehmen in eine Stackelberg-Führerschaft auf internationalen Märkten zu bringen und damit Renten ins Inland umzulenken. Eine glaubwürdige Verpflichtung auf Produkte mit hoher Qualität kann dabei dadurch erreicht werden, daß eine Regierung Umweltqualitätsstandards für Produkte setzt. Rauscher (1995b) betrachtet eine solche Situation in einem einfachen Dyopolmodell und untersucht, ob striktere Umweltregulierung mittels Produktstandards die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen regulierten Unternehmen verbessern kann. Zwei internationale Dyopolisten produzieren ein Gut, das auf einem Drittmarkt verkauft wird und dessen Umweltqualität die Produzenten bestimmen können. Die Güter der beiden Unternehmen können sich also hinsichtlich der Umweltschäden, die mit ihrer Produktion und ihrem Konsum

verbunden sind, unterscheiden. Es wird angenommen, daß die Produktionskosten mit zunehmender Umweltqualität des produzierten Gutes steigen, die Nachfrager aber auch bereit sind, für ein umweltfreundlicheres Produkt einen höheren Preis zu zahlen. Diese Situation läßt sich als dreistufiges Spiel darstellen[37]. Im ersten Schritt habe die inländische Regierung die Möglichkeit, ihr Unternehmen durch einen Umwelt-Qualitätsstandard auf eine bestimmte Umweltqualität zu verpflichten. Im zweiten Schritt entscheiden die Produzenten über den Grad an Umweltqualität ihrer Erzeugnisse. Im dritten Schritt, dem Produktmarkt, bestimmen die Unternehmen ihre Produktionsmengen (Cournot-Fall) bzw. Preise (Bertrand-Fall). Für das dreistufige Spiel kann nun durch Rückwärtsinduktion ein teilspielperfektes Gleichgewicht ermittelt werden.

Das Spiel soll hier für den Fall des Cournot-Wettbewerbs gelöst werden[38]. Seien b_1 und b_2 die Qualitätsstufen des Produktes des inländischen bzw. ausländischen Unternehmens, wobei ein höherer Wert von b_i (i=1,2) eine höhere Umweltqualität und damit einen höheren erzielbaren Verkaufspreis bedeutet. Im letzten Schritt maximieren die beiden Unternehmen ihren Gewinn π_i, der von den abgesetzten Mengen q_i (und zusätzlich von der Produktqualität b_i) abhängt:

$$(38) \qquad \max_{q_i} \pi_i = \max_{q_i} p_i(q_i, q_j, b_i, b_j)q_i - c_i(b_i)q_i \qquad i,j=1,2;\ i \neq j$$

Es ergeben sich die Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum

---

[37] Rauscher (1995b) modelliert die Situation als zweistufiges Spiel, da die Regierungen im ersten Schritt nicht strategisch handeln. In Analogie zum Modell der vorhergehenden Kapitels wird hier ein dreistufiges Spiel angenommen, in dessen ersten Schritt eben ausschließlich nicht-strategische Handlungen stattfinden.

[38] Zur ausführlichen Herleitung siehe Rauscher (1995b).

$$(39) \qquad p_i(q_i, q_j, b_i, b_j) + \frac{\partial p_i}{\partial q_i} q_i - c_i(b_i) = 0.$$

Aus diesen Bedingungen *(i=1,2)* läßt sich durch totales Differenzieren die komparativ-statische Wirkung einer Änderung des inländischen Qualitätsstandards auf die Produktionsmengen der beiden Unternehmen im Nash-Gleichgewicht,

$$(40) \qquad \frac{dq_1^*}{db_1} \text{ und } \frac{dq_2^*}{db_1},$$

bestimmen. Über die Vorzeichen dieser Ausdrücke und damit über die Veränderung der Nash-gleichgewichtigen Mengen bei einer exogenen Veränderung des inländischen Qualitätsstandards lassen sich ohne weitere Annahmen keine eindeutigen Aussagen machen. Aus Überlegungen über den Verlauf der Reaktionsfunktionen (Rauscher 1995b: 12f) läßt sich allein sagen, daß mit steigender inländischer Produktqualität die gleichgewichtige Outputmenge mindestens eines Unternehmens sinkt[39]. Falls eine Qualitätsverbesserung die Grenzkosten der Produktion nur geringfügig erhöht, der Großteil der Kosten für die Qualitätsverbesserung also für FuE aufzubringen ist, ist anzunehmen, daß eine Qualitätssteigerung die inländische Outputmenge erhöht.

Im zweiten Schritt des dreistufigen Spiels wählen die Unternehmen ihre Produktqualität gewinnmaximierend. Aus den Bedingungen erster Ordnung für die Gewinnmaxima der beiden Unternehmen lassen sich wieder die Reaktionsfunktionen, nun im Raum der Produktqualitäten, herleiten, über deren Verlauf auch hier ohne Beschränkung der Allgemeinheit keine weiteren Aussagen gemacht werden können.

Als Zielfunktion, die die Regierung im ersten Schritt maximiert, wird wegen der Nichtbetrachtung inländischen Konsums zur Vereinfachung der Gewinn des inländischen Unternehmens angenommen. Im Unterschied zu dem gewinnmaximierenden inländischen Unternehmen kann sich die Regierung jedoch schon vor der

---

[39] Dies gilt für den Fall, daß eine Produktqualitätssteigerung nicht den ausländischen Grenzerlös erhöht. Zu ausführlichen Plausibilitätsüberlegungen zum Verlauf der Reaktionsfunktionen und damit der Lage des Nash-Gleichgewichts siehe Rauscher (1995b).

Produktionsentscheidung auf einen Produktstandard festlegen und so die Position des inländischen Unternehmens verbessern. Rauscher (1995b) zeigt nun grafisch, daß dies im Fall, daß in den Kosten der Qualitätsverbesserung die FuE-Kosten dominieren, die Produktionskosten aber nur gering sind, zu einem Qualitätsmindeststandard führt. In diesem Fall steigert also eine strikte Regulierungspolitik in der Tat den Gewinn und damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit des inländischen Unternehmens.

Dieses Ergebnis ist aber nicht sehr robust. Schon bei kleinen Änderungen der Annahmen über die Kosten- und Nachfragefunktionen und damit den Verlauf der Reaktionsfunktionen ist die optimale Politikmaßnahme, die die Wettbewerbsposition des inländischen Unternehmens verbessern kann, ein Qualitäts*höchst*standard (Rauscher 1995b)[40]. Rauscher (1995b) zeigt außerdem, daß sich im Fall von Bertrand-Wettbewerb auf dem Produktmarkt ebenso uneindeutige Ergebnisse für einen strategisch optimalen Produktstandard ergeben wie im Cournot-Fall. Die Bestimmung eines optimalen strategischen Produktstandards ist zwar ein interessantes Gedankenspiel, taugt aber wegen der Sensitivität der Ergebnisse gegenüber Änderungen in den Annahmen und wegen hoher Anforderungen an Informationsgrad und Rationalität der Regierungen nicht für die Formulierung einer Umweltregulierungspolitik, die die internationale Wettbewerbsfähigkeit des inländischen Unternehmens erhöhen soll.

4.4 Fazit: Strategische Umweltpolitik für internationale Wettbewerbsfähigkeit ?

Wie gezeigt wurde, lassen sich unter der Annahme strategisch investierender Produzenten in der Tat spezielle theoretische Fälle konstruieren, in denen eine Verschärfung der Umweltpolitik die Gewinne der Unternehmen und damit deren Wettbewerbsfähigkeit steigern kann. Im Modell strategischer Prozeßinnovation ist dies um so wahrscheinlicher, je mehr Emissionssenkung durch eine Erhöhung der FuE-

[40] Motta und Thisse (1993) erhalten für spezielle Nachfrage- und Kostenfunktionen das eindeutige Ergebnis, daß Mindestqualitätsstandards die optimale Regulierungsmaßnahme sind - allerdings läßt sich auch dieses Ergebnis nicht verallgemeinern.

Ausgaben erreicht werden kann (Abhängigkeit von funktionaler Form der Emissionsfunktion). Im Modell strategischer Produktstandards ist eine positive Wirkung eines Qualitätsmindeststandards auf die Gewinnsituation des regulierten Unternehmens dann denkbar, wenn der FuE-Anteil an den Kosten der Qualitätsverbesserung hoch ist. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht robust gegenüber auch nur geringen Änderungen in den Annahmen. Wie schon anhand der einfacheren Modelle von Spencer und Brander (1983), Brander und Spencer (1985) und Barrett (1994) gezeigt wurde, hängen die Ergebnisse nicht nur quantitativ, sondern auch schon qualitativ sehr stark von den Verhaltensannahmen und den Werten einzelner Modellparameter ab. Da solche Parameterwerte in der Realität nicht als bekannt angenommen werden können, lassen sich aus der vorgestellten Art von Modellen keine klaren Aussagen über die Wirkung einer Regulierungspolitik oder Empfehlungen für ein optimales Niveau an staatlicher Umweltregulierung ableiten. Selbst in der theoretischen Analyse können eindeutige Aussagen in der Regel nur unter sehr speziellen Modellannahmen gemacht werden. Ein solcher Trade-off zwischen Allgemeingültigkeit und Eindeutigkeit der Ergebnisse erschwert die Anwendbarkeit der vorgestellten Überlegungen für die Wirtschaftspolitik erheblich - sei es für die (normative) Bestimmung einer optimalen Umweltpolitik oder auch „nur" für (positive) Aussagen über die Wirkung von Regulierungsmaßnahmen. Zudem stellt die strategische Anwendung einer Regulierungsmaßnahme sehr hohe Anforderungen an die Rationalität der beteiligten Akteure, von denen angenommen wird, daß sie ein gesamtes mehrstufiges Spiel vorausdenken.

Grundsätzlich ist eine - auch strategische - Abweichung von einer nach Kosten-Nutzen-Analyse formulierten Umweltpolitik zunächst wohlfahrtsmindernd, da sie nicht die vollen sozialen Kosten der Umweltnutzung internalisiert. Berücksichtigt man zudem auch strategisches Verhalten der Regierungen in der Regulierungspolitik, so kann dies im nichtkooperativen Fall zu einer Situation führen, in der beide Länder schlechter gestellt sind als in einer Situation ohne Staatseingriff. Wie in Abschnitt 4.1 gezeigt, variieren die Modellergebnisse auch mit Veränderungen der Modellierung der inländischen Marktstruktur. Haben Unternehmen die Möglichkeit, sich durch strategische Umweltpolitik umgelenkte Renten anzueignen, so sind

außerdem „rent-seeking"-Aktivitäten der inländischen Unternehmen zu erwarten (Michaelis 1994). Auch Retorsion der ausländischen Regierung kann erwartete Ergebnisse ins Gegenteil kehren[41].

Insgesamt scheint sich in der Literatur die Tendenz abzuzeichnen, daß die strategische Umweltpolitik - wohl nicht zuletzt auch wegen der Attraktivität ihrer theoretischen Fundierung - immer häufiger als Erklärungsrahmen für die internationalen Wirkungen nationaler Umweltpolitik herhalten muß (A. Ulph 1994; Rauscher 1995b; Barrett 1994). Möglicherweise wird sie eher - um es in Anlehnung an die Beurteilung der strategischen Handelspolitik von Siebert (1988) zu formulieren - zu einer „interessanten Beschäftigungssparte" für Industrie- und Umweltökonomen, als daß aus ihr sinnvolle Aussagen über die Wirkung einer unilateralen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbssituation regulierter Unternehmen und damit zur Rechtfertigung von Regulierungsmaßnahmen abgeleitet werden könnten.

Die Untersuchungen zur strategischen Umweltpolitik sind größtenteils aus einer normativen Fragestellung heraus entstanden. Sie versuchen die Frage zu beantworten, welches Regulierungsniveau eine wohlfahrtsmaximierende Regierung unter Berücksichtigung strategischer Interaktionen wählen sollte. Die Wahl eines solchen strategisch optimalen Regulierungsniveaus ist wegen in der Regel erheblichen Informationsdefiziten der Regierung in der Praxis fast unmöglich. Noch unwahrscheinlicher ist es freilich, strategische Überlegungen für die hier zentrale Herangehensweise sinnvoll nutzen zu können: Für die Untersuchung der Wirkung einer nach dem Kriterium der optimalen Internalisierung externer Umweltkosten gewählten Regulierungspolitik ist es unwahrscheinlich anzunehmen, daß dieses Niveau gerade zufällig einem strategisch optimalen entspricht, so daß möglicherweise keine signifikante rentenumlenkende Wirkung wie im theoretischen Fall der strategisch optimal gewählten Politikmaßnahme zu erwarten ist. Als Politikempfehlung gilt somit die Faustregel, die Umweltregulierungspolitik weiterhin allein

---

[41] Einen Überblick über einige der hier erwähnten Einwände findet man bei Siebert (1988) für den Fall strategischer Handelspolitik. Die meisten Argumente sind auf die strategische Umweltpolitik übertragbar.

nach dem Kriterium einer optimalen Internalisierung externer Kosten zu formulieren (Rauscher 1995a; Bradford und Simpson 1996).

5 Dynamische Aspekte von Innovation und Wettbewerbsfähigkeit

Es wurde untersucht, ob bzw. unter welchen Bedingungen Umweltregulierung Anreize für die Investition in umweltfreundlichere kostensparende Produktionstechnologien liefert, die die Produktionskosten so weit senken, daß sich die Gewinnsituation der Unternehmen und damit ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit verbessert. Der Anreiz für die Entwicklung neuer Technologien lag also in der bisherigen Analyse in der Produktionskostensenkung, die diese Technologien für den Innovator ermöglichen. In der wirtschaftspolitischen Diskussion und in der Literatur wird eine weitere Argumentationslinie verfolgt, die die Porter-Hypothese unterstützen könnte: Wenn ein Land früher als der Rest der Welt eine strikte Umweltregulierung praktiziert, so kann die dadurch induzierte Entwicklung neuer umweltfreundlicherer Produktionstechnologien oder Produkte den heimischen Unternehmen längerfristig einen Wettbewerbsvorteil verschaffen, da sie als „First-Mover" dann ein vorübergehendes Monopol für diese Technologien besitzen[42].

Bei dieser dynamischen Betrachtung sind zwei Herangehensweisen möglich: Zum einen sei davon ausgegangen, daß die Voraussetzungen für Innovationsprozesse, wie sie in den vorherigen Kapiteln herausgearbeitet wurden, tatsächlich erfüllt sind. Dann ist zu untersuchen, über welche Mechanismen die neuen Produkte und Prozesse dem Innovator zu einem dynamischen Wettbewerbsvorteil, also einer technologischen Vorreiterposition, verhelfen können. Zum anderen stellt sich die Frage, ob - beispielsweise im Fall, daß die mit einer Innovation verbundenen Kostensenkungserwartungen nicht hinreichend groß sind - die Aussicht auf einen dynamischen Wettbewerbsvorteil weiteren Innovationsanreiz schaffen kann.

---

[42] vgl. Porter und v.d. Linde (1995). Ähnlich argumentieren auch Carbaugh und Wassink (1992) sowie Barrett (1993). Eine skeptischere Position vertritt Schmalensee (1994).

