

**Die Auswirkungen der Umweltpolitik auf
Arbeitslosigkeit und Wachstum mit besonderer
Berücksichtigung von Umweltzertifikaten**

Wissenschaftliche Arbeit
zur Erlangung des Grades eines Diplom-Volkswirt
im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
der Universität Konstanz

Verfasser: Tobias Menz

Trienendorferstr. 94
58300 Wetter

Bearbeitungszeit: 02.12.2003 – 05.02.2004

1. Gutachter: Prof. Schweinberger, Ph.D.
2. Gutachter: Prof. Dr. Ramser

Konstanz, den 04.02.2004

Inhaltsverzeichnis:

<i>1 – Einleitung</i>	1
<i>2 – Eingrenzung des Untersuchungsfeldes</i>	4
2.1. Eingrenzung des Umweltproblems	4
2.1.1. Der Klimawandel als wichtigstes Umweltproblem	4
2.1.2. Über die Ziele der Umweltinstrumente bezüglich des Klimawandels	6
2.2. Auswahl der Umweltinstrumente	7
2.2.1. Ungeeignete Umweltinstrumente zur Bekämpfung des Klimawandels	7
2.2.2. Geeignete Umweltinstrumente zur Bekämpfung des Klimawandels	8
2.2.3. Umweltinstrumente in der Praxis	11
<i>3 – Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Wachstum</i>	13
3.1. Einleitung	13
3.2. Wirkung der Umweltpolitik auf die Kapitalakkumulation	14
3.2.1. Das theoretische Modell	14
3.2.2. Generelle Überlegungen bezüglich des beschriebenen Modells	17
3.2.3. Instrumentenvergleich bezüglich der Kosteneffizienz	18
3.3. Umweltpolitik und technischer Fortschritt	22
3.3.1. Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Produktivitätswachstum	22
3.3.2. Umweltinstrumente und umwelttechnische Innovation	27
3.3.3. Zusammenfassung und Simulationsergebnisse	34
<i>4 – Umweltpolitik und Arbeitslosigkeit</i>	36
4.1. Einleitung	36
4.2. Modell von Bovenberg und de Mooij	38
4.2.1. Annahmen und Aufbau des Modells	38
4.2.2. Log Linearisierte Modellform	42
4.2.3. Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform im Modell	45
4.2.4. Auswirkungen bei unfreiwilliger Arbeitslosigkeit	50
4.3. Ergebnisse und empirische Evidenz	55

5 – Besonderheiten der Zertifikate	58
5.1. Einleitung	58
5.2. Funktionsweise beider Zertifikatstypen.....	59
5.3. Vor- und Nachteile der beiden Ausgabemechanismen	62
5.3.1. Vorteile des Auktionsverfahrens und Nachteile des Grandfathering.....	62
5.3.2. Vorteile des Grandfathering und Nachteile des Auktionsverfahrens.....	64
5.4. Das amerikanische Allowance Trading Program [ATP] als Praxisbeispiel	65
5.5. Zusammenfassung.....	72
6 – Schlussbetrachtung.....	73
Anhang.....	75
Literaturverzeichnis.....	80

Abkürzungsverzeichnis:

AL.....	Arbeitslosigkeit
ATP.....	Allowance Trading Program
BIP.....	Bruttoinlandsprodukt
CO_2	Kohlendioxid
EPA.....	U.S. Environmental Protection Agency
GEM – E3.....	General Equilibrium Model der EU
IPCC.....	Intergovernmental Panel on Climate Change
LHS.....	linke Seite der Gleichung (Left Hand Side)
NO_x	Stickoxide
R&D.....	Research and Development
RHS.....	rechte Seite der Gleichung (Right Hand Side)
SO_2	Schwefeldioxid

Abbildungsverzeichnis:

Tabellen:

Tabelle (3.1.): Kostenunterschied durch die Innovation.....	S.29
Tabelle (3.2.): Diffusionsanreize der Unternehmen.....	S.32
Tabelle (4.1.): Notation des Grundmodells nach Bovenberg und de Mooij.....	S.39
Tabelle (4.2.): Log Lineares Modell nach Bovenberg und de Mooij.....	S.43
Tabelle (5.1.): Entwicklung der SO_2 - Emissionen beim ATP.....	S.68

Graphiken:

Graphik (3.1.): Vermeidung bei unterschiedlichen Grenzvermeidungskosten.....	S.19
Graphik (3.2.): Anreize zur umwelttechnischen Innovation.....	S.28
Graphik (4.1.): Auswirkungen einer Ökosteuer ohne unfreiwillige AL.....	S.51
Graphik (4.2.): Auswirkungen einer Ökosteuer bei unfreiwilliger AL.....	S.52
Graphik (5.1.): Umsatz auf dem ATP – Zertifikatsmarkt.....	S.70
Graphik (5.2.): Preisentwicklung auf dem ATP – Zertifikatsmarkt.....	S.70

1 – Einleitung

Seit den 70er Jahren wird die Umweltverschmutzung mehr und mehr als gesellschaftliches Problem empfunden. Eines der großen Umweltprobleme in den 70er und 80er Jahren war beispielsweise der durch Schwefeldioxid verursachte saure Regen, der zum Problem des Waldsterbens führte. Heutzutage ist das Problem des globalen Klimawandels eines der dringlichsten Umweltprobleme. Ziel dieser Diplomarbeit wird es nun sein, darzustellen welchen Einfluss die Bekämpfung dieser Umweltverschmutzung auf makroökonomische Größen wie Wachstum und Arbeitslosigkeit hat.

Das Phänomen der Umweltverschmutzung ist in den Wirtschaftswissenschaften schon lange bekannt. Es handelt sich hierbei um einen so genannten externen Effekt. Ich möchte hier kurz eine mögliche Definition des externen Effekts vorstellen: „Ein externer Effekt liegt vor, wenn in die Nutzen- oder Produktionsfunktion der Wirtschaftssubjekte i Variablen y_j eingehen, die von anderen Wirtschaftssubjekten j gewählt werden, ohne die Auswirkungen auf i zu beachten.“¹ Den externen Effekt im Bereich der Umweltverschmutzung kann man folgendermaßen erklären: Die Umweltverschmutzung fällt meistens als Nebenprodukt der Güterproduktion bei den Unternehmen an. Durch die Umweltverschmutzung sinkt der Nutzen der Haushalte. Genau dieser Effekt wird jedoch von den Unternehmen nicht berücksichtigt, und somit wird die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt nicht optimiert.

Es existiert jedoch ein Mechanismus, der die Unternehmen dazu veranlasst, die negativen Folgen ihrer Handlungen auf die Konsumenten mit in Betracht zu ziehen. Dies ist mit verschiedenen Umweltinstrumenten möglich, welche alle die Unternehmen veranlassen, weniger von der Externalität Umweltverschmutzung herzustellen. Theoretisch kann durch die Umweltinstrumente die negative Externalität perfekt internalisiert werden, so dass die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt maximiert wird. Doch in dieser Arbeit werde ich nicht auf das Niveau der optimalen Vermeidung eingehen. Dies liegt daran, dass ich mich im Folgenden auf das Umweltproblem des Klimawandels konzentriere, welches dafür bekannt ist, dass es eine große Unsicherheit bezüglich der Folgen des Klimawandels und der Vermeidungskosten gibt². Da auf Seiten des Staates dementsprechend große

¹ Feess (1998), S.41

² vgl. Kolstad (1996), S.1 und Pizer (1999), S.255

Informationsasymmetrien bezüglich des optimalen Niveaus der Umweltverschmutzung bestehen, ist es sehr unwahrscheinlich, dass der Staat die Umweltinstrumente gerade so gestalten kann, dass eine perfekte Internalisierung des externen Effekts erreicht wird.

Die Frage dieser Arbeit wird also lediglich sein, wie eine striktere (bzw. strengere), aber nicht zwingend optimale Umweltpolitik sich auf Wachstum und Arbeitslosigkeit auswirkt. Eine striktere Umweltpolitik zeichnet sich durch eine geringere Umweltverschmutzung aus, da die Unternehmen zu umweltfreundlicherem Verhalten angeregt werden.

Die Arbeit hat folgenden Aufbau: Im zweiten Kapitel werde ich das Untersuchungsfeld der Umweltverschmutzung eingrenzen. In einem ersten Schritt werde ich erklären, warum eine Beschränkung auf das Gebiet des Klimawandels sinnvoll ist. Danach stelle ich dar, welche Umweltinstrumente überhaupt für die Bekämpfung des Klimawandels geeignet sind.

Im dritten Kapitel geht es um die Frage, welchen Einfluss eine striktere Umweltpolitik auf das Wachstum der Volkswirtschaft hat. Dazu werde ich einerseits darstellen, welchen Einfluss die Umweltpolitik hier generell hat, und andererseits, welche Wirkungen die einzelnen Umweltinstrumente im Speziellen haben. Am Schluss des dritten Kapitels werde ich die theoretisch gefundenen Ergebnisse dann anhand empirischer Untersuchungen überprüfen.

Im folgenden vierten Kapitel geht es dann um die Auswirkungen der Umweltpolitik auf die Arbeitslosigkeit. Hier werde ich recht ausführlich ein Modell von Bovenberg und de Mooij besprechen, welches alle für die Fragestellung relevanten Effekte gut darstellt. Auch hier werden die gefundenen Ergebnisse anhand von empirischen Arbeiten überprüft.

Im fünften Kapitel werde ich mich dann speziell den Besonderheiten der Zertifikate widmen, die sich als ein geeignetes Instrument zur Bekämpfung des Klimawandels herausstellen werden. Wie in der gesamten Arbeit, wird im fünften Kapitel von Situationen abgesehen, in denen Marktmacht auf dem Zertifikatsmarkt auftritt. Dies kann man so begründen, dass die Zertifikatsmärkte meistens so gestaltet werden, dass Marktmacht von vornherein vermieden wird. Auf dem geplanten Markt für Emissionszertifikate der EU werden beispielsweise 10000 Unternehmen am geplanten Zertifikatshandel teilnehmen. Die Tatsache, dass die Unternehmen aus

verschiedenen Branchen und verschiedenen Ländern kommen³, sollte das Problem der Marktmacht begrenzen. Bei der Analyse der Zertifikate konzentriere ich mich auf die Unternehmenszertifikate. Nicht betrachten werde ich dagegen, die zwischen den Ländern gehandelten Zertifikate nach dem Kyoto Protokoll. Grund dafür ist, dass man momentan noch nicht absehen kann, wann, und ob das Kyoto Protokoll in Kraft tritt. Dagegen ist der Typ der Unternehmenszertifikate in der Realität entweder schon implementiert (zum Beispiel im Rahmen des amerikanischen ATP), oder wird (wie in der EU) in Kürze eingeführt werden.

Das sechste Kapitel wird die wichtigsten Punkte dann noch einmal zusammenfassen.

³ siehe Europäische Kommission (2003)

2 – Eingrenzung des Untersuchungsfeldes

2.1. Eingrenzung des Umweltproblems

2.1.1. Der Klimawandel als wichtigstes Umweltproblem

Eine erste wichtige Frage ist, ob alle Formen der Umweltverschmutzung, bzw. deren Vermeidung den gleichen Effekt auf Arbeitslosigkeit und Wachstum haben. Dies ist natürlich nicht der Fall. So gibt es viele Formen von lokaler Umweltverschmutzung, welche auf die makroökonomischen Größen eines Landes wenig Einfluss haben. Gerade die Regulierung von lokalen Problemen, wie beispielsweise der Abwasserverschmutzung durch Großindustrie, dürfte wenig Einfluss auf die makroökonomische Performance eines Landes haben.

Die Form der Umweltverschmutzung, die wahrscheinlich die schwerwiegendsten Schäden hervorrufen wird, und deren Vermeidung am kostenintensivsten sein dürfte, ist der, durch zu viele Treibhausgase in der Atmosphäre, hervorgerufene Klimawandel. Heutzutage ist in der Wissenschaft größtenteils anerkannt, dass es die vom Menschen verursachten Emissionen sind, welche den Treibhauseffekt hervorrufen⁴. Die Folgen des Klimawandels sind vielfältig. Vorhergesagt werden ein steigender Meeresspiegel, kräftigere Stürme, häufige Überschwemmungen, zunehmende Trockenheiten und ein Verschieben der Klimazonen. All diese Effekte erfordern von den Menschen eine Anpassung, die sehr kostenintensiv sein wird. So kommt beispielsweise eine Studie über die deutschen Küsten zum Ergebnis⁵, dass ein Ansteigen des Meeresspiegels um 1 Meter allein in Deutschland Schutzmaßnahmen nötig mache, die 23,5 Milliarden US \$⁶ kosten würden. Nur die Betrachtung dieses Teilaspekts lässt schon erahnen, was durch den Klimawandel für Anpassungskosten auf die Menschen zukommen werden.

Doch nicht nur die Folgen des Klimawandels in der Zukunft, sondern auch der Versuch das Ausmaß des Klimawandels heute zu bekämpfen, verursacht sehr hohe Kosten. So lehnen Länder wie die USA oder Australien das Kyoto – Protokoll, und die damit verbundene Beschränkung der Emissionen an Treibhausgasen ab, da sie der Ansicht sind, dass diese Emissionsreduktion schädlich für die Wirtschaft des Landes sei. Ihre Argumentation ist, dass die Vermeidung von Emissionen der einheimischen Wirtschaft so hohe Kosten verursache, dass deren Produkte auf dem Weltmarkt weniger konkurrenzfähig würden.

⁴ z.B. IPCC (1998), S.3

⁵ Sterr und Simmerling (1996)

⁶ ausgedrückt in US \$ des Jahres 1990

Ich möchte mich daher in dieser Diplomarbeit auf die Regulierung der Treibhausgase beschränken, da ich denke, dass dies die momentan dringlichste, kostenintensivste Form der Umweltverschmutzung ist, deren nötige Regulierung die meisten Auswirkungen auf die Wirtschaft eines Landes hat.

Das wichtigste Treibhausgas ist das Kohlendioxid (CO_2), welches für circa 80% des Treibhauseffekts verantwortlich ist⁷. Demzufolge werde ich des Öfteren in dieser Arbeit die Begriffe Treibhausgase und Kohlendioxid synonym benutzen. CO_2 entsteht dann, wenn durch einen Verbrennungsvorgang aus verschiedenen Energieträgern, wie Öl, Kohle oder Gas, Energie erzeugt wird.

In den letzten Jahrzehnten gab es einen stetigen, weltweiten Anstieg der Energienachfrage und dadurch auch der CO_2 -Emissionen. So stieg beispielsweise die weltweite Energieproduktion von 1980 bis 1996 um 29%⁸. Als Konsequenz stiegen dadurch bedingt auch die CO_2 -Emissionen um 22%⁹.

Ein Problem des Klimawandels ist, dass er besonders die ärmeren Regionen der Welt trifft. So stellte zum Beispiel der IPCC im Jahre 1998 fest, dass Afrika besonders vom Klimawandel betroffen sei. Aufgrund der vorherrschenden Armut, der ungerechten Landverteilung und der starken Abhängigkeit von der Landwirtschaft¹⁰, können viele afrikanische Länder sich an den Klimawandel nur schwer anpassen. In den reichen Industrieländern wird es zwar auch negative Folgen geben, aber hier sind die Voraussetzungen wesentlich besser, sich an das veränderte Klima anzupassen. Ein Land wie die Niederlande wird sicherlich das Geld aufbringen, um seine Deichanlagen an einen höheren Meeresspiegel anzupassen. Bei einem Land wie Bangladesh jedoch ist dies zweifelhaft.

Die Tatsache, dass gerade die ärmeren Länder, mit ihrer zahlenmäßig großen Bevölkerung, besonders vom Klimawandel betroffen sind, legt die Idee nahe, es sollte heute schon versucht werden, so viel Emissionen wie möglich zu vermeiden. Geschähe dies, könnte man die Folgen des Klimawandels für die große Anzahl Menschen in diesen Ländern erträglicher machen. Dieser normative Aspekt, aus welchem Grund man welche Menge Emissionen vermeiden sollte, wird jedoch nicht Thema dieser Arbeit sein. Es soll hier lediglich erörtert werden, wie die

⁷ EPA (1989)

⁸ eigene Berechnung, Daten aus: European Commission (1999), S.20

⁹ eigene Berechnung, Daten aus: European Commission (1999), S.29

¹⁰ IPCC (1998), S.9

Bekämpfung des Klimawandels, also die Vermeidung von Emissionen, auf die wirtschaftliche Performance eines Landes wirkt. Die Tatsache, dass gerade die armen Länder vom Klimawandel betroffen sind, bestärkt einen jedoch in dem Gedanken, den Klimawandel als eines der wichtigsten Umweltprobleme unserer Tage zu sehen.

2.1.2. Über die Ziele der Umweltinstrumente bezüglich des Klimawandels

Betrachtet man die Prognosen bezüglich der weltweiten Treibhausgasemissionen, so wird schnell folgender Sachverhalt deutlich: Es werden weiterhin weltweit schnell steigende CO_2 -Emissionen vorhergesagt. Für diesen Anstieg werden gerade die Länder verantwortlich sein, die in Bezug auf die Lebensqualität der OECD – Länder noch einiges aufholen müssen. So gibt es eine Studie der europäischen Union, die vorhersagt, dass bis 2020 die weltweiten Emissionen um 48,65% steigen werden, verglichen mit dem Niveau von 1990¹¹. In Asien dagegen liegt die Steigerung im gleichen Zeitraum circa bei geschätzten 122%, in Afrika sogar bei 147%¹².

Für die Reduzierung der CO_2 -Emissionen werden, realistisch betrachtet, jedoch nur die OECD – Länder in Frage kommen, da es in den ärmeren Ländern kein entsprechendes Umweltbewusstsein gibt. Außerdem wollen diese Länder ja gegenüber den OECD – Ländern aufholen, was sich schlecht mit sinkenden Emissionen in Einklang bringen lässt. Somit kann man anhand dieser Schätzungen schon voraussagen, dass die Industrienationen höchstwahrscheinlich nicht soviel Treibhausgasemissionen vermeiden können, als dass es ein Sinken der weltweiten Emissionen geben könnte. Dies hat natürlich gravierende Implikationen für die Ausgestaltung von Umweltinstrumenten.

Als wichtigstes Kriterium bezüglich der Beurteilung der Umweltinstrumente wird in der ökonomischen Analyse oft die Kosteneffizienz genannt¹³. Dies bedeutet, die volkswirtschaftlichen Kosten des Umweltinstruments sollen möglichst gering sein. Der oben beschriebene Sachverhalt der prognostizierten CO_2 -Emissionen legt jedoch nahe, dass auch das Kriterium der dynamischen Effizienz beim Treibhauseffekt eine sehr große Bedeutung hat. Dynamische Effizienz bedeutet, dass Umweltinstrumente einen möglichst hohen Anreiz zur Entwicklung von neuen,

¹¹ eigene Berechnung. Daten siehe Anhang A

¹² eigene Berechnung. Daten siehe Anhang A

¹³ vgl. Feess (1998), S.50

umweltfreundlichen Technologien haben sollten¹⁴. Grund dafür ist, dass durch einen hohen umwelttechnischen Fortschritt, die Kosten der CO_2 Vermeidung stark sinken würden¹⁵. Und nur ein Sinken dieser Vermeidungskosten könnte auch ärmere Länder dazu veranlassen, entsprechend Emissionen zu vermeiden.

2.2. Auswahl der Umweltinstrumente

Ziel einer strikteren Umweltpolitik muss es demnach sein, wenn möglich die CO_2 -Emissionen zu senken und gleichzeitig einen Anreiz zur Entwicklung neuer, emissionsparender Technologien zu geben. Da die Unternehmen dies jedoch nicht freiwillig tun werden, muss der Staat hier eingreifen. Dieser Eingriff kann mit Hilfe verschiedener Umweltinstrumente erfolgen: Auflagen, Ökosteuern, Emissionszertifikate, Umwelthaftungsrecht, freiwillige Normen, Verhandlungslösungen oder Subventionen. Davon gibt es Instrumente, die sich zur Bekämpfung des Treibhauseffektes aus verschiedenen Gründen weniger eignen. Im folgenden Abschnitt werde ich kurz erläutern, welche Instrumente dies sind. Danach werde ich im Abschnitt 2.2.2. die Instrumente vorstellen, die sich zur Bekämpfung des Klimawandels eignen.

2.2.1. Ungeeignete Umweltinstrumente zur Bekämpfung des Klimawandels

Bezogen auf den Klimawandel gibt es vier Instrumente, die zur Bekämpfung des Problems nicht geeignet erscheinen. Dies sind Freiwillige Normen, Subventionen, Verhandlungslösungen und das Umwelthaftungsrecht.

Bei den freiwilligen Normen entscheiden sich die Unternehmen freiwillig dazu, gewisse Standards einzuhalten, um vielleicht auch einer staatlichen, verbindlichen Regulierung auszuweichen. Das Problem der freiwilligen Normen ist, dass ihnen einerseits die rechtliche Bindung vollkommen fehlt¹⁶, und andererseits durch freiwillige Normen fast überhaupt kein Anreiz zur Entwicklung neuer Technologien gegeben wird¹⁷.

Bei den Subventionen zahlt der Staat den Unternehmen Geld dafür, dass sie weniger emittieren, indem sie neuere effizientere Technologie verwenden. Großes Problem der Subventionen ist der große Finanzbedarf des Staates, der zur Finanzierung

¹⁴ vgl. Feess (1998), S.50

¹⁵ vgl. Goulder und Schneider (1999), S.218

¹⁶ vgl. Helbig und Volkert (1999), S.10

¹⁷ vgl. Mansell (1995), S.214 f.

wieder andere (verzerrende) Steuern erheben müsste. So zeigte Fredriksson in einem polit – ökonomischen Modell, dass eine wohlfahrtsmaximierende Regierung eine positive Ökosteuer und Subvention in der Höhe von Null setzen würde¹⁸.

Das Instrument der Verhandlungslösungen beruht auf der Idee von Ronald H. Coase¹⁹. Die Idee der Verhandlungslösungen ist, dass eine vollständige Vergabe der Eigentumsrechte ausreicht, und die vollständig informierten Beteiligten dann automatisch durch Verhandlungen den externen Effekt internalisieren²⁰. Problem dürfte hier sein, dass es eine zu große Anzahl von Schädigern und Geschädigten gibt, die erst einmal miteinander verhandeln müssten. Die Transaktionskosten dieses Mechanismus dürften also bei einer großen Anzahl von Beteiligten prohibitiv hoch sein²¹.

Die Idee des Umwelthaftungsrechts lautet folgendermaßen: Tritt aufgrund der Umweltverschmutzung ein bestimmter Schaden ein, so muss der Umweltverschmutzer den Geschädigten finanziell entschädigen. Die Androhung von Schadensersatz dient nun dazu, den Schädiger zu veranlassen, ex ante im optimalen Umfang Vorsorgemaßnahmen zu treffen²². Jedoch können beim Klimawandel die entstandenen Schäden keinem Emittenten zugeordnet werden, da Treibhausgase ja weltweite Folgen haben. Die Emissionen welcher Unternehmen hier welchen Schaden verursacht haben, kann man nicht herausfinden. So stellt Feess beispielsweise fest: „...dass für multikausale, großräumige Umweltschäden Abgaben und Zertifikate wesentlich besser geeignet sind als Haftungsregeln.“²³

Wie man sieht, sind all diese vier Instrumente aus verschiedenen Gründen nicht zur Bekämpfung des Klimawandels geeignet. Deshalb konzentriere ich mich im Folgenden nur auf die geeigneten Instrumente.

2.2.2. Geeignete Umweltinstrumente zur Bekämpfung des Klimawandels

Folgende drei Umweltinstrumente sind zur Bekämpfung des Treibhauseffekts praktikabel: Auflagen, Ökosteuern und die Emissionszertifikate. Dabei bezeichnet man die Auflagen in der Literatur typischerweise als ordnungsrechtliches Instrument, während die Ökosteuern und die Zertifikate zu den Marktinstrumenten

¹⁸ Fredriksson (1997), S.58

¹⁹ Coase (1960), S.1 - 44

²⁰ Feess (1998), S.131

²¹ z.B. Feess (1998), S.143 - 144

²² Schwarze (1993), S.4

²³ Feess (1998), S.172

zählen²⁴. Im Folgenden werde ich die Instrumente kurz verbal vorstellen. Eine genauere graphische Erklärung ihrer Funktionsweise ergibt sich bei der Analyse der Kosteneffizienz in Abschnitt 3.2.3.