Für die dynamische Betrachtung einer Umweltregulierungspolitik ist eine genauere Modellierung des Forschungs- und Innovationsprozesses notwendig. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, unter welchen Bedingungen Unternehmen einen Anreiz haben, auch in Forschung mit möglicherweise ungewissem Ausgang zu investieren, die zur Entdeckung neuer, bisher unbekannter Produkte führen kann. Hierbei kann die klassische Dreiteilung des Innovationsprozesses nach Schumpeter (1952) hilfreich sein: Neben dem ersten Schritt der *Invention* als der neuen Idee, die sich in ein Produkt oder einen Prozeß umsetzen läßt, ist vor allem die Unterscheidung zwischen Innovation und Diffusion von Bedeutung. Eine *Innovation* ist die erste Einführung eines neuen Produktes in die Wirtschaft, die dem Innovator Produktivitätssteigerungen erlaubt. Erst in der letzten Phase, der *Diffusion*, wird die Innovation auf dem Markt gehandelt. Produktivitätssteigerungen durch die Innovation können jetzt von der gesamten Volkswirtschaft realisiert werden. Solange die Innovation noch nicht imitiert wurde und der Innovator alleiniger Anbieter ist, kann er einen Wettbewerbsvorsprung ausnutzen und Monopolgewinne machen (Schumpeter 1950; vgl. auch Freeman 1987). Ein Schutz der Eigentumsrechte für die Erfindung durch ein Patent kann für den Innovator die anfängliche Unsicherheit über Gewinnaussichten aus der Innovation vermindern, die besteht, weil mögliche Imitation der Technologie durch Konkurrenten seine Monopolstellung frühzeitig beenden könnte.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde die neue Technologie als Investitionsausgaben für FuE in die Modelle integriert, und es wurde ihr produktionskostensenkender Charakter betont. Umweltinnovation wurde also bisher nur nach ihrer Wirkung auf die Kosten differenziert (Produkt- und Prozeßinnovation, (rein) produktionskostensenkende und emissionssenkende Innovation). Bezüglich ihres Neuheitsgrades war die Innovation, zu der ein bestimmtes Investitionsniveau mit Sicherheit führte, nicht spezifiziert. Umweltinnovationen konnten also als die in einem Unternehmen erstmalige Anwendung der besten verfügbaren Technologie interpretiert werden. Diese Betrachtung wird nicht der Hypothese gerecht, daß

Innovationen langfristig zu einem internationalen Wettbewerbsvorteil durch Technologievorsprung führen kann.

Im folgenden wird zunächst kurz auf Ansätze aus der mikroökonomischen Innovationstheorie eingegangen, die die Anreize für FuE zur Entwicklung neuer Umwelttechnologien auch bei anfänglicher Unsicherheit über den Erfolg des Forschungsprozesses untersuchen[43]. Im Anschluß daran wird dann eine eher makroökonomische und außenwirtschaftliche Sichtweise eingenommen, die die Diskussion ermöglicht, wie neue umweltfreundlichere Produkte und Prozesse dann auch einen internationalen Wettbewerbsvorsprung begründen können.

Unter der Annahme, daß Investitionen in FuE zu einem bekannten Zeitpunkt sicher zu einer Innovation führen werden, unterscheidet sich der Forschungsprozeß im Grunde nicht von der Neueinführung einer bereits existierenden Technologie[44]. Diese Art von Innovationsprozeß lag der bisherigen Diskussion des Innovationsanreizes durch Umweltregulierung zugrunde. Dabei wurde angenommen, daß eine bereits entwickelte oder zumindest bekannte neue Technologie jedem Unternehmen zur Verfügung steht, das die notwendigen Innovationsinvestitionen aufbringt. Solche Modelle, die den FuE-Wettbewerb als einen Prozeß simultanen technischen Fortschritts sehen, können dem langfristigen Aspekt der Porter-Hypothese, also der Idee einer technologischen Vorreiterposition, nicht gerecht werden (Ulph und Ulph 1995: 6). In diesem Fall hätte der erste Erfinder nämlich keinen Vorteil durch ein Exklusivrecht über die neue Technologie. Es ist deshalb anzunehmen, daß die Anreize für FuE auch vom Grad an (internationalem)

---

[43] Der Einfluß der Größe und Organisationsstruktur eines Unternehmens auf FuE-Tätigkeit und Innovationen, der eher in den betriebswirtschaftlichen Bereich fällt, wird in der vorliegenden volkswirtschaftlichen Betrachtung vernachlässigt. Statt dessen wird der Einfluß der Marktstruktur auf Innovationsverhalten von Unternehmen überblicksartig diskutiert. Zur Unterscheidung siehe Dasgupta (1986) sowie Kamien und Schwartz (1982).

[44] In den vorherigen Abschnitten konnten FuE-Ausgaben als Innovation betrachtet werden, weil von einem deterministischen Forschungsprozeß mit für ein bestimmtes Niveau an FuE-Ausgaben gegebenem sicherem Erfolgszeitpunkt und vorher bekanntem Erfolg ausgegangen wurde (Moro 1993: 24). Diese Annahme kann vor allem für relativ kleine Innovationen in der angewandteren Forschung ihre Berechtigung haben, also beispielsweise in firmeneigenen Entwicklungsabteilungen.

Patentschutz abhängen. Für den Fall eines Forschungsprozesses, bei dem eine neue Technologie nur dem „Sieger" zur Verfügung stehen wird (Patentrennen), können die Anreize für FuE also verstärkt sein.

In einem einfachen Modell eines Patentrennens konkurrieren zwei Unternehmen um eine Erfindung, für die das Patent und damit ihr zukünftiger Ertrag allein dem Unternehmen zustehen wird, dem die Invention zuerst gelingt (Dasgupta 1986; Moro 1993). Es wird angenommen, daß Unsicherheit über den Forschungsprozeß allein bezüglich des Erfolgszeitpunktes besteht[45] und daß im Forschungsprozeß anfänglich erhebliche Lerneffekte auftreten, die jedoch mit der Zeit abnehmen. Unter diesen Annahmen gilt, daß alle Unternehmen einen Anreiz haben, in FuE zu investieren (vgl. Moro 1993). Es kann nun untersucht werden, wie der Investitionsanreiz von der Marktstruktur und vom Grad an Patentschutz abhängt. Beispielsweise wird, unter der Voraussetzung, daß die Unternehmen die gesamten FuE-Ausgaben zu Anfang des Prozesses aufzubringen haben, der FuE-Anreiz für ein Unternehmen mit der Zahl der Anbieter auf dem Markt abnehmen, da für ein einzelnes Unternehmen die Wahrscheinlichkeit für den Gewinn des Rennens geringer wird. Dieser Anreiz sinkt noch weiter, wenn kein vollständiger Patentschutz vorliegt (Kamien und Schwartz 1982; Moro 1993).

Auch Schumpeter (1950) hat betont, daß von einem großen Unternehmen mit monopolistischer Marktmacht grundsätzlich eher Innovationsaktivitäten ausgehen als von kleineren Unternehmen unter Wettbewerbsbedingungen. Gründe dafür liegen in hohen Fixkosten der Forschung, die ein großes Unternehmen eher aufbringen kann. Durch seine Größe hat es beispielsweise erhebliche Vorteile bei der für FuE notwendigen Beschaffung von Human- und Sachkapital. Zum anderen führt die Monopolstellung des Unternehmens dazu, daß Imitationen der Erfindung durch (potentielle) Konkurrenten unwahrscheinlicher und damit die erwarteten Monopolgewinne für das Unternehmen für einen längeren Zeitraum gesichert sind. Ferner kann ein Unternehmen die Monopolmacht, die es für etablierte Produkte

---

[45] Zur unterschiedlichen Modellierung der mit Forschungsprozessen verbundenen Unsicherheit siehe Dasgupta (1986). Im Fall eines deterministischen Forschungsprozesses gewinnt dasjenige Unternehmen das Rennen, welches die höchsten FuE-Ausgaben aufbringt (Moro 1993).

bereits hat (z.B. Vertriebswege oder einen Kundenstamm), auch für die Einführung eines neuen Produktes nutzen (Kamien und Schwartz 1982).

Die in Abschnitt 4.2 vorgestellten Modelle strategischer Innovation, die von einem Prozeß simultanen technischen Fortschrittes ausgehen, können für den Fall eines Patentrennens modifiziert werden (D. Ulph 1994). Auch in diesem Fall wird davon ausgegangen, daß Investitionen in FuE es einem Unternehmen ermöglichen können, mit einer neuen Technologie zu produzieren, die weniger Emissionen pro Outputeinheit und damit niedrigere Kosten der Schadstoffvermeidung verursacht. Wird der Forschungsprozeß als Patentrennen modelliert, so steht die neue Technologie jedoch nur demjenigen Unternehmen zu, dem die Erfindung zuerst gelingt. Wenn im letzten Schritt des dreistufigen Spieles die Unternehmen ihre Produktionsmenge gewinnmaximierend wählen, sind zwei alternative Fälle der Kostenkonstellation für das inländische Unternehmen zu unterscheiden: Falls das inländische Unternehmen das Patentrennen gewinnt, wird es mit der neuen Technologie unter einer günstigeren Kostenfunktion produzieren. Dem ausländischen Rivalen ist die neue Technologie dann nicht zugänglich. Im anderen Fall, in dem das ausländische Unternehmen die Erfindung zuerst macht, steht ausschließlich diesem die kostengünstigere Produktionstechnologie zur Verfügung.

Im zweiten Schritt des Spieles entscheiden die Unternehmen über die Höhe ihrer Investitionen in Forschung und Entwicklung. Dabei wird jedes Unternehmen berücksichtigen, um welchen Betrag sein Gewinn höher sein wird, wenn es das Patentrennen gewinnt, gegenüber der Situation, daß die Technologie dem Rivalen zuerst und damit ausschließlich zusteht. Annahmegemäß fällt der Gewinn eines Unternehmens mit steigenden eigenen Produktionskosten und nimmt mit steigenden Kosten des Rivalen zu. Jedes Unternehmen hat dann einen Anreiz, seine FuE-Aufwendungen zu erhöhen (und damit annahmegemäß die Wahrscheinlichkeit, das Rennen um das Patent für die neue Technologie zu gewinnen), wenn das ausländische Konkurrenzunternehmen mehr in FuE investiert. Es ergeben sich in diesem Fall also steigende Reaktionsfunktionen und eine Tendenz zur

Überinvestition in FuE (D. Ulph 1994). Über die Wirkung einer Emissionssteuer auf die gleichgewichtigen FuE-Niveaus können keine allgemeingültigen Aussagen gemacht werden. Sie hängt ab von der Gewinnsteigerung, die ein Unternehmen realisieren kann, wenn es das Patentrennen gewinnt. D. Ulph (1994) zeigt für spezielle Nachfragefunktionen, daß hinreichend kleine Emissionssteuersätze den Anreiz für FuE für das regulierte Unternehmen erhöhen.

Im ersten Schritt des Spieles wählen die Regierungen ihr Regulierungsniveau (Emissionssteuersatz) so, daß die soziale Wohlfahrt maximal wird. Dabei berücksichtigen sie zum einen, wie die Emissionssteuer die Kosten ihres inländischen Unternehmens und damit die Produktionsmengen und Gewinnaussichten beeinflußt. Zum anderen berücksichtigen sie den Anreiz für FuE, der von einer Veränderung des Emissionssteuersatzes ausgeht und die Chance ihres inländischen Unternehmens, das Patentrennen zu gewinnen, erhöhen kann. Ähnlich wie die im vierten Abschnitt vorgestellten Modelle strategischer Innovation kann auch dieses Modell der Technologiewahl nur die Interdependenz von Entscheidungen verdeutlichen, jedoch keine allgemeinen Aussagen über die Wirkung einer Emissionssteuer auf die Gewinnsituation der Unternehmen machen. Die Annahme spezieller funktionaler Formen und numerische Simulationen könnten dabei ein Ausweg sein (D. Ulph 1994).

In der Literatur zur strategischen Umweltpolitik sind Innovationsprozesse bisher fast ausschließlich im statischen Kontext untersucht worden; der Anreiz für Innovationen rührt allein aus der Produktionskostensenkung für den Innovator selbst her. Eine dynamische Betrachtung[46] müßte jedoch darüber hinaus auch Gewinne aus dem Verkauf einer neu entwickelten Technologie berücksichtigen. Beispielsweise sind einmal getätigte Ausgaben für FuE nach der Entwicklung der Technologie für das Unternehmen „sunk costs" (Barrett 1993). Für den Innovator kann es deshalb loh-

[46] Der Begriff „dynamisch", der in der Literatur nicht einheitlich gebraucht wird, bezieht sich hier auf die Betrachtung von *langfristigen* Gewinnmöglichkeiten. In der Spieltheorie dagegen wird ein Spiel oft schon dann als dynamisch bezeichnet, wenn es mehrere sequentielle Stufen hat (vgl. Fudenberg und Tirole 1991).

nend sein, diese Technologien auch zu Preisen ins Ausland zu verkaufen, die niedriger sind als die Preise, die notwendig wären, um auch ausländische Hersteller der Technologien zum Markteintritt zu bewegen. Wenn nun wegen der Verfügbarkeit dieser neuen Technologien im Ausland die Schadstoffvermeidungskosten fallen, so haben möglicherweise auch die ausländischen Regierungen einen Anreiz, ihr Umweltregulierungsniveau zu erhöhen[47]. Der ausländische Markt für die neue Technologie wächst, und die inländischen Anbieter können vorübergehend Monopolgewinne erzielen (Barrett 1993). Falls die Imitation der Technologie durch ausländische Unternehmen leicht möglich ist, können diese Monopolgewinne geringer ausfallen oder schneller wieder verschwinden. Es ist deshalb zu erwarten, daß in diesem Zusammenhang der Grad an internationalem Patentschutz eine bedeutende Rolle spielt.

Außer durch höhere erwartete Gewinne oder „kreative Innovatoren" im Schumpeterschen Sinne kann FuE-Aktivität und Innovation auch von der Makro-Ebene her erklärt werden. Nach der These der Exportbasis entwickeln sich Exportaktivitäten aus der Produktion für den heimischen Markt (vgl. Siebert 1994). Eine ökonomisch rationale Umweltregulierungspolitik wird die heimische Nachfrage nach umweltfreundlicheren Produktionsprozessen tendenziell erhöhen. Der wachsende heimische Markt kann dann Basis sein für künftige Exporte von Umwelttechnologien. Wenn ausländische Regierungen langfristig in ihrer Regulierungspolitik nachziehen werden, ist zudem auf dem Weltmarkt eine erhöhte Nachfrage nach emissionssenkenden Technologien zu erwarten, die im Inland schon entwickelt, eingeführt und erprobt worden sind[48]. In diesem Argumentationsrahmen könnte eine Umweltregulierungspolitik tatsächlich einen technologischen Vorsprung und damit Wettbewerbsvorteil auslösen, der so lange währt, bis das Ausland selbst die nachgefragten Umwelttechnologien produzieren wird.

---

[47] Die Verschärfung der ausländischen Umweltregulierung hat dann - zusätzlich zu der hier dargestellten langfristigen Kausalkette - durch den Abbau internationaler Unterschiede in den Regulierungsniveaus und damit Umweltschutzkosten einen weiteren, direkten positiven Effekt auf die Wettbewerbssituation der inländischen Unternehmen.

[48] Eine solche Entwicklung kann auch im Rahmen der Produktzyklusthese (Vernon 1966; Siebert 1994) als die Exportphase interpretiert werden.

Wie bisher gezeigt wurde, kann Umweltregulierung auf drei verschiedene Arten Innovationsanreize schaffen. In den ersten beiden Fällen, der Aussicht auf niedrigere Produktionskosten und den strategischen Überlegungen, war der Innovator identisch mit dem Nutzer der neuen Technologie. Allein im dritten Fall, der Aussicht auf eine technologische Vorreiterposition, muß der Innovator nicht selbst Nutzer der Technologie sein, um einen Innovationsanreiz zu haben. Dieser Zusammenhang kann in einem Modell verdeutlicht werden, das endogenen technischen Fortschritt aus der Interaktion verschiedener Sektoren heraus erklärt. In Anlehnung an das sektorale Modell endogenen technischen Fortschritts nach Grossman und Helpman (1991) und Siebert (1991a) wird von einem produzierenden Sektor ausgegangen, der seine Produkte auf internationalen Märkten oligopolistischer Struktur verkauft. Hat er gegenüber seinen ausländischen Konkurrenten einen Kostenvorteil in der Produktion, so können dadurch vorübergehende Monopolgewinne verwirklicht werden. Die erwarteten Gewinne durch kostensenkende Produktionsverfahren im produzierenden Sektor schaffen Anreiz für einen FuE-Sektor, eben solche neue Verfahren zu entwickeln. Ist der FuE-Sektor dabei erfolgreich, so können neue kostensenkende Produktionsverfahren wiederum die Marktposition des produzierenden Sektors positiv beeinflussen und dessen internationale Wettbewerbsfähigkeit erhöhen. Abbildung 6 verdeutlicht - in Anlehnung an die Darstellung von Siebert (1991a) - diese Zusammenhänge.

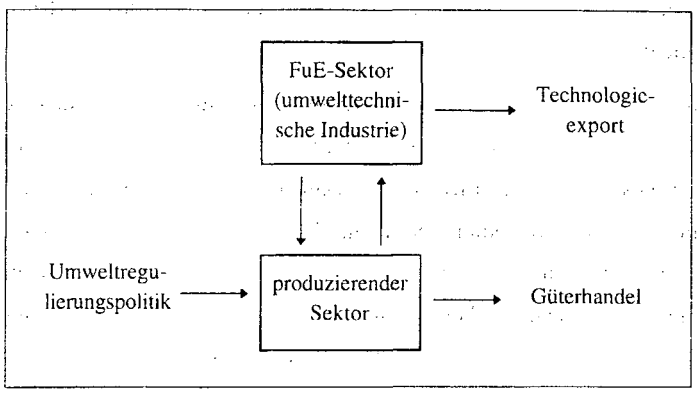


Abbildung 6: Umweltpolitik, Wettbewerbsvorteil auf dem Gütermarkt und technologische Vorreiterposition in einem Modell endogenen technischen Fortschritts

Es sei nun angenommen, daß eine Umweltregulierungspolitik betrieben wird, die den - annahmegemäß umweltintensiv produzierenden - Unternehmen im produzierenden Sektor Anreiz für Innovation und die Einführung umweltfreundlicher Technologien bietet. In einem der oben als Idealfall vorgestellten Sonderfälle, in denen Umweltregulierung tatsächlich zu erhöhten Gewinnerwartungen der regulierten Unternehmen führt, erfahren die Unternehmen des produzierenden Sektors durch Umweltregulierung eine Verbesserung ihrer Position auf dem internationalen Gütermarkt. In jedem Fall aber führt die Regulierungspolitik dazu, daß es sich für die Unternehmen lohnt, emissionssenkende Innovationen zu tätigen. Dies treibt die „Produktion" von Prozeßinnovationen im FuE-Sektor an. Die erfolgreiche Entwicklung neuer umweltfreundlicher Technologien wird dann dazu beitragen, daß im produzierenden Sektor weitere Kostensenkungen verwirklicht werden können. Im Fall, daß auf dem Weltmarkt eine steigende Nachfrage nach umweltfreundlichen (und im Falle integrierter Technologien möglicherweise gleichzeitig auch kostensenkenden) Produktionsverfahren besteht, hat der FuE-Sektor auch die Möglichkeit, die neuen Technologien zu exportieren[49], was eine vorübergehende technologische Vorreiterposition begründen kann. Dies setzt freilich voraus, daß ein

[49] Die *Prozeß*innovation wird in diesem Fall zum Export*produkt*.

internationaler Patentschutz existiert, der eine sofortige Imitation der neuen Technologie im Ausland verhindert.

Ein solches Modell bildet zwar einen hypothetischen Idealfall ab, kann jedoch verdeutlichen, wie Umweltregulierung über zwei verschiedene Kanäle die Wettbewerbsposition der Unternehmen im regulierten Land verbessern kann: Zum einen durch bessere Produktionsverfahren, die für die auf dem Produktmarkt konkurrierenden Unternehmen zu einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit führen können. Zum anderen können innovative Produzenten bzw. eine umwelttechnische Industrie eine vorübergehende Monopolstellung für den Export neuer umweltfreundlicher Technologien und damit eine technologische Vorreiterposition erlangen. Gerade eine umwelttechnische Industrie kann bei einem durch Umweltregulierung induzierten Nachfrageanstieg für neue Technologien große sektorale Wettbewerbsvorteile verbuchen[50]. Beispielsweise prognostiziert die OECD für den Weltmarkt für Umweltgüter und -dienstleistungen bis zum Jahr 2000 jährliche Wachstumsraten von 5,5 vH (OECD 1992: 4). Eine Untersuchung zur umwelttechnischen Industrie in Deutschland (RWI 1994) liefert Evidenz für deren starke Stellung auf dem Weltmarkt, wobei die Umweltgesetzgebung eines Landes als die wichtigste Nachfragedeterminante für umwelttechnische Güter angesehen wird (RWI 1994: 124).

6 Umweltpolitik und Standortentscheidungen von Unternehmen

6.1 Umweltpolitik und internationale Faktormobilität

In der kurzen Frist erhöhen die Einführung einer Emissionssteuer oder gestiegene Umweltanforderungen an Produktionsprozesse die Produktionskosten der regulierten

---

[50] Die umwelttechnische Industrie ist keine Branche im herkömmlichen (statistischen) Sinne, sondern vielmehr ein Querschnitt aus verschiedenen Branchen, wie beispielsweise dem Maschinenbau, der Feinmechanik oder der Elektrotechnik. Siehe RWI (1994) für einen Versuch der genauen Abgrenzung.

Industrie. Dies kann zum einen dazu führen, daß Sektoren an Wettbewerbsfähigkeit verlieren und ihre Nettoexporte sinken. Auf der anderen Seite können Unternehmen den Anstieg der Produktionskosten, den die Umweltregulierung verursacht, dadurch vermeiden, daß sie ihre Produktion in Länder verlagern, die eine laxere Umweltpolitik betreiben[51]. Die Abwanderung von Unternehmen aus einer regulierten Region kann dann als Spiegelbild einer verschlechterten internationalen Wettbewerbsfähigkeit interpretiert werden[52]. Für die Analyse der Wirkung einer nationalen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wurde in der bisherigen Diskussion angenommen, daß Produktionsfaktoren international immobil und so Zahl und Standorte der Produktionsstätten der Unternehmen und damit die Marktstruktur exogen gegeben sind. Der Fall der Abwanderung der Produktion regulierter Unternehmen in weniger regulierte Regionen konnte deshalb nicht berücksichtigt werden.

In der wirtschaftspolitischen Diskussion wird oft die Befürchtung geäußert, eine strikte Umweltregulierungspolitik führe zu einer Flucht der regulierten Industrie in „pollution havens" (z. B. Low und Yeats 1992). Wenn die Regierungen bei der Formulierung einer Umweltregulierungspolitik berücksichtigen, wie Unternehmen mit der Wahl ihrer Produktionsstandorte auf diese reagieren, so können sich daraus erhebliche Anreize für strategisches Verhalten bei der Umweltregulierung ergeben. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, daß der Wettbewerb in den Regulierungsniveaus zu extremen Situationen mit negativen Wohlfahrtseffekten führt. In der Literatur werden vor allem die Extremszenarien der „not in my backyard"-Politik (sehr hohe nationale Umweltregulierungsniveaus) und der Entstehung von „pollution havens" (Länder mit extrem niedrigen Umweltstandards) diskutiert (vgl. Rauscher 1994, 1995a, 1997). Zunächst soll jedoch von einem Wettbewerb der Regierungen in den Regulierungsniveaus und der normativen

---

[51] Für die Betrachtung der Wirkung einer Umweltregulierung auf Standortentscheidungen von Unternehmen wird hier angenommen, daß in der Frist, in der das Kapital mobil ist, die Kostensteigerungen nicht durch Innovationen kompensiert werden können, wie es in den vorhergehenden Abschnitten im Mittelpunkt stand.

[52] Eine solche Betrachtung fügt sich in das Konzept des Standortwettbewerbs, nach dem Länder um internationales Kapital konkurrieren (Siebert 1996).

Analyse einer optimalen Regulierungspolitik in einem solchen Fall abgesehen werden. Statt dessen wird in einer positiven Analyse diskutiert, wie eine nationale Umweltpolitik die Standortentscheidung von Unternehmen beeinflussen kann.

Bei der Betrachtung der Wirkung einer Umweltpolitik auf die Standortentscheidung von Unternehmen können sich - abhängig vom zugrunde liegenden Modellparadigma - sehr unterschiedliche Resultate ergeben (vgl. Rauscher 1995a: 241). Im Rahmen der traditionellen Außenwirtschaftstheorie wird vollständige Konkurrenz auf allen Märkten angenommen. Die Volkswirtschaft wird als Aggregat betrachtet, und es wird unterstellt, daß der Faktor Kapital in marginale Einheiten teilbar ist. Veränderungen der internationalen Allokation des Kapitals werden durch Änderungen der Faktorpreisverhältnisse erklärt. Ein gegebener Weltkapitalstock wird sich dann so auf die Länder aufteilen, daß die Kapitalrendite in allen Ländern gleich ist[53]. In einer solchen gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ist anzunehmen, daß Unterschiede in nationalen Umweltpolitiken nur eine geringe Bedeutung haben für die internationale Allokation des gesamtwirtschaftlichen Kapitalstocks. Andere Standortfaktoren, wie das Lohnniveau oder Art und Höhe der Unternehmensbesteuerung, werden als zentrale Determinanten der Standortwahl betrachtet (Lorz 1994), während Umweltregulierungspolitik ein Faktor ist, der in gesamtwirtschaftlicher Betrachtung quantitativ nicht ins Gewicht fällt. Für die Untersuchung der Wirkung einer Umweltpolitik auf die Standortwahl von Unternehmen kann eine sektorale Betrachtung angemessener sein.

In vielen umweltrelevanten Fällen, in denen Unternehmen über ihren Produktionsstandort entscheiden, liegen steigende Skalenerträge in der Produktion und damit unvollständige Konkurrenz auf den Gütermärkten vor (Markusen, Morey und Olewiler (1993); Rauscher 1995a). Große multinationale Konzerne, deren Investitionsentscheidungen umweltrelevant sind und die deshalb von einer Regulierungspolitik betroffen sind, haben beispielsweise oft Marktmacht auf den Produktmärkten.

---

[53] Den Zusammenhang zwischen Umweltpolitik und internationaler Kapitalmobilität hat Rauscher (1993, 1997) ausführlich behandelt.

So können sie Druck auf Gebietskörperschaften, die um ihre Ansiedlung konkurrieren, ausüben und zu einer Absenkung des Niveaus an Umweltregulierung drängen (Rauscher 1995a). Seit Anfang der neunziger Jahre hat sich eine wachsende Literatur entwickelt, die unter der Annahme unvollständiger Konkurrenz die Abhängigkeit der Standortentscheidung von Unternehmen von der Regulierungspolitik untersucht (z. B. Markusen, Morey und Olewiler 1993, 1995; Ulph 1993; Motta und Thisse 1994; Rauscher 1995a). Im Gegensatz zu den oben vorgestellten Modellen strategischer Interaktion gehen sie dabei von einer endogenen Marktstruktur aus, die wesentlich von der Umweltregulierungspolitik einer Region abhängt.

In diesen neueren Ansätzen wird das strategische Verhalten von Regierungen und Unternehmen in Umweltpolitik und Standortwahl als mehrstufiges Spiel modelliert, dessen Lösung die gleichgewichtige Marktstruktur ergibt[54]:

1. Stufe: Die Regierungen entscheiden über ihre Umweltregulierungspolitik.

2. Stufe: Die Unternehmen entscheiden über die Zahl und Standorte ihrer Produktionsstätten.

3. Stufe: Die Unternehmen konkurrieren auf dem Gütermarkt, wobei Cournot-Wettbewerb angenommen wird.

Im folgenden wird anhand des Modells von Markusen, Morey und Olewiler (1993) Struktur, Lösungsweise und Ergebnis skizziert und die Abhängigkeit der Standortwahl eines inländischen Unternehmens von der nationalen Regulierungspolitik diskutiert. Anschließend wird erörtert, wie sich die Wirkung einer nationalen Umweltpolitik auf die Standortwahl unter alternativen Modellannahmen verändern kann (Markusen, Morey und Olewiler 1995; Motta und Thisse 1994; Rauscher 1995a, Hoel 1994).

---

[54] Für das gesamte Spiel wird entsprechend grundlegenden Voraussetzungen der Spieltheorie angenommen, daß alle Akteure in einem Zug simultan handeln und daß sie vollständige Information besitzen.

6.2 Umweltpolitik und Standortentscheidungen im internationalen Oligopol

Markusen, Morey und Olewiler (1993) schließen zunächst strategisches Verhalten der Regierungen aus und untersuchen in einem internationalen Dyopolmodell mit endogener Marktstruktur die Wirkung einer unilateralen Regulierungspolitik auf die Standortwahl. Dabei gehen sie von zwei symmetrischen Ländern aus, in denen je ein Unternehmen beheimatet ist. In Land 1 (2) produziert ein Unternehmen X (Y) unter steigenden Skalenerträgen Gut X (Y), wobei die Güter X und Y symmetrische Substitute sind. Es wird angenommen, daß die Skaleneffekte in Verhältnis zur Nachfrage so groß sind, daß in jeder Region höchstens eine Produktionsstätte für jedes Gut sein kann. Jedes Unternehmen hat also im entsprechenden Land Marktmacht. Sei x^i (y^i) die in Land i ($i=1, 2$) produzierte Menge des Gutes X (Y). Mit der Produktion einer Einheit der Güter X und Y falle je eine Einheit eines homogenen Schadstoffes an. Ausschließlich das Inland (Land 1) erhebe eine Emissionssteuer t pro Emissionseinheit[55]. Die beiden Unternehmen produzieren unter identischen Kostenfunktionen, die von folgenden Größen abhängen: den firmenspezifischen Fixkosten (F), den pro Produktionsstätte anfallenden Fixkosten (G), den konstanten Grenzkosten (c), den konstanten Stückkosten des Transports bzw. Handels (s) sowie der Emissionssteuer t pro in Region 1 produzierter Einheit der Güter X und Y. Für die Kostenfunktion gilt also:

$$(41) \qquad C=C(c, s, t, F, G).$$

Errichtet ein Unternehmen mehrere Produktionsstätten, so genießt es die Vorteile steigender Skalenerträge, da firmenspezifische Fixkosten, wie z.B. firmenspezifisches Wissen, nicht mit der Zahl der Produktionsstätten steigen, denn für ein Unternehmen mit 2 Produktionsstätten gilt: $2G+F<2G+2F$.

---

[55] Die Betrachtung schließt auch den Fall einer Umweltregulierung durch (Qualitäts-)Standards, die die Grenzkosten der Produktion erhöhen, ein. In diesem Fall kann t als Zunahme der Grenzkosten der Produktion interpretiert werden, die aufgrund höherer Umweltauflagen durch die Regulierungspolitik entstehen. Im Fall der Emissionssteuer wird dagegen angenommen, daß keine emissionsreduzierende Technologie zur Verfügung steht. Das Ergebnis der positiven Analyse zur Wirkung der Regulierung auf die Marktstruktur ändert sich - wie auch bei der Annahme, daß die Regulierung durch handelbare Emissionsrechte geschieht - dadurch nicht (Markusen, Morey und Olewiler 1993: 83). Es ergeben sich jedoch unterschiedliche Wohlfahrtseffekte, die aber hier nicht im Mittelpunkt der Betrachtung stehen.

Die Nachfrage nach den zwei substitutiven Gütern x_i, bzw. y_i (i=1, 2)[56] in Land i sei gegeben durch die inversen Nachfragefunktionen[57]

$$(42) \qquad p_i^x = p_i^x(x_i, y_i) \quad \text{und} \quad p_i^y = p_i^y(x_i, y_i) \qquad (i = 1, 2)$$

In der zweiten Stufe des Spieles hat jedes Unternehmen die Wahl zwischen drei Strategien der Standortwahl: Es kann ausschließlich in der Heimatregion produzieren und sein Produkt exportieren, in beiden Regionen Produktionsstätten errichten oder aber überhaupt nicht produzieren. Die Marktstruktur kann dargestellt werden als das Tupel (m,n), wobei m (n) die Zahl der Produktionsstätten des Unternehmens X (Y) bezeichnet[58]; und es ergeben sich neun mögliche Marktkonstellationen.