Auflagen:

Das einfachste und das am weitesten verbreitete Umweltinstrument sind sicherlich die Auflagen. Die Auflagen geben den Unternehmen bestimmte zu erfüllende Standards bezüglich der Emissionsmenge oder der Technologie vor, und führen bei Nichterfüllung der Standards zu einer zu zahlenden Strafe. Diese Strafe muss natürlich entsprechend hoch sein, so dass eine Nichtbeachtung der Auflage sich nicht lohnt²⁵.

Im Bereich der CO_2 -Emissionen sind die Auflagen insofern wirksam, als dass sie leichter implementierbar sind, als die unter 2.2.1. genannten Instrumente. Entscheidet der Staat sich für ein bestimmtes Emissionsniveau, welches er für tolerierbar hält, so kann er der Gesamtheit der Unternehmen dieses Emissionsniveau als Maximum vorgeben. Dies geschieht dadurch, dass der Staat jedem einzelnen Unternehmen eine für dieses Unternehmen geltende maximale Emissionsmenge vorgeben muss. Dabei können die maximalen Emissionen entweder für jedes Unternehmen gleich, oder auch verschieden hoch sein²⁶. In der theoretischen Analyse wird jedoch meistens angenommen, die Auflagen seien für jedes Unternehmen identisch²⁷. Diese Annahme ist auch relativ realistisch, da sie für den Staat den geringsten Informationsbedarf voraussetzt.

Ein wichtiges Charakteristikum der Auflagen ist, dass die Menge der maximalen Emissionen den Emittenten frei zugestanden wird. Sie müssen dafür keine Transferzahlungen an den Staat leisten. Das Eigentumsrecht an den Emissionen liegt hier bis zur Menge der maximalen Emissionen bei den Emittenten²⁸.

Ökosteuer:

Während die Auflagen die Menge der Emissionen direkt steuern, setzen die Ökosteuern ein Preissignal. Die Steuern können dabei entweder auf das

²⁴ vgl. Feess (1998), S.49

²⁵ vgl. Feess (1998), S.59

²⁶ vgl. Gerhard (2000), S.46

²⁷ z.B. bei Pearce und Turner (1990), S.95

²⁸ vgl. sinngemäß Gerhard (2000), S.45

verschmutzende Gut selbst, oder direkt auf die Emissionen erhoben werden. Feess beschreibt die Idee der Ökosteuer folgendermaßen: “ Während mit Auflagen eine bestimmte Emissionshöhe administriert wird, wird den Umweltressourcen bei der Abgaben- und Steuerlösung ein Preis zugeordnet, der die Knappheit ebenso widerspiegeln soll wie der Preis für Arbeit und Kapital²⁹.“ Also ist ohne Eingriff des Staates der Preis für die Nutzung der Umwelt (in diesem Fall der Kohlendioxidemissionen) zu gering. Eine Steuer auf Kohlendioxid (oder auf Energie) wird dessen Preis für die Unternehmen verteuern. Infolgedessen sollten die Emissionen der Unternehmen sinken.

Charakteristisch für die Ökosteuer sind die Transferzahlungen von den Emittenten an den Staat. Da die Emittenten hier für jede Einheit der Emissionen Steuern an den Staat abführen müssen, liegt in diesem Fall das Eigentumsrecht an den Emissionen beim Staat³⁰.

Zertifikate:

Während die Steuern den Preis festsetzen, setzen die Umweltzertifikate, ähnlich wie die Auflagen, die maximale Emissionsmenge fest³¹. Der Staat wird in diesem Fall die von ihm noch tolerierte Emissionsmenge an Zertifikaten zur Verfügung stellen. Die Unternehmen können diese Zertifikate dann auf einem Markt kaufen und verkaufen.

Interessant ist sicherlich, dass der Zertifikatspreis, der sich auf dem Markt bildet, in der Theorie genau gleich der zu zahlenden Ökosteuer ist, wenn man davon ausgeht, dass durch beide Instrumente die gleiche Emissionsminderung erreicht werden soll³². Das liegt daran, dass es sich bei beiden Instrumenten im Prinzip um den gleichen „Vermeidungsmarkt“ handelt. Im Fall der Ökosteuer ergibt sich die Emissionsvermeidung aus dem Preissignal, und im Fall der Zertifikate ergibt sich der Preis aus der vorgeschriebenen Emissionsmenge. Somit verhalten sich beide Instrumente spiegelbildlich zueinander³³.

Eine für die Praxis relevante Frage ist, ob die Zertifikate gratis an die Unternehmen verteilt werden [Grandfathering], oder im Rahmen eines Auktionsverfahrens an die Unternehmen versteigert werden [Auktionsverfahren]. Diese Frage ist für das

²⁹ Feess (1998), S.71

³⁰ vgl. Pearce und Turner (1990), S.87 f.

³¹ vgl. Feess (1998), S.119

³² vgl. beispielsweise Pezzey (1992), S.983

³³ vgl. Feess (1998), S.119

Erreichen des Emissionsziels erst einmal nicht von Bedeutung. In der folgenden Analyse werden wir jedoch sehen, dass es zwischen diesen beiden Zertifikatstypen durchaus Unterschiede gibt.

Diese drei Umweltinstrumente eignen sich also wesentlich besser zur Bekämpfung des Klimawandels als die in Abschnitt 2.2.1. vorgestellten Instrumente. Das liegt daran, dass der Staat sich bei entsprechender Kontrolle hier sicher sein kann, dass die Unternehmen nicht mehr als die vom Staat tolerierte Menge emittieren. Hinzu kommt, dass in allen drei Fällen nur eine Interaktion zwischen dem Staat und den Emittenten stattfindet (im Gegensatz zum Umwelthaftungsecht und den Verhandlungslösungen). Ein weiterer Pluspunkt der drei Instrumente ist, dass sie rechtlich bindend sind (im Gegensatz zu den freiwilligen Normen).

2.2.3. Umweltinstrumente in der Praxis

Die Auflagen sind in der Umweltpolitik wohl das populärste Instrument. Sie werden in sehr vielen Bereichen angewandt, so zum Beispiel in der Luftreinhaltung und im Gewässerschutz³⁴. Die Ökosteuern sind als Energiesteuern inzwischen in vielen Ländern Europas eingeführt, so in Dänemark, Schweden, den Niederlanden oder auch in Deutschland. Problem der heutigen Ökosteuern ist jedoch oftmals, dass ihr Niveau so gering ist und es so viele Ausnahmeregelungen gibt, dass sie fast keine ökologische Lenkungswirkung haben³⁵. Die Zertifikate werden bis jetzt nur in sehr geringem Umfang eingesetzt. Erste Erfahrungen zum Beispiel mit dem amerikanischen Allowance Trading Program [ATP] für Schwefeldioxid sind jedoch durchaus positiv³⁶.

Woran liegt es, dass die Auflagen das in der Realität am meisten gebrauchte Mittel sind? Dies liegt daran, dass die meisten in der Politik aktiven Gruppen die Auflagen bevorzugen. So bevorzugen Politiker die Auflagen, da sie denken, dass von den Auflagen die wenigste Gefahr für Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätze ausgehen³⁷. Ein weiterer Grund ist, dass bei den Auflagen die entstehenden Kosten nicht so offensichtlich sind, da direkt keine Zahlungen an den Staat zu leisten sind.

³⁴ Feess (1998), S.59

³⁵ z.B. Heins et al. (1998), S.122

³⁶ dazu mehr im Kapitel 5

³⁷ Verbruggen (1991)

Deshalb sind Auflagen auch bei der Industrie leichter durchzusetzen³⁸. Doch nicht nur die Politiker, sondern auch andere Gruppen wie die Industrie, die Gewerkschaften oder Bürokraten bevorzugen alle aus unterschiedlichen Gründen die Auflagen³⁹. Die Tatsache, dass die Auflagen in der Realität sehr weit verbreitet sind, bedeutet demzufolge nicht, dass sie unbedingt besser funktionieren als Ökosteuern oder Zertifikate, sondern nur, dass sie politisch leichter durchsetzbar sind.

³⁸ Keohane et al. (1997)

³⁹ Boom (2002), S.246

3 – Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Wachstum

3.1. Einleitung

Um die Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Wachstum zu untersuchen, muss man verstehen, wie Wachstum entsteht. Während im 18ten und 19ten Jahrhundert die Klassiker wie Smith, Mill oder Marx davon ausgingen, dass Wachstum durch Kapitalakkumulation zustande kommt⁴⁰, geht man heute davon aus, dass langfristiges Wachstum durch technischen Fortschritt generiert wird. So gibt es einerseits die neoklassischen Modelle à la Solow, in denen eine exogene Fortschrittsquote gegeben ist, mit der dann die Wirtschaft im Gleichgewicht wächst⁴¹. In der heutzutage aktuellen endogenen Wachstumstheorie sind die Modelle dahingehend verändert worden, dass der technische Fortschritt endogenisiert wurde. Dies bedeutet, dass hier gewinnmaximierende Unternehmen Investitionen in Forschung und Entwicklung tätigen, und dadurch technischen Fortschritt generieren. Die Investitionen und damit der technische Fortschritt hängen in diesem Fall direkt von den Parametern des Modells ab, weshalb der technische Fortschritt als endogen angesehen wird⁴². In der Literatur gibt es nun Diskussionen darüber, ob nur der technologische Fortschritt Motor des langfristigen Wachstums ist (und die Kapitalakkumulation lediglich das Niveau des Wachstumspfad bestimmt), oder ob nicht vielmehr beide Faktoren das langfristige Wachstum beeinflussen⁴³. Geht man jedoch davon aus, dass der Faktor Kapital auch ein Produktionsfaktor für die Produktion von technologischem Wissen ist⁴⁴, dann macht es durchaus Sinn anzunehmen, dass auch die Kapitalakkumulation für die Rate des langfristigen Wachstums wichtig ist. Doch selbst wenn man davon ausgeht, dass die Kapitalakkumulation nur das Niveau des Wachstumspfad verändere, so gehen von ihr, durch diese Niveaushiftung, auch kurz- und mittelfristige Wachstumswirkungen aus. Deshalb sind, egal welche der beiden oben genannten Richtungen man vertritt, beide Faktoren wichtig für das Wachstum (so lange man sich nicht ausschließlich für langfristige Effekte interessiert). Ich werde deshalb im Folgenden den Einfluss der Umweltpolitik auf beide Faktoren beleuchten.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werde ich im Abschnitt 3.2. erst der Frage nachgehen, wie eine striktere Umweltpolitik die Kapitalakkumulation beeinflusst.

⁴⁰ Arnold (1997), S.3 f.

⁴¹ z.B. Arnold (1997), S.7 f.

⁴² Arnold (1997), S.9

⁴³ Aghion und Howitt (1998), S.114

⁴⁴ so wie es Aghion und Howitt tun. Siehe Aghion und Howitt (1998), S.114

Dazu bediene ich mich eines Wachstumsmodells von Smulders und Gradus aus dem Jahre 1996. Ursprünglich handelt es sich hierbei um ein Modell mit einer endogenen Sparquote und einem Wachstum, welches auch langfristig nur durch Kapitalakkumulation entsteht. Dieses langfristige Wachstum auch ohne technischen Fortschritt erklärt sich dadurch, dass es keine Abschreibungen des Kapitalstocks gibt. Dies kann beispielsweise gerechtfertigt werden, wenn man das Humankapital als wichtigsten Produktionsfaktor ansieht. Das Modell beinhaltet eine endogene Sparquote, welche von den nutzenmaximierenden Haushalten gewählt wird. Um zu verstehen, welchen Einfluss eine striktere Umweltpolitik auf die Kapitalakkumulation hat, ist eine endogene Sparquote jedoch nicht zwingend notwendig⁴⁵. Deshalb werde ich das Modell dahingehend modifizieren, dass ich die Sparquote als exogen ansehe.

Im dann folgenden Abschnitt 3.3. möchte ich mich mit den Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Produktivitätswachstum und somit auf den technischen Fortschritt beschäftigen. Danach wird sich die Frage stellen, welche Umweltinstrumente den Unternehmen den größten Anreiz zur Entwicklung technischer Neuerungen geben. Im abschließenden Abschnitt 3.3.3. werde ich dann die Ergebnisse einiger Simulationen und Untersuchungen vorstellen, um die Wirkungen der verschiedenen Umweltinstrumente auf das Wachstum auch qualitativ abschätzen zu können.

3.2. Wirkung der Umweltpolitik auf die Kapitalakkumulation

3.2.1. Das theoretische Modell

Das Modell von Smulders und Gradus ist ein Wachstumsmodell, in dem die Wachstumsrate endogen bestimmt wird, und eine Umweltverschmutzung als unausweichliches Nebenprodukt der Produktion anfällt. Wie oben bereits erwähnt, möchte ich aus Gründen der Überschaubarkeit die Sparsentscheidungen der Individuen als exogen ansehen. Deshalb werde ich auf die Darstellung der im Modell vorhandenen nutzenmaximierenden Individuen verzichten.

Unter Ausblendung der Konsumenten setzt sich dieses Modell dann aus drei Gleichungen zusammen⁴⁶:

⁴⁵ So ändert in den meisten Fällen eine endogene Sparquote nicht die Hauptaussagen von Wachstumsmodellen mit exogener Sparquote. Vgl. Solow (1994), S.49

⁴⁶ alle Gleichungen siehe Smulder und Gradus (1996), S.508

$$(3.1.) \quad Y = \begin{cases} Y(P, K) & \text{wenn } P \leq \bar{P}, Y_K > 0, Y_P < 0 \\ 0 & \text{wenn } P > \bar{P} \end{cases}$$

Der gesamtwirtschaftliche Output Y wird also mit Hilfe des Produktionsfaktors Kapital [=K] produziert. Die Autoren weisen hier darauf hin, dass der Produktionsfaktor Kapital in diesem Modell nicht nur physisches Kapital, sondern auch Humankapital und umwelttechnisches Wissen enthält⁴⁷. Die positive Ableitung von Y nach K bedeutet, dass der Output steigt, je mehr Kapital eingesetzt wird.

Neben dem direkten Produktionsfaktor Kapital gibt es aber auch noch das, was die Autoren den „indirekten“ Produktionsfaktor nennen. Hierbei handelt es sich um die Umweltverschmutzung [P]. Je höher das Niveau der Umweltverschmutzung, desto niedriger wird der gesamtwirtschaftliche Output sein (ausgedrückt durch die negative Ableitung von Y nach P). Man kann die Umweltverschmutzung deshalb als „indirekten“ Produktionsfaktor bezeichnen, da er die Produktivität des Produktionsfaktors Kapital beeinflusst. Durch ein hohes Niveau der Umweltverschmutzung steigt beispielsweise die Wahrscheinlichkeit der Erkrankung von Arbeitskräften, was wiederum die Produktivität des Humankapitals negativ beeinflusst⁴⁸.

Der Wert \bar{P} gibt einen Schwellenwert an. Falls die Umweltverschmutzung dieses Niveau übersteigt, so ist kein menschliches Leben, und damit auch kein Output möglich. Da jedoch meiner Meinung nicht davon auszugehen ist, dass der Treibhauseffekt menschliches Leben unmöglich machen wird, so werde ich im Folgenden annehmen, dass dieser Schwellenwert \bar{P} hier keine Beschränkung darstellt. Die folgende Gleichung beschreibt die Verwendung des Sozialprodukts:

$$(3.2) \quad \dot{K} = Y - C - A$$

Das erwirtschaftete Sozialprodukt kann entweder konsumiert werden [C = Konsum], oder kann für die Vermeidungsmaßnahmen [A] verwendet werden. Durch diese Vermeidungsmaßnahmen kann das Niveau der Verschmutzung reduziert werden. Der Teil des Outputs, der übrig bleibt [\dot{K}], bezeichnet die in der Wirtschaft stattfindende Kapitalakkumulation.

⁴⁷ Smulder und Gradus (1996), S.508

⁴⁸ Smulder und Gradus (1996), S.508 f.

Als dritte Gleichung fehlt nun noch die Verschmutzungsfunktion. Dies ist die Funktion, die erklärt, wie hoch das Niveau der Umweltverschmutzung ist:

$$(3.3) \quad P = P(A, K), \quad P_A < 0, \quad P_K > 0$$

Das Verschmutzungsniveau hängt also positiv vom Kapitalstock ab. Je größer der Kapitalstock der Wirtschaft, desto größer ist auch die Produktion, was es folgerichtig macht, dass mit steigendem Kapital auch die Verschmutzung ansteigt. Andererseits kann das Niveau der Verschmutzung durch die Vermeidungsaktivitäten [A] gesenkt werden. Denkbar ist hier der Einbau von Filteranlagen, die die Produktion sauberer gestalten.

Anhand dieser drei Gleichungen ist es möglich die Wachstumsrate des Kapitalstocks zu berechnen⁴⁹:

$$(3.4.) \quad \frac{\dot{K}}{K} = \frac{Y(P(A, K), K)}{K} (1 - s_a - s_c)$$

Der Wert s_a gibt dabei den Anteil des Outputs an, der in Vermeidungsmaßnahmen gesteckt wird, und der Wert s_c ist entsprechend der Anteil des Outputs, der konsumiert wird. Somit hängt die Rate der Kapitalakkumulation davon ab, wie viel die Haushalte sparen (also gerade nicht konsumieren oder für Vermeidungsmaßnahmen verbrauchen). Anhand dieser Gleichung sieht man, welchen Einfluss eine striktere Umweltpolitik auf das Wachstum haben kann. Da sich eine verschärfte Umweltpolitik durch ein Erhöhen der Vermeidungsaktivitäten auszeichnet, wird folglich der Wert A (und mit ihm auch s_a) steigen. Dies hat zwei Effekte auf das Wachstum von K und damit letzten Endes auf das Wachstum von Y. Einerseits wird der Anteil am Sozialprodukt, der für Vermeidungsaufgaben verwendet wird, steigen (höheres s_a). Dies hat zur Folge, dass der Anteil am Sozialprodukt, der gespart wird (also der zweite Term der RHS von (3.4.)), sinken wird. Durch die gesunkene Sparquote wird demzufolge weniger Kapital akkumuliert, was sich negativ auf das Wachstum der Volkswirtschaft auswirken wird. Andererseits wirkt sich eine erhöhte Vermeidung positiv auf den ersten Term der RHS von (3.4.) aus. Durch die

⁴⁹ Rechnung siehe Anhang B

Erhöhung der Vermeidungsaktivitäten wird das Niveau der Umweltverschmutzung sinken, was die Produktivität des Kapitals erhöhen wird (Es gilt ja: $P_A < 0$ und $Y_P < 0 \Rightarrow Y_A > 0$). Dies hat wiederum einen positiven Einfluss auf den Output und damit auch auf die Kapitalakkumulation.

Der zuerst beschriebene Effekt hat einen negativen Einfluss auf die Kapitalakkumulation, während der zuletzt beschriebene Effekt einen positiven Einfluss hat. Doch welcher der beiden Effekte überwiegt nun für den Bereich der CO_2 -Vermeidung? Beim Klimawandel handelt es sich, wie im zweiten Kapitel festgestellt, um ein globales Problem, bei dem Aktionen einzelner Länder wenig Einfluss haben. Stellt das oben beschriebene Modell also die Volkswirtschaft eines Landes dar, so kann man davon ausgehen, dass Vermeidungsaktivitäten dieses Landes die Umweltqualität nur in sehr geringem Maße verbessern. Der positive Effekt auf die Produktivität des Kapitals sollte gering sein, weshalb auch der erste, negative Effekt hier überwiegen sollte. Deshalb möchte ich folgendes Resultat festhalten:

Ergebnis 3.1.:

Durch eine striktere Umweltpolitik wird die Rate der Kapitalakkumulation gesenkt. Dies liegt darin begründet, dass der negative Einfluss einer gesunkenen Sparquote, den positiven Effekt der geringeren Verschmutzung übersteigen sollte.

Nimmt man an, die Kapitalakkumulation sei der Wachstumsmotor einer Volkswirtschaft, so ist der Gesamteffekt auf das Wachstum ist also hier negativ.

3.2.2. Generelle Überlegungen bezüglich des beschriebenen Modells

Ein Problem des oben beschriebenen Modells ist, dass angenommen wird, die Umweltverschmutzung falle undifferenziert als Nebenprodukt aller Kapitalarten an. Dies liegt daran, dass der oben beschriebene Produktionsfaktor eben mehrere Kapitalarten umfasst. In der Realität ist es wohl jedoch so, dass ein Faktor wie Humankapital bezüglich der Umweltverschmutzung nicht mit physischem Kapital gleichgesetzt werden kann. Wichtige Effekte, wie der Einfluss des Strukturwandels mit einem steigenden Anteil an Dienstleistungen, werden so vollständig ausgeklammert. Die Implikationen des oben beschriebenen Modells werden dadurch jedoch nicht verändert. Zwar könnte es sein, dass es in der Realität eine wachsende

Volkswirtschaft gibt, die gleichzeitig das Niveau ihrer Umweltverschmutzung senkt, tendenziell werden jedoch die oben gefundenen Resultate stimmen.

Eine entscheidende Frage wird nun lauten, ob die drei Umweltinstrumente Auflagen, Steuern und Zertifikate hier die gleichen Auswirkungen auf die Kapitalakkumulation haben werden. Es muss dementsprechend untersucht werden, welches Instrument zur Erreichung eines bestimmten Umweltstandards, am meisten Ressourcen verbraucht (bzw. am meisten Kosten verursacht). Das Instrument, welches, bei gleichem Verschmutzungsniveau, geringere volkswirtschaftliche Kosten hat, sollte in Bezug auf die Kapitalakkumulation vorzuziehen sein. Grund dafür ist, dass bei diesem Instrument weniger finanzielle Ressourcen verbraucht werden, und infolgedessen mehr gespart werden kann. Dieses Argument ist in der Literatur unter dem Begriff der Kosteneffizienz bekannt. So erklärt beispielsweise Feess die Kosteneffizienz folgendermaßen⁵⁰: „Damit ist gemeint, welche volkswirtschaftlichen Kosten entstehen, um eine bestimmte Umweltqualität zu erreichen. [...] Man nennt ein Instrument kosteneffizient, wenn es kein anderes Instrument gibt, das die gleiche Umweltqualität mit niedrigeren Kosten ermöglicht.“ Somit sollte das Instrument, das kosteneffizienter ist als die anderen, weniger negative Effekte auf das Wachstum haben.

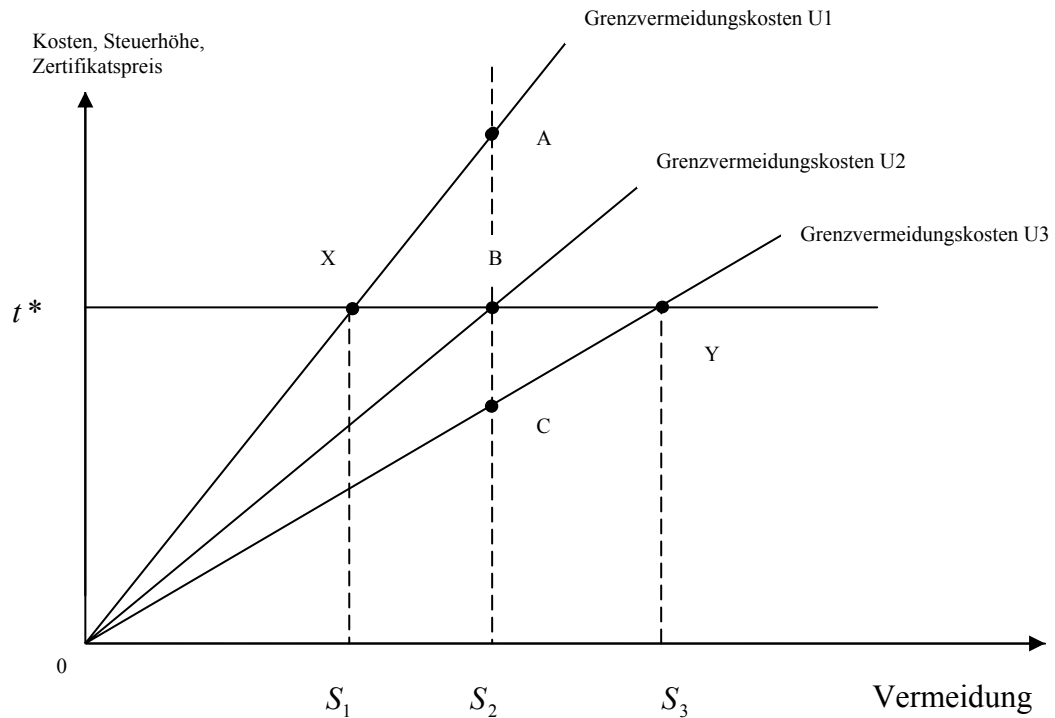
3.2.3. Instrumentenvergleich bezüglich der Kosteneffizienz

Im Folgenden geht es darum, die Instrumente bezüglich ihrer volkswirtschaftlichen Vermeidungskosten zu vergleichen. Die Vermeidung von CO_2 -Emissionen wird den Unternehmen Kosten bereiten, zum Beispiel durch den Einbau von Filteranlagen oder neuerer Technologie. In der nun folgenden Analyse wird dabei angenommen, dass die Unternehmen nicht identisch sind, und sie deshalb auch unterschiedliche Vermeidungskosten haben werden. Dies ist wohl eine realistische Annahme, da ja nicht alle Unternehmen, die CO_2 emittieren, die gleiche Produktionstechnologie benutzen.