Die Lösung des Spiels durch Rückwärtsinduktion beginnt mit dem letzten Schritt, in dem die Unternehmen X und Y für die aus dem ersten Schritt gegebene Marktstruktur (m,n) ihre Gewinne maximieren, die Funktionen der Produktionsmengen sowie der Parameter der Kostenfunktion sind:

$$(43) \qquad \max_{x^1, x^2} \pi_X(m,n) = \max_{x^1, x^2} \pi_X \left[(m,n), x^1, x^2, y^1, y^2, c, s, t, F, G\right]$$

$$(44) \qquad \max_{y^1, y^2} \pi_Y(m,n) = \max_{y^1, y^2} \pi_Y \left[(m,n), x^1, x^2, y^1, y^2, c, s, t, F, G\right]$$

Maximieren und Lösen des Systems der beiden Bedingungen erster Ordnung ergibt das Nash-Gleichgewicht in den Produktionsmengen der beiden Unternehmen in den Regionen 1 und 2 bei gegebener Marktstruktur (m,n). Dieser zusammengefaßte Rechenschritt kann interpretiert werden als die Bestimmung der Reaktionsfunktionen

---

[56] Der untere Index bezeichne den Konsum in Region i $(i=1, 2)$, während sich der obere Index i auf die Produktion in Region i bezieht.

[57] Zur Vereinfachung wird hier eine allgemeine funktionale Form der Nachfrage angenommen. Markusen, Morey und Olewiler (1993) leiten an dieser Stelle aus einer quadratischen Nutzenfunktion eines repräsentativen Wirtschaftssubjektes spezielle Nachfragefunktionen ab, da sie mit ihrem Modell auch die Wohlfahrtseffekte alternativer Marktstruktur-Ergebnisse diskutieren wollen.

[58] Es wird angenommen, daß ein Unternehmen im Fall nur einer Produktionsstätte diese im eigenen Land haben muß. Daher ist durch das Tupel auch die Information über das Land erfaßt, in dem sich diese einzelne Produktionsstätte befindet, und somit die gesamte Marktstruktur beschrieben.

in den Outputmengen, die dann zum Schnitt gebracht werden (vgl. Bestimmung der Nash-Gleichgewichte in Abschnitt 4). Die gewinnmaximalen Produktionsmengen der beiden Unternehmen hängen nun noch von den Parametern der Kostenfunktion ab. Einsetzen dieser Mengen in (43) bzw. (44) ergibt den maximalen Gewinn $\pi_x^*(m,n)$ für Unternehmen X (bzw. $\pi_y^*(m,n)$ für Unternehmen Y) bei gegebener Marktstruktur (m,n):

$$(45) \qquad \pi_x^*(m,n) = \pi_x^*\ [(m,n), c, s, t, F, G]$$

$$(46) \qquad \pi_y^*(m,n) = \pi_y^*\ [(m,n), c, s, t, F, G]$$

Im zweiten Schritt des Spieles sind nun die gleichgewichtigen Marktstrukturen zu bestimmen. Das Nash-Gleichgewicht ergibt sich als diejenige Marktstruktur, bei der ein Unternehmen bei gegebener Standortwahl des Rivalen seinen eigenen Gewinn (Payoff der dritten Stufe des Spiels) nicht mehr durch Veränderung der eigenen Standortentscheidung erhöhen kann[59]. Markusen, Morey und Olewiler (1993) zeigen nun für bestimmte, aus quadratischen Nutzenfunktionen abgeleitete Nachfragefunktionen anhand numerischer Simulationen, wie die gleichgewichtige Marktstruktur (für gegebene Transportkosten s und Grenzkosten von $c=0$) von der Höhe der Fixkosten F und G abhängt, wobei zunächst ein Emissionssteuersatz von $t=0$ angenommen wird. Die Autoren kommen zu dem intuitiv plausiblen Ergebnis, daß ein Unternehmen tendenziell dann mehrere Produktionsstätten errichtet, wenn die firmenspezifischen Fixkosten hoch und die standortspezifischen Fixkosten niedrig sind. Für niedrige unternehmensspezifische Fixkosten und hohe standortspezifische Fixkosten ist dagegen ein Ergebnis wahrscheinlich, in dem beide Unternehmen nur eine Produktionsstätte in ihrer Heimatregion unterhalten und jeweils ihr eigenes Produkt exportieren. Beispielsweise ist die Marktstruktur (2,2) um so

[59] Im hier betrachteten Fall muß das Nash-Gleichgewicht nicht eindeutig sein, es sind auch mehrere gleichgewichtige Marktstrukturen möglich (Markusen, Morey und Olewiler 1993).

wahrscheinlicher, je höher die unternehmensspezifischen Fixkosten und je niedriger die standortspezifischen Fixkosten sind[60].

Nun läßt sich komparativ-statisch bestimmen, wie eine Veränderung der Umweltpolitik die gleichgewichtige Marktstruktur beeinflußt. Es wird angenommen, daß das Inland (Land 1) eine unilaterale Emissionssteuer $t>0$ erhebt. Das Ausland (Land 2) betreibe keine Umweltpolitik. Bei einer kontinuierlichen Erhöhung des Emissionssteuersatzes, ausgehend von $t=0$, ergeben sich nun bei bestimmten Schwellenwerten von t diskontinuierliche Sprünge in der Nash-gleichgewichtigen Marktstruktur.

Die Wirkung der Regulierungspolitik soll für zwei Fälle der möglichen neun Gleichgewichtslösungen näher untersucht werden, die für die wirtschaftspolitische Diskussion besonders relevant sind. Wenn hohe unternehmensspezifische Kosten, hohe Transportkosten und niedrige produktionsstättenspezifische Kosten anfallen, stellt sich eine Marktstruktur (2,2) ein. Dies ist der Fall zweier multinationaler Konzerne, die in beiden Ländern sowohl produzieren als auch verkaufen. Durch diese in der Außenwirtschaftstheorie oft diskutierte Konstellation sind beispielsweise die Weltmärkte für Chemie und pharmazeutische Produkte charakterisiert (Markusen, Morey und Olewiler 1993: 75). Die Konstellation (1,1), die bei hohen produktionsstättenspezifischen und niedrigen unternehmensspezifischen Kosten und Transportkosten zu erwarten ist, stellt den aus der neuen Außenhandelstheorie bekannten Fall eines exportierenden Dyopols dar (intraindustrieller Handel). Unter den umweltrelevanten Industrien ist diese Annahme beispielsweise für die Stahlindustrie oder die Papier- und Zellstoffindustrie plausibel (Markusen, Morey und Olewiler 1993: 75).

Für den ersteren Fall der zwei multinationalen Konzerne wirkt sich eine Erhöhung der Emissionssteuer vom Anfangswert $t_a=0$ ausgehend wie folgt auf die Marktstruktur aus (Beweis bei Markusen, Morey und Olewiler 1993): Vor Erhebung der Steuer (bei $t_a=0$) unterhalten beide Unternehmen Produktionsstätten in beiden

[60] Diese Überlegungen basieren auf dem Modell endogener Marktstruktur von Horstmann und Markusen (1992), die auch Ergebnisse für allgemeinere Fälle abgeleitet haben.

Regionen; die gleichgewichtige Marktstruktur ist (2,2). Bei hinreichend hohen firmenspezifischen Fixkosten reicht nun eine kleine Emissionssteuer der Höhe t $(t>0)$ aus, um den Gewinn beider (im regulierten Land 1 produzierenden) Unternehmen auf Null zu senken. Falls die produktionsstättenspezifischen Kosten gering und die Transportkosten hoch sind, könnte das ausländische Unternehmen Y auch durch Aufgabe seiner Produktionsstätte im regulierten Land 1 und Export seiner Produktion aus seinem Heimatland 2 auf den Markt des Landes 1 (also durch Einsparung der Emissionssteuer und der standortspezifischen Kosten für die zweite Produktionsstätte bei zusätzlichen Transportkosten; Marktstruktur (2,1)) keinen positiven Gewinn erzielen. Aus Symmetriegründen ergibt sich für Unternehmen X, daß die Produktion ausschließlich in Land 1 (Marktstruktur (1,2)) es erst recht nicht besserstellen kann, denn zusätzlich zu den symmetrischen Transportkosten hätte es dabei noch für seine gesamte Produktionsmenge die Emissionssteuer des Landes 1 zu tragen. Die Marktstruktur (2,2) ist für kleine Werte von t also stabil.

Wird die Emissionssteuer nun weiter bis auf t_b angehoben, so werden für die Marktstruktur (2,2) die Gewinne beider Unternehmen negativ. Eines der beiden Unternehmen wird dann seine Produktion vollständig einstellen, da wie oben gezeigt beide Unternehmen wegen der hohen Transportkosten ihren Gewinn nicht dadurch erhöhen können, daß sie ihre Produktion auf eine einzige Produktionsstätte konzentrieren. Die beiden Nash-gleichgewichtigen Marktstrukturen für t_b wären also (2,0) oder (0,2). Im folgenden sei angenommen, daß das Gleichgewicht (2,0) realisiert wird, beispielsweise weil die inländische Regierung dafür sorgt, daß „ihr" Unternehmen nicht aus dem Markt ausscheidet. Wird t nun noch weiter erhöht, dann wird das inländische Unternehmen X seine Produktion in Land 1 senken und hat natürlich kein Interesse, sein Werk in Land 2 zu schließen. Der Rückgang der in Land 1 produzierten Menge an Gut X führt zu einer höheren Nachfrage nach dem Substitutionsgut Y. Ab einem kritischen Wert t_c für den Emissionssteuersatz wird es sich für Unternehmen Y letztlich lohnen, die Produktion in Land 2 wieder aufzunehmen und damit beide Märkte zu bedienen. Da der Gewinn für Unternehmen X positiv bleibt und es weiterhin in beiden Regionen produzieren wird, stellt sich die gleichgewichtige Marktstruktur (2,1) ein. Steigt der Emissionssteuersatz weiter an,

sinkt der Gewinn für Unternehmen X weiter, während der des im nichtregulierten Land 2 produzierenden Unternehmens Y steigt. Beim einem Steuersatz von t_d wird schließlich der Gewinn für Unternehmen X Null, und da es wie oben gezeigt durch Aufgabe einer Produktionsstätte seinen Gewinn nicht weiter erhöhen kann, wird es den Markt verlassen, denn es kann annahmegemäß nicht ausschließlich im Ausland produzieren[61]. Es stellt sich die gleichgewichtige Marktstruktur (0,1) ein, die für alle Emissionssteuersätze $t>t_d$ erhalten bleibt. Die Abhängigkeit der Standortwahl vom Emissionssteuersatz ist in Abbildung 7 nochmals zusammengefaßt.

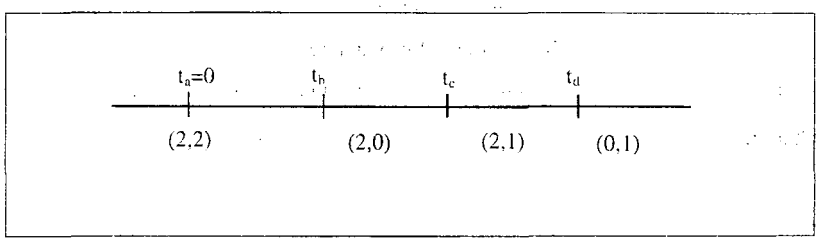


Abbildung 7: Marktstruktur in Abhängigkeit vom Emissionssteuersatz im Fall zweier multinationaler Konzerne (nach Markusen, Morey und Olewiler 1993)

Im zweiten Fall des exportierenden Dyopols, der mit einer Technologie mit hohen standortspezifischen Kosten, niedrigen Transportkosten und niedrigen firmenspezifischen Kosten verbunden ist, führt die kontinuierliche Erhöhung der Emissionssteuer zu einer anderen Sequenz von Marktstrukturen. Im Ausgangszustand (t_a=0) produzieren beide Unternehmen ausschließlich in ihrer Heimatregion (Marktstruktur (1,1)). Wird der Emissionssteuersatz in Land 1 nun von t=0 aus angehoben, so wird Unternehmen X zunächst keine zweite Produktionsstätte in Land 2 errichten wollen, solange es in Land 1 noch einen positiven Gewinn erwirtschaften kann. Mit weiter ansteigender Emissionssteuer sinkt jedoch sein Gewinn im Fall (1,1) schneller als im

[61] Diese Annahme, die Markusen, Morey und Olewiler (1993) zugunsten der Darstellbarkeit des Modells treffen, ist der betrachteten Situation mit nur einem Monopolisten pro Land angemessen. Gleichzeitig verdeutlicht sie aber, daß das Modell internationale Oligopolmärkte sehr stark vereinfacht abbildet. Eine wirtschaftspolitische Interpretation der Ergebnisse kann deshalb allenfalls mit großer Vorsicht erfolgen.

Fall (2,1), da im ersteren Fall die gesamte Produktion besteuert wird. Beim Wert t_b ist die Emissionssteuer schließlich hinreichend hoch, daß sich die zusätzlichen Kosten der Errichtung einer Produktionsstätte in Land 2 lohnen, um die Steuerlast in Land 1 und die Transportkosten für den Export zu umgehen. Als neue gleichgewichtige Marktstruktur ergibt sich (2,1), denn es ist plausibel anzunehmen, daß in diesem Fall auch der Gewinn des Unternehmens Y positiv sein wird. Die weitere Erhöhung von t über t_b hinaus führt nun zu einem Gewinnrückgang für Unternehmen X und höheren Gewinnen für Unternehmen Y. Beim kritischen Wert t_c wird das Unternehmen X aus dem Markt aussteigen, da es annahmegemäß nicht ausschließlich im Ausland produzieren kann. Da Unternehmen Y wegen der hohen Emissionssteuer in Land 1 weiterhin ausschließlich in Land 2 produzieren wird, ergibt sich für alle $t>t_c$ die Marktstruktur (0,1). Abbildung 8 faßt die gleichgewichtigen Marktstrukturen in Abhängigkeit vom Emissionssteuersatz im Überblick zusammen.

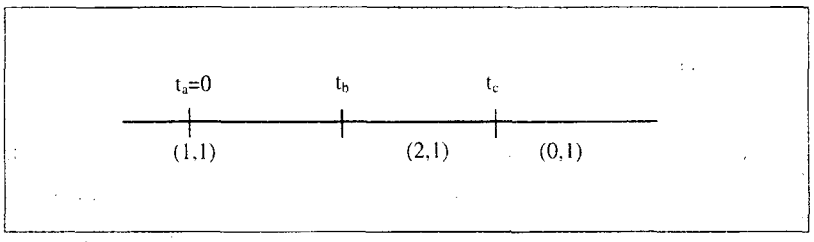


Abbildung 8: Marktstruktur in Abhängigkeit vom Emissionssteuersatz im Fall des exportierenden Dyopols (nach Markusen, Morey und Olewiler 1993)

Das Modell von Markusen, Morey und Olewiler (1993) kommt zu dem grundlegenden Ergebnis, daß bei endogener Marktstruktur auch nur marginale Änderungen des Emissionssteuersatzes bei Überschreitung bestimmter Schwellenwerte diskontinuierliche Veränderungen in der Marktstruktur auslösen können. Dabei ist eine Abwanderung von Unternehmen als Reaktion auf die Erhöhung einer Emissionssteuer um so wahrscheinlicher, je niedriger die standortspezifischen Fixkosten und die Transportkosten sind.

6.3 Modellerweiterungen und Bewertung

Markusen, Morey und Olewiler (1993) gehen von sehr mobilen Unternehmen aus, die zu Anfang des Spiels noch in keinem Land etabliert sind. Umweltregulierung kann deshalb im Modell sehr starken Einfluß auf die Standortwahl von Unternehmen haben; schon relativ kleine Unterschiede in der Regulierungspolitik können ein Unternehmen davon abhalten, im Inland eine Produktionsstätte zu errichten. Im Gegensatz dazu betonen Motta und Thisse (1994), daß Unternehmen in der Regel aus historischen, kulturellen oder wirtschaftlichen Gründen an ihr Land gebunden und deshalb nur eingeschränkt mobil sind. Sie modifizieren das Modell von Markusen, Morey und Olewiler um die Annahme, daß die Unternehmen zu Beginn des Spiels in ihren Heimatländern schon etabliert sind[62]. Das Errichten einer Produktionsstätte im Ausland erfordert dann Investitionen, die als „sunk costs" in die Produktion eingehen und für die heimische Produktionsstätte bereits erbracht wurden. Unter diesen Annahmen ist eine Standortverlagerung aufgrund in einem Land gestiegener Umweltstandards weniger wahrscheinlich.

Ulph (1993) erweitert das Modell von Markusen, Morey und Olewiler (1993) um einen zusätzlichen Schritt, in dem die Regierungen darüber entscheiden, ob sie die Einnahmen aus einer Emissionssteuer an die Industrie zurückerstatten, um diese von einer möglichen Abwanderung abzuhalten. Er kalibriert dieses Modell mit Daten der Welt-Düngerindustrie, führt Politiksimulationen durch und kommt zu dem Ergebnis, daß - im Vergleich zur Situation unter der Annahme vollständiger Konkurrenz - eine unilaterale Veränderung im Regulierungsniveau tatsächlich drastische Effekte auf die Standortentscheidungen von Unternehmen wie auch auf die soziale Wohlfahrt haben kann.

Während Markusen, Morey und Olewiler (1993) sowie Motta und Thisse (1994) die Umweltpolitik des Auslandes als gegeben annehmen, kann es für die Realität plausibler sein anzunehmen, daß die ausländische Regierung auf die inländische Regulierungspolitik reagiert und diese bei ihrer eigenen Politikformulierung berück-

---

[62] Zudem nehmen Motta und Thisse (1994) an, daß der Produktionsstandort des ausländischen Unternehmens fix ist.

sichtigt. Markusen, Morey und Olewiler (1995), Rauscher (1997) und Hoel (1994) erweitern das Modell, indem sie einen ersten Schritt mit einer solchen strategischen Interaktion der Regierungen zulassen[63]. Dieser Fall läßt sich als Wettbewerb der Länder in ihren Umweltpolitiken um die Ansiedlung mobilen Kapitals interpretieren (Markusen, Morey und Olewiler 1995; Rauscher 1997). Falls die Regierungen nicht kooperieren, kann dies zur Situation eines „race to the bottom" in den Regulierungsniveaus führen. Falls die Wohlfahrtsverluste durch steigende Umweltverschmutzung, die mit einer Lockerung der Regulierungspolitik verbunden ist, sehr hoch sind, ist dagegen eine „not in my backyard"-Politik wahrscheinlich, bei der die Regierungen versuchen, ein stark verschmutzendes Unternehmen durch hohe Regulierungsniveaus von einer Ansiedlung abzuhalten (Rauscher 1997).

Die Modellierung der Wirkung von Umweltpolitik auf Märkten mit unvollständiger Konkurrenz bei endogener Marktstruktur hat gezeigt, daß eine Veränderung in der Umweltregulierungspolitik deutlich drastischere Effekte auf die Standortentscheidung von Unternehmen haben kann, als dies in Modellen unter der Annahme vollständiger Konkurrenz der Fall ist[64]. Dabei sind im Fall hoher „sunk costs" Standortverlagerungen als Reaktion auf eine verschärfte Umweltregulierung unwahrscheinlicher als im Fall international sehr mobiler Unternehmen. Trotz ihrer analytischen Komplexität erlauben es die Modelle aufgrund der restriktiven Modellspezifikationen nicht, realitätsnahe Aussagen über den Einfluß einer unilateralen Regulierungspolitik auf Standortentscheidungen abzuleiten. Insbesondere die Annahme, daß allein ein einzelner Monopolist auf dem inländischen Markt anbietet

---

[63] Werden die Transaktionskosten (Transportkosten) nicht vernachlässigt, so wird dieses Modell sehr kompliziert und ist nur anhand numerischer Simulationen lösbar (vgl. Markusen, Morey und Olewiler 1995). Rauscher (1997) und Hoel (1994) vernachlässigen die Transaktionskosten, so daß das Modell diagrammatisch lösbar wird, und berücksichtigen statt dessen grenzüberschreitende Umweltprobleme. Grundsätzlich erhöht die Berücksichtigung grenzüberschreitender Umweltverschmutzung die Opportunitätskosten, die einem Land dadurch entstehen, daß es - beispielsweise durch eine striktere Umweltpolitik - eine Produktionsstätte nicht in sein Land holen bzw. in seinem Land halten kann (vgl. Rauscher 1997).

[64] Auch bei Betrachtung der Wirkung einer Emissionssteuer auf Umweltqualität und Wohlfahrt, die hier nicht im Zentrum steht, ergeben sich in den Modellen mit endogener Marktstruktur größere Sprünge als in herkömmlicher Marginalanalyse (siehe z. B. die Wohlfahrtsbetrachtung bei Markusen, Morey und Olewiler (1993), (1995) oder bei Ulph 1993).

und sehr hohe unternehmensspezifische Fixkosten weiteren Markteintritt verhindern, schränkt die Aussagekraft des Modells stark ein. Die Berücksichtigung alternativer Formen des Wettbewerbs auf dem heimischen Markt macht auch andere Ergebnisse möglich, führt allerdings zu einer so hohen Komplexität, daß das Modell nicht mehr analytisch gelöst werden kann[65].

Zudem können Unternehmen in der Realität auch andere Gründe dafür haben, ihre Produktion trotz Kostenunterschiede nicht in weniger regulierte Länder zu verlagern. Dies gilt insbesondere für Entwicklungsländer mit oft niedrigen Umweltregulierungsniveaus, wenn dort beispielsweise mangelhafte Infrastrukturausstattung, politische Instabilität oder aber die Erwartung einer künftig - mit steigendem Einkommen der Länder - ebenfalls strikteren Umweltregulierungspolitik den Produktionsstandort unattraktiv machen (Jaffe et al. 1995). Zwischen Industrieländern dagegen, wo eher von einer hohen Mobilität von Produktionsfaktoren ausgegangen werden kann, sind die Unterschiede in den Umweltregulierungsniveaus oft gering, so daß es sehr unwahrscheinlich ist, daß eine mögliche Standortverlagerung gerade auf diesen Faktor zurückzuführen ist (Cropper und Oates 1992). Die Frage, ob eine strikte Umweltpolitik tatsächlich zu einer Abwanderung von Unternehmen führt, muß letztlich empirisch beantwortet werden.

---

[65] Zum Einfluß alternativer Modellannahmen auf die analytische Lösbarkeit des Modells siehe Rauscher (1995a).

7 Empirische Evidenz

Die empirische Untersuchung der Wirkung von Umweltregulierung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit (bzw. auf mögliche Indikatoren für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Sektoren oder einer Volkswirtschaft) hat sich als ein äußerst schwieriges Unterfangen erwiesen. Traditionelle empirische Studien untersuchen den Einfluß von Umweltpolitik auf Handelsströme und Standortverlagerung. Sie identifizieren meist nur einen relativ schwachen Einfluß, wobei die Ergebnisse verschiedener Studien in Signifikanz und Vorzeichen sehr stark voneinander abweichen[66]. Schon Tendenzaussagen über den Einfluß nationaler Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit sind also äußerst schwierig.

Aus diesem Grund werden zunächst methodische Überlegungen angestellt, bevor „klassische" empirische Studien zur Wirkung nationaler Umweltpolitik auf Handelsströme und Faktorwanderungen als mögliche Indikatoren für internationale Wettbewerbsfähigkeit referiert werden. Anschließend wird diskutiert, ob aus den hier vorgestellten jüngeren Theorieansätzen neue Ansatzpunkte und Indikatoren für die empirische Untersuchung abgeleitet werden können, und es werden einige stilisierte Fakten vorgestellt.

7.1 Methodische Überlegungen

Schon die Suche nach geeigneten Indikatoren für die empirische Untersuchung ist mit großen Problemen behaftet. Es ist anzunehmen, daß das Ausmaß, in dem eine durch Umweltregulierung bedingte Kostensteigerung Wettbewerbsfähigkeit und Handelsströme beeinflußt, von der Höhe dieser Kostensteigerung abhängt. Es muß also zunächst ein Maß für die Stringenz der Umweltregulierungsmaßnahmen gefunden werden. Im Fall einer Emissionssteuer kann theoretisch einfach die Höhe

---

[66] Siehe Dean (1992), Rauscher (1997) oder Jaffe et al. (1995) für einen Überblick über die empirische Literatur.

des Steuersatzes verglichen werden. Dieses Vorgehen ist jedoch nicht anwendbar, wenn die Stringenz von Umweltregulierungspolitiken verglichen werden soll, bei denen unterschiedliche umweltpolitische Instrumente eingesetzt werden. Vor allem für einen internationalen Vergleich kann die Stringenz von Umweltregulierung oft nur qualitativ gemessen werden. Die Betrachtung der in OECD-Ländern eingesetzten umweltpolitischen Instrumente zeigt, daß zwar Abgaben mit Abstand am häufigsten eingesetzt werden, während anderen Instrumenten fast keine Bedeutung zukommt (Michaelis 1995; Sachverständigenrat für Umweltfragen 1996). Wegen unterschiedlicher Bemessungsgrundlagen sind jedoch auch Abgabensätze nicht als Indikatoren für einen direkten Vergleich geeignet. Theoretisch zumindest wäre es denkbar, mit unterschiedlichen Instrumenten erreichte Regulierungsniveaus in einen einheitlichen Indikator umzurechnen. Beispielsweise könnte man einen „äquivalenten Emissionssteuersatz" konstruieren, wobei als Vergleichskriterium z. B. die prozentuale Schadstoffreduktion dient.

V. Beers und v.d. Bergh (1997) konstruieren für eine ökonometrische Länderquerschnittsstudie zum Einfluß von Umweltregulierung auf Handelsströme einen quantitativen Indikator für die Stringenz von Umweltpolitik. In diese Meßzahl, die für jedes Land berechnet wird, gehen sieben verschiedene Umweltindikatoren ein, wie beispielsweise der Marktanteil von bleifreiem Benzin, die Recyclingquoten für Papier und Glas oder die Energieeffizienz.

Der Anteil von Umweltschutzausgaben am Bruttosozialprodukt wird oft als Indikator für die Stringenz von Umweltpolitik verwendet. Tabelle 1 gibt die Umweltschutzausgaben als Anteil am BSP in 1980, 1986 und 1991 für ausgewählte Länder an. Für Deutschland ist der Anteil von 1980 bis 1991 von 1,5 vH auf 1,7 vH gestiegen, und es liegt damit nach Österreich weltweit an zweiter Stelle. Für die Mehrheit der Industrieländer war der Anteil der Umweltschutzausgaben am BSP seit 1980 rückläufig, nur für Deutschland, Österreich und die Niederlande ist er gestiegen[67].

[67] Bei den laufenden Gesamtausgaben für Umweltschutz fällt eine hohe Varianz zwischen einzelnen Industrien auf. Einen besonders hohen Anteil der Umweltschutzausgaben am Produktionswert hatten 1989 die Sektoren Energie und Bergbau mit 2,6 vH sowie die Chemische Industrie mit 1,9 vH (Blazejczak et al. 1993: 43).

Anteil der Umweltschutzausgaben am BSP in vH			
	1980	1986	1991
Großbritannien	1,5	1,2	0,9
Japan	1,8	1,3	1,0
Finnland	1,3	1,2	1,0
Kanada	2,0	1,6	1,3
USA	1,6	1,5	1,4
Niederlande	1,1	1,3	1,5
Deutschland	1,5	1,5	1,7
Österreich	1,2	1,5	1,9
Frankreich	0,9	0,9	0,9
Dänemark	1,0	0,9	0,8
Norwegen	1,3	0,8	0,6
Schweden	1,0	0,9	0,9

Tabelle 1: Anteil der Umweltschutzausgaben am Bruttosozialprodukt im internationalen Vergleich

Quelle: Blazejczak et al. 1993: 33.

In der empirischen Praxis haben sich die Schadstoffvermeidungskosten als Indikator für die Stringenz von Umweltpolitik durchgesetzt (z. B. Sorsa 1994).

Insgesamt ist die Messung des Einflusses von Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit dadurch erschwert, daß die Umweltregulierung in den meisten Ländern nicht strikt ist und noch weit von dem Niveau entfernt, das gemäß einer umweltökonomischen Nutzen-Kosten-Analyse optimal wäre. Man hat es in der Praxis mit ineffizienter Umweltpolitik zu tun, die zudem oft nur mangelhaft umgesetzt wird (Klepper 1992: 248). Wirklich strikte Umweltregulierung kommt in der

Realität selten vor, und eine empirische Untersuchung der Wirkung einer die vermuteten externen Kosten der Umweltnutzung auch nur annähernd internalisierenden Umweltpolitik ist somit praktisch unmöglich.

Für die Wirkung einer Regulierungsmaßnahme auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit sind nicht absolute Kosten, sondern internationale Unterschiede in den Regulierungsniveaus relevant. Fast alle Industrieländer haben aber ungefähr zeitgleich ähnliche Umweltregulierungsmaßnahmen ergriffen, so daß die internationalen Kostenunterschiede nicht wesentlich verändert wurden (vgl. Cropper und Oates 1992: 698). Diese parallele Entwicklung der Regulierungsniveaus kann zu einer Erklärung dafür beitragen, warum die Wirkung von Umweltregulierung auf Handelsströme und Wettbewerbsfähigkeit in zahlreichen Studien als relativ unbedeutend identifiziert wird.

Als Indikatoren für die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Sektoren verwendet die Mehrzahl der vorliegenden, in der Regel ökonometrischen Studien sektorale Handelsströme oder Weltmarktanteile. Beispielsweise wird die Veränderung der Nettoexporte umweltrelevanter Sektoren untersucht[68] (z. B. Tobey 1993). Eine Analyse, die den Einfluß einer Regulierungspolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit identifizieren will, müßte theoretisch den Einfluß der Regulierungspolitik auf die Nettoexporte isolieren von den Exportveränderungen, die durch andere, quantitativ stärker ins Gewicht fallende Einflußfaktoren bedingt sind, beispielsweise die Entwicklung der Reallohndifferenzen oder der Wechselkurse. Selbst bei Einschränkung der Betrachtung auf Sektoren umweltintensiver Güter können diese anderen Faktoren über den Einfluß von Regulierungspolitik dominieren.

---

[68] In diesem Zusammenhang stellt sich das Problem, nach welchen Kriterien umweltrelevante Sektoren identifiziert werden können (vgl. Tobey 1992; Blazejczak et al. 1993). Allgemein werden umweltintensive Güter meist definiert als Güter, mit deren Produktion hohe Umweltschutzausgaben verbunden sind (Sorsa 1994). Sektoren, die unabhängig von der genauen Abgrenzung in fast allen Studien als umweltintensiv gelten, sind Chemie, Bergbau, Mineralölindustrie und Papier- und Zellstoffindustrie (vgl. z. B. Blazejczak et al. 1993; Jaffe et al. 1995).

Im Idealfall müßte eine ökonometrische Studie durchgeführt werden, die zudem Kausalitätsbeziehungen berücksichtigen kann[69]. Theoretisch kann ein ökonometrisches Modell in struktureller Form formuliert werden, das die Nettoexporte einzelner Sektoren, Lohnniveaus und Wechselkurse simultan als Funktion der durch die Umweltregulierung hervorgerufenen Kosten und der Ressourcenausstattung bestimmt (Jaffe et al. 1995). Da jedoch der Anteil der Umweltkosten an den Gesamtkosten selbst für regulierte Sektoren nur klein ist (Sorsa 1994; DIW 1993), ist nicht zu erwarten, daß eine solche ökonometrische Studie signifikante Ergebnisse zur Wirkung von Umweltregulierung liefert.