Anhand folgender Graphik werden die Unterschiede der drei Umweltinstrumente deutlich, wenn man annimmt, dass die Vermeidungskosten der Firmen nicht identisch sind:

⁵⁰ Feess (1998), S.50

Graphik (3.1.): Vermeidung bei unterschiedlichen Grenzvermeidungskosten.⁵¹



Auf der X-Achse ist die Vermeidung der Unternehmen abgetragen. Je weiter man auf der X-Achse nach rechts geht, desto mehr Emissionen vermeiden die Unternehmen. Auf der Y-Achse sind die anfallenden Kosten in Geldeinheiten angegeben. Die Vermeidung aller drei Unternehmen ist dabei durch steigende Grenzkosten gekennzeichnet. Dies bedeutet, dass die Vermeidung jeder Einheit CO_2 für die Unternehmen teurer ist, als die Vermeidung der vorhergehenden Einheit. Diese Annahme ist auch sinnvoll, da mit steigender Vermeidung immer neuere, bessere und somit teurere Technologie benötigt wird⁵². Wir sehen anhand der Graphik, dass die Firma 1 die höchsten Kosten der Vermeidung hat, und Firma 3 am kostengünstigsten Emissionen vermeiden kann. Um den späteren Vergleich der Instrumente zu erleichtern, wird angenommen, dass $S_1 + S_2 + S_3 = 3S_2$ gilt⁵³.

Betrachten wir nun als erstes den Fall der Auflagen. Angenommen sei, dass die Behörde ein Vermeidungsniveau von S_2 für alle drei Unternehmen vorschreibt. Jedes der drei Unternehmen wird mindestens bis zum Niveau S_2 vermeiden müssen.

⁵¹ Graphik übernommen aus Pearce und Turner (1990), S.95

⁵² Annahme der steigenden Grenzkosten der Vermeidung bestätigt durch Nordhaus (1991), S. 923, 934

⁵³ siehe Pearce und Turner (1990), S.94

Dies bedeutet für das Unternehmen 1, welches durch die hohen Vermeidungskosten gekennzeichnet ist, dass es Gesamtvermeidungskosten von $0AS_2$ tragen muss. Entsprechend ergeben sich für das Unternehmen 2 Vermeidungskosten von $0BS_2$ und für das Unternehmen 3 $0CS_2$. Die Vermeidungsmenge der Gesamtwirtschaft beläuft sich im Auflagenfall auf $3S_2$, da ja jedes der drei Unternehmen bis S_2 vermeiden muss.

Nehmen wir im Gegenzug an, der Staat erhebe eine Ökosteuer der Höhe t^* . Dies hätte zur Folge, dass jedes Unternehmen solange vermeidet, wie die Grenzkosten der Vermeidung billiger sind als die Ökosteuer. Für Unternehmen 1 liegen beispielsweise links von S_1 die Grenzkosten der Vermeidung unterhalb der Ökosteuer. Deshalb wird es mindestens bis zum Punkt X vermeiden. Rechts des Punktes X ist es jedoch günstiger die anfallende Ökosteuer zu zahlen, als weiter Emissionen zu vermeiden. Das Unternehmen 1 wird also genau bis zum Niveau S_1 vermeiden. Dementsprechend vermeidet Unternehmen 2 bis zu S_2 und Unternehmen 3 bis zu S_3 . Als Vermeidungsmenge der Gesamtwirtschaft ergibt sich im Fall der Ökosteuer $S_1 + S_2 + S_3$. Dies ist laut Annahme gleich $3S_2$. Somit ergibt sich sowohl im Auflagen- als auch im Steuerfall das gleiche Niveau an Vermeidung. Doch sind auch die Gesamtkosten der Vermeidung identisch? Unternehmen 1 fallen im Steuerfall Vermeidungskosten von $0XS_1$ an. Für Unternehmen 2 sind es $0BS_2$ und für Unternehmen 3 fallen Kosten von $0YS_3$ an. Das heißt es ergeben sich folgende Gesamtvermeidungskosten in den Fällen der Auflagen bzw. der Steuern:

$$\text{Gesamtvermeidungskosten}_{\text{Auflagen}} = 0AS_2 + 0BS_2 + 0CS_2$$

$$\text{Gesamtvermeidungskosten}_{\text{Steuern}} = 0XS_1 + 0BS_2 + 0YS_3$$

Der Term $0BS_2$ entfällt, da er in beiden Fällen vorkommt. Nimmt man nun die Differenz der beiden Terme ergibt sich⁵⁴:

$$GVK_{\text{Auflagen}} - GVK_{\text{Steuern}} = 0AS_2 - 0XS_1 + 0CS_2 - 0YS_3 = S_1XAS_2 - S_2CYS_3 > 0$$

wobei $GVK = \text{Gesamtvermeidungskosten}$

⁵⁴ Pearce und Turner (1990), S.9

Man sieht, dass die volkswirtschaftlichen Vermeidungskosten der Auflagen höher sind als die Vermeidungskosten der Steuern. Dies bedeutet, dass Steuern den Auflagen in Bezug auf die Kapitalakkumulation überlegen sind, da sie weniger Ressourcen verbrauchen. Dabei spielt auch keine Rolle, dass die Unternehmen bei der Ökosteuer neben den Vermeidungskosten auch Steuern zahlen müssen, was bei den Auflagen nicht der Fall ist. Dies ist in der theoretischen Analyse nur ein Verteilungsproblem (die Steuerbeträge der Unternehmen sind ja nicht verschwunden, sondern können vom Staat investiert werden), welches die Effizienz der Steuerlösung nicht beeinträchtigt.

In diesem Fall hat eine Lösung mit Zertifikaten, ähnlich wie im zweiten Kapitel schon angesprochen, genau die gleichen Auswirkungen wie die Steuerlösung. Man stelle sich vor, der Staat vergabe an jedes Unternehmen Lizenzen für S_2 Emissionen. Dann betrüge die Gesamtmenge an Emissionen, wie bei den zwei anderen Instrumenten, ebenfalls $3S_2$. Die Unternehmen können jetzt die Lizenzen handeln. Das Unternehmen 2 hat jedoch keinen Anreiz Lizenzen zu handeln, da für dieses Unternehmen schon die Optimalbedingung Zertifikatspreis = Grenzkosten der Vermeidung gilt. Für das erste Unternehmen besteht jedoch ein Anreiz Zertifikate zu kaufen, da dessen Grenzvermeidungskosten bei S_2 höher sind als die Grenzvermeidungskosten des dritten Unternehmens. Darum wird das dritte Unternehmen Zertifikate an das erste Unternehmen verkaufen. Ein Gleichgewicht entsteht hier erst, wenn für alle Unternehmen die Optimalbedingung erfüllt ist, also der Zertifikatspreis gleich t^* ist.

Die beiden marktwirtschaftlichen Instrumente (Steuern, Zertifikate) sind also in Bezug auf die Kosteneffizienz dem ordnungswirtschaftlichem Instrument überlegen. Die Intuition dahinter ist, dass die Unternehmen bei den marktwirtschaftlichen Instrumenten die Flexibilität haben, die Emissionen dort zu vermeiden, wo dies am kostengünstigsten möglich ist.

Ein Problem dieser Analyse ist jedoch, dass sie von den Transaktionskosten der jeweiligen Instrumente abstrahiert. So muss zum Beispiel für den Zertifikatehandel eine Handelsplattform betrieben werden, was wiederum Kosten verursacht. Man geht im Allgemeinen davon aus, dass die Transaktionskosten von Zertifikatsystemen und Ökosteuern die Transaktionskosten der Auflagenlösungen

übertreffen⁵⁵. Das bedeutet, dass die Marktlösungen der Auflagenlösung nur vorzuziehen sind, wenn die Effizienzgewinne der geringeren Vermeidungskosten die höheren Transaktionskosten übersteigen. Die Effizienzgewinne sind genau dann sehr groß, wenn die vermeidenden Unternehmen ziemlich unterschiedliche Vermeidungskostenfunktionen haben. Je heterogener die Unternehmen, desto größer die Effizienzgewinne⁵⁶. Da sich unter allen Umweltproblemen jedoch gerade der Klimawandel als ein Problem darstellt, welches von fast allen Sektoren der Volkswirtschaft verursacht wird, kann hier von einem ausreichend hohen Grad an Heterogenität der betroffenen Unternehmen ausgegangen werden. Die Effizienzgewinne der Marktinstrumente sollten demzufolge hinreichend groß sein. Abschließend möchte ich folgendes Resultat festhalten:

Ergebnis 3.2.:

In Bezug auf die Kosteneffizienz sind die beiden Marktinstrumente Zertifikate und Ökosteuern den Auflagen überlegen.

Will man also mit allen Instrumenten das gleiche Umweltniveau erreichen, dann haben die Marktinstrumente weniger negative Auswirkungen auf die Rate der Kapitalakkumulation und somit auf das Wachstum.

3.3. Umweltpolitik und technischer Fortschritt

3.3.1. Auswirkungen der Umweltpolitik auf das Produktivitätswachstum

Wie in Abschnitt 3.1. schon angesprochen, wird der technische Fortschritt von vielen als Hauptmotor des Wirtschaftswachstums gesehen. Als technischen Fortschritt versteht man dabei neue, bessere Produktionstechnologien, die es erlauben, die vorhandene Arbeit effizienter einzusetzen. Da dadurch die vorhandene Menge der effizienten Arbeit ansteigt, kann in der Volkswirtschaft auch mehr produziert werden. Diese Beziehung wird in der Literatur häufig durch die Gleichung $Y=F(K, AL)$ wiedergegeben. Der Output [Y] ist also eine Funktion des Kapitalstocks [K] und der effizienten Arbeit [AL]. Je schneller daher der Faktor des technologischen Wissens [A] wächst, desto schneller wird der Output wachsen.

⁵⁵ Romstad (1999), S.52

⁵⁶ Romstad (1999), S.52

Diese Rate des technischen Fortschritts ist allgemein unter dem Begriff des Produktivitätswachstums bekannt. Wie oben gesehen, wird der technische Fortschritt meistens als arbeitssparender technischer Fortschritt modelliert. Dies bedeutet, dass bei einem gestiegenen A weniger vom Faktor L eingesetzt werden muss, um den gleichen Output zu erstellen. Neben diesem produktivitätssteigernden technischen Fortschritt gibt es jedoch auch den ebenfalls sehr wichtigen umwelttechnischen Fortschritt⁵⁷. Der umwelttechnische Fortschritt äußert sich darin, dass der Produktionsfaktor Energie effizienter genutzt werden kann. Somit kann mit der gleichen Menge Energie ein höherer Output erstellt werden. Wie bereits in Kapitel 2 festgestellt, ist ein hoher umwelttechnischer Fortschritt unabdingbar, um die Treibhausgasemissionen zu begrenzen.

Glaubte man früher noch, die Rate des technischen Fortschritts sei exogen gegeben, so wird heute angenommen⁵⁸, dass sich der technische Fortschritt, aufgrund der Entscheidungen in den Unternehmen, endogen ergibt. Die Idee dahinter ist die Annahme, technologisches Wissen werde in den R&D Abteilungen der Unternehmen generiert.

Das bedeutet, dass die Unternehmen sich entscheiden, wie viel Ressourcen sie in die Entwicklung von arbeitssparendem technischen Fortschritt bzw. energiesparendem oder andersartigem umwelttechnischem Fortschritt stecken. Will man wissen, inwiefern die Umweltpolitik das Produktivitätswachstum einer Volkswirtschaft beeinträchtigt, so sollte man herausfinden, welche Entscheidungen aufgrund einer strikteren Umweltpolitik in den Unternehmen selbst getroffen werden. Um diese Frage beantworten zu können, ist es wichtig zu verstehen, dass die Unternehmen versuchen, durch das Produktivitätswachstum ihre Stückproduktionskosten zu senken⁵⁹. Unter der Annahme, dass Arbeitskosten einen wesentlich höheren Anteil der Stückkosten eines Unternehmens ausmachen als Energiekosten, kann man davon ausgehen, dass der Anreiz zu arbeitssparendem technischem Fortschritt für die Unternehmen wesentlich höher sein muss, als der Anreiz zu energiesparendem technischem Fortschritt⁶⁰. Das liegt daran, dass die Unternehmen durch ein 1%-iges Wachstum der Arbeitsproduktivität entsprechend mehr Kosten einsparen können, als durch eine 1%-ige Verbesserung der Energieeffizienz. Die Tatsache, dass die

⁵⁷ Genaue Beschreibung des umwelttechnischen Fortschritts siehe Cansier (1979), S.346 ff.

⁵⁸ siehe Arnold (1997), S.7f.

⁵⁹ Cansier (1979), S.350

⁶⁰ geht zurück auf die „Theory of Induced Bias in Innovation“ von Kennedy. Aus Cansier (1979), S.349

Personalkosten gesamtwirtschaftlich einen wesentlich höheren Anteil ausmachen als die Energiekosten, bestätigt sich in der Realität. Für die niederländische Wirtschaft schwankte beispielsweise der Anteil der Personalkosten an den Arbeitskosten im Zeitraum von 1954 bis 1989 zwischen 64% und 74%⁶¹. Der Anteil der Energiekosten betrug dagegen lediglich zwischen 10% und 17%. Andere Untersuchungen⁶² kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Man kann also festhalten, dass die Unternehmen wesentlich mehr Anreize haben, ihre R&D Aktivitäten auf arbeitssparende technische Innovationen zu konzentrieren.

Wenn dies stimmt, sollte man in der Realität beobachten, dass das Produktivitätswachstum in der Vergangenheit stetig höher war als das umwelttechnische Wachstum. Schon im Jahre 1979 stellte Cansier folgendes fest: „Das Ergebnis dieser Entwicklung ist, dass sich der Produktivitätsfortschritt relativ rasch entwickelt und ökologisch-technische Fortschritte zwar auftreten, aber das Fortschrittstempo geringer ist.“⁶³ Dieses theoretische Resultat wird auch durch statistische Untersuchungen untermauert. Am Beispiel Deutschlands ist dies sehr gut zu erkennen: Von 1960 bis 1995 stieg die Produktivität der Arbeit in Deutschland um insgesamt 207%, während im gleichen Zeitraum die Produktivität der Nutzung von Energie und Rohstoffen nur um 31% - 49% stieg⁶⁴.

Inwiefern verändert eine striktere Umweltpolitik die Anreize der Unternehmen bezüglich der Aufteilung ihrer R&D Ausgaben? Eine striktere Umweltpolitik wird sich in der Realität durch strengere Auflagen, höhere Ökosteuern oder eine geringere Menge an Zertifikaten auszeichnen. Also wird die Nutzung der Energie für die Unternehmen teurer werden. Durch die striktere Umweltpolitik steigt deshalb der Anreiz der Unternehmen umwelttechnische Innovationen zu generieren. Die Unternehmen werden mehr Ressourcen für die Entwicklung umwelttechnischer Innovationen bereitstellen. Der springende Punkt wird sein, ob dieses mehr an Forschung im umwelttechnischen Bereich auch ein weniger an Forschung im produktivitätssteigernden technischen Bereich bedeutet. Dies wäre dann der Fall, wenn der Bestand der insgesamt in der Forschung arbeitenden Angestellten fix wäre. Man könnte im Umweltbereich nur mehr forschen, wenn Angestellte aus der normalen Forschung abgezogen würden⁶⁵. In diesem Fall käme es aufgrund der

⁶¹ Kuper (1996), S.150

⁶² beispielsweise für die US – Wirtschaft: Bell (1973), S.95

⁶³ Cansier (1979), S.351

⁶⁴ Statistisches Bundesamt (1998)

⁶⁵ siehe Cansier (1979), S.556

strengerer Umweltpolitik zu weniger produktivitätssteigerndem technischem Fortschritt, was das zukünftige Wachstum senken würde.

Hier muss natürlich zwischen der kurzen und der langen Frist unterschieden werden. Langfristig können sicherlich mehr Beschäftigte im Bereich der Umweltforschung eingestellt werden, ohne dass die Anzahl der Beschäftigten in der produktivitätsorientierten Forschung sinken muss. Dies kann beispielsweise durch die Ausbildung neuer Arbeitskräfte für diese Bereiche geschehen. Kurzfristig jedoch wird das Angebot an gut ausgebildeten Fachkräften für diesen Bereich relativ fix sein, so dass Arbeitskräfte aus anderen Entwicklungsbereichen abgezogen werden müssten. Die Konsequenz ist dann natürlich, dass eine größere Nachfrage an Beschäftigten in der umwelttechnischen Forschung, kurzfristig nur mit einer Freisetzung von Beschäftigten in der produktivitätsorientierten Forschung zu vereinbaren ist. Das Resultat ist also, dass es einen Trade – Off zwischen der Wachstumsrate des Produktivitätsfortschrittes und der Wachstumsrate des umwelttechnischen Fortschrittes geben muss⁶⁶.

Dieses Ergebnis wurde auch in einigen empirischen Studien bestätigt. So schätzte Cansier anhand eines postkeynesianischen Ansatzes, dass die Umweltpolitik im Zeitraum 1975 bis 1979 die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Produktionspotentials um 0,18 Prozentpunkte gesenkt hat⁶⁷. Im Jahre 1995 kommen Conrad und Wastl anhand einer empirischen Untersuchung zu dem Schluss, dass eine striktere Umweltpolitik in Deutschland einer der Gründe war, die zu einem geringeren Produktivitätsfortschritt in den 80ern führten⁶⁸. In einer ökonometrischen Studie fanden Christainsen und Havemann heraus, dass eine strengere Umweltregulierung eindeutig einen negativen Einfluss auf die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität hat⁶⁹. Viele Beispiele anderer Studien finden sich in Conrad und Wastl (1995)⁷⁰. Es ist demnach auch empirisch relativ gut gesichert, dass der oben beschriebene Trade – Off zwischen produktivitätssteigerndem technischem Fortschritt und umwelttechnischem Fortschritt wirklich besteht. Deshalb möchte ich hier folgendes festhalten:

⁶⁶ siehe auch Cansier (1979), S.356 f.

⁶⁷ Cansier (1979), S.340

⁶⁸ Conrad und Wastl (1995), S.624 - 626

⁶⁹ Christainsen und Haveman (1981), S.320 -325

⁷⁰ Conrad und Wastl (1995), S.616

Ergebnis 3.3.:

Eine striktere Umweltpolitik hat ein Sinken des Produktivitätsfortschritts zur Folge. Grund dafür ist, dass sich dann für die Unternehmen die Forschung nach energiesparenden Innovationen mehr lohnt, und sie dafür Ressourcen aus der Entwicklung anderer produktivitätssteigernder Innovationen abziehen.

Allerdings ist dieser negative Effekt auf das Produktivitätswachstum relativ gering.

Es ist jedoch keinesfalls so, dass man aufgrund der oben gefundenen Zusammenhänge technischen Fortschritt im Umweltbereich ablehnen sollte. Wie bereits im zweiten Kapitel gesagt, ist ein hoher umwelttechnischer Fortschritt aus ökologischer Sicht unverzichtbar. Ein weiterer Grund, umwelttechnischen Fortschritt zu befürworten, ist, dass er die zukünftigen Vermeidungskosten stark reduzieren kann. Umwelttechnische Erneuerungen bedeuten ja, dass ein gegebenes Emissionsniveau zu geringeren Kosten erreicht werden kann. Dies macht sich durch eine gesunkene Grenzkostenkurve der Vermeidung bemerkbar⁷¹. Will man beispielsweise eine Verringerung der Treibhausgasemissionen um 20% in den nächsten 20 Jahren erreichen, so ist dies durch einen hohen umwelttechnischen Fortschritt wesentlich kostengünstiger möglich, da die Vermeidungskosten im Zeitablauf stark sinken würden. Somit ermöglicht ein hoher umwelttechnischer Fortschritt erst die Chance auf ein nachhaltiges und langfristig mögliches Wachstum. Aus der Sicht der langfristigen Wachstumsmöglichkeiten ist ein hoher umwelttechnischer Fortschritt also zu befürworten.

3.3.2. Umweltinstrumente und umwelttechnische Innovation

Um die Wirkung der Umweltinstrumente auf den umwelttechnischen Fortschritt darzustellen, möchte ich dem Modell von Milliman und Prince folgen⁷². Die Autoren nehmen an, dass umwelttechnischer Fortschritt aus drei verschiedenen Phasen besteht: Der erste Schritt besteht darin, dass ein Unternehmen eine Innovation macht, die die Grenzkosten der Vermeidung des innovierenden Unternehmens senkt. Konsequenz der Innovation ist, dass das innovierende Unternehmen das ihm auferlegte Vermeidungsniveau zu geringeren Kosten erreichen kann⁷³. Die zweite Phase besteht darin, dass sich die Innovation des

⁷¹ siehe Goulder und Schneider (1999), S.218

⁷² Milliman und Prince (1989), S.247 - 265

⁷³ Beschreibung der drei Phasen: Milliman und Prince (1989), S.247 f.

Unternehmens in der gesamten Wirtschaft durchsetzt. Hier findet folglich eine Diffusion der neuen Technologie statt. Da durch die Diffusion alle Unternehmen die Vermeidung mit niedrigeren Grenzkosten erreichen, sinken die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Vermeidung durch die Diffusion relativ stark. Die letzte Phase der technologischen Innovation besteht darin, dass die Behörden die gesamtwirtschaftlich gesunkenen Vermeidungskosten bemerken, und die Umweltpolitik dementsprechend strenger gestalten werden. Somit profitiert in der letzten Phase des umwelttechnischen Fortschritts die Bevölkerung durch eine bessere Umweltqualität. Der Reiz dieses Modells liegt darin, dass es nicht nur die Anreize der Innovation an sich, sondern eben auch die Anreize zu einer schnellen Diffusion der neuen Technologie betrachtet. Ich möchte jedoch im Folgenden von der Analyse der letzte Stufe (also der angepassten Regulierungspolitik der Behörde) absehen, da in der Realität die Klimapolitik meist mit langfristigen Zielen arbeitet, die nicht nach jeder Innovation angepasst werden. So ist es beispielsweise Ziel des Kyoto - Protokolls die Emissionen an Treibhausgasen während des Zeitraums von 2008 – 2012 um 5,2% unter die Werte von 1990 zu senken⁷⁴. Kommt es in diesem Zeitraum zu starkem umwelttechnischen Fortschritt, so werden die betroffenen Länder sich wohl eher freuen, dass die Kosten der Vermeidung nun geringer ausfallen. Mit einer Verschärfung der Vermeidungsziele ist jedoch nicht zu rechnen. Infolgedessen werde ich hier nur betrachten, welchen Einfluss die Instrumente auf die Innovation und auf die Diffusion von neuer Technologie haben.

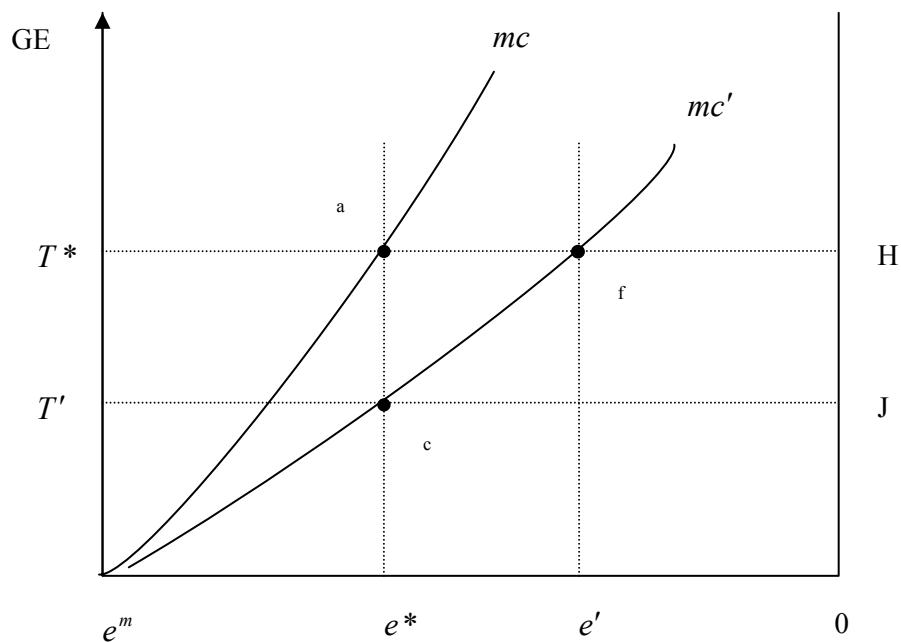
Im Modell gibt es eine große Anzahl von N identischen Firmen, die in einem perfekten Wettbewerb miteinander stehen. Dies bedeutet, dass es hier keine Rückkoppelungen über den Wettbewerb auf den Gütermarkt gibt. Diese Annahme ist auch realistisch, da von der CO_2 Vermeidung eine große Anzahl von Firmen aus unterschiedlichen Branchen betroffen ist⁷⁵. Diese Unternehmen sind für eine Art von Umweltverschmutzung zuständig (in unserem Fall also Treibhausgasemissionen), die die Regierung auf das wohlfahrtsoptimale Niveau E^* (entspricht e^* pro Unternehmen $\rightarrow Ne^* = E^*$) reduziert. Um dies zu erreichen kann sich die Regierung der Auflagen, der Ökosteuern oder der Zertifikate bedienen. Bei den Zertifikaten unterscheidet man noch zwischen den frei herausgegebenen Zertifikaten und den versteigerten Zertifikaten. Die Menge der herausgegebenen Zertifikate ist dabei

⁷⁴ Europäische Kommission (2003)

⁷⁵ So sind am bald eingeführten EU – Emissionshandelssystem ungefähr 10000 Unternehmen aus verschiedenen Branchen beteiligt. Siehe Europäische Kommission (2003)

gleich (nämlich = E^*), jedoch werden sie im ersten Fall, der auch als Grandfathering Methode bezeichnet wird, frei an die Unternehmen verteilt, und im zweiten Fall findet eine Auktion statt. Die Menge der Auflagen ist natürlich ebenfalls E^* (d.h. e^* für jedes einzelne Unternehmen). Auch die Steuerhöhe wird entsprechend auf T^* gesetzt, so dass sich die Unternehmen auch in diesem Fall auf das Emissionsniveau E^* beschränken. Für die weitere Analyse ist es notwendig den Sachverhalt graphisch darzustellen:

Graphik (3.2): Anreize zur umwelttechnischen Innovation.⁷⁶



Den oben beschriebenen Sachverhalt kann man anhand der Graphik ablesen. Auf der X-Achse sind die Emissionen des Unternehmens abgetragen. Im Punkt e^m emittiert jedes Unternehmen das Maximum, vermeidet also gar keine Emissionen. Im Punkt 0 vermeidet das Unternehmen komplett alle Emissionen. Auf der y-Achse werden die Vermeidungskosten und Steuerhöhe, bzw. Zertifikatspreis in Geldeinheiten [GE] gemessen. Die Kurve mc gibt die Grenzkosten der Vermeidung von jedem einzelnen der vielen identischen Unternehmen an. Dabei liegen steigende Grenzkosten vor, je mehr vermieden wird, also je näher wir uns dem Punkt 0 auf der X-Achse nähern.

⁷⁶ Graphik aus Milliman und Prince (1989), S.250

Im Ausgangspunkt emittiert jedes Unternehmen die Menge e^* . Dies ist möglich durch Auflagen, die vorschreiben, dass jedes Unternehmen die Menge $e^m - e^*$ vermeiden muss, durch Ausgabe von e^* Zertifikaten oder durch eine Ökosteuer der Höhe T^* .

Fangen wir nun an zu untersuchen, wie groß die Anreize für ein einzelnes Unternehmen sind, eine neue Technologie zu entwickeln, die die Grenzkostenkurve des entsprechenden Unternehmens auf mc' senkt:

Tabelle (3.1.): Kostenunterschied durch die Innovation.⁷⁷

		Auflagen	Steuern	Freie Lizenzen	Versteigerte Lizenzen
Kosten vor der Innovation:					
1	Direkte Kosten	$e^m ae^*$	$e^m ae^*$	$e^m ae^*$	$e^m ae^*$
2	Transferzahlungen	-	$e^* aH0$	-	$e^* aH0$
3	Gesamtkosten	$e^m ae^*$	$e^m aH0$	$e^m ae^*$	$e^m aH0$
Kosten nach der Innovation					
4	Direkte Kosten	$e^m ce^*$	$e^m fe'$	$e^m fe'$	$e^m fe'$
5	Transferzahlungen	-	$e'fH0$	-	$e'fH0$
6	erhaltene Zahlungen	-	-	$e^* afe'$	-
7	Gesamtkosten	$e^m ce^*$	$e^m fH0$	$e^m ce^* - caf$	$e^m fH0$
Kostenunterschied durch die Innovation		$-e^m ac$	$-e^m af$	$-e^m af$	$-e^m af$

Im Fall der Auflagen betragen die direkten Kosten der Vermeidung vor der Innovation $e^m ae^*$. Da das Unternehmen in diesem Fall keine Transferzahlungen an den Staat zu leisten haben, sind dies auch die Gesamtkosten. Durch die Innovation verschiebt sich die Grenzkostenkurve auf mc' , was für den Innovator zur Folge hat, dass die direkten Kosten der Vermeidung auf $e^m ce^*$ fallen. Somit sinken im Auflagenfall die Kosten der Vermeidung durch die Innovation um den Betrag $e^m ac$. Die gesunkenen Kosten kommen hier dadurch zustande, dass der Innovator die Auflage kostengünstiger erfüllen kann.

⁷⁷ Milliman und Prince (1989), S.251

Im Fall der Ökosteuern betragen die direkten Kosten der Vermeidung ebenfalls $e^m a e^*$. Dazu kommen aber noch Kosten, die dadurch entstehen, dass das Unternehmen für die verbliebenen Emissionen Ökosteuern zahlen muss. Bei einem Ökosteuersatz von T^* ergeben sich Zahlungen an den Staat in Höhe von $e^* a H_0$. Dies ergibt für das Unternehmen Gesamtkosten von $e^m a H_0$. Die durch die Innovation gesunkenen Grenzkosten der Vermeidung haben nun zwei Effekte: Zum einen wird die Vermeidung von Emissionen für das Unternehmen attraktiver. Das Unternehmen emittiert nur noch bis zur Menge e' . Es vermeidet demzufolge mehr Emissionen als vor der Innovation. In Folge dessen steigen die direkten Vermeidungskosten auf $e^m f e'$ an. Im Gegenzug fällt dadurch jedoch die vom Unternehmen zu zahlende Ökosteuer auf $e' f H_0$. Somit ergeben sich nach der Innovation für das Unternehmen Gesamtkosten von $e^m f H_0$. Die Gesamtkosten nach der Innovation sind folglich um den Betrag $e^m a f$ geringer als vor der Innovation. Die Kostenersparnis durch die Innovation ist folglich bei Nutzung der Ökosteuern größer, als bei Nutzung der Auflagen.

Im Fall der versteigerten Lizenzen sind die Ergebnisse hier mit denen der Ökosteuer bezüglich der Kosteneinsparungen identisch⁷⁸. Zum Preis T^* wird das Unternehmen nach der Innovation entsprechend mehr Lizenzen ersteigern, und folglich genauso viel vermeiden wie der Innovator unter der Ökosteuer⁷⁹.

Die Kostenersparnis durch die Innovation ist bei den frei vergebenen Lizenzen identisch, aber die Begründung eine andere. In der Ausgangssituation hat das Unternehmen durch die freien Lizenzen genau die gleichen Kosten wie die Auflagen, da die Menge der erlaubten Emissionen gleich ist, und ebenfalls keine Transferzahlungen an den Staat stattfinden. Die Gesamtkosten vor der Innovation betragen $e^m a e^*$. Nach der Innovation ändert sich der Zertifikatspreis nicht, aber das Unternehmen hat niedrigere Grenzkosten der Vermeidung. Die Folge ist, dass es entsprechend mehr vermeiden wird (und zwar bis zur Emissionsmenge e'). Somit ergeben sich als direkte Kosten der Vermeidung $e^m f e'$. Als Folge der höheren Vermeidung kann das Unternehmen überflüssige Zertifikate der Menge $e^* - e'$ am Zertifikatsmarkt verkaufen. Infolgedessen hat das Unternehmen aus diesem Verkauf

⁷⁸ siehe Tabelle 3.1.

⁷⁹ entscheidende Annahme ist hier natürlich, dass es sich um ein kleines Unternehmen handelt, welches den Zertifikatspreis nicht beeinflusst

Einnahmen in der Höhe von e^*afe' . Die Gesamtkosten des Unternehmens nach der Innovation belaufen sich somit auf e^mce^*-caf . Die Gesamtkosten nach der Innovation sind also im Fall von frei vergebenen Lizenzen kleiner als im Fall von Ökosteuern oder versteigerten Lizenzen, jedoch ist der Unterschied zu den Kosten vor der Innovation in allen drei Fällen genau gleich. Das liegt daran, dass die Kosten der frei vergebenen Lizenzen für das Unternehmen auch vor der Innovation schon niedriger als im Steuerfall oder im Fall der versteigerten Lizenzen waren.

Das Resultat kann man in der letzten Zeile der Tabelle (3.1.) ablesen. Die Kostenersparnis durch die Innovation ist bei den Instrumenten Ökosteuern und Zertifikate untereinander gleich hoch, verglichen mit den Auflagen jedoch größer. Dies bedeutet, dass der Anreiz für ein Unternehmen, eine Innovation zu generieren, unter den Auflagen kleiner ist als unter den marktwirtschaftlichen Instrumenten.

Neben der Innovation selbst ist jedoch auch die Diffusion der Innovation in der Gesamtwirtschaft von großer Bedeutung. Somit muss man sich als erstes fragen, welches Interesse das innovierende Unternehmen daran hat, dass die Innovation sich in der gesamten Wirtschaft verbreitet. Eine Diffusion der neuen Technologie in der Gesamtwirtschaft bedeutet, dass nun alle Unternehmen die niedrigere Grenzkostenkurve der Vermeidung mc' haben. Unter der Annahme, dass die Regierung nicht auf die Diffusion antwortet und die Vermeidungsziele anpasst, hat eine Diffusion für den Innovator im Auflagen- und im Steuerfall keine Auswirkungen. Da sich weder die Menge der erlaubten Emissionen, noch der Steuersatz ändert, ändern sich durch die Diffusion die Vermeidungskosten für den Innovator nicht⁸⁰. Der Innovator steht einer Diffusion im Falle der Auflagen und der Ökosteuern demnach indifferent gegenüber. Anders sieht dies jedoch in den beiden Zertifikatsfällen aus. Im Fall der frei vergebenen Zertifikate sind die Gesamtkosten vor der Diffusion für das Unternehmen e^mce^*-caf ⁸¹. Durch die Diffusion der neuen Technologie sinkt jedoch der Zertifikatspreis auf T' . Deshalb betragen die Kosten nach der Diffusion für den Innovator e^mce^* . Dies bedeutet also, dass durch die Diffusion die Kosten des Innovators um den Betrag caf steigen. Grund dafür ist, dass das Unternehmen vor der Diffusion Zertifikate verkaufen konnte, was dem Unternehmen einen geldwerten Vorteil verschaffte. Nach der Diffusion findet der

⁸⁰ siehe Tabelle (3.2.)

⁸¹ ist gleich Zeile 7 in Tabelle (3.1.)

Innovator jedoch keine Käufer mehr, so dass die Einnahmen aus dem Zertifikatsverkauf wegfallen. Somit kann der Innovator in diesem Fall nicht an einer Diffusion der neuen Technologie interessiert sein.

Anders ist die Situation im Falle der versteigerten Lizenzen. Vor der Diffusion hat der Innovator Gesamtkosten von $e^m fH0$ ⁸². Durch die Diffusion sinkt der Zertifikatspreis auf T' . Der Unterschied zu den frei verteilten Zertifikaten ist jedoch, dass auch der Innovator von dem gesunkenen Zertifikatspreis profitiert, da er die Lizenzen ja jede Periode ersteigern muss. Die Gesamtkosten nach der Diffusion betragen für den Innovator nur noch $e^m cJ0$. Dies ergibt eine Kostenersparnis durch die Diffusion von $cfHJ$. Folglich kommt eine Diffusion in diesem Fall dem Innovator zu Gute, und er sollte aus diesem Grunde daran interessiert sein, dass sich die neue Technologie schneller verbreitet.

Aus Sicht des Innovators bieten demzufolge die versteigerten Zertifikate den größten Anreiz die Innovation zu verbreiten, und die frei vergebenen Zertifikate den geringsten Anreiz. Diese Ergebnisse sind in den ersten drei Zeilen der folgenden Tabelle zusammengefasst

Tabelle (3.2.): Diffusionsanreize der Unternehmen.⁸³

	Innovator	Auflagen	Steuern	Freie Lizenzen	Versteigerte Lizenzen
1	Gesamtkosten vor der Diffusion (=Zeile 7 aus Tabelle 3.1.)	$e^m ce^*$	$e^m fH0$	$e^m ce^* - caf$	$e^m fH0$
2	Gesamtkosten nach der Diffusion	$e^m ce^*$	$e^m fH0$	$e^m ce^*$	$e^m cJ0$
3	Kostenunterschied (=2-1)	-	-	caf	$- cfHJ$
	Nicht Innovator				
4	Kosten vor der Innovation (=Zeile 3 aus Tabelle 3.1.)	$e^m ae^*$	$e^m aH0$	$e^m ae^*$	$e^m aH0$
5	Kostenunterschied durch Diffusion (=2-4)	$- e^m ac$	$- e^m af$	$- e^m ac$	$- e^m aHJc$

⁸² siehe auch Tabelle (3.1.) in Zeile 7

⁸³ Tabelle aus Milliman und Prince (1989), S.253

Man muss zu guter letzt nur noch betrachten, welche Instrumente den übrigen Unternehmen der Industrie einen Anreiz geben, die Innovation zu verbreiten. Der Gewinn der gesamten Wirtschaft besteht darin, dass nach der Diffusion alle Unternehmen zu den geringeren Grenzkosten produzieren können. Infolgedessen ist der Anreiz zur Diffusion der neuen Technologie gleich den gesamtwirtschaftlichen Kostenunterschieden vor der Innovation und nach der Diffusion. Diese Kostenunterschiede sind in Zeile 5 von Tabelle (3.2.) zusammengefasst. Die höchsten Kostenersparnisse fallen bei den versteigerten Lizenzen an, die zweithöchsten bei der Steuerlösung. Frei vergebene Zertifikate und Auflagen liefern hier den geringsten gesamtwirtschaftlichen Anreiz zur Diffusion. Der besondere Vorteil der versteigerten Zertifikate und der Ökosteuern liegt hier also darin, dass durch die Diffusion der Innovation die Transferzahlungen an den Staat sinken, was eine im Vergleich zu Auflagen und frei vergebenen Zertifikaten höhere Ersparnis bietet.

Fassen wir die Ergebnisse noch einmal kurz zusammen: Steuern, freie und versteigerte Lizenzen bieten den gleichen Anreiz zur Innovation, und auch einen größeren Anreiz als die Auflagen. Im Fall der frei vergebenen Lizenzen ist der Innovator jedoch gegen eine Diffusion. Dies sollte aber nur kurzfristig von Bedeutung sein, wenn man annimmt, dass die Innovation nicht patentierbar ist⁸⁴. Hier bieten die versteigerten Lizenzen am meisten Anreize für den Innovator, seine Innovation zu verbreiten. Die gesamtwirtschaftlichen Kosteneinsparungen durch die Diffusion, und damit die Anreize zur Diffusion für die nicht innovierenden Unternehmen, sind am größten bei den versteigerten Lizenzen. Danach bieten Ökosteuern die zweithöchsten Anreize. Auflagen und frei vergebene Lizenzen bieten hier am wenigsten Anreize zur Diffusion der Innovation.

Lässt man die Anreize des Innovators zur Diffusion aus dem oben genannten Grund, dass die Innovation nicht patentierbar ist, außer Acht, ergibt sich folgende Reihenfolge der Instrumente: Am besten schneiden die versteigerten Lizenzen ab, gefolgt von der Ökosteuer, den frei vergebenen Lizenzen und den Auflagen.

Aus Sicht des Staates, der erstens einen hohen umwelttechnischen Fortschritt fördern will, und zweitens an Einnahmen interessiert ist, ergeben sich hier also Vorteile der versteigerten Lizenzen und der Ökosteuern. Es ist aber ebenso ersichtlich, dass die Unternehmen immer die Auflagen und die frei vergebenen

⁸⁴ Milliman und Prince behandeln zwar auch den Fall der patentierbaren Innovationen, den meisten Raum gewähren sie jedoch den nicht patentierbaren Innovationen.

Zertifikate vorziehen, da hier die Gesamtkosten für die Unternehmen aufgrund der fehlenden Transferzahlungen am geringsten sind. Als Resultat dieses Abschnittes möchte ich kurz folgendes festhalten:

Ergebnis 3.4.:

Beurteilt man die Umweltinstrumente danach, welche dynamische Anreizwirkung zur Entwicklung von umwelttechnischem Fortschritt sie bieten, ergibt sich folgende Reihenfolge:

Versteigerte Zertifikate > Ökosteuern > frei verteilte Zertifikate > Auflagen

3.3.3. Zusammenfassung und Simulationsergebnisse

Werden die oben gefundenen Ergebnisse von empirischen Studien und Simulationen bestätigt? Ein wichtiger gefundener Zusammenhang war, dass eine strikere Umweltpolitik den Anreiz zur umwelttechnischen Innovation erhöht. Hierzu gibt es eine ökonometrische Untersuchung von Schmitz⁸⁵. Der Autor regressierte dort den Anteil der Patente, die im energiesparenden Bereich vergeben wurden, auf den Anteil der Ökosteuern an den Energiepreisen und den öffentlichen R&D Ausgaben im umwelttechnischen Bereich⁸⁶. Die Untersuchung erstreckte sich auf Japan und die EU. Als Ergebnis gab es einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Anteil der Ökosteuer am Energiepreis, und dem Anteil von umwelttechnischen Patenten. Daher kann man sagen, dass eine strengere Umweltpolitik (die sich in der Untersuchung durch eine höhere Ökosteuer zeigt) zu mehr umwelttechnischen Innovationen führt.

Bezüglich der Wachstumseffekte verschiedener Umweltinstrumente gibt es zwei interessante Simulationen von Capros et al. und von Meyer et al., die für alle Instrumente wie erwartet negative Auswirkungen auf das Wachstum vorhersagen. Capros et al. entwerfen ein GEM-E3 Modell der EU, in dem sie die makroökonomischen Kosten von Ökosteuern mit Zertifikaten, die im Grandfathering Verfahren frei verteilt wurden, vergleichen. Dabei nehmen sie an, die Umweltinstrumente dienen dazu, gewisse Emissionsziele, wie z.B. eine Reduktion der Emissionen um 10% bis zum Jahre 2010, zu erreichen. Die makroökonomischen

⁸⁵ Schmitz (2001), S.1-29

⁸⁶ siehe Schmitz (2001), S.28

Daten, die sich durch diese Umweltinstrumente ergeben, vergleichen sie mit einem Referenzszenario, in dem nur die schon bestehende Umweltpolitik fortgeführt wird⁸⁷. Im Fall einer 20%igen Reduktion der Emissionen bis 2010 kommen die Autoren zu folgenden Ergebnissen: Werden Zertifikate eingesetzt, ist das BIP im Vergleich zum Referenzszenario im Jahr 2010 um 0,61% niedriger⁸⁸. Benutzt man für das gleiche Ziel eine aufkommensneutrale⁸⁹ Ökosteuer, so sinkt das BIP im gleichen Zeitraum um 0,65%⁹⁰. Beide Instrumente sind hier ähnlich effizient, führen aber beide zu geringen Wachstumsverlusten.

In einer früheren Simulation der EU Wirtschaft fand ebenfalls Capros heraus, dass die Einführung einer europaweiten Ökosteuer in allen Ländern und allen Branchen einen negativen Einfluss auf das Wachstum der Arbeitsproduktivität haben wird⁹¹.

Somit kann man festhalten, dass die gefundenen Effekte in die theoretisch erwartete Richtung gehen, allerdings sehr klein sind. Bezogen auf das Wirtschaftswachstum muss eine strengere Vermeidung von Treibhausgasemissionen wohl negativ betrachtet werden.

⁸⁷ genaue Beschreibung des Modells in Capros et al. (1999), S.61 -75

⁸⁸ Capros et al. (1999), S.86

⁸⁹ d.h. man senkt mit den Einnahmen der Ökosteuer z.B. die Sozialversicherungsbeiträge im gleichen Umfang

⁹⁰ Capros et al. (1999), S.97

⁹¹ Capros et al. (1996), S.217 und 223

4 – Umweltpolitik und Arbeitslosigkeit

4.1. Einleitung

Das Problem, welches ich in diesem Kapitel untersuchen werde, ist, welchen Einfluss eine Verschärfung der Umweltpolitik auf den Gebrauch des Produktionsfaktors Arbeit hat. Eine schärfere Umweltpolitik bedeutet im Fall der Klimapolitik, dass der Preis des Produktionsfaktors Energie ansteigen muss. Als Folge dieses Preisanstiegs wird es zwei verschiedene Effekte geben, die beide einen Einfluss auf die Benutzung des Faktors Arbeit haben werden.

Ein erster Effekt sind die, durch die höheren Energiekosten, gestiegenen Produktionskosten des Unternehmens. Dies bedeutet natürlich auch, dass die Grenzkosten der Produktion steigen, und demgemäß über dem Marktpreis des produzierten Gutes liegen. Folglich wird das Unternehmen seinen Output senken müssen, um Grenzkosten und Preis wieder anzugleichen. Die höheren Energiekosten haben hier also einen negativen Effekt auf den Output des Unternehmens. Sinkt jedoch der Output des Unternehmens, so wird zu dessen Produktion auch entsprechend weniger vom Inputfaktor Arbeit gebraucht. Dieser negative Outputeffekt hat demgemäß zur Folge, dass die Nachfrage nach Arbeit sinken wird. Ein zweiter Effekt ist der Substitutionseffekt. Das Unternehmen stellt den Output mit mehreren Produktionsfaktoren her. Durch den Preisanstieg der Energie verteuert sich nun Energie relativ zu den anderen Produktionsfaktoren. Die Unternehmen werden deshalb Energie durch andere Produktionsfaktoren, wie beispielsweise Arbeit, substituieren. Infolgedessen steigt durch den Substitutionseffekt die Nachfrage nach dem Produktionsfaktor Arbeit.

Das Ergebnis des Zusammenspiels dieser beiden Effekte hängt von mehreren Faktoren ab, die ich im nächsten Abschnitt mit Hilfe eines Modells von Bovenberg und de Mooij genauer erklären möchte. Dieses Modell beschreibt die Auswirkungen der Einführung einer einkommensneutralen Ökosteuerreform. Hier wird die Ökosteuer eingeführt, und der Staat benutzt die Einnahmen aus der Ökosteuer dazu, im gleichen Ausmaß die Steuern auf den Faktor Arbeit zu senken. Diese Form der Ökosteuer ist auch die in der Realität populärere Form. So haben viele Länder, die eine Ökosteuer eingeführt haben, im Gegenzug mit diesen Einnahmen die Steuern auf den Faktor Arbeit gesenkt. Dies geschah beispielsweise in Dänemark, den

Niederlanden oder auch in Deutschland⁹². Wichtig ist es an diesem Punkt festzuhalten, dass die versteigerten Lizenzen hier die gleiche Wirkung wie die Ökosteuer haben. Geht man davon aus, der Staat sei perfekt über die Vermeidungskosten der Unternehmen informiert, so kann er die Menge der versteigerten Zertifikate so wählen, dass sich das gleiche Ergebnis wie bei der Ökosteuer ergibt⁹³. Somit können auch die Einnahmen der Versteigerung der Zertifikate zur Senkung der Steuern auf den Faktor Arbeit verwendet werden⁹⁴. Das im nächsten Abschnitt von mir vorgestellte Modell einer Ökosteuerreform ist daher auch auf den Fall der versteigerten Lizenzen anwendbar.