7.2 Umweltpolitik, Handel und Wettbewerbsfähigkeit

Traditionelle Studien, die den Einfluß von Umweltpolitik auf Handelsströme untersuchen, verwenden im wesentlichen die folgenden drei Kategorien von Indikatoren (vgl. Jaffe et al. 1995):

1. *Veränderung der Nettoexporte stark regulierter Sektoren im Vergleich zu den Exporten weniger stark regulierter Sektoren.* Bei diesem Vorgehen wird die Veränderung der Nettoexporte verschiedener Sektoren auf ein Maß der Stringenz einer Regulierungsmaßnahme regressiert. Größe und Signifikanz des so geschätzten Parameters können dann als Indikator für die Wirkung der Regulierungspolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit betrachtet werden.

2. *Verlagerung der Produktionsstandorte für umweltintensive Güter aus Ländern mit strikter Regulierungspolitik in Regionen mit weniger strikter Regulierung.* Hierbei wird die zeitliche Verschiebung der Handelsmuster in umweltintensiven Gütern betrachtet. Dies kann gemessen werden als der Weltmarktanteil, den regulierte Sektoren an weniger regulierte Länder verlieren. Die Verwendung dieses Indikators basiert auf der Theorie der Abwanderung umweltintensiver Produktion in „pollution havens" (Low und Yeats 1992). Gründe für die Standortverlagerung liegen zum einen darin, daß der alte Standort wegen produktions-

[69] Strenggenommen können ökonomische Kausalitätsbeziehungen auch in ökonometrischen Modellen nicht identifiziert werden. Zum Problem der Kausalität in der Ökonometrie siehe Hansen (1992).

kostensteigernder Umweltregulierung an Kostenvorteil verliert (Push-Faktoren), zum anderen in der Attraktivität der laxeren Regulierungspolitik im Zielland (Pull-Faktoren; OECD 1993).

3. *Direktinvestitionen, die stark regulierte Industrien in Ländern mit einer weniger strikten Umweltpolitik tätigen*[70]. Bei diesem Vorgehen wird untersucht, ob sich neue Produktionsstätten der regulierten Sektoren zunehmend in Ländern mit einer laxeren Regulierungspolitik finden. Ein Problem ist auch bei diesem Ansatz die Tatsache, daß zwischen Industrieländern die Unterschiede in den Regulierungsniveaus nicht groß sind (Cropper und Oates 1992). Was die mögliche Abwanderung stark regulierter Industrien in Entwicklungsländer angeht, so sind häufig andere negative Standorteigenschaften der Entwicklungsländer dominanter als der Anreiz durch niedrige Regulierungsniveaus (Jaffe et al. 1995).

Der Großteil der empirischen Literatur widmet sich der Wirkung von Umweltregulierung auf Handelsströme. Tobey (1990; 1993) untersucht beispielsweise in einem Heckscher-Ohlin-Vanek-Rahmen, ob sich Umweltregulierung einzelner Länder auf die Nettoexporte ausgewirkt hat[71]. Dabei analysiert er für umweltintensive Sektoren, wie Faktorausstattung und Umweltpolitik, gemessen an den Vermeidungskosten, relative Preisvorteile beeinflussen. Insgesamt findet er keine Wirkung unterschiedlicher Maße für die Stringenz nationaler Umweltpolitik auf die Handelsströme für den Zeitraum von 1970 bis 1984.

In einer ähnlichen Studie bestätigen v. Beers und v.d. Bergh (1997) Tobeys Ergebnis mit OECD-Querschnittsdaten für 1992. Mit alternativen quantitativen Indikatoren für die Stringenz von Umweltregulierung kommen sie jedoch zu einem abweichenden Ergebnis. Sie verwenden einen aus mehreren Umweltindikatoren zusammengesetzten Indikator als Proxy, der sich eng an den privaten Kosten der Regulierung orientiert, und finden mit steigendem Regulierungsniveau einen signifi-

---

[70] Ausländische Direktinvestitionen als Indikator für die Standortqualität werden in jüngster Zeit auch kritisch bewertet (Klodt und Maurer 1996).

[71] Er verwendet eine Erweiterung des Heckscher-Ohlin-Modellrahmens für n Güter und n Faktoren.

kanten Rückgang der Exporte. Auch Importe gehen mit einem höheren Regulierungsniveau zurück, was die Autoren als ein Zeichen für durch stringente Umweltpolitik geschaffene Importbarrieren interpretieren.

Sorsa (1994) untersucht für sieben Industrieländer den Einfluß von Umweltregulierung auf die Handelsmuster für umweltintensive Güter. Für den Zeitraum von 1970 bis 1990 findet er dabei keine Korrelation zwischen Veränderungen in Umweltschutzausgaben und in Exporten umweltintensiver Güter (außer für Österreich). Auch Deutschland hat demnach nicht an Wettbewerbsfähigkeit für umweltintensive Güter verloren, obwohl die Umweltschutzausgaben in den 80er-Jahren stark gestiegen sind (Sorsa 1994).

Dienen Handelsmuster als Maß für die internationale Wettbewerbsfähigkeit, so lassen sich in der empirischen Praxis spezielle Indikatoren konstruieren: Der relative Weltmarktanteil (RWA) und der offenbarte komparative Vorteil (RCA).

Der *relative Weltmarktanteil (RWA-Wert)* dient dem Vergleich der Produktspezialisierung verschiedener Produktionsstandorte: Er gibt an, welchen Anteil eine Warengruppe an den Gesamtexporten eines Landes hat in Bezug zum Anteil, den diese Warengruppe an den Weltexporten hat (vgl. Maurer 1995). Ein RWA-Wert größer als 1 deutet also darauf hin, daß das Land stärker auf die betreffende Gütergruppe spezialisiert ist als der Durchschnitt aller Länder. RWA-Werte und Welthandelsanteile für umweltintensive Güter sind für einige ausgewählte Länder in Tabelle 2 zusammengestellt.

	RWA-Wert in umweltintensiven Gütern 1988	Welthandelsanteil in umweltintensiven Gütern 1988 in vH
Deutschland	1,00	11,9
USA	0,67	7,4
Kanada	1,52	6,6
Frankreich	0,93	5,7
Belgien/Luxemburg	1,50	5,4
Niederlande	1,29	5,3
Japan	0,52	4,9
Großbritannien	0,90	4,5
Italien	0,88	4,2
Schweden	2,10	4,0

Tabelle 2: Relative Weltmarktanteile (RWA) in umweltintensiven Gütern für ausgewählte Länder
Quelle: DIW (1993) nach Low (1992).

Für Deutschland ergibt sich das folgende Bild: Mit einem RWA-Wert von 1 ist es mit unweltintensiven Gütern in gleichem Maße am Welthandel beteiligt, wie es dem Anteil dieser Gütergruppe am Welthandel insgesamt entspricht. Der RWA-Wert unterstützt also nicht die Hypothese, daß deutsche Unternehmen einen regulierungsbedingten Kostennachteil haben. Die USA oder Japan haben mit RWA-Werten von 0,67 bzw. 0,52 einen deutlich kleineren Marktanteil in umweltintensiven Gütern. Auffällig ist auch Deutschlands mit 11,9 vH hoher absoluter Anteil am Welthandel in umweltintensiven Gütern.

Der *RCA-Wert („revealed comparative advantage")* zielt auf den Vergleich der komparativen Vorteile verschiedener Sektoren. Er setzt die Export- und Importmengen-Relation eines Sektors ins Verhältnis zur Export-Import-Relation des

Landes über alle Warengruppen[72]. Der so berechnete Quotient kann interpretiert werden als ein Maß für die Wettbewerbsfähigkeit des betrachteten Sektors im Vergleich zu den anderen Sektoren des Landes. Güter mit relativ hohem Ausfuhranteil haben einen RCA-Wert größer als 1, der auf relative Kostenvorteile hinweist (Sachverständigenrat 1993, Ziff. 196ff). Tabelle 3 faßt RCA-Werte für umweltintensive Güter für ausgewählte Industrieländer sowie Durchschnittswerte für Industrie- und Entwicklungsländer für 1970 und 1990 zusammen.

Der RCA-Wert für Deutschland von 1,0 für umweltintensive Güter deutet darauf hin, daß deutsche Unternehmen bei der Produktion dieser Gütern keinen signifikanten Kostennachteil gegenüber anderen Gütern haben. Deutschland, das mit diesem RCA-Wert etwa im Durchschnitt aller Industrieländer liegt, hat von 1970 bis 1990 auch nicht an komparativem Vorteil in umweltintensiven Gütern eingebüßt. Als Indikator für die Wirkung von Umweltregulierung auf die Wettbewerbsfähigkeit sind jedoch RCA-Werte mit Vorsicht zu interpretieren, da hier selbst bei Betrachtung ausschließlich umweltintensiver Güter andere Einflußfaktoren dominieren können. Läge ein deutlicher Wirkungszusammenhang zwischen Umweltpolitik und Wettbewerbsfähigkeit vor, so wäre vielmehr ein einheitlicheres Bild der internationalen Entwicklung der RCA-Werte in Tabelle 3 zu erwarten, da für alle Länder ausschließlich stark regulierte Warengruppen betrachtet wurden (Sorsa 1994: 9).

[72] Zum Konzept der RCA-Analyse siehe Sachverständigenrat (1993: Ziff. 196ff).

	RCA (1970)	RCA (1990)
Deutschland	1,0	1,0
Österreich	1,3	1,4
Norwegen	2,3	1,5
Schweden	1,7	1,7
Finnland	2,7	2,9
Japan	1,2	0,6
USA	0,8	0,8
Industrieländer	1,1	1,0
Entwicklungsländer	0,8	0,9

Tabelle 3: RCA-Werte in umweltintensiven Gütern (ausgewählte Länder und Ländergruppen)
Quelle: Sorsa (1994: 9).

Außer auf Handelsströme wirkt Umweltpolitik auch auf die internationale Allokation von Produktionsfaktoren: Entscheidungen der Unternehmen über den Produktionsstandort bzw. über Direktinvestitionen im Ausland können von internationalen Unterschieden in den Regulierungsniveaus beeinflußt werden. Als Indikator für die Faktorbewegungen wird in empirischen Studien meist die zeitliche Verschiebung komparativer Kostenvorteile und der Handelsströme verwendet.

Low and Yeats (1992) untersuchen RCA-Werte für umweltintensive Industrien im Länderquerschnitt. Sie stellen fest, daß der Anteil der umweltintensiven Produkte am gesamten Welthandel von 1965 bis 1988 von 19 vH auf 16 vH gefallen ist. Für Entwicklungsländer dagegen ist der Anteil umweltintensiver Exporte in diesem Zeitraum angestiegen. Diese Länder haben also an komparativem Vorteil in umweltintensiven Gütern dazugewonnen, während Industrieländer verloren haben, was als Unterstützung für die Hypothese der Abwanderung umweltintensiver Industrien in Entwicklungsländer interpretiert wird (Low und Yeats 1992).

Ähnliche Ergebnisse erhalten Lucas, Wheeler und Hettige (1992). Sie zeigen, daß die Produktion umweltintensiver Güter sich tendenziell von OECD-Ländern in Entwicklungsländer verlagert hat. Die Autoren betonen, daß sich Umweltregulierung als mögliche Ursache dafür nicht ausschließen läßt, eine klare Kausalbeziehung jedoch nicht identifiziert werden kann.

Auch Rowland und Feiock (1991) kommen zu dem Ergebnis, daß Umweltregulierung tatsächlich die Standortwahl von Unternehmen beeinflußt hat. Sie untersuchen den Einfluß von Unterschieden in den Umweltregulierungsniveaus zwischen US-Staaten auf die Standortentscheidung US-amerikanischer Chemieunternehmen und stellen fest, daß ab einem bestimmten Schwellenwert der Einfluß von Veränderungen der Regulierungsniveaus auf die Entscheidung zur Abwanderung signifikant ist. Die Bedeutung von Schwellenwerten könnte als Evidenz für die in Abschnitt 6 vorgestellte Theorie der Wirkung von Umweltpolitik bei unvollständiger Konkurrenz und endogener Marktstruktur interpretiert werden.

Bei der empirischen Untersuchung der Wirkung von Umweltpolitik auf Handelsströme sind die Ergebnisse bezüglich der Vorzeichen des Einflusses nicht eindeutig. Das Problem, die Wirkung von Umweltschutzkosten auf Handel vom Einfluß von Veränderungen in Ausstattungsvorteilen oder von sonstigen Faktoren, wie z. B. Lohnkosten, abzugrenzen, ist in der empirischen Forschung bisher nicht gelöst worden. Außerdem sind Umweltschutzkosten nur ein sehr kleiner Faktor im Vergleich zu anderen Kosten, die bei den Unternehmen anfallen (OECD 1996).

Wie der Überblick über die theoretische Literatur gezeigt hat, können mögliche positive makroökonomische Wirkungen von Umweltinvestitionen die negative Wirkung einer nationalen Umweltpolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit für einzelne Sektoren auch ausgleichen. Dabei können auch neue Produktionsverfahren und Umweltinnovationen erheblich dazu beigetragen haben, die Anpassungskosten der Unternehmen an die Regulierung zu senken (Tobey 1993: 51; Jaffe et al. 1995). Im nächsten Abschnitt wird deshalb diskutiert, wie empirische Untersuchungen auch

indirekte Wirkungen von Umweltpolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigen können.

7.3 Umweltpolitik und Innovation als Determinanten von Wettbewerbsfähigkeit

Alternativ zu Handelsströmen als Indikatoren für die internationale Wettbewerbsfähigkeit können auch Determinanten untersucht werden, die sich aus der Theorie oder aus Plausibilitätsüberlegungen ergeben. Neben den laufenden Ausgaben für Schadstoffvermeidung und Umweltinvestitionen, die auch in den traditionellen Studien zu Umweltpolitik und Handel als Indikatoren für die Stringenz der Regulierungsmaßnahme verwendet werden, berücksichtigt eine dynamische Betrachtung auch Innovationen im Umweltbereich.

Auch hier stellt sich wieder ein erhebliches Meßproblem bei der Suche nach Indikatoren für Umweltinnovationen. Als Hilfsindikatoren (Proxies) können beispielsweise Ausgaben in FuE, der Anteil neuer Produkte an der Gesamtproduktion in umweltrelevanten Sektoren oder die Patentaktivität verwendet werden (RWI 1994). Bei der Verwendung von *Umweltinvestitionen* als Hilfsindikatoren für Innovation kann nicht ermittelt werden, welcher Anteil an Investitionen tatsächlich auf eine Regulierungspolitik zurückzuführen ist. Insbesondere bei integrierten Techniken, die nicht nur die Emissionen senken, sondern auch die Produktivität erhöhen, kann der Einfluß der Umweltpolitik auf die Investitionen praktisch nicht isoliert werden. Außerdem ist anzunehmen, daß Unternehmen auch ohne Umweltregulierung einen Anreiz haben, moderne Umwelttechnologien einzusetzen, beispielsweise zur Imagepflege oder um im Schadensfall Haftungsansprüche zu vermeiden (Jaffe et al. 1995). Umweltinvestitionen haben in Deutschland einen besonders hohen Anteil an den Gesamtinvestitionen in den Sektoren Bergbau mit 18,5 vH, Chemische Industrie mit 14,4 vH, NE-Metallindustrie mit 13,4 vH, Mineralölverarbeitung mit 13,3 vH sowie Papier- und Zellstoffindustrie mit 11,1 vH[73]. Wegen der Schwierigkeit, Umweltinvestitionen von anderen Investitionen abzugrenzen, sind diese Zahlen nur bedingt

[73] Jahresdurchschnittswerte für Westdeutschland 1989 bis 1991 (Quelle: RWI 1994).

aussagekräftig für die Bedeutung von Umweltregulierung für das Investitionsverhalten.