Durch die gesunkenen Steuern auf den Faktor Arbeit wird der negative Outputeffekt abgeschwächt und der Substitutionseffekt stärker. Angenommen der Staat sei an einer möglichst geringen Arbeitslosenquote interessiert, kann man sagen, dass die Verwendung der Einnahmen der Umweltpolitik für die Senkung der Steuern auf Arbeit besser ist, als diese Einnahmen dem allgemeinen Haushalt zur Verfügung zu stellen. Durch das Senken der Steuern auf Arbeit wird sich so immer ein Zustand einstellen, in dem mehr Arbeit nachgefragt wird, als bei Verwendung der Einnahmen im allgemeinen Haushalt. Dieser Effekt ist in der Literatur als die schwache Form der Doppeldividende bekannt und wird heute allgemein akzeptiert⁹⁵.

Anders liegt der Fall bei den Auflagen und den frei vergebenen Zertifikaten. Hier generiert der Staat durch die Instrumente keine zusätzlichen Einnahmen, und kann deshalb auch nicht im Gegenzug die Steuern auf den Faktor Arbeit senken. Geht man davon aus, dass die Vermeidungsziele bezüglich der Emissionen relativ gering sind, dann ergibt sich folgende Situation: Da die erlaubte Menge an Emissionen bei diesen beiden Instrumenten ja gratis an die Unternehmen vergeben wird, ist der negative Outputeffekt als sehr gering einzuschätzen. Auch die Relativpreise der beiden Faktoren werden sich nicht bedeutend ändern. Der Gesamteffekt auf die Arbeitsnachfrage wird also in diesem Fall gering sein⁹⁶.

Man kann sagen, dass der Fall der Ökosteuern und der versteigerten Zertifikaten, der in Bezug auf die Arbeitsnachfrage wesentlich interessanterer Fall ist, da hier mit größeren Abweichungen durch die striktere Umweltpolitik zu rechnen ist. Deshalb möchte ich mich im folgenden Abschnitt 4.2. auch auf diesen Fall konzentrieren, und

⁹² Heins et al. (1998), S.118 ff. und S.126 ff.

⁹³ Zur spiegelbildlichen Wirkung von versteigerten Zertifikaten und Ökosteuern – Siehe Kapitel 2.2.2.

⁹⁴ Die Versteigerung der Zertifikate findet dabei jährlich statt, so dass stetige Einnahmen erzielt werden.

⁹⁵ Goulder (1995), S.159

⁹⁶ Dies wird auch durch empirische Untersuchungen bestätigt. Siehe Abschnitt 4.3.

das bereits erwähnte Modell von Bovenberg und de Mooij vorstellen. Erst nach Vorstellung dieses Modells werde ich auf die Auswirkungen der Auflagen und der freien Zertifikate eingehen.

Nach diesem theoretischen Teil im Abschnitt 4.2. werde ich im dann folgenden Abschnitt 4.3. die Ergebnisse einiger empirischer Studien und Simulationen vorstellen und die gefundenen theoretischen Zusammenhänge noch einmal zusammenfassen.

4.2. Modell von Bovenberg und de Mooij

4.2.1. Annahmen und Aufbau des Modells

Das folgende Modell von Bovenberg und de Mooij untersucht die Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform auf die Wohlfahrt einer kleinen offenen Volkswirtschaft. Das Modell untersucht, welche Effekte auftreten, wenn der Staat durch die Einnahmen der Ökosteuer die Steuern auf Arbeit, Kapital oder auf die Unternehmensgewinne senkt. Diese Effekte werden untersucht für die verschiedenen Fälle, dass die Unternehmen mit zwei, drei oder vier Produktionsfaktoren produzieren. Da dies sehr umfangreiche Analysen zur Folge hat, möchte ich mich hier jedoch auf einen Fall beschränken, der meiner Meinung nach der Realität am nächsten kommt und auch der in der Theorie beliebteste Fall ist. Dies ist der Fall, in dem der Staat die durch die Ökosteuer generierten Einnahmen dazu verwendet, die Steuern auf den Faktor Arbeit zu senken. Des Weiteren werde ich mich auf den Fall beschränken, in dem die Unternehmen mit drei Produktionsfaktoren produzieren, nämlich mit Arbeit, Kapital und einem verschmutzenden Faktor.

Da es sich im Modell um eine kleine offene Volkswirtschaft handelt, sind die Güterpreise und die Preise der international mobilen Faktoren exogen gegeben. Die international mobilen Faktoren im Modell sind Kapital und der verschmutzende Faktor. Die Arbeit dagegen ist international immobil. Eine weitere Annahme ist, dass auf dem Gütermarkt perfekter Wettbewerb herrscht, und im Land nur ein repräsentatives Gut hergestellt wird. Im Folgenden werde ich die Notation des Modells darstellen, und danach die einzelnen Gleichungen einführen:

Tabelle (4.1.): Notation des Grundmodells nach Bovenberg und de Mooij.⁹⁷

Y = Output der Volkswirtschaft

L = nachgefragte Menge des Produktionsfaktors Arbeit

K = nachgefragte Menge des Produktionsfaktors Kapital

E = nachgefragte Menge des verschmutzenden Inputs

K^* = Bestand des inländischen Kapitals

E^* = Bestand der einheimischen Ausstattung des verschmutzenden Faktors

W = Marktlohn

V = Freizeit

G = öffentlicher Konsum

C = privater Konsum

M = Qualität der Umwelt

L_S = Arbeitsangebot

λ = Grenznutzen des Einkommens

π = Gewinn der Unternehmen

T_L = Steuer auf den Faktor Arbeit

T_K = Steuer auf den Faktor Kapital

T_E = Steuer auf den verschmutzenden Faktor

Da auf dem Gütermarkt perfekter Wettbewerb herrscht, kann die Produktionsseite durch ein repräsentatives Unternehmen dargestellt werden, welches einen Gewinn von Null macht⁹⁸:

$$(4.1.) \quad \pi = Y - (1 + T_L) \cdot WL - (1 + T_E) \cdot E - (1 + T_K) \cdot K \stackrel{!}{=} 0$$

Der Gewinn des Unternehmens setzt sich zusammen aus dem Output, abzüglich der Gesamtkosten (also inklusive der Steuern) der drei Faktoren. Die oben gezeigte Darstellung beinhaltet, dass die Faktoreinheiten für Kapital und den verschmutzenden Faktor so gewählt sind, dass ihr auf dem Weltmarkt ermittelter Preis gerade auf 1

⁹⁷ Bovenberg und de Mooij (1996), S. 6

⁹⁸ Im Fall der drei vorliegenden Faktoren sind die Profite gleich Null. Siehe Bovenberg und de Mooij (1996), S.14

normiert ist⁹⁹. Da es sich beim Gut Y um ein repräsentatives Gut handelt, ist es hier ebenfalls nicht nötig, einen Preis für Y zu benennen.

$$(4.2.) \quad Y = f[L, E, K]$$

Gleichung (4.2.) repräsentiert die Produktionsfunktion des Unternehmens. Der Output wird mit Hilfe der drei Faktoren Arbeit, Kapital und dem verschmutzenden Input hergestellt. Die Autoren nehmen an, dass es sich um eine neoklassische Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen bezüglich der drei Faktoren handelt. Das Angebot der beiden mobilen Faktoren ist dabei perfekt elastisch. Ich möchte im Folgenden die Menge des verschmutzenden Faktors [E] als Energieverbrauch bezeichnen. Dies scheint mir im Fall des Treibhauseffekts angebracht. Natürlich ist der Energieverbrauch hier nur eine Approximation für den CO_2 -Ausstoß, da unterschiedliche Energieträger ja unterschiedliche Mengen an CO_2 ausstoßen. Da es sich beim vorliegenden Modell jedoch um ein statisches Modell handelt, wo sozusagen der Energiemix kurzfristig nicht veränderbar ist, scheint es mir hier gerechtfertigt, den Faktor E als Energieverbrauch zu bezeichnen.

Bedenkt man nun, dass die Unternehmen ihren Gewinn über den Gebrauch der drei Faktoren und unter der Nebenbedingung der Produktionsfunktion maximieren, kommt man zu folgenden Optimalbedingungen¹⁰⁰:

$$(4.3) \quad \frac{\partial f}{\partial L} = (1 + T_L) \cdot W$$

$$(4.4) \quad \frac{\partial f}{\partial E} = 1 + T_E$$

$$(4.5) \quad \frac{\partial f}{\partial K} = 1 + T_K$$

Diese fünf Gleichungen beschreiben die Produktionsseite der Wirtschaft. Das Modell beinhaltet aber auch nutzenmaximierende Haushalte. Der Nutzen des repräsentativen Haushalts hängt hier vom privaten und öffentlichen Konsum, sowie der Umweltqualität und der Freizeit ab:

⁹⁹ diese Annahme findet sich in Bovenberg und de Mooij (1996), S.5

¹⁰⁰ hergeleitet im Anhang C

$$(4.6) \quad U = U[M, Q(V, C, G)]$$

Der Haushalt sieht die bereitgestellte Menge des öffentlichen Gutes [G] und die Menge an Umweltqualität [M] als öffentlich gegeben an¹⁰¹. Als Konsequenz dessen maximiert der Haushalt seinen Nutzen nur über die beiden privaten Güter C und V. Diese Nutzenmaximierung erfolgt unter folgender Budgetbeschränkung:

$$(4.7) \quad WL + E^* + K^* = C$$

Der Haushalt kann nur soviel für den privaten Konsum ausgeben, wie er durch die drei Faktoren, die in seinem Besitz sind, wieder einnimmt. Hierbei muss man wissen, dass der Bestand des inländischen Kapitals [K^*] und der von Inländern produzierten Energie [E^*] natürlich nicht gleich der in der Produktion eingesetzten Mengen K und E sein muss. Eine weitere wichtige Beziehung ist die Arbeitsangebotsfunktion des Haushalts. Normiert man die Zeit, die der Haushalt theoretisch arbeiten könnte auf 1, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$(4.8) \quad L_s = 1 - V$$

Somit sind alle nötigen Beziehungen gegeben, um die Optimalwertbedingungen des Haushalts herzuleiten¹⁰²:

$$(4.9) \quad \frac{\partial U}{\partial V} = \lambda W$$

$$(4.10) \quad \frac{\partial U}{\partial C} = \lambda$$

Ein letzter wichtiger Akteur im Modell ist der Staat, dessen Aufgabe es ist, die Bereitstellung der öffentlichen Güter zu leisten, welche er durch Erhebung von Steuern auf die drei Faktoren finanziert. Die Autoren nehmen dabei an, dass die Staatsfinanzen ausgeglichen sind, also keine Schulden auf Staatsseite gemacht werden. Somit ergibt sich folgende Gleichung:

¹⁰¹ siehe Bovenberg und de Mooij, S.5

¹⁰² Herleitung in Anhang D

$$(4.11) \quad G = T_L \cdot WL + T_K \cdot K + T_E \cdot E$$

Daneben gelten folgende drei Beziehungen¹⁰³:

$$(4.12) \quad L = L_S$$

$$(4.13) \quad M = g(E) \quad , \text{wobei} \quad \frac{\partial g}{\partial E} < 0$$

$$(4.14) \quad Y = C + G + (E - E^*) + (K - K^*)$$

Gleichung (4.12) besagt, dass der Arbeitsmarkt immer im Gleichgewicht ist. Dies ist eine sehr wichtige Annahme des Modells, besagt sie doch, dass es in der Volkswirtschaft keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt. Die Beziehung (4.13) gibt den Zusammenhang zwischen der Höhe der verbrauchten Energie und der Qualität der Umwelt wieder. Je mehr vom verschmutzenden Produktionsfaktor Energie im Produktionsprozess verbraucht wird, desto geringer ist die Umweltqualität. Die letzte Gleichung (4.14) des Modells gibt das Gleichgewicht der Zahlungsbilanz an. Da alle Märkte im Gleichgewicht sind, muss auch die Zahlungsbilanz im Gleichgewicht sein. Je größer also E und K sind, d.h. je mehr mobile Produktionsfaktoren ins Land importiert werden, desto größer muss auch der Output sein, um entsprechend Güter exportieren zu können, damit die Zahlungsbilanz im Gleichgewicht ist.

4.2.2. Log Linearisierte Modellform

Im folgenden Abschnitt geht es um die numerische Auflösung der Effekte einer Erhöhung des Steuersatzes auf Energie. Die Autoren gehen dabei folgendermaßen vor: Sie stellen eine log – lineare Version des Modells dar, welche die Veränderungen der Variablen um das alte Gleichgewicht herum angibt¹⁰⁴. Eine Tilde ($\tilde{}$) oberhalb einer Variablen gibt dabei an, dass es sich um eine relative Veränderung handelt. So gibt beispielsweise \tilde{Y} die relative Änderung des Outputs im Vergleich zum alten Gleichgewichtswert Y an. Eine wichtige Annahme des Modells ist, dass die Ökosteuerreform für den Staat einkommensneutral ist. Dies heißt, dass gelten muss: $\tilde{G} = 0$. Des Weiteren ist die Menge der mobilen Faktoren, die von den inländischen

¹⁰³ Herleitung für Gleichung (4.14) im Anhang E

¹⁰⁴ Bovenberg und de Mooij (1996), S. 7

Haushalten gehalten wird auch fix. Demzufolge gilt $\tilde{E}^* = \tilde{K}^* = 0$. Das praktische dieses log linearen Modells ist, dass man alle relevanten Effekte nur durch Einsetzen von Variablen und Auflösen errechnen kann. Ich werde jetzt die log lineare Version des Modells vorstellen:

Tabelle (4.2.): Log Lineares Modell nach Bovenberg und de Mooij.¹⁰⁵

$$\begin{aligned}
 \text{(L.1)} \quad & \tilde{Y} = w_L \tilde{L} + w_E \tilde{E} + w_K \tilde{K} \quad 106 \\
 \text{(L.2)} \quad & \tilde{E} = \tilde{L} - \varepsilon_{EL}^* (\tilde{W} + \tilde{T}_L) - \varepsilon_{EE}^* \tilde{T}_E - \varepsilon_{EK}^* \tilde{T}_K \\
 \text{(L.3)} \quad & \tilde{K} = \tilde{L} - \varepsilon_{KL}^* (\tilde{W} + \tilde{T}_L) - \varepsilon_{KE}^* \tilde{T}_E - \varepsilon_{KK}^* \tilde{T}_K \\
 \text{(L.4)} \quad & 0 = w_L (\tilde{W} + \tilde{T}_L) + w_E \tilde{T}_E + w_K \tilde{T}_K \\
 \text{(L.5)} \quad & w_L (1 - \theta_L) \cdot (\tilde{L} + \tilde{W}) = w_C \tilde{C} \\
 \text{(L.6)} \quad & \tilde{L}_S = \eta_{LL} \tilde{W} \\
 \text{(L.7)} \quad & 0 = w_L \tilde{T}_L + w_K \tilde{T}_K + w_E \tilde{T}_E + \theta_L w_L (\tilde{W} + \tilde{L}) + \theta_K w_K \tilde{K} + \theta_E w_E \tilde{E} \\
 \text{(L.8)} \quad & \tilde{L}_S = \tilde{L} \\
 \text{(L.9)} \quad & \tilde{M} = -\gamma \tilde{E} \\
 \text{(L.10)} \quad & \tilde{Y} = w_C \tilde{C} + w_E (1 - \theta_E) \tilde{E} + w_K (1 - \theta_K) \tilde{K}
 \end{aligned}$$

Notation:

ε_{ij}^* = unkompensierte direkte oder indirekte Preiselastizität des Faktors i in Bezug auf den Preis j , wobei $i, j = L, E, K$

η_{LL} = unkompensierte Arbeitsangebotselastizität

γ = Elastizität, die den Effekt von mehr Umweltverschmutzung auf die Umweltqualität misst

$$\tilde{T}_E = \frac{dT_E}{1 + T_E}; \quad \tilde{T}_L = \frac{dT_L}{1 + T_L}; \quad \tilde{T}_K = \frac{dT_K}{1 + T_K}$$

$$\theta_L = \frac{T_L}{1 + T_L}; \quad \theta_E = \frac{T_E}{1 + T_E}; \quad \theta_K = \frac{T_K}{1 + T_K}$$

$$w_L = \frac{(1 + T_L)WL}{Y}; \quad w_E = \frac{(1 + T_E)E}{Y}; \quad w_K = \frac{(1 + T_K)K}{Y}$$

¹⁰⁵ siehe Bovenberg und de Mooij (1996), S. 6 f.;

¹⁰⁶ der erste Term der RHS wurde von den Autoren vergessen. Erst bei Betrachtung des ersten Schrittes ihres Anhang auf Seite 42 ihres Texts fällt auf, dass er in Gleichung (II.1) auf Seite 8 nur vergessen wurde

Gleichung (L.1) ergibt sich aus Gleichung (4.2) und den Optimalbedingungen der Unternehmen¹⁰⁷. Sie besagt, dass sich der wertmäßige Output immer im gleichen Ausmaß verändern wird, wie sich der aufsummierte Wert der drei Inputfaktoren ändert.

Gleichung (L.2) gibt die Änderung der Nachfrage nach dem Faktor Energie, konditioniert auf die Änderung der Nachfrage nach dem nicht mobilen Faktor Arbeit, an. Sie wird entwickelt aus den drei Optimalwertbedingungen in (4.3) – (4.5). Man sieht hier sehr schön den Unterschied zwischen dem Outputeffekt und dem Substitutionseffekt. Erhöht sich die Nachfrage nach dem Faktor Arbeit, so erhöht sich tendenziell auch die Nachfrage nach Energie, da mit mehr Arbeit ja auch mehr produziert wird. Dieser Effekt ist durch die Beziehung zwischen der LHS und dem ersten Term der RHS von (L.2) gegeben. Daneben gibt es aber auch den Substitutionseffekt, der durch die letzten drei Terme der RHS angezeigt wird. Diese Terme zeigen an, dass die Nachfrage nach dem Faktor Energie sowohl vom eigenen Preis abhängt, wie auch von den Preisen der anderen beiden Faktoren. Der Gesamteffekt setzt sich also aus beiden Effekten zusammen, was ja gerade durch Gleichung (L.2) beschrieben wird. Die dann folgende Gleichung (L.3) gibt den gleichen Sachverhalt für den Faktor Kapital an.

Gleichung (L.4) wurde aus der Null – Gewinnbedingung und der Produktionsfunktion entwickelt¹⁰⁸, und besagt lediglich, dass die Unternehmen auch nach der Reform keine Gewinne machen dürfen.

Die dann folgende Gleichung (L.5) beschreibt den Haushalt und wurde aus der Budgetbedingung des Haushalts entwickelt. Sie gibt an, dass wenn sich das Einkommen des Haushalts ändert, sich auch der Konsum im gleichen Ausmaß ändern muss. Die Budgetbedingung muss folglich auch nach der Reform erfüllt sein.

Gleichung (L.6) stellt die Gleichung der Veränderung des Arbeitsangebots dar. Sie wurde aus (4.8) entwickelt und gibt an, dass ein gestiegener Reallohn das Arbeitsangebot erhöht, wenn die unkompensierte Lohnelastizität positiv ist¹⁰⁹.

Die nachfolgende Gleichung (L.7) ist von der Budgetbedingung des Staates hergeleitet. Es ist hier gut zu sehen, dass eine erhöhte Steuer zwei Effekte hat. Einerseits erhöht beispielsweise eine höhere Energiesteuer die Staatseinnahmen (siehe der dritte Term der RHS), andererseits wird sich durch den dann höheren Energiepreis

¹⁰⁷ Herleitung im Anhang F

¹⁰⁸ Herleitung in Anhang F

¹⁰⁹ Bovenberg und de Mooij (1996), S.9

auch die Nachfrage verringern, und die Einnahmen werden tendenziell sinken (siehe den letzten Term der RHS). Wichtig ist, dass auch nach der Reform die Staatsfinanzen ausgeglichen sind. Dies ist per Annahme der einkommensneutralen Steuerreform schon definiert, und in Gleichung (L.7) formal wiedergegeben.

Auch der Arbeitsmarkt muss nach der Steuerreform im Gleichgewicht sein, was durch Gleichung (L.8) dokumentiert ist. Gleichung (L.9) gibt den Effekt an, den eine Änderung des Energieverbrauchs auf die Umweltqualität hat. Die letzte Gleichung (L.10) besagt, dass auch nach der Reform die Zahlungsbilanz ausgeglichen sein muss. Sie wurde aus (4.14) entwickelt.

Das hier beschriebene log lineare Modell beschreibt also die relativen Änderungen der Variablen, ausgehend von einem ursprünglichen Gleichgewicht. Ziel des nächsten Abschnittes ist es die relative Veränderung der Variable L herzuleiten.

4.2.3. Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform im Modell

In der folgenden Analyse werden die Auswirkungen, welche die ökologische Steuerreform auf die Umwelt hat, vollkommen ausgeblendet. Es geht lediglich darum, die Frage zu beantworten, was für Auswirkungen eine solche Steuerreform auf den Arbeitsmarkt haben kann.

Bevor ich zur eigentlichen Analyse komme, lohnt sich eine kleine Vorüberlegung. Betrachtet man nur die wirtschaftliche Wohlfahrt ohne den Nutzen aus einer sauberen Umwelt, so gilt der Grundsatz der Theorie der optimalen Besteuerung. Dies bedeutet, dass es für die Wohlfahrt besser ist, die beiden mobilen Faktoren Kapital und Energie nicht zu besteuern, und nur den Faktor Arbeit zu besteuern¹¹⁰. Unter diesen Umständen sorgt die Erhebung einer Steuer auf den Faktor Energie immer für eine höhere Mehrbelastung [excess burden] des Steuersystems, und damit letzten Endes der Haushalte. Die Frage wird daher lauten, ob im vorliegenden Modell trotz dieser höheren Mehrbelastung durch die Ökosteuerreform ein Schub für die Beschäftigung erreicht werden kann.

Anhand des obigen Modells kann man nun die Veränderung der Beschäftigung herleiten¹¹¹. Gleichung (4.15.) präsentiert das Resultat dieser Herleitung:

$$(4.15) \quad \Delta_L \tilde{L} = -\eta_{LL} [\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] \cdot w_E \tilde{T}_E - \eta_{LL} [\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}] \cdot w_K \tilde{T}_K$$

¹¹⁰ siehe auch Bovenberg und de Mooij (1996), S.16

¹¹¹ siehe Anhang G, Anhang G ist übernommen aus Bovenberg und de Mooij (1996), S.41-43

Die ökologische Steuerreform, die ich hier untersuchen möchte, beinhaltet einen höheren Steuersatz auf Energie und einen entsprechend niedrigeren Steuersatz auf Arbeit. Der Steuersatz der Kapitalsteuer T_K bleibt also unverändert. Der Term \tilde{T}_K ist deshalb Null, und somit vereinfacht sich (4.15) zu:

$$(4.16) \quad \Delta_L \tilde{L} = -\eta_{LL} [\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] \cdot w_E \tilde{T}_E$$

Betrachtet man die obige Gleichung, so fällt auf, dass sich bei einer marginalen Steuererhöhung ausgehend vom rein wirtschaftlichen Optimum ($T_E = T_K = 0$) keine Änderung der Beschäftigung ergibt. Werden die beiden mobilen Faktoren nicht besteuert, so werden die Variablen θ_E und θ_K zu Null. Deshalb hat eine marginale Steuererhöhung vom Optimum aus keinen negativen Einfluss auf die Beschäftigung¹¹².

In der Realität gibt es jedoch keine Situation, in der die beiden Faktoren Kapital und Energie nicht besteuert werden. Deswegen muss betrachtet werden, was für Effekte eine Ökosteuerreform, bei schon positiven Steuern auf den beiden mobilen Faktoren, hat. Da es hier zwei verschiedene Effekte gibt, lohnt es sich die Analyse gedanklich aufzutrennen¹¹³. In einer ersten Analyse wird angenommen, die Steuern auf Energie seien schon positiv, nur die Kapitalsteuern seien gleich Null. Die zweite Analyse befasst sich danach mit einer Ausgangssituation, in der es anfangs keine Steuern auf Energie gibt, jedoch eine positive Steuer auf Kapital erhoben wird.

Ausgangssituation mit positiver Energiesteuer und keiner Kapitalsteuer:

Führt man in dieser Situation eine ökologische Steuerreform durch, so steigt die Rate der Energiesteuern von einem positiven Ausgangswert weiter an, während die Rate der Arbeitssteuern entsprechend sinkt. Die Kapitalsteuer bleibt auch nach der Reform bei einem Steuersatz von Null. In diesem Fall ergeben sich demzufolge keine Verzerrungen auf dem Kapitalmarkt, da der mobile Faktor vor und nach der Reform nicht besteuert wird.

Auswirkungen hat diese Steuerreform dann nur auf den Arbeitsmarkt. Springender Punkt des Modells ist die Annahme des geräumten Arbeitsmarktes. Dies heißt, dass

¹¹² siehe auch Bovenberg und de Mooij (1996), S.18 oben

¹¹³ hier folge ich der Vorgehensweise von Bovenberg und de Mooij (1996), S.18 ff.

das Arbeitsangebot der Haushalte das Beschäftigungsniveau mitbestimmt. Da das Arbeitsangebot jedoch vom Reallohn abhängt, muss man sich fragen, welche Auswirkungen die Steuerreform auf den Reallohnsatz hat. Die Veränderung des Reallohns wurde von Bovenberg und de Mooij errechnet¹¹⁴:

$$(4.17) \quad \Delta_L \tilde{W} = -[\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] \cdot w_E \tilde{T}_E$$

Schauen wir uns die einzelnen Terme der RHS von (4.17) an. Die Terme θ_E, w_E und \tilde{T}_E sind zweifellos positiv, da eine schon positive Energiesteuer weiter erhöht wird. Für den Term Γ_{EE} gilt laut Anhang G folgendes: $\Gamma_{EE} = \varepsilon_{EE}^* - w_E/w_L (\varepsilon_{EL}^*)$. Da die Eigenpreiselastizität der Energienachfrage auf jeden Fall größer sein wird als ein Bruchteil (w_E/w_L ist wohl immer kleiner als Eins) der Kreuzpreiselastizität, ist auch dieser Term positiv. Als Gesamteffekt ergibt sich daher ein durch die Ökosteuerreform gesunkener Reallohn¹¹⁵.

Konsequenz dieses gesunkenen Reallohns ist, wie wir aus Gleichung (4.16) entnehmen können, ein sinkendes Arbeitsangebot der Haushalte. Betrachtet man Gleichung (4.16.), fällt auf, dass der negative Effekt der Ökosteuerreform auf das Arbeitsangebot der Haushalte umso höher sein wird, je größer die Arbeitsangebotselastizität ist, und je höher der Steuersatz auf Energie schon vor der Steuerreform war. Des Weiteren wird der Effekt umso größer sein, je mehr die Nachfrage nach dem Faktor Energie zurück geht (gekennzeichnet durch den Term Γ_{EE}). Man sieht hier also eindeutig einen Trade Off zwischen umweltpolitischen Effekten (für die Umweltqualität ist ein starkes Sinken der Energienachfrage ja wünschenswert), und Effekten auf dem Arbeitsmarkt. Denn durch den gestiegenen Energiepreis sinkt die Energienachfrage, was, verglichen zum wirtschaftlichen Optimum, eine stark gestiegene Mehrbelastung bedeutet. Denn rein wirtschaftlich ist diese niedrigere Energienachfrage nicht wünschenswert.

Die Autoren benennen diesen Effekt als Effekt der Mehrbelastung [„The Tax Burden Effect“¹¹⁶]. Dieser Effekt besagt, dass eine ökologische Steuerreform negativ auf die Beschäftigung wirkt, da durch eine gestiegene Mehrbelastung das Realeinkommen

¹¹⁴ siehe Anhang G

¹¹⁵ siehe auch Bovenberg und de Mooij (1996), S.18

¹¹⁶ Bovenberg und de Mooij (1996), S.18

sinken wird. Dieses gesunkene Realeinkommen führt zu einem geringeren Arbeitsangebot der Haushalte, was das Beschäftigungsniveau senken wird.

Ausgangssituation mit positiver Kapitalsteuer und keiner Steuer auf Energie:

In diesem Fall ist der Kapitalmarkt schon vor Einführung der Ökosteuer verzerrt. Die Frage wird nun sein, ob die Einführung der Ökosteuer den Kapitalmarkt noch weiter verzerren wird, oder diese Verzerrung vielleicht sogar mildern kann. Man muss demnach betrachten, wie sich durch die Ökosteuerreform die Kapitalnachfrage verändert. Sinkt sie, so kommt dies einer weiteren Verzerrung des Steuersystems gleich. Steigt sie jedoch, so werden Verzerrungen abgebaut. Im Text von Bovenberg und de Mooij findet man folgende Gleichung für die Kapitalnachfrage:¹¹⁷

$$(4.18) \quad \Delta_L \tilde{K} = -[\Gamma_{KE} \Delta_L + \theta_K \Gamma_{EK} w_E \eta_{LL}] \cdot \tilde{T}_E$$

In dieser Gleichung sind die Werte $\Delta_L, \theta_K, w_E, \eta_{LL}$ und \tilde{T}_E alle positiv. Entscheidend ist also die Größe der Kreuzpreiselastizitäten der Kapital- bzw. Energienachfrage. Die Autoren stellen Werte für diese Elastizitäten für verschiedene Produktionsfunktionen dar, und stellen fest, dass beide Werte typischerweise positiv sind¹¹⁸. Dies liegt daran, dass der Substitutionseffekt, der bewirkt, dass durch höhere Energiepreise mehr Kapital nachgefragt wird, kleiner ist als der Outputeffekt, der bewirkt dass weniger Kapital nachgefragt wird. Infolgedessen wird durch die Ökosteuerreform die Kapitalnachfrage sinken. Diese Überlegungen scheinen auch praktisch nicht so unplausibel. So wird in der Empirie davon ausgegangen, dass Kapital und Energie kurzfristig komplementäre Faktoren sind, und nur langfristig Substitute¹¹⁹. Da es sich beim obigen Modell jedoch auch nur um ein statisches und somit kurzfristiges Modell handelt, kann man hier davon ausgehen, dass die Kapitalnachfrage durch die Ökosteuerreform sinken wird.

Welche Rückwirkungen haben diese Überlegungen auf Löhne und Beschäftigung? Da die Steuern auf Energie vor der Steuerreform gleich Null waren, verändern sich (4.16) und (4.17) zu:

¹¹⁷ Bovenberg und de Mooij (1996), S.17

¹¹⁸ Tabelle siehe Bovenberg und de Mooij (1996), S.20

¹¹⁹ Apostolakis (1990), S.55 f.

$$(4.19) \quad \Delta_L \tilde{L} = -\eta_{LL} [\theta_K \Gamma_{EK}] \cdot w_E \tilde{T}_E$$

$$(4.20) \quad \Delta_L \tilde{W} = -\theta_K \Gamma_{EK} \cdot w_E \tilde{T}_E$$

Nimmt man, wie oben erklärt an, die Kapitalnachfrage würde fallen (also $\Gamma_{EK} > 0$), so würden in dieser Situation die Reallöhne und damit auch die Beschäftigung fallen. Auch von dieser zweiten Ausgangslage startend, hat eine ökologische Steuerreform einen negativen Effekt auf die Beschäftigung. Grund dafür ist das, was die Autoren den Verschiebungseffekt der Steuern [„Tax Shifting Effect“¹²⁰] nennen. Dies bedeutet, dass durch die Einführung der Energiesteuer die Nachfrage nach Kapital sinken wird. Also wird die Mehrbelastung des Steuersystems zum Kapital hin verschoben, da die Kapitalnachfrage sich noch weiter vom wirtschaftlichen Optimum entfernt. Auch dieser Verschiebungseffekt führt zu einer sinkenden Beschäftigung.

Somit ist es recht einfach, die oben gefundenen Ergebnisse zu verallgemeinern, und auf einen realistischen Fall zu beziehen, in dem in der Ausgangsposition sowohl positive Steuern auf Kapital als auch auf Energie (auf Arbeit sowieso) erhoben werden. In diesem allgemeinen Fall treten nämlich beide Effekte zusammen auf¹²¹. Da sie beide in die gleiche Richtung wirken, wird in diesem Fall das Beschäftigungsniveau in der Volkswirtschaft aufgrund des gesunkenen Arbeitsangebots sinken. Deshalb möchte ich als Resultat der Analyse folgendes festhalten:

Ergebnis 4.1.

Unter der Annahme es gebe keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit, hat eine ökologische Steuerreform einen negativen Effekt auf das Beschäftigungsniveau.

Dies geschieht zum einen durch den Mehrbelastungseffekt. Dieser Effekt bewirkt einen geringeren Reallohn der Haushalte, und somit ein geringeres Arbeitsangebot.

Zum anderen kommt der negative Effekt durch einen Verschiebungseffekt der Steuern zu Stande. Die Mehrbelastung des Steuersystems wird auch in Richtung des Kapitals geschoben, da die Energiesteuern zu einer sinkenden Kapitalnachfrage führen. Diese gesunkene Kapitalnachfrage hat wiederum einen negativen Effekt auf den Reallohn und somit auf das Arbeitsangebot.

¹²⁰ Bovenberg und de Mooij (1996), S.19

¹²¹ Bovenberg und de Mooij (1996), S.21

4.2.4. Auswirkungen bei unfreiwilliger Arbeitslosigkeit

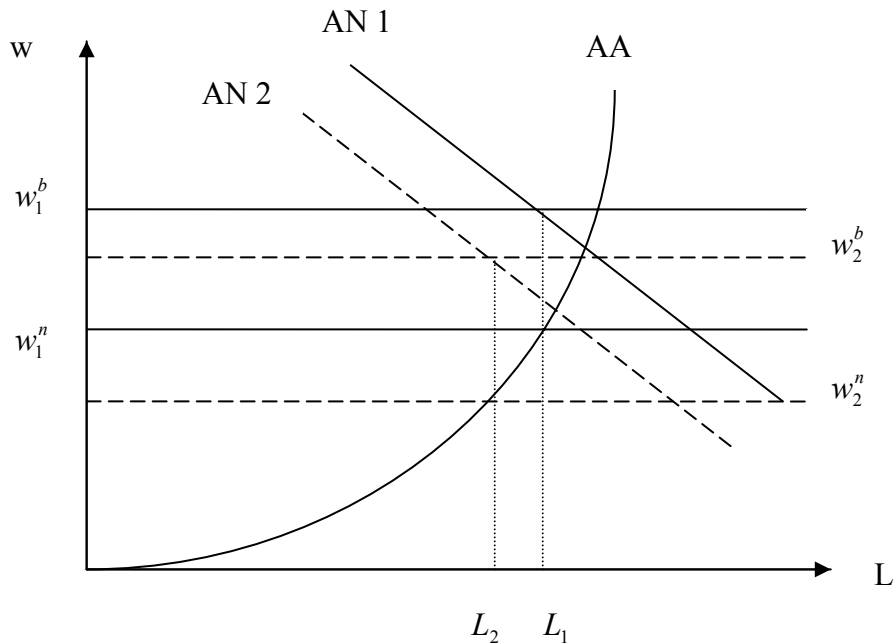
Ein wichtiger Kritikpunkt des Modells ist die Annahme, dass der Arbeitsmarkt im Modell immer geräumt ist, und es keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt. Diese Annahme ist in der Realität jedoch oft nicht erfüllt. Gerade in Europa zeichnen sich viele Länder durch ein hohes Niveau an unfreiwilliger Arbeitslosigkeit aus. Als Grund für diese hohe unfreiwillige Arbeitslosigkeit wird meistens ein durch Gewerkschaftspolitik zu hoher Reallohnsatz genannt¹²². Folge des zu hohen Reallohnsatzes ist, dass die Haushalte aufgrund des hohen Lohnsatzes viel Arbeit anbieten, die Unternehmen jedoch weniger Arbeit nachfragen. Zum herrschenden Lohnsatz wollen daher mehr Menschen arbeiten, als Arbeitsplätze verfügbar sind. Das Beschäftigungsniveau wird in diesem Fall also lediglich von der Arbeitsnachfrage der Unternehmen bestimmt.

Dies bedeutet natürlich, dass der Faktor Arbeit bei geringen Reallohnänderungen vollkommen elastisch angeboten wird. Ein etwas geringerer Reallohnsatz wird zwar das Arbeitsangebot der Haushalte senken, dies spielt jedoch keine Rolle, solange es auch nach der Reallohnsenkung noch über der Arbeitsnachfrage liegt. Durch eine Senkung des Reallohns wird in diesem Falle die Arbeitslosigkeit abgebaut.

Die hier geschilderten Überlegungen kann man sich sehr gut anhand zweier Graphiken klarmachen. Die nun folgende erste Graphik stellt dabei die Situation eines geräumten Arbeitsmarktes ohne unfreiwillige Arbeitslosigkeit dar. Auf der X-Achse ist die Beschäftigung [L] abgetragen, und auf der Y-Achse der Reallohnsatz [w]. Die Kurve AA gibt das Arbeitsangebot der Haushalte an. Je höher der Reallohnsatz, desto mehr Arbeit bieten die Haushalte an. Die AN 1-Kurve ist die Arbeitsnachfragekurve vor der Ökosteuerreform. Sie gibt an, dass die Unternehmen mehr Menschen beschäftigen wollen, je geringer der Reallohnsatz ist. Des Weiteren sieht man den Bruttolohnsatz, den die Unternehmen zahlen müssen [w_1^b], und den Nettolohnsatz [w_1^n], den die Haushalte bekommen. Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettolohn ergibt sich durch die auf den Faktor Arbeit erhobene Steuer.

¹²² z.B. Kirchgässner et al. (1998), S.330 oben

Graphik (4.1): Auswirkungen einer Ökosteuer ohne unfreiwillige Arbeitslosigkeit.¹²³



Das Gleichgewicht vor der Ökosteuerreform liegt also bei einer Beschäftigung von L_1 . Die gleichgewichtige Beschäftigung ist das Minimum des Schnittpunkts des Bruttolohns mit der Arbeitsnachfragekurve, bzw. des Schnittpunkts des Nettolohns mit der Arbeitsangebotskurve. Bei einem Beschäftigungsniveau von L_1 ist hier demzufolge der Arbeitsmarkt geräumt.

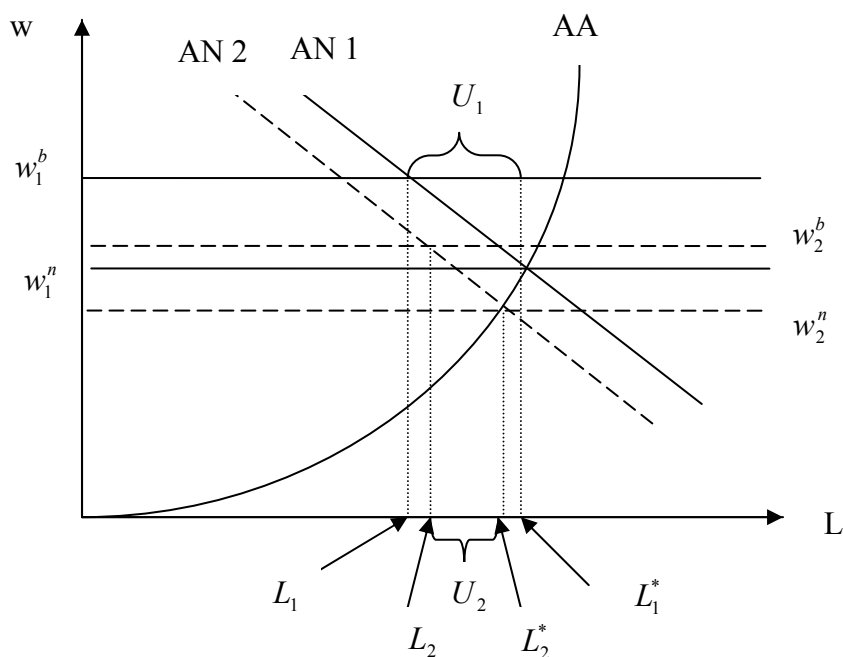
Durch die Ökosteuerreform sinkt der Bruttolohn, den die Unternehmen zahlen müssen (da ja die Steuer auf Arbeit sinkt). Aber auch der Nettolohn sinkt, da ja wie im Modell erklärt die Mehrbelastung steigt. Da jedoch auch der Energiepreis steigt, wollen die Unternehmen für den gleichen Reallohnsatz weniger Menschen beschäftigen als vor der Reform. Dies führt zu einer gesunkenen Arbeitsnachfragekurve $AN 2$. Die Unternehmen gleichen also ihre Arbeitsnachfrage an den nun geringeren Bruttolohnsatz [w_2^b] an, und fragen somit L_2 Arbeitskräfte nach. Auch die Haushalte passen ihr Arbeitsangebot an den nun geringeren Reallohn [w_2^n] an, und bieten nur noch L_2 an Arbeit an. Somit ist der Arbeitsmarkt wiederum im Gleichgewicht, jedoch mit einem niedrigeren Beschäftigungsniveau als vor der Reform. Wichtig ist, noch festzuhalten, dass hier das Arbeitsangebot der limitierende Faktor ist. Denn auch falls sich die neue

¹²³ Graphik aus Kirchgässner et al. (1998), S.332

Arbeitsnachfragekurve AN 2 nicht so weit nach unten verschieben würde wie in der Graphik, dann würde die Beschäftigung aufgrund des gesunkenen Arbeitsangebots trotzdem auf das Niveau L_2 fallen.

Kommen wir nun zum Fall, in dem es unfreiwilliger Arbeitslosigkeit gibt. Die folgende Graphik ist mit der gleichen Notation versehen wie die vorangehende Graphik:

Graphik (4.2): Auswirkungen einer Ökosteuer bei unfreiwilliger Arbeitslosigkeit.¹²⁴



Es wird deutlich, dass in diesem Fall mit unfreiwilliger Arbeitslosigkeit der markt-räumende Lohnsatz nicht erreicht wird. Bei einem zu zahlenden Bruttolohnsatz von w_1^b fragen die Unternehmen nur L_1 an Arbeit nach. Die Haushalte bieten jedoch bei einem Nettolohn von w_1^n die Menge L_1^* an Arbeit an. Durch den zu hohen Reallohn ist das Arbeitsangebot also größer als die Arbeitsnachfrage. Folglich ergibt sich als Höhe der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit die Differenz zwischen L_1^* und L_1 . Diese Differenz ist gleich U_1 (siehe Graphik (4.2)).

Durch die Ökosteuerreform werden die Brutto- und Nettolöhne entsprechend sinken. Auch die Arbeitsnachfragekurve wird sich, wie schon vorher, durch die

¹²⁴ Graphik aus Kirchgässner et al. (1998), S.334

höheren Energiepreise nach unten verschieben. Im neuen Gleichgewicht fragen die Unternehmen die Menge L_2 an Beschäftigung nach, und die Haushalte bieten nur noch L_2^* an Arbeit an. Die Differenz des Arbeitsangebots und der Arbeitsnachfrage ergibt dann die neue Höhe der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit von U_2 . Somit kann man festhalten, dass die ökologische Steuerreform die Höhe der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit von U_1 auf U_2 reduziert hat.

Als Resultat bezüglich der Auswirkungen von Umweltinstrumenten kann man demnach folgendes festhalten:

Ergebnis 4.2.

Umweltinstrumente wie Ökosteuern und versteigerte Zertifikate, die durch ihre Einnahmen die Kosten des Faktors Arbeit senken wollen, werden die Arbeitslosigkeit erhöhen, wenn man von einem Zustand ausgeht, in dem keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit vorliegt.

Geht man jedoch von der realistischeren Annahme der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit aus, so können diese Instrumente, unter gewissen Umständen, dazu beitragen, die Höhe der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit zu senken.

Das oben gefundene Ergebnis 4.2. besagt, dass die Instrumente der versteigerten Zertifikate oder der Ökosteuer die unfreiwillige Arbeitslosigkeit eventuell senken werden. Dies ist jedoch keineswegs garantiert. Stellt man sich in der Graphik (4.2) vor, die Arbeitsnachfragekurve verschiebe sich noch weiter nach unten (so wie es in Graphik (4.1.) geschieht), dann kann es sein, dass ein geringeres Beschäftigungsniveau als L_1 erreicht wird (die Beschäftigung ergibt sich ja immer aus dem Minimum von Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage). In diesem Fall sind Situationen möglich, in denen zwar die unfreiwillige Arbeitslosigkeit sinkt, die gesamte Arbeitslosigkeit (also unfreiwillige + freiwillige) jedoch steigt. Betrachtet man diese gesamte Arbeitslosigkeit, so kann man sagen, dass die gesamte Arbeitslosigkeit immer steigt, wenn die Arbeitsnachfrage der Unternehmen, trotz des für sie niedrigeren Bruttolohnes, sinkt.

Des Weiteren sind auch Situationen denkbar, in denen die Arbeitsnachfrage der Unternehmen stärker sinkt als das Arbeitsangebot der Haushalte. Ist dies der Fall, wird die unfreiwillige Arbeitslosigkeit sogar steigen.

Während also die Effekte der Umweltpolitik auf das Wachstum eindeutig sind, ist es bezüglich der Arbeitslosigkeit schwieriger eindeutige Vorhersagen zu treffen. Es kann jedoch als Ergebnis festgehalten werden, dass eine Ökosteuer oder versteigerte Lizenzen nur bei Vorliegen von unfreiwilliger Arbeitslosigkeit erfolgreich die Arbeitslosigkeit abbauen können, dies jedoch keineswegs garantiert ist.

Das oben beschriebene Modell von Bovenberg und de Mooij besagt, dass Ökosteuern und versteigerte Lizenzen bezüglich der Arbeitslosigkeit eine schlechte Wahl sind, wenn es in der Volkswirtschaft keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt. In dieser Situation wirken die Instrumente der Auflagen und der frei vergebenen Zertifikate jedoch anders. Da beide gratis an die Unternehmen verteilt werden, ist davon auszugehen, dass sie die Arbeitsnachfragekurve der Unternehmen weniger nach unten verschieben werden als die anderen beiden Instrumente. Andererseits können durch diese beiden Instrumente auch die Bruttolöhne nicht gesenkt werden, was bei den Ökosteuern und den versteigerten Zertifikaten wiederum möglich ist. Somit ist letzten Endes nicht eindeutig zu sagen, welche Instrumente in der Situation, wo es keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt, besser abschneiden. Zumindest kann man sagen, dass aufgrund der in Kapitel 3.2.3. beschriebenen Eigenschaft der Kosteneffizienz, die Auflagen auch hier weniger effizient als die freien Zertifikate sind.

In der Situation der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit ist es theoretisch auf jeden Fall möglich, dass die Ökosteuern und die versteigerten Zertifikate die unfreiwillige Arbeitslosigkeit senken. Dies dürfte durch frei vergebene Zertifikate nicht möglich sein, da ja in diesem Fall lediglich die Arbeitsnachfragekurve leicht sinken wird, und die Bruttolöhne nicht sinken. Da das Arbeitsangebot unverändert bleiben dürfte, ist sogar mit einer Zunahme der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit zu rechnen (dies hängt natürlich von der Menge der ausgegebenen Zertifikate ab). Im Falle der unfreiwilligen Arbeitslosigkeit sind also solche Instrumente vorzuziehen, die für den Staat Einnahmen generieren, damit er die Steuern auf den Faktor Arbeit senken kann. Daher möchte ich bezüglich der Instrumente festhalten:

Ergebnis 4.3.:

Liegt in der Volkswirtschaft keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit vor, so wird sich durch alle Umweltinstrumente die Arbeitslosigkeit erhöhen. Bezüglich der Rangfolge der Instrumente ist es schwer in der Theorie Aussagen zu treffen. Man kann lediglich sagen, dass die Auflagen aufgrund der geringeren Kosteneffizienz weniger geeignet sind als die Zertifikate oder die Ökosteuern.

In einer Situation mit unfreiwilliger Arbeitslosigkeit sind die Instrumente vorzuziehen, die gleichzeitig die Kosten des Faktors Arbeit senken, also versteigerte Zertifikate und Ökosteuern. Sie bieten zumindest die Chance die unfreiwillige Arbeitslosigkeit abzubauen.