Gray und Shadbegian (1995) haben für die USA für drei umweltintensive Sektoren (Papier, Mineralöl und Stahl) den Zusammenhang zwischen Umweltschutzkosten und *Faktorproduktivität* auf Unternehmensebene für den Zeitraum von 1979 bis 1990 ökonometrisch geschätzt. Dabei finden sie einen signifikanten negativen Zusammenhang zwischen Umweltschutzkosten und Produktivität einzelner Unternehmen. Insgesamt wirken sich gestiegene Umweltkosten besonders negativ auf die Produktivität derjenigen Unternehmen aus, die ohnehin relativ unproduktiv wirtschaften. Produktivitätsveränderungen einzelner Unternehmen über die Zeit dagegen zeigen einen geringeren und insignifikanten Zusammenhang mit Umweltschutzkosten. Gray und Shadbegian (1995: 20) schließen nicht aus, daß Umweltregulierung auch zu Produktivitätssteigerungen geführt hat, doch sind diese nicht hoch genug, um den durch Umweltpolitik verursachten Rückgang an Produktivität zu kompensieren.

Conrad und Wastl (1995) verwenden ebenfalls ein Maß der totalen Faktorproduktivität, wenn sie für Deutschland für zehn umweltintensive Sektoren untersuchen, wie sich die Faktorproduktivität mit zunehmender Umweltregulierung verändert hat. Dabei behandeln sie die Anpassungskosten der Industrie an eine Umweltregulierungspolitik als Faktorinput, der nicht zur Outputerhöhung beitragen kann, sondern die Kosten der Umweltnutzung als Produktionsfaktor deckt. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß die totale Faktorproduktivität durch Umweltschutzaufwendungen der Industrie von 1976 bis 1991 gefallen ist, wenn auch für einige Sektoren mit sehr geringen Raten[74]. Im Zeitraum von 1986 bis 1991 war der Rückgang deutlich stärker als zwischen 1976 und 1985.

Jaffe und Palmer (1996) haben versucht, die Porter-Hypothese direkt zu testen, indem sie *FuE-Ausgaben* sowie Daten zu *Patentanmeldungen* auf die Umweltschutzausgaben von Unternehmen regressiert haben. Mit Panel-Daten für das Produ-

---

[74] In der Zelluloseindustrie sank die Faktorproduktivität am stärksten (um 2,5 vH); in allen anderen Sektoren war der Rückgang deutlich geringer.

zierende Gewerbe in den USA fanden sie einen zwar geringen, aber doch signifikanten Einfluß der Umweltschutzkosten auf die FuE-Ausgaben von Unternehmen. Der Erfolg der Forschung, gemessen an der Patentaktivität, war dagegen nicht signifikant mit dem Umweltschutzkosten korreliert.

Ansätze zur Endogenisierung von Innovationen und technischem Fortschritt in ökonometrischen Modelle sind noch sehr jung (vgl. Carraro und Siniscalco 1994; Botteon, Carraro und Galeotti 1994 für einen Überblick). An den bis dahin verwendeten ökonometrischen Modellen wird kritisiert, daß sie technischen Fortschritt meist exogen und linear modellieren und so Determinanten und Wirkungen von Innovationen nicht berücksichtigen können. Dies führe dazu, daß in der Regel zu niedrige Substitutionselastizitäten angenommen werden und die Wirkung von Umweltregulierung falsch geschätzt wird (Carraro und Siniscalso 1994).

Carraro und Galeotti (1995) führen mit einem berechenbaren Allgemeinen-Gleichgewichts-Modell, das technischen Fortschritt endogenisiert, für die EU Simulationen durch. Bei einer - sehr optimistischen - Prognose der Wirkung umweltpolitischer Maßnahmen bis zum Jahr 2015 kommen sie zu dem Ergebnis, daß Innovation und Diffusion neuer Technologien es verhindern können, daß die Wettbewerbssituation von Unternehmen durch Umweltregulierung verschlechtert wird.

Um die dynamische Hypothese zu testen, daß Umweltregulierung zu einer technologischen Vorreiterposition in Umwelttechnologien führen kann, bietet sich eine Betrachtung der umwelttechnischen Industrie an. Hierzu hat das RWI eine umfangreiche Studie vorgelegt, die insgesamt die These bestätigt, daß Deutschland im Vergleich mit weniger regulierten Ländern einen Technologievorsprung errungen hat, der zu einem großen Teil auch in Exporterfolge umgesetzt werden konnte (RWI 1994). Was die Rolle der Umweltpolitik für die Entwicklung neuer Technologien angeht, so haben Unternehmensbefragungen ergeben, daß die Umweltgesetzgebung in der Tat als die wichtigste Nachfragedeterminante für umwelttechnische Güter angesehen wird (RWI 1994: 139). Die Position der deutschen umwelttechnischen

Industrie auf internationalen Märkten läßt sich auch ausdrücken in RCA-Werten, die Tabelle 4 für 1991 für ausgewählte Bereiche der umwelttechnischen Industrie zusammenstellt. Der durchschnittliche RCA-Wert von 1,5 deutet auf eine starke Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie in Umwelttechnik hin, wobei vor allem in der Abfalltechnik und in der Luftreinhaltung ein deutlicher komparativer Vorteil vorliegt.

RCA-Werte in Umweltschutzgütern für Deutschland 1991	
Abfalltechnik	1,9
Meß-, Steuer- u. Regeltechnik	1,5
Luftreinhaltung	1,8
Lärm	0,8
Abwasser	1,4
gewichteter RCA-Wert	1,5

Tabelle 4: RCA-Werte der umwelttechnischen Industrie in Deutschland in ausgewählten Bereichen.
Quelle: Blazejczak et al. (1993: 122).

Aus den vorgestellten industrieökonomischen Modellen konnten keine allgemeingültigen Aussagen über einen Einfluß von Umweltregulierung auf die Gewinnsituation der Unternehmen als Indikator für die sektorale internationale Wettbewerbsfähigkeit abgeleitet werden. Sowohl Robustheit wie auch Vorzeichen eines möglichen Einflusses waren sehr stark abhängig von auch nur kleinen Variationen in den Modellannahmen oder Parametern. Die jüngere theoretische Literatur scheint deshalb keine gute Basis für empirische Studien zur Wirkung von nationaler Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu liefern. Neben der sicheren Erkenntnis über eine direkte Kostensteigerung konnten allenfalls mögliche Determinanten identifiziert werden, über die Umweltregulierung sich indirekt auch positiv auf die internationale Wettbewerbsposition auswirken könnte.

Wegen der mangelhaften Robustheit der theoretischen Ergebnisse können für die empirische Untersuchung auch Fallstudien angemessen sein. Diese in der Industrieökonomik häufig praktizierte Methode hat den Vorteil, daß besonders betroffene Sektoren oder Unternehmen betrachtet werden können, wobei der Schwerpunkt auf der Untersuchung bestimmter, aus der Theorie abgeleiteter vermuteter Wirkungsketten liegen kann. Es besteht freilich auch die Gefahr, daß die Auswahl der betrachteten Fälle schon stark von dem Ziel geprägt ist, ein bestimmtes Ergebnis zu bestätigen[75]. Solange davon Abstand genommen wird, empirische Ergebnisse für einzelne Unternehmen oder Sektoren aus Fallstudien zu verallgemeinern, können diese durchaus aufschlußreiche Erkenntnisse über mögliche Wirkungsketten von Umweltregulierungsmaßnahmen liefern. Insbesondere für die - eher qualitative - Untersuchung, ob Umweltinnovationen zu einer technologischen Vorreiterposition führen können, kann die Betrachtung Industrien oder Unternehmen angemessen sein.

7.4 Fazit: Unsichere empirische Evidenz

Insgesamt scheint die vorliegende empirische Evidenz zur Wirkung von Umweltpolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit für einen geringeren negativen Einfluß zu sprechen, als in der politischen Diskussion angenommen wird. Dies führt mitunter zu einer ebenso ernüchternden wie beruhigenden Gesamtbewertung der Wirkung von Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit:

> In short, domestic environmental policies, at least to this point of time, do not appear to have had significant effects on patterns of international trade. From an environmental perspective, this is a comforting finding, for it means that there is little force to the argument that we need to relax environmental policies to preserve international competitiveness. (Cropper und Oates 1992: 699).

---

[75] So referieren beispielsweise Porter und v.d. Linde (1995) zahlreiche Erfolgsfälle, in denen strikt regulierte Unternehmen eine Steigerung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit erfahren. Für eine umfassende Sammlung von Studien erfolgreicher Fälle zur Wirkung von Umweltregulierungspolitik siehe Jänicke und Weidner (Hrsg.) (1995). Mit dem Ergebnis, daß sich Umweltschutzanforderungen negativ auf die Wettbewerbssituation von Branchen auswirken können, legt beispielsweise das BMWi (1995) eine Studie zur Wettbewerbssituation der deutschen Mineralölwirtschaft vor.

Es wurde gezeigt, daß die empirischen Ergebnisse in Einzelfällen sehr unterschiedlich sein können und stark vom Modellansatz, insbesondere auch von den verwendeten Indikatoren für Stringenz der Umweltpolitik und internationale Wettbewerbsfähigkeit, abhängen. Pauschale Aussagen über eine positive oder negative Wirkung von Umweltregulierung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit sind deshalb mit größter Vorsicht zu interpretieren. Für einzelne Sektoren können die Umweltschutzausgaben durchaus ins Gewicht fallen. In jedem Fall scheinen internationale Unterschiede in den Regulierungsniveaus keine zentrale Ursache für Wettbewerbsvorteile oder -nachteile zu sein angesichts quantitativ einflußreicherer Faktoren wie Unterschieden in den Lohnkosten oder Wechselkurse.

Der Großteil der bisherigen Studien berücksichtigt dabei Innovationseffekte als indirekte Wirkungen von Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit noch nicht; einige der wenigen Ausnahmen wurden kurz vorgestellt. Es besteht weiterer Bedarf für empirische Forschung, sinnvollerweise auf möglichst disaggregierter Ebene, die auch diese indirekten Wirkungen berücksichtigt. Dabei kann dann auch gefragt werden, ob die jüngeren, auf der Annahme unvollständiger Konkurrenz aufbauenden Theorieansätze als Basis für empirische Studien dienen können.

8 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Papier wurden drei Argumentationsmuster aufgegriffen, von denen die Literatur Unterstützung dafür vermutet, daß Umweltregulierungsmaßnahmen nicht nur direkt die Kosten der betroffenen Unternehmen erhöhen, sondern auch indirekt zu einer Verbesserung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit beitragen können.

- *Umweltpolitik stimuliert produktionskostensenkende Innovationen* (Abschnitt 3). Es wurde gezeigt, daß Umweltregulierung zwar unter bestimmten Voraussetzungen durchaus Anreiz für Umweltinnovationen schaffen kann. Trotz ihrer innovationsstimulierenden Wirkung wird sie jedoch in der Regel nicht dazu führen, daß die Gewinne und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen

höher sind als vor der Regulierungsmaßnahme. Wäre dies möglich, so würden unter der Annahme eines funktionierenden Wettbewerbsmechanismus Umweltinnovationen auch ohne Regulierungspolitik induziert.

- *Auf unvollkommenen internationalen Märkten kann strategische Umweltpolitik Renten ins Inland umlenken und so die Gewinne der inländischen Unternehmen erhöhen. Handeln zudem auch Produzenten strategisch, so kann Umweltpolitik strategische Prozeß- oder Produktinnovationen auslösen* (Abschnitt 4). Unter einigen, sehr speziellen Modellkonstellationen können derartige Ergebnisse hergeleitet werden, die jedoch keineswegs verallgemeinerbar sind. Zudem sprechen ordnungspolitische Argumente gegen einen strategischen Einsatz von Umweltpolitik.

- *Forschung und Entwicklung neuer, umweltfreundlicher Produkte und Produktionsverfahren können Unternehmen in eine technologische Vorreiterposition bringen, die vorübergehende Monopolgewinne erlaubt* (Abschnitt 5). Für eine solche Entwicklung in einzelnen Sektoren kann in einer dynamischen Betrachtung des Forschungs- und Innovationsprozesses Unterstützung gefunden werden. Die zugrundeliegenden Anreize für FuE und Innovation müssen jedoch nicht notwendigerweise von einer Regulierungspolitik ausgehen, sondern können vielmehr auch durch die erwarteten Monopolgewinne kreativer Innovatoren im Schumpeterschen Sinne bedingt sein.

Insgesamt hat weder die theoretische noch die empirische Betrachtung auf der Basis der jüngeren Literatur eine klare Richtung der Wirkung einer nationalen Umweltpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit identifizieren können. Es konnte weder eine signifikante Unterstützung der Hypothese der Umweltpolitik als „paid lunch" (Porter und v.d. Linde 1995) gefunden werden, noch hat sich gezeigt, daß Umweltregulierung für die Mehrzahl der regulierten Unternehmen ein bedeutender, ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit gefährdender Kostenfaktor wäre. Die empirische Evidenz spricht insgesamt eher dafür, daß Umweltpolitik quantitativ kein zentraler Faktor für eine Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit oder der

Abwanderung von Unternehmen ist, wobei jedoch für einzelne Sektoren abweichende Ergebnisse vorliegen können. Insgesamt besteht noch Bedarf an empirischer Forschung, um die Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit auf einem weniger aggregierten Niveau zu untersuchen, als bisherige Studien dies taten, und zudem die in neueren Theorieansätzen identifizierten Einflußfaktoren, insbesondere Innovationseffekte und (dynamischen) technologischen Vorsprung, auf die Wettbewerbsposition von Unternehmen in die Analyse mit einzubeziehen.

Theoretische und empirische Evidenz für den Einfluß von Umweltregulierung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit wird oft dazu mißbraucht, einzelne Regulierungsmaßnahmen oder die Umweltpolitik insgesamt entweder zu rechtfertigen oder zurückzudrängen. Durch solche Ziele motiviert scheint die Frage der Wirkung von Umweltregulierung auf die Wettbewerbsfähigkeit überhaupt erst in den Mittelpunkt der umweltpolitischen Diskussion getreten zu sein. Eine solche Sichtweise trifft jedoch nicht das zentrale Kriterium für die rationale Gestaltung einer Umweltpolitik, nämlich daß weiterhin allein nach gesamtgesellschaftlichen Kosten-Nutzen-Überlegungen entschieden wird. Dabei kann die Wirkung einer umweltpolitischen Maßnahme auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der regulierten Unternehmen als ein Faktor auf der Seite der privaten Kosten des Umweltschutzes eingehen. Dies trifft jedoch nur die eine Seite der ökonomischen Rechtfertigung einer Regulierungsmaßnahme. Theoretisches Leitbild für die Umweltpolitik sollte nach wie vor die - ökonomisch rationale - Internalisierung der externen Kosten der Umweltverschmutzung sein.

9 Literaturverzeichnis

BARRETT, S. (1993), Strategic Environmental Policy and International Competitiveness, in: OECD (Hrsg.), *Environmental Policy and Industrial Competitiveness*, OECD Documents, Paris.

BARRETT, S. (1994), Strategic Environmental Policy and International Trade, in: *Journal of Public Economics* 54, S. 325-338.

BAUMOL, W.J. UND W.E. OATES (1971), The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, in: *Swedish Journal of Economics* 73, S. 42-54.

BAUMOL, W.J. UND W.E. OATES (1988), *The Theory of Environmental Policy*, 2. Aufl., Cambridge.

BEERS, C. V. UND J. V. D. BERGH (1995), International Trade and the Environment: An Overview and Comparison of Methodological Approaches, Tinbergen Institute Discussion Paper TI 95-56, Amsterdam und Rotterdam.