4.3. Ergebnisse und empirische Evidenz

Ich möchte dieses vierte Kapitel mit den Ergebnissen einiger Simulationen beschließen. Eine erste Untersuchung von Gebhard Kirchgässner beschäftigt sich mit der Frage, welche Effekte die Einführung einer Ökosteuer auf die Schweizer Wirtschaft hat¹²⁵. Er stellt ein allgemeines Gleichgewichtsmodell für die Schweiz des Jahres 1990 auf, in dem er die drei Faktoren Arbeit, Kapital und Energie modelliert. Zuerst nimmt er an, in der Schweiz gäbe es unfreiwillige Arbeitslosigkeit, und vergleicht diese Ergebnisse mit einem Zustand, in dem es keine unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt. Als Resultat erhält er, dass bei unfreiwilliger Arbeitslosigkeit die Höhe der Arbeitslosenquote durch eine ökologische Steuerreform von 5% auf 3,5 – 4,5% sinken wird¹²⁶. Nimmt man in seinem Schätzmodell die gegebene Arbeitslosigkeit jedoch als freiwillige Arbeitslosigkeit an, so verändert sich die Arbeitslosenquote durch die Einführung der Ökosteuerreform nur leicht und sinkt auf 4,9%¹²⁷ (im Vergleich zu 5% im Referenzszenario). Es wird in dieser Untersuchung deutlich, dass die Instrumente der Ökosteuer oder der versteigerten Lizenzen bei Vorliegen von unfreiwilliger Arbeitslosigkeit erfolgreicher sein werden, als bei nur freiwilliger Arbeitslosigkeit. Eine andere Untersuchung von Capros et al.¹²⁸ beschäftigt sich mit den Auswirkungen von verschiedenen Umweltinstrumenten auf die europäische Wirtschaft, wenn man von verschiedenen Emissionsreduktionszielen bis zum Jahre

¹²⁵ Kirchgässner et al. (1998), S.329 - 349

¹²⁶ Ergebnisse siehe Kirchgässner et al. (1998), S.343 Strategien I – III in Tabelle 3

¹²⁷ siehe Kirchgässner et al. (1998), S.343 Strategie IV in Tabelle 3

¹²⁸ Capros et al. (1999)

2010 ausgeht. Das von den Autoren benutzte GEM-E3 Modell ist ein allgemeines Gleichgewichtsmodell der europäischen Wirtschaft. Die Autoren nehmen im Modell auch das Vorliegen von unfreiwilliger Arbeitslosigkeit an. Wird in diesem Modell eine Ökosteuer mit einem Vermeidungsziel von 25% der Emissionen eingeführt, deren Einnahmen zur Kürzung der Sozialversicherungsbeiträge verwendet werden, so werden dadurch in der EU circa 1,96 Millionen neue Stellen geschaffen¹²⁹. Die unfreiwillige Arbeitslosigkeit kann demzufolge gesenkt werden. Geht man vom gleichen Vermeidungsziel aus, will dies jedoch mit frei vergebenen Zertifikaten erreichen, so simuliert das Modell immerhin 283 000 zusätzliche neue Stellen¹³⁰. Auch hier kann die Arbeitslosigkeit abgebaut werden, jedoch in einem wesentlich geringeren Umfang als durch eine Ökosteuer (oder auch durch versteigerte Lizenzen). Folglich haben in diesem Modell auch die frei vergebenen Zertifikate einen positiven Effekt auf die Beschäftigung. Dies liegt daran, dass im Modell relativ starke Substitutionseffekte auftreten¹³¹. Doch man muss auch feststellen, dass die Instrumente, die gleichzeitig die Sozialversicherungsbeiträge senken, wesentlich erfolgreicher in der Bekämpfung der Arbeitslosigkeit sind. In die gleiche Richtung geht ein Schätzmodell von Meyer et al.¹³², welches die Effekte von Umweltpolitik für die deutsche Wirtschaft schätzt. Es handelt sich bei ihrem Schätzmodell um ein so genanntes PANTA RHEI Modell. Hierbei handelt es sich um ein Modell, was zur Beantwortung von umweltökonomischen Fragestellungen aus dem disaggregierten ökonomischen Simulations- und Prognosemodell INFORGE entwickelt wurde¹³³. Wird in diesem Modell eine Ökosteuer eingeführt, die bis zum Jahre 2010 zur Reduktion von 14,1% der CO_2 -Emissionen anregt¹³⁴, und deren Einnahmen zur Senkung der Sozialversicherungsbeiträge auf Arbeitgeberseite verwendet werden, so passiert folgendes: Während die Arbeitslosigkeit im Referenzszenario 3,4 Millionen im Jahr 2010 beträgt, so sind es nach der Ökosteuerreform nur noch 2,7 Millionen¹³⁵. In dieser Simulation wird also die Arbeitslosigkeit durch eine Ökosteuerreform um 21% gesenkt. Vergleicht man diesen Fall mit den frei vergebenen Zertifikaten, so ist ersichtlich, dass deren Ergebnisse bezüglich der Arbeitslosigkeit nicht so positiv sind. Frei

¹²⁹ Capros et a. (1999), S.97

¹³⁰ Capros et al. (1999), S.86

¹³¹ Capros et al. (1999), S.82 unten, S.85 unten

¹³² Meyer et al. (1999)

¹³³ Meyer et al (1999), S.11

¹³⁴ siehe Meyer et al. (1999), S.132 , Tabelle 21

¹³⁵ Meyer et al. (1999), S.132

vergebene Zertifikate, welche die CO_2 -Emissionen um 14,9% sinken lassen¹³⁶, haben eine Arbeitslosigkeit von 3,4 Millionen Beschäftigten zur Folge, was 2,8% mehr als Referenzszenario sind¹³⁷. Auch dieses Modell stützt das theoretische Ergebnis, das besagt, dass Ökosteuern und versteigerte Zertifikate den freien Zertifikaten vorzuziehen sind, wenn man unfreiwilliger Arbeitslosigkeit annimmt.

Alle drei hier vorgestellten Untersuchungen bejahen also die Idee der Doppeldividende, welche besagt, dass unfreiwillige Arbeitslosigkeit durch Ökosteuern oder versteigerte Zertifikate abgebaut werden kann. Diese Wirkung wird tendenziell von vielen empirischen Untersuchungen bestätigt¹³⁸. In den theoretischen Modellen (wie z.B. bei Bovenberg und de Mooij) wird eine Doppeldividende jedoch meistens abgelehnt¹³⁹. Dafür gibt es wohl auch einen einfachen Grund¹⁴⁰: In den theoretischen Modellen wird die Umweltpolitik, die vor Einführung einer Ökosteuer schon gemacht wird (also meistens Auflagen, die ebenfalls verzerrend wirken und nicht kosteneffizient sind), nicht in Betracht gezogen. Somit wird in den theoretischen Modellen angenommen, es gebe vorher keine Umweltpolitik. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Ökosteuer, ausgehend von einem Zustand, in dem es im Modell vorher keine Umweltpolitik gab, einen negativen Effekt hat, ist daher recht groß. Anders liegt der Fall jedoch in den empirischen Modellen. Hier wird der Zustand nach Einführung der Ökosteuer oder Zertifikate mit einem Referenzszenario verglichen, das dem heutigen Status Quo an Umweltpolitik entspricht. Also gibt es in diesem Fall schon eine Umweltpolitik; meistens durch Auflagen. Der Ausgangszustand ist darum keineswegs optimal, da auch Auflagen hier eine verzerrende Wirkung haben. Durch den Einsatz des neuen Umweltinstruments fallen die Beschränkungen der Auflagen jedoch teilweise weg, was die Wahrscheinlichkeit für den Erfolg der Ökosteuern oder der Zertifikate natürlich wesentlich erhöht.

Da die schon bestehende Umweltpolitik in der Realität durchaus eine Restriktion für die Unternehmen darstellt, ist also die Wahrscheinlichkeit für den Erfolg von Ökosteuern und Zertifikaten in der Realität größer als in den theoretischen Modellen.

¹³⁶ Meyer et al. (1999), S.187, Tabelle 52

¹³⁷ Meyer et al. (1999), S.187, Tabelle 52

¹³⁸ siehe Park und Pezzey (1999), S.159 oben

¹³⁹ siehe Park und Pezzey (1999), S.159 oben

¹⁴⁰ die folgenden Erklärungen folgen Park und Pezzey (1999), S.172 ff.

5. Besonderheiten der Zertifikate

5.1. Einleitung

Aus der theoretischen Analyse in den vorhergegangenen Kapiteln kann man festhalten, dass Zertifikate, die in einer Auktion an die Unternehmen versteigert werden, immer sehr ähnlich wirken wie die Ökosteuern. Grund dafür ist, dass in der theoretischen Analyse die zu zahlende Steuer genau gleich dem Auktionspreis für die Zertifikate ist. Unter diesen Bedingungen haben beide Instrumente die gleiche Wirkung¹⁴¹, und die versteigerten Zertifikate sind den Ökosteuern in Bezug auf die dynamische Anreizwirkung sogar überlegen¹⁴². Die versteigerten Zertifikate sind also immer mindestens genauso gut wie die Ökosteuern, weshalb es sich lohnt ihre Funktionsweise näher zu beleuchten.

Doch auch die Betrachtung der frei vergebenen Zertifikate lohnt. Zwar sind sie, wie in den beiden obigen Kapiteln gesehen, den versteigerten Zertifikaten unterlegen, doch gibt es genügend Gründe anzunehmen, dass sie in der Praxis die größere Relevanz haben. So wird im Allgemeinen angenommen, dass frei vergebene Zertifikate politisch sehr viel leichter realisierbar sind als die versteigerten Zertifikate¹⁴³. Des Weiteren fällt auf, dass die frei vergebenen Zertifikate in der Praxis der Klimapolitik immer wichtiger werden. So führt die europäische Union ab dem Jahre 2005 ein europaweites Handelssystem für Emissionszertifikate ein. Dort ist ebenso eine freie Vergabe der Lizenzen an die Unternehmen geplant, wie dies im Kyoto – Protokoll für die Staaten vorgesehen ist¹⁴⁴. Somit ist klar, dass man sich bei der Betrachtung der Zertifikate nicht auf die versteigerten Zertifikate beschränken darf, sondern auch die frei vergebenen Zertifikate betrachten sollte.

Im folgenden Abschnitt 5.2. werde ich die beiden Zertifikatstypen genauer vorstellen und ihre Funktionsweise erklären. Hier geht es darum, die wesentlichen Unterschiede in der Logik der beiden Zertifikatstypen zu erklären. Im dann anschließenden Abschnitt 5.3. werde ich genau auf die Vor- und Nachteile der beiden Zertifikatstypen eingehen. Um einen Einblick in die Praxis von Umweltzertifikaten zu bekommen, präsentiert Abschnitt 5.4. das in den USA bereits eingeführte Handelssystem für Schwefeldioxidzertifikate. Abschnitt 5.5. fasst dann die Ergebnisse noch einmal kurz zusammen.

¹⁴¹ Siehe auch Ekins und Barker (2001), S.329 unten

¹⁴² Siehe Abschnitt 3.3.2.

¹⁴³ Rahmeyer (1999), S.343

¹⁴⁴ EU Kommission (2003)

5.2. Funktionsweise beider Zertifikatstypen

In der Theorie sind die Umweltzertifikate seit Ende der 60er Jahre bekannt. Die beiden Ökonomen Dales und Crocker entwickelten ein Modell mit handelbaren Umweltnutzungsrechten für die Gewässerschutzpolitik und die Luftreinhaltepolitik¹⁴⁵. Im Prinzip beruht die Idee der Zertifikate auf der Idee der vollständigen Zuordnung der Eigentumsrechte an der Umwelt nach Coase¹⁴⁶. Bei den Zertifikaten wird das Eigentum an der Nutzung der Umwelt entweder kostenlos an die Unternehmen verteilt (freie Zertifikate bzw. Grandfathering), oder der Staat ist der Eigentümer und verkauft es an die Unternehmen (versteigerte Lizenzen). Folglich wird auch im Fall der Zertifikate das Eigentum an der staatlich gewollten Menge der Umweltnutzung vollständig zugeordnet. Der Unterschied ist jedoch hier, dass der Staat bei den Zertifikaten wesentlich mehr eingreifen und steuern kann, als bei der sehr dezentralen Verhandlungslösung nach Coase. Da bei den Zertifikaten der Staat als Repräsentant der von der Umweltverschmutzung betroffenen Haushalte auftritt, sind somit die Verhandlungspartner wesentlich leichter zu identifizieren. Die Zertifikatslösung ist demzufolge in der Realität wesentlich praktikabler als die Verhandlungslösung¹⁴⁷.

Ausgehend von einer vom Staat insgesamt noch für vertretbar gehaltenen Menge an Emissionen (als Beispiel für Umweltnutzung), erklärt Gerhard die Emissionszertifikate folgendermaßen:

“ Die vom Staat fixierten zulässigen Gesamtemissionsmengen für verschiedene Schadstoffe sind im nächsten Schritt in geeignet kleine Teilmengen zu partitionieren und in einzelnen Emissionsrechten (Lizenzen, Zertifikate) zu verbiefen. Eine Umweltlizenz stellt dann ein verbrieftes Recht dar, eine Umweltressource innerhalb eines zeitlich und räumlich definierten Geltungsbereichs in einem genau definierten Umfang positiv zu nutzen. Im Grundmodell wird von mengenmäßig definierten Emissionsrechten ausgegangen. Als Bemessungsgrundlage der Lizenz gilt dann die absolute Schadstoffemissionsmenge. Eine Lizenz verbrieft dann das Recht, eine Tonne eines bestimmten Schadstoffes zu emittieren; ist dies geschehen, verliert die Lizenz ihre Gültigkeit und gilt als verbraucht.¹⁴⁸“

¹⁴⁵ Gerhard (2000), S.72

¹⁴⁶ siehe Kapitel 2.1.

¹⁴⁷ dies veranlasste auch Dales zur Entwicklung der Zertifikatsidee. Siehe Gerhard (2000), S.72

¹⁴⁸ Gerhard (2000), S.75

Aus dieser Erklärung von Gerhard folgt, dass es sehr wichtig ist, die entsprechende Umweltnutzung mengenmäßig gut zu definieren. Dies ist jedoch im Bereich der CO_2 -Emissionen kein Problem. Man geht hier typischerweise davon aus, dass die Lizenz die Emission von einer Tonne CO_2 verbrieft¹⁴⁹.

Wie in der theoretischen Analyse gesehen, ist jedoch auch der Ausgabemechanismus der Zertifikate enorm wichtig für ihre Auswirkungen auf die makroökonomische Performance eines Landes. Es lohnt sich also, die beiden unterschiedlichen Ausgabemechanismen genauer zu erklären.

Eine Möglichkeit ist, die Umweltzertifikate als Eigentum des Staates zu sehen. Dieser Logik folgend müssen die Unternehmen für ihre Emissionen Geld an den Staat zahlen. Da der Staat die Grenzvermeidungskosten der Unternehmen und somit die Zertifikatspreise, die jene zu zahlen bereit sind, nicht kennt, kann er jedoch keinen Preis für die Zertifikate festsetzen. Als Ausgabemechanismus bietet sich also eine Versteigerung an die Unternehmen an. Durch den Mechanismus der Versteigerung werden die Unternehmen ihre wahre Zahlungsbereitschaft offenbaren. Ein wichtiges Merkmal der versteigerten Zertifikate ist, dass direkt nach der Auktion kein Zertifikatshandel zwischen den Unternehmen stattfindet¹⁵⁰. Dies liegt daran, dass die Unternehmen gerade so viel vermeiden, dass ihre Grenzvermeidungskosten dem auf der Auktion ermittelten Zertifikatspreis genau entsprechen. Es gilt also hier schon direkt nach der Auktion für jedes Unternehmen die Optimalbedingung Grenzvermeidungskosten = Zertifikatspreis. Aus diesem Grunde kann sich nach der Auktion kein Unternehmen durch weiteren Handel verbessern. Durch das Auktionsverfahren ist somit von Anfang an eine effiziente Aufteilung der Zertifikate auf die Unternehmen gewährleistet.

Anders sieht das bei dem Erstausgabeverfahren des Grandfathering aus. Grandfathering bedeutet, dass die Zertifikate gratis an die Unternehmen verteilt werden. Dabei geht es darum, durch die Ausgabe der Zertifikate dem Unternehmen den Zustand des Status Quo zu ermöglichen¹⁵¹. Dies bedeutet, dass sich die Menge der an das Unternehmen vergebenen Zertifikate an der Höhe der bisherigen Emissionen des Unternehmens orientiert. Will man aber eine schärfere Umweltpolitik einführen (so wie in der theoretischen Analyse unterstellt), ist es ebenso möglich entsprechend weniger Zertifikate an die Unternehmen zu verteilen. Die

¹⁴⁹ vgl. z.B. Koutsaal und Nentjes (1995), S.223

¹⁵⁰ Gerhard (2000), S.82

¹⁵¹ Feess (1998), S.120

Verteilung der Zertifikate beim Grandfathering orientiert sich also an historischen Daten. Dies hat zur Folge, dass sich sofort nach der Erstaussgabe der Zertifikate ein Zertifikatshandel zwischen den Unternehmen ergeben wird. Grund dafür ist, dass durch die Erstaussgabe noch keine optimale Verteilung der Zertifikate auf die Unternehmen erfolgt ist. Hier ist die Optimalitätsbedingung direkt nach der Ausgabe noch nicht erfüllt. Deshalb werden Unternehmen mit hohen Grenzvermeidungskosten auf dem Markt Zertifikate kaufen wollen, und Unternehmen mit niedrigen Grenzvermeidungskosten verkaufen. Insofern wird durch den sofort einsetzenden Handel im Zeitablauf eine optimale Verteilung der Zertifikate auf die Unternehmen ermöglicht.

Es führt also sowohl die Methode des Grandfathering (nach der Ausgabe), als auch die Methode der Versteigerung der Zertifikate (schon bei der Ausgabe), letzten Endes zu einer effizienten Aufteilung der Zertifikate auf die Unternehmen.

Nachdem die Zertifikate dann effizient auf die Unternehmen aufgeteilt wurden, hört der Handel mit den Zertifikaten jedoch keinesfalls auf. Dafür sorgen Neuansiedlungen von Unternehmen oder emissionsparende technologische Innovationen¹⁵². Der Zertifikatspreis wird demnach im Zeitablauf durchaus schwanken. Für diese Entwicklung des Marktes ist es jedoch nicht relevant, ob die Zertifikate im Grandfathering- oder im Auktionsverfahren ausgeteilt wurden. Somit möchte ich folgendes Resultat dieses Abschnittes festhalten:

Ergebnis 5.1.:

Beide Ausgabemechanismen für Zertifikate führen im Endeffekt zu einer optimalen Aufteilung der Zertifikate auf die Unternehmen. Bei den versteigerten Zertifikaten werden die Zertifikate schon bei der Ausgabe effizient verteilt. Beim Grandfathering dagegen setzt direkt nach der Ausgabe ein Zertifikatshandel zwischen den Unternehmen ein, der zu einer effizienten Aufteilung führt.

Da sich die Technologien und die Anzahl der Marktteilnehmer immer wieder ändern, wird nach der Erstaussgabe ein Handel zwischen den Unternehmen einsetzen. Dieser Handel wird von den Ausgabemechanismen jedoch nicht mehr beeinflusst.

¹⁵² siehe z.B. Gerhard (2000), S.82

5.3. Vor- und Nachteile der beiden Ausgabemechanismen

5.3.1. Vorteile des Auktionsverfahrens und Nachteile des Grandfathering

Ein erster großer Unterschied zwischen den versteigerten Lizenzen und den freien Lizenzen ist die Erzielung von zusätzlichen Einnahmen. Werden die Zertifikate im Grandfathering Verfahren verteilt, dann generiert der Staat dadurch überhaupt keine zusätzlichen Einnahmen. Bei einer Auktion der Zertifikate kann jedoch ein relativ großer Geldbetrag eingenommen werden. So fanden Repetto und Austin im Jahre 1997 heraus, dass sich durch eine Versteigerung von CO_2 -Zertifikaten in den USA bis zu 126 Milliarden US \$ erwirtschaften ließen¹⁵³. Diese Summe würde es dem Staat erlauben, im Gegenzug in nicht zu vernachlässigendem Ausmaß andere verzerrende Steuern zu senken. Diese Idee, dass die Einnahmen einer Auktion im Gegenzug zur Senkung beispielsweise der Sozialversicherungsbeiträge benutzt werden, kann dazu führen, dass dadurch unfreiwillige Arbeitslosigkeit abgebaut wird. Da dies bei den frei vergebenen Zertifikaten nicht der Fall ist (siehe Ergebnis 4.3), ist diese Einnahmenerzielung ein großer Vorteil des Auktionsverfahrens. Dies gilt allerdings nur unter der Annahme, dass durch die Einnahmen eben auch andere verzerrende Steuern in gleichem Maße gesenkt würden. Denn wenn diese entsprechende Steuersenkung nicht im Gegenzug kommt, dann handelt es sich bei der Auktion lediglich um einen Geldtransfer vom privaten in den öffentlichen Sektor. Da viele Ökonomen davon ausgehen, dass die Grenzproduktivität im privaten Sektor höher sein wird als im öffentlichen¹⁵⁴, wäre ein solcher Geldtransfer einer Auktion negativ zu beurteilen. Ich bin jedoch davon ausgegangen, dass ein Auktionsverfahren aufgrund der politischen Durchsetzbarkeit überhaupt nur eingeführt würde, wenn entsprechend andere verzerrende Steuern gesenkt würden (wie beispielsweise bei der Ökosteuer). Demzufolge ist die Einkommenserzielung als Vorteil des Auktionsverfahrens zu sehen.

Ein zweiter wichtiger Unterschied zwischen den beiden Ausgabemechanismen ist die unterschiedliche Behandlung von Neuemittenten gegenüber Altemittenten. Neuemittenten sind Unternehmen, die neu in den Markt einsteigen und Konkurrenten der alteingesessenen Altemittenten werden. Ein Unterschied zwischen den beiden Ausgabemechanismen entsteht nun, wenn ein Unternehmen erst in den Markt eintritt, nachdem die Zertifikate schon an die anderen Unternehmen verteilt bzw.

¹⁵³ Repetto und Austin (1997)

¹⁵⁴ z.B. Gerhard (2000), S.161

versteigert wurden. Wurden die Zertifikate an die Altemittenten im Grandfathering Verfahren vergeben, so haben diese ihre Zertifikate ja kostenlos bekommen. Ein neu in den Markt kommendes Unternehmen muss seine benötigten Zertifikate jedoch auf dem Zertifikatsmarkt selbst kaufen. Es wird für jedes Zertifikat, das es benötigt, den Marktpreis zahlen müssen. Dies stellt natürlich eine eindeutige Benachteiligung des Neuemittenten gegenüber den Altemittenten dar, da ja die Produktionskosten des Neuemittenten, durch die zusätzlichen Kosten für die Zertifikate, entsprechend höher sein dürften. Auf dem Gütermarkt werden die Neuemittenten also benachteiligt sein. Der Grandfathering Mechanismus wirkt somit wie eine zusätzlich geschaffene Marktzutrittsbarriere für neu in den Markt kommende Unternehmen¹⁵⁵. Bei einem Auktionsverfahren findet diese Bevorzugung der Altemittenten nicht statt. So müssen einerseits die Altemittenten auf der Auktion für die Lizenzen bezahlen, und andererseits müssen auch die Neuemittenten beim Markteintritt für die Zertifikate bezahlen. Hier wird also keine Gruppe durch das Auktionsverfahren bevorteilt. Das Auktionsverfahren bietet demzufolge bezüglich eines funktionierenden Wettbewerbs auf den Gütermärkten gegenüber dem Grandfathering Vorteile.

Ein drittes Feld, in dem das Auktionsverfahren dem Grandfathering überlegen ist, ist die Anreizwirkung zur Entwicklung neuer umweltschonender Technologien, die vor einer Implementierung des Zertifikatssystems besteht. So stellt beispielsweise Feess bezüglich des Grandfatherings fest: “ Problematisch ist allerdings, dass Unternehmen mit einer besonders umweltfreundlichen Technologie, die möglicherweise hohe Forschungs- und Entwicklungskosten auf sich genommen haben, benachteiligt werden, indem sie weniger Zertifikate erhalten.“¹⁵⁶ Es lohnt sich nicht, schon vor der Einführung der Zertifikate, in neue Technologien zu investieren. Vielmehr macht es Sinn, vorher besonders viel zu emittieren, um eine möglichst hohe Anzahl an Zertifikaten zugeteilt zu bekommen¹⁵⁷. Dieses Anreizproblem besteht beim Auktionsverfahren eben nicht. Da die Unternehmen sofort für die von ihnen ersteigerten Zertifikate bezahlen müssen, lohnt sich der Einbau neuer umweltschonender Produktionsmethoden schon vor Einführung der Zertifikate. Denn so müssten die Unternehmen auf der Auktion entsprechend weniger Zertifikate ersteigern. Man kann festhalten, dass das Auktionsverfahren dem

¹⁵⁵ Gerhard (2000), S.165 unten

¹⁵⁶ Feess (1998), S.120

¹⁵⁷ siehe auch Feess (1998), S.120 unten

Grandfathering bezüglich der Anreizwirkung zu emissionsparendem Verhalten schon vor Erstaussgabe der Zertifikate, überlegen ist.

Die in diesem Abschnitt angesprochenen drei Bereiche sind Faktoren, die implizieren, dass das Auktionsverfahren dem Grandfathering vorgezogen werden sollte. Hier muss man jedoch einschränkend einschieben, dass es in der Realität noch Möglichkeiten gibt, die oben angesprochenen Schwächen des Grandfathering zu mildern. Dies wird sich in Abschnitt (5.4.) bei Betrachtung des US – amerikanischen Systems für den Handel mit Schwefeldioxidzertifikaten zeigen.

5.3.2. Vorteile des Grandfathering und Nachteile des Auktionsverfahrens

In der Praxis scheint das Ausgabeverfahren des Grandfathering dem Auktionsverfahren meist vorgezogen zu werden. Das US – amerikanische System für den Handel mit Schwefeldioxidzertifikaten sieht ebenso ein Grandfatheringverfahren vor, wie das zukünftig geplante europäische System für den Handel mit CO_2 -Zertifikaten. Die Frage ist also, welche Faktoren bewirken, dass anscheinend in der Praxis das Grandfathering dem Auktionsverfahren vorgezogen wird.

Ein erster Faktor ist die rechtliche Situation. Die derzeitige vorherrschende Umweltpolitik arbeitet noch sehr viel mit den Auflagen. Hier wird den Unternehmen eine bestimmte Maximalmenge an Emissionen kostenlos zugestanden. Das Eigentumsrecht an den Emissionen liegt so gesehen bei den Unternehmen. Dies ändert sich auch im Fall des Grandfatherings nicht. Anders sieht es jedoch bei einer Versteigerung der Zertifikate aus. Hier wechselt das Eigentumsrecht an den Emissionen zum Staat, und die Unternehmen müssen dem Staat diese Rechte abkaufen. Im Prinzip nimmt man also den Unternehmen durch die Einführung des Auktionsverfahrens den Besitz an den Emissionen ab, den sie in der Vergangenheit immer innehatten. Hierzu stellt Gerhard fest: “Eine solche Aufhebung der historischen Emissionsrechte ist aus rechtlicher Sicht, insbesondere hinsichtlich des Aspekts des Bestandschutzes, zumindest bedenklich.”¹⁵⁸ Der Mechanismus des Grandfathering lehnt sich also wesentlich besser an die historisch gewachsenen Entwicklungen im Umweltschutz an, da er bezüglich der Verteilung der Eigentumsrechte an den Emissionen im Vergleich zu den Auflagen keinen radikalen Systemwechsel darstellt¹⁵⁹.

¹⁵⁸ Gerhard (2000), S.159 unten

¹⁵⁹ siehe auch Gerhard (2000), S.160 oben ; oder auch Ekins und Barker (2001),S.330 unten

Ein zweiter wichtiger Faktor, der gegen die Einführung eines Auktionsverfahrens für Zertifikate spricht, ist die politische Durchsetzbarkeit. So ist damit zu rechnen, dass sich erhebliche politische Widerstände gegen ein solches Auktionsverfahren aufbauen würden¹⁶⁰. Da das Auktionsverfahren ja eine erhebliche Kostenbelastung für die energieintensive Industrie darstellt, werden solche Branchen strikt gegen ein solches System sein. Vieles spricht dafür, dass die späteren Kostensenkungen durch das Senken von verzerrenden Steuern von der Industrie als Pluspunkt nicht wahrgenommen werden (so scheint es zum Beispiel bei der deutschen Ökosteuer zu sein, die von der Industrie auch größtenteils abgelehnt wird¹⁶¹). Die Zertifikate, die im Grandfatheringverfahren verteilt werden, sind in der Industrie dagegen relativ beliebt, da sie ja gratis verteilt werden. So stellt beispielsweise Boom fest, dass Auflagen und frei verteilte Lizenzen die Lieblingsinstrumente der Industrie sein¹⁶². Folglich kann man sagen, dass in der Realität die Staaten wesentlich eher ein Zertifikatsystem mit einem Grandfatheringverfahren einführen werden, um den politischen Widerstand zu begrenzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwar einige gewichtige theoretische Aspekte für ein Auktionsverfahren sprechen, man jedoch realistischerweise davon ausgehen sollte, dass im Moment nur ein Grandfatheringverfahren durchsetzbar ist¹⁶³. Deshalb lohnt es auch, das US – amerikanische System für den Handel mit Schwefeldioxidzertifikaten genauer zu untersuchen. Es beruht nämlich auf einem leicht modifizierten Grandfathering.

5.4. Das amerikanische Allowance Trading Program [ATP] als Praxisbeispiel

Ein Hauptproblem der Umweltpolitik in den 70er Jahren war in vielen Industrieländern der saure Regen, der hauptsächlich durch zu viele SO_2 und NO_x - Emissionen zu Stande kam¹⁶⁴. Dieser saure Regen war auch in den USA ein großes Problem. Die volkswirtschaftlichen Schäden durch den sauren Regen wurden in den USA auf 2 – 9 Milliarden Dollar pro Jahr geschätzt¹⁶⁵. So beschloss man in den USA schon Mitte der 70er, die Umweltpolitik zu ändern. Um das bestehende Ordnungsrecht effizienter zu gestalten, wurde in diesem Zeitraum das so genannte

¹⁶⁰ siehe z.B. Gerhard (2000), S.160

¹⁶¹ siehe beispielsweise Forderungen des BDI (2002)

¹⁶² Boom (2002), S.238 f.

¹⁶³ siehe z.B. Gerhard (2000), S.167 ; oder Rahmeyer (1999), S.343

¹⁶⁴ Gerhard (2000), S.246

¹⁶⁵ Portney, P.R. (1990)

Emission Trading Program eingeführt. Dieses Programm flexibilisierte zwar das bestehende Umweltrecht¹⁶⁶, war jedoch noch weit von einem echtem Handelssystem für SO_2 - Zertifikate entfernt. Dies wurde erst Mitte der neunziger Jahre mit dem so genannten Allowance Trading Program [ATP] eingeführt. Dieses System trat im Januar 1995 in Kraft und implementierte ein landesweit gültiges Zertifikatsystem für die Stoffe SO_2 und NO_x ¹⁶⁷. Ziel dieses Zertifikatsystems war es, ab dem Jahr 2000 ein Niveau von SO_2 - Emissionen in Höhe von 8,9 Millionen Tonnen pro Jahr zu erreichen, was ungefähr 50% der Emissionen des Jahres 1989 entsprach¹⁶⁸. Da die Schwefeldioxid Emissionen zu 70% aus den Kraftwerken stammen¹⁶⁹, wurden auch nur diese Kraftwerke in das Zertifikatshandelssystem integriert. Dazu wurde das ATP in zwei Perioden eingeführt. In der ersten Periode (1995 – 2000) wurden nur Großkraftwerke in das ATP Programm mit einbezogen. Sie mussten in diesem Zeitraum eine Reduktion der SO_2 - Emissionen von 3,5 Millionen Tonnen realisieren¹⁷⁰. Ab dem Jahr 2000 wurden dann alle Kraftwerke (also auch die kleineren) in das System integriert. Die Emissionen an SO_2 sollten so noch einmal um weitere 5 Millionen Tonnen gesenkt werden¹⁷¹.

Das System ist so aufgebaut, dass jährlich eine bestimmte Zertifikatesmenge gratis an die Unternehmen verteilt wird. Tendenziell sinkt die ausgegebene Menge an Zertifikaten jedes Jahr. Die Zertifikate sind zwischen den Unternehmen jederzeit handelbar¹⁷². Sie können also am Markt jederzeit so viel kaufen und verkaufen wie sie wollen. Interessant ist außerdem, dass auch Dritte wie beispielsweise Broker oder Umweltschutzgruppen am Zertifikatehandel teilnehmen können¹⁷³. Diese Tatsache wird für einen wesentlich liquideren Markt sorgen. Es ist ebenso zu beachten, dass die Unternehmen die jährlich verteilten Zertifikate auch für die Zukunft ansparen können. Dieses so genannte Banking sorgt dafür, dass die Unternehmen beispielsweise in Phase 1 Zertifikate ansparen können, um für die strengere zweite Phase noch Zertifikate übrig zu haben¹⁷⁴. Diese Modifikationen zeigen, dass in der

¹⁶⁶ Gerhard (2000), S.207

¹⁶⁷ Feess (1998), S.124

¹⁶⁸ Feess (1998), S.125

¹⁶⁹ Gerhard (2000), S.248

¹⁷⁰ Gerhard (2000), S.250, Tabelle 8

¹⁷¹ Gerhard (2000), S.250, Tabelle 8

¹⁷² Gerhard (2000), S.259

¹⁷³ siehe Gerhard (2000), S.251

¹⁷⁴ Gerhard (2000), S.259 unten

Praxis einige Änderungen am Design des Marktes vorgenommen wurden, die für eine noch größere Flexibilität des Systems sorgen.

Diese Änderung von der theoretischen Gestaltung lässt sich auch am Ausgabemechanismus erkennen, wo es sich laut Gerhard um ein modifiziertes Grandfathering handelt¹⁷⁵. Betrachten wir also, welche Änderungen hier gegenüber der Theorie vorgenommen wurden. Ein erster wichtiger Unterschied zum reinen Grandfathering besteht darin, dass sich die zugeteilten Zertifikate nicht direkt an den bisherigen Emissionen orientieren. Vielmehr ist nur von Interesse, welche Menge an Energie die Kraftwerke jeweils herstellen. Entsprechend dieser Energiemenge wird den Kraftwerken dann anhand eines bestimmten Umrechnungsschlüssel eine bestimmte Menge an Zertifikaten zugestanden¹⁷⁶. Die Konsequenz daraus ist natürlich, dass Anlagen, die schon vorher in saubere Technologie investiert haben, den schmutzigeren Kraftwerken gegenüber nicht benachteiligt werden. Diese Benachteiligung gibt es jedoch beim reinen Grandfathering, wo die Menge der zugeteilten Zertifikate von den historischen Emissionen abhängt. Somit bewirkt diese Änderung im ATP eine wesentlich höhere Anreizwirkung, schon vor Start des Programms in umweltschonendere Technologie zu investieren.

Ein zweiter Unterschied zum reinen Grandfathering besteht in einer Anzahl von Sonderlizenzen, die an die Unternehmen verteilt werden. Ein Beispiel für solche Sonderlizenzen ist die Vergabe von Lizenzen an so genannte Early Units. Dabei handelt es sich um zusätzliche Zertifikate für Kraftwerke, die in der Phase 1 des Programms schon so sauber produzieren, dass sie die Anforderungen für die Phase 2 erfüllen¹⁷⁷. Dadurch werden solche Kraftwerke dafür belohnt, schon vorzeitig eine sauberere Technologie zu installieren. Ein anderes Beispiel für Sonderlizenzen sind Lizenzen, die an Kraftwerke ausgeteilt werden, die zu 90% Erdgas verfeuern. Insofern wird der Einsatz der relativ sauberen Energiequelle Erdgas noch zusätzlich belohnt. Die Sonderlizenzen dienen folglich dazu, weitergehende Anreize zum Einsatz von umweltschonender Technologie zu bieten.

Ein weiterer Schwachpunkt des Grandfatherings, nämlich die tendenzielle Benachteiligung von Neuemittenten, versucht das Programm auch zu umgehen. Dies geschieht, indem das amerikanische Umweltministerium, welches den Handel organisiert, eine bestimmte Anzahl von Lizenzen zurückhält, um sie gerade an

¹⁷⁵ Gerhard (2000), S.252

¹⁷⁶ siehe Gerhard (2000), S.252 f.

¹⁷⁷ Gerhard (2000), S.254

Neuemittenten abzugeben. Diese Lizenzen werden dann später an etwaige Neuemittenten verkauft oder versteigert. Die Verkaufs- bzw. Versteigerungserlöse werden dann jedoch in vollem Umfang an die betroffenen Kraftwerke zurückgegeben¹⁷⁸. Da die Menge der zurückgehaltenen Zertifikate natürlich nicht unbegrenzt ist, wird die Benachteiligung von Neuemittenten jedoch nicht völlig aufgehoben, sondern gegenüber dem reinen Grandfathering nur gemildert.

Das Design des amerikanischen Systems für den Schwefeldioxidhandel ist also so aufgebaut, dass einige theoretische Schwachpunkte des Grandfathering stark abgemildert werden. Somit stellt sich die Frage, ob das System letzten Endes in Bezug auf die Kosteneffizienz, ökologische Treffsicherheit und die Innovationsanreize wirklich ein Erfolg war.

Als erstes möchte ich darstellen, dass man das Zertifikatsystem durchaus als ökologischen Erfolg bezeichnen kann. Dazu ist es nötig sich die landesweiten SO_2 -Emissionen vor und nach Einführung des Programms anzuschauen:

Tabelle (5.1): Entwicklung der SO_2 -Emissionen beim ATP.¹⁷⁹

Schwefeldioxidemissionen in Millionen Tonnen							
		Einheiten der Phase 1	Ausgeteilte Lizenzen an Phase 1 Kraftwerke	Einheiten der Phase 2	Gesamtemissionen aller Kraftwerke	Ausgeteilte Lizenzen an alle Kraftwerke	Menge der angesparten Zertifikate
Vor System-Start	1980	9,4	-	7,9	17,3		-
	1985	9,3	-	6,8	16,1		-
	1990	8,7	-	7,0	15,7		-
Phase 1	1995	5,3	8,7	6,6	11,9		3,4
	1996	5,4	8,3	7,1	12,5		6,3
	1997	5,5	7,2	7,5	13,0		8,0
	1998	5,3	7,0	7,8	13,1		9,6
	1999	4,9	7,0	7,6	12,5		11,6
Phase 2	2000				11,2	9,97	10,38
	2001				10,6	9,54	9,3
	2002				10,2	9,54	8,6

Die Tabelle gibt die landesweiten US – amerikanischen Schwefeldioxidemissionen in allen Kraftwerken an, die am ATP teilnehmen. Dabei sind die Kraftwerke in Großkraftwerke, also solche, die schon in der Phase 1 am Zertifikatehandel teilnahmen, und die übrigen Kraftwerke, die erst in Phase 2 teilnehmen mussten, aufgeteilt. Man sieht, dass die Phase 1 von einer Übererfüllung der Schwefeldioxidvermeidung geprägt war. Spalte 3 in Tabelle (5.1.) gibt die

¹⁷⁸ es handelt sich um eine „Zero Revenue Auction“. Siehe Gerhard (2000), S.257 f.

¹⁷⁹ Daten aus EPA (2000) und EPA (2002)

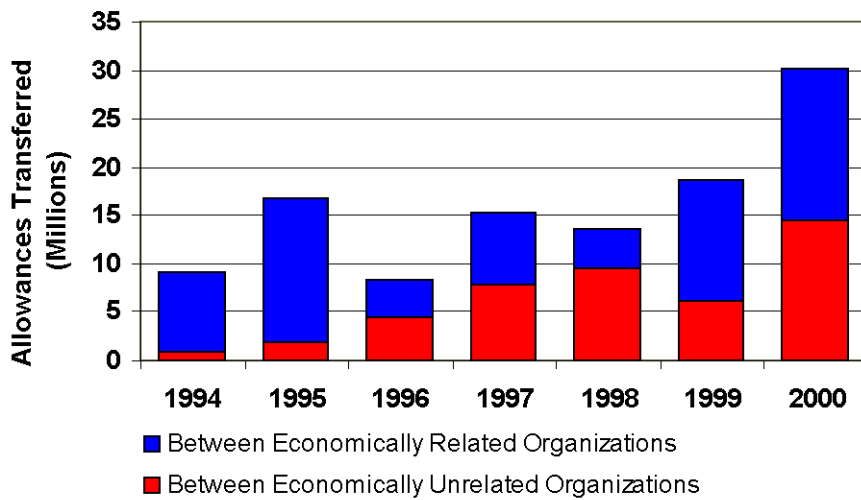
tatsächlichen Emissionen der Kraftwerke in diesem Zeitraum an, während man in Spalte 4 die Menge, die an die Kraftwerke ausgeteilten Zertifikate ablesen kann. Den Kraftwerken gelang es somit jedes Jahr eine gewisse Anzahl von Zertifikaten für die Zukunft anzusparen, was an dem wachsenden Zertifikatsguthaben der Kraftwerke in der letzten Spalte abgelesen werden kann. Bis Ende des Jahres 1999 sparten die in Phase 1 beteiligten Kraftwerke insgesamt Lizenzen für die Emission von 11,6 Millionen Tonnen SO_2 an. Der Sinn dieses Ansparens der Zertifikate besteht darin, dass die Kraftwerke sie in der Phase 2 benutzen wollen, wo aufgrund der dann strengeren Richtlinien mit einem höheren Zertifikatspreis gerechnet wurde. Aus ökologischer Sicht kann man deshalb sagen, dass die erste Phase des ATP Programms extrem erfolgreich war, da die Unternehmen wesentlich mehr vermieden haben als sie mussten. Während die Kraftwerke, die in der Phase 1 noch nicht am ATP teilnehmen mussten ihre Emissionen bis 1999 im Vergleich zum Jahr 1990 um circa 8,6% steigerten¹⁸⁰, gelang es den Kraftwerken, die schon am Programm teilnahmen, ihre Emissionen im gleichen Zeitraum um ungefähr 44% zu senken. Da es in der zweiten Phase des Programms den Anschein hat, als würde das angesparte Zertifikatsguthaben sehr behutsam abgebaut, ergeben sich auch in der zweiten Phase bis zum Jahr 2002 ökologisch positive Emissionswerte. So lagen die Gesamtemissionen aller Kraftwerke im Jahre 2002 um circa 35% unter denen von 1990¹⁸¹. Man kann deshalb sagen, dass sich das ATP aus ökologischer Sicht bewährt hat.

Als zweites geht es darum festzustellen, ob das ATP gegenüber dem vorher geltenden Ordnungsrecht effizienter war, also Kosten gespart hat. Das ATP kann allerdings nur effizient sein, wenn es zu einem Grenzkostenausgleich in Bezug auf die Schwefeldioxidvermeidung zwischen den einzelnen Kraftwerken kommt. Dies kann nur über einem gut funktionierenden Markt für die Zertifikate funktionieren. Es muss somit untersucht werden, ob der Zertifikatsmarkt gut funktioniert hat. Dazu stelle ich kurz zwei Graphiken vor, die den Umsatz auf dem Zertifikatsmarkt einerseits, und die Preisentwicklung andererseits vorstellen:

¹⁸⁰ eigene Berechnung aus den Daten der Tabelle 5.1

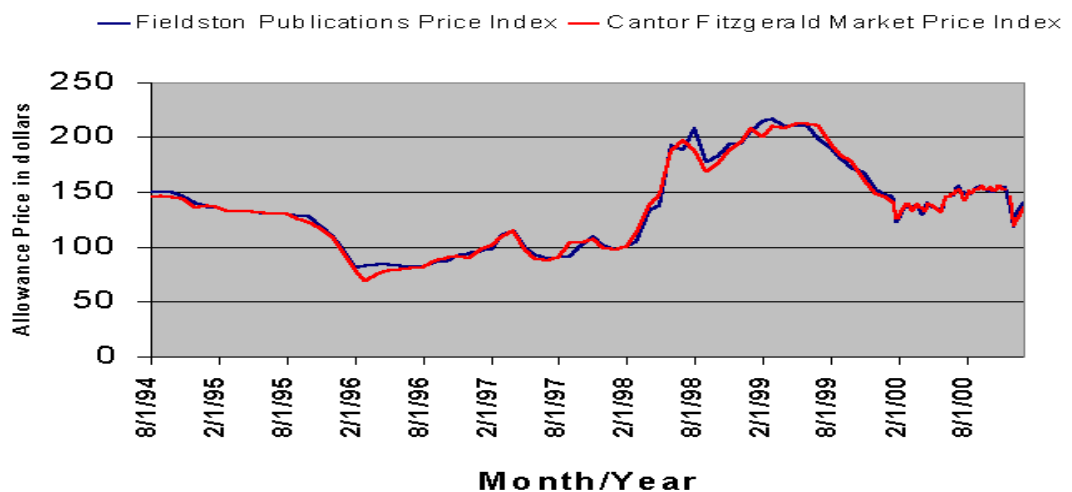
¹⁸¹ eigene Berechnung aus den Daten der Tabelle 5.1

Graphik (5.1.): Umsatz auf dem ATP Zertifikatsmarkt.¹⁸²



Damit ein Markt gut funktioniert, müssen die Umsätze hoch genug sein, so dass die Unternehmen jederzeit Zertifikate kaufen und verkaufen können. Man sieht in der Graphik (5.1.), dass die Umsätze auf dem Zertifikatsmarkt im Zeitraum von 1994 bis 2000 tendenziell steigen, und im Jahre 2000 ein Volumen von 30 Millionen gehandelten Zertifikaten entsprechen. Im gleichen Jahr wurden laut Tabelle (5.1.) ungefähr 11,6 Millionen Zertifikate verbraucht. Das heißt, dass der Handel an Zertifikaten immerhin dreimal so hoch war, wie die letzten Endes verbrauchte Menge.

Graphik (5.2.): Preisentwicklung auf dem ATP Zertifikatsmarkt.¹⁸³



¹⁸² Graphik aus EPA (2000)

¹⁸³ Graphik aus EPA (2000)

Graphik (5.2.) zeigt die Entwicklung des Preises für die Zertifikate bis Mitte des Jahres 2000 an. Auch die Entwicklung des Preises deutet auf einen relativ gut funktionierenden Markt hin. Bis auf den relativ starken Preisanstieg im Jahre 1998 verläuft der Preis relativ stetig, was auf einen gut funktionierenden Markt schließen lässt¹⁸⁴.

Der Markt für die Schwefeldioxidzertifikate funktioniert also relativ gut. Das ATP sollte aus diesem Grunde gegenüber dem Ordnungsrecht auch Kosteneinsparungen ermöglichen. Dies stellten auch Ellerman et al. in ihrer Untersuchung fest, in welcher sie schätzten, dass das ATP gegenüber dem Ordnungsrecht Kosteneinsparungen von 225 – 375 Millionen US-\$ pro Jahr ermögliche¹⁸⁵. Somit kann man das ATP, auch in Bezug auf die Kosteneffizienz, positiv bewerten.

Ein dritter wichtiger Punkt, den ein gutes Umweltinstrument erfüllen sollte, ist es einen Anreiz zur Entwicklung neuartiger umweltschonender Technologie zu geben¹⁸⁶. Um diese Anreizwirkung genauer zu analysieren, fehlt aufgrund der noch kurzen Laufzeit des Programms ausreichendes Datenmaterial¹⁸⁷. Allerdings kann man feststellen, dass es nach Einführung des Programms signifikante Kostensenkungen der wichtigsten Vermeidungstechnologien gegeben hat¹⁸⁸. Ein Grund dafür war, dass sich durch die Einführung des ATP erst ein größerer Markt für die Vermeidungstechnologien gebildet hat, was diese signifikanten Preissenkungen erlaubte. So sanken die Preise von schwefelarmer Kohle ebenso, wie die Preise von Rauchgasentschwefelungsanlagen sehr deutlich¹⁸⁹. Das ATP hat zwar noch nicht dazu geführt, neue Technologien zu entwickeln, aber es hat die schon vorher bestehenden Technologien wesentlich kostengünstiger werden lassen. Somit ist das ATP auch in Bezug auf die dynamische Effizienz als positiv zu bewerten.

Zusammenfassend kann über das ATP gesagt werden, dass es anscheinend in der Realität sehr gut funktioniert. Es hat die ökologischen Zielsetzungen erreicht, Vermeidungstechnologien verbilligt und war dem bis dahin geltenden Ordnungsrecht in Bezug auf die Kosteneffizienz weit überlegen.

¹⁸⁴ siehe auch Gerhard (2000), S.277 oben

¹⁸⁵ Ellerman et al. (1999), S.38

¹⁸⁶ siehe das Ziel der dynamischen Effizienz in Kapitel 2.1.2.

¹⁸⁷ siehe auch Gerhard (2000), S.278

¹⁸⁸ Gerhard (2000), S.278

¹⁸⁹ siehe Gerhard (2000), S.278

5.5. Zusammenfassung

In Abschnitt