BEERS, C. V. UND J. V. D. BERGH (1997), An Empirical Multi-Country Analysis of the Impact of Environmental Regulations on Foreign Trade Flows, in: *Kyklos 50*, S. 29-46.

BLAZEJCZAK, J. (1993), Environmental Policies and Foreign Investment: The Case of Germany, in: OECD (Hrsg.), *Environmental Policies and Industrial Competitiveness*, OECD Documents, Paris, S. 107-112.

BLAZEJCZAK, J. ET AL. (1993), *Umweltschutz und Industriestandort: Der Einfluß umweltbezogener Standortfaktoren auf Investitionsentscheidungen*, Forschungsbericht 10103162, Umweltbundesamt, Berlin.

BOTTEON, M., C. CARRARO UND M. GALEOTTI (1994), Endogenous Technical Change in Econometric Models of Environmental Policy: Issues and Proposed Strategies, Nota di Lavoro 79.94, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

BRANDER, J.A. UND B.J. SPENCER (1985), Export Subsidies and International Market Share Rivalry, in: *Journal of International Economics* 18, S. 83-100.

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft) (1995), Auswirkungen der in Deutschland und den Ländern der EU bestehenden Umweltschutzanforderungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Mineralölwirtschaft, Forschungsauftrag 389, Bonn.

CARBAUGH, R. UND D. WASSINK (1992), Environmental Standards and International Competitiveness, in: *World Competition* 16(1), S. 81-91.

CARRARO, C. (Hrsg.) (1994), *Trade, Innovation, Environment*, Dordrecht.

CARRARO, C. UND M. GALEOTTI (1995), Economic Growth, International Competitiveness and Environmental Protection: R&D and Innovation Strategies with the WARM Model, Nota di Lavoro 29.95, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

CARRARO, C. UND D. SINISCALCO (1992), Environmental Innovation Policy and International Competition, in: *Environmental and Resource Economics* 2, S. 183-200.

CARRARO, C. UND D. SINISCALCO (1994), Environmental Policy Reconsidered: The Role of Technological Innovation, in: *European Economic Review* 38, S. 545-554.

CONRAD, K. UND J. WANG (1993), The Effect of Emission Taxes and Abatement Subsidies on Market Structure, in: *International Journal of Industrial Organization* 11, S. 499-518.

CONRAD, K. UND D. WASTL (1995), The Impact of Environmental Regulation on Productivity in German Industries, in: *Empirical Economics* 20, S. 615-633.

CROPPER, M. L. UND W.E. OATES (1992), Environmental Economics: A Survey, in: *Journal of Economic Literature* 30, S. 675-740.

DASGUPTA, P.(1986), The Theory of Technological Competition, in: BINMORE, K. UND DASGUPTA, P., *Economic Organizations as Games*, Oxford.

DEAN, J.M. (1992), Trade and the Environment: A Survey of the Literature, in: LOW, P. (Hrsg.), *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C.

DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) (1993), Umweltschutz und Standortqualität in der Bundesrepublik Deutschland, in: *DIW Wochenbericht* 60(16), S. 199-206.

DOWNING, P.B. UND L.J. WHITE (1986), Innovation and Pollution Control, in: *Journal of Environmental Economics and Management* 13, S. 18-29.

EATON, J. UND G.M. GROSSMAN (1986), Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly, *Quarterly Journal of Economics* 102, S. 383-406.

ECCHIA, G. UND M. MARIOTTI (1994), A Survey on Environmental Policy. Technological Innovation and Strategic Issues, Nota di Lavoro 44.94, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

FREEMAN, C. (1987), Innovation, in: EATWELL J., M. MILGATE UND P. NEWMAN (Hrsg.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, London.

FUDENBERG, D. UND J. TIROLE (1991), *Game Theory*, Cambridge, Mass.

GRAY, W.B. UND R.J. SHADBEGIAN (1995), Pollution Abatement Costs, Regulation, and Plant-Level Productivity, NBER Working Paper 4994, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass.

GROSSMAN, G.M. UND E. HELPMAN (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, Mass.

GRIES, T. UND C. HENTSCHEL (1994), Internationale Wettbewerbsfähigkeit: Was ist das?, in: *Wirtschaftsdienst* (7), S. 416-422.

HANSEN, G. (1992), Kausalität in der Ökonometrie - Ein kurzer Rückblick bis 1950, in: *Allgemeines Statistisches Archiv* 1, S. 111-121.

HELPMAN, E. UND P.R. KRUGMAN (1985), *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, Cambridge, Mass.

HOEL, M. (1994), *Environmental Policy as a Game between Governments when Plant Locations Are Endogenous*, Department of Economics Memorandum Nr. 1994/21, University of Oslo.

HORSTMAN, I.J. UND J.R. MARKUSEN (1992), Endogenous Market Structures in International Trade (Natura Facit Saltum), in: *Journal of International Economics* 32, S 109-129.

JÄNICKE, M. UND H. WEIDNER (Hrsg.) (1995), *Successful Environmental Policy: A Critical Evaluation of 24 Cases*, Berlin.

JAFFE, A.B. UND K. PALMER (1996), Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study, NBER Working Paper 5545, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass.

JAFFE, A.B., S.R. PETERSON, P.R. PORTNEY UND R.N. STAVINS (1995), Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing Industry. What Does the Evidence Tell Us?, in: *Journal of Economic Literature* 33, S. 132-163.

KAMIEN, M.I. UND N.L. SCHWARTZ (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge.

KENNEDY, P.W. (1994), Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition, in: *Journal of Environmental Economics and Management 27*, S. 49-63.

KLEPPER, G. (1992), The Political Economy of Trade and the Environment, in: LOW, P. (Hrsg.), *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C, S. 247-259.

KLODT, H. UND R. MAURER (1996), *Internationale Direktinvestitionen: Determinanten und Konsequenzen für den Standort Deutschland*, Kieler Diskussionsbeiträge 284, Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

KRUGMAN, P.R. (1994), Competitiveness: A Dangerous Obsession, in: *Foreign Affairs* 73(2), S. 28-44.

LEIBENSTEIN, H. (1966), Allocative Efficiency vs. X-Efficiency, *American Economic Review* 56, S. 392-415.

LÖBBE, K. (Hrsg.) (1995), *Innovationen, Investitionen und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft*, Untersuchungen des RWI, Heft 16, Essen.

LONG, N. V. UND H. SIEBERT (1991), Institutional Competition Versus Ex-ante Harmonization: The Case of Environmental Policy, in: *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 147, S. 296-311.

LORZ, J. O. (1994), Indikatoren zur Beurteilung der Standortqualität - Ein methodischer Überblick und eine neuer Ansatzpunkt am Beispiel Westdeutschlands, in: *Die Weltwirtschaft* (2), S. 448-471.

LOW, P. (Hrsg.) (1992), International Trade and the Environment, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C.

LOW, P. (1992), International Trade and the Environment: An Overview, in: LOW, P. (Hrsg.), International Trade and the Environment, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C, S. 1-14..

LOW, P. UND A. YEATS (1992), Do „Dirty" Industries Migrate?, in: LOW, P. (Hrsg.), International Trade and the Environment, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C., S. 89-103.

LUCAS, R.E.B., D. WHEELER UND H. HETTIGE (1992), Economic Development, Environmental Regulation and the International Migration of Toxic Industrial Pollution: 1960-1988, in: LOW, P. (Hrsg.), International Trade and the Environment, World Bank Discussion Papers 159, Washington D.C., S. 67-86.

MÄLER, K.G. (1990), International Environmental Problems, in: *Oxford Review of Economic Policies* 6(1), S. 80-108.

MARKUSEN, J.R., E.R. MOREY UND N.D. OLEWILER (1993), Environmental Policy when Market Structure and Plant Locations Are Endogenous, in: *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, in: *Journal of Public Economics* 56, S. 55-77.

MAURER, R. (1995), Die Position der westdeutschen Industrie in der internationalen Arbeitsteilung, in: LÖBBE, K. (Hrsg.), *Innovationen, Investitionen und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft*, Untersuchungen des RWI, Heft 16, Essen, S. 57-70.

MICHAELIS, P. (1994), Regulate Us, Please! On Strategic Lobbying in Cournot-Nash Oligopoly, in: *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 150(4), S. 693-709.

MICHAELIS, P. (1995), Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik: Eine empirische Bestandsaufnahme, in: *Die Weltwirtschaft* (1), S. 72-98.

MILLIMAN, S.R. UND R. PRINCE (1989), Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control, in: *Journal of Environmental Economics and Management* 17, S. 247-265.

MORO, A. (1993), A Survey on R&D and Technological Innovation: Firms' Behaviour, Regulation and Pollution Control, Nota di Lavoro 73.93, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

MOTTA, M. UND J.-F. THISSE (1993), Minimum Standard as Environmental Policy: Domestic and International Effects, in: Nota di Lavoro 20.93, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

MOTTA, M. UND J.-F. THISSE (1994), Does Environmental Dumping Lead to Delocation?, in: *European Economic Review* 38, S. 563-576.

NORDHAUS, W.D. (1995), Locational Competition an the Environment: Should Countries Harmonize Their Environmental Policies?, in: SIEBERT, H. (Hrsg.), *Locational Competition in the World Economy*, Tübingen.

OECD (1992), *The OECD Environment Industry: Situation, Prospects and Government Policies*, Paris.

OECD (Hrsg.) (1993), *Environmental Policies and Industrial Competitiveness*, OECD Documents, Paris.

OECD (1993), Summary Report of the Workshop on Environmental Policies and Industrial Competitiveness, Paris.

OECD (1996), *Integrating Environment and Economy: Progress in the 1990s*, Paris.

ORLOWSKI, D. (1982), *Die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft: Konzeptionelle Grundlagen und empirische Messung einer wirtschaftspolitischen Zielgröße*, Göttingen.

PALMER, K., W.E. OATES UND P.R. PORTNEY (1995), Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?, in: *Journal of Economic Perspectives* 9, S.119-132.

PIGOU, A.C. (1920), *The Economics of Welfare*, New York.

PORTER, M.E. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, London.

PORTER, M.E. (1991), America's Green Strategy, in: *Scientific American* 264(4), S. 96.

PORTER, M.E. UND C. V.D. LINDE (1995), Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, in: *Journal of Economic Perspectives* 9, S. 97-118.

RAUSCHER, M. (1991), Foreign Trade and the Environment, in: H. SIEBERT (Hrsg.), *Environmental Scarcity: The International Dimension*, Tübingen, S. 17-31.

RAUSCHER, M. (1993), Environmental Regulation and International Capital Allocation, Nota di Lavoro 79.93, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

RAUSCHER, M. (1994), On Ecological Dumping, in: *Oxford Economic Papers* 46, S. 822-840.

RAUSCHER, M. (1995a), Environmental Regulation and the Location of Polluting Industries, in: *International Tax and Public Finance* 2, S. 229-244.

RAUSCHER, M. (1995b), Strategic Environmental Policy in Oligopolistic Markets, Nota di Lavoro 65.95, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

RAUSCHER, M. (1997), *International Trade, Factor Movements, and the Environment*, Oxford.

ROWLAND, C.K. UND R. FEIOCK (1991), Environmental Regulation and Economic Development: The Movement of Chemical Production among States, in: DUBNICK, M.J. UND A.R. GITELSON (Hrsg.), *Public Policy and Economic Institutions*, Greenwich, Conn., S. 205-218.

RWI (Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung) (1994), *Die umwelttechnische Industrie in der Bundesrepublik Deutschland*, Untersuchungen des RWI, Heft 12, Essen.

SACHVERSTÄNDIGENRAT (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung) (1993), *Jahresgutachten 1993/94*, Stuttgart.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1996), *Umweltgutachten 1996*, Stuttgart.

SCHMALENSEE, R. (1994), The Costs of Environmental Protection, in: AMERICAN COUNCIL FOR CAPITAL FORMATION (ACCF) CENTER FOR POLICY RESEARCH (Hrsg.), *Balancing Economic Growth & Environmental Goals*, Washington D.C.

SCHUMPETER, J. A. (1950), *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*, Tübingen.

SCHUMPETER, J. A. (1952), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, 5. Aufl., Berlin.

SELTEN, R. (1965), Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit, *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 12, S. 301-324.

SIEBERT, H. (1988), Strategische Handelspolitik. Theoretische Ansätze und wirtschaftspolitische Empfehlungen, in: *Aussenwirtschaft* 43(4), S. 549-584.

SIEBERT, H. (1991a), A Schumpeterian Model of Growth in the World Economy: Some Notes on a New Paradigm in International Economics, in: *Weltwirtschaftliches Archiv* 127, S. 800-812.

SIEBERT, H. (1991b), Environmental Policy and European Integration, in: H. SIEBERT (Hrsg.), *Environmental Scarcity: The International Dimension*, Tübingen, S. 57-72.

SIEBERT, H. (1994), *Außenwirtschaft*, 6. Aufl., Stuttgart.

SIEBERT, H. (1995), *Economics of the Environment. Theory and Policy*, 4. Aufl., Berlin.

SIEBERT, H. (1996), On the Concept of Locational Competition, Kieler Arbeitspapiere 731, Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

SIEBERT, H. (Hrsg.) (1991), *Environmental Scarcity: The International Dimension*, Tübingen.

SIEBERT, H. (Hrsg.) (1996), *Elemente einer rationalen Umweltpolitik: Expertisen zur umweltpolitischen Neuorientierung*, Tübingen.

SIEBERT, H., J. EICHBERGER, R. GRONYCH UND R. PETHIG (1980), *Trade and Environment. A Theoretical Enquiry*, Amsterdam.

SIEBERT, H. UND M. RAUSCHER (1991), Neuere Entwicklungen der Außenhandelstheorie, in: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 20(10), S. 503-509.

SIMPSON, R.D. UND R.L. BRADFORD (1996), Taxing Variable Cost: Environmental Regulation as Industrial Policy, in: *Journal of Environmental Economics and Management* 30, S. 282-300.

SORSA, P. (1994), Competitiveness and Environmental Standards: Some Explanatory Results, World Bank Policy Research Paper 1249, Washington D.C.

SPENCER, B.J. UND J.A. BRANDER (1983), International R&D Rivalry and Industrial Strategy, in: *Review of Economic Studies* 50, S. 707-722.

STRAUBHAAR, T. (1994), Internationale Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft: Was ist das?, in: *Wirtschaftsdienst* (10), S. 534-540.

TAKAYAMA, A. (1994), *Analytical Methods in Economics*, New York.

TIROLE, J. (1988), *The Theory of Industrial Organization*, Cambridge, Mass.

TOBEY, J. (1990), The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test, in: *Kyklos* 43(2), S. 191-209.

TOBEY, J. (1993), The Impact of Domestic Environmental Policies on International Trade, in: OECD (Hrsg.), *Environmental Policies and Industrial Competitiveness*, OECD Documents, Paris, S. 48-54.

ULPH, A. (1993), Environmental Policy, Plant Location and Government Protection, Nota di Lavoro 43.93, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

ULPH, A. (1994), Environmental Policy and International Trade - A Survey of Recent Economic Analysis, Nota di Lavoro 53.94, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

ULPH, A. (1996a), Environmental Policy Instruments and Imperfectly Competitive International Trade, in: *Environmental and Resource Economics* 7, S. 333-355.

ULPH, A. (1996b), Environmental Policy and International Trade when Governments and Producers Act Strategically, in: *Journal of Environmental Economics and Management* 30, S. 265-281.

ULPH, A. UND D. ULPH (1995), Trade, Strategic Innovation and Strategic Environmental Policy: A General Analysis, Nota di Lavoro 20.95, Fondazione ENI Enrico Mattei, Mailand.

ULPH, D. (1994), Strategic Innovation and Strategic Environmental Policy, in: CARRARO, C. (Hrsg.), *Trade, Innovation, Environment*, Dordrecht, S. 205-228.

VERNON, R. (1966), International Investment and International Trade in the Product Cycle, *Quarterly Journal of Economics* 80, S. 190-207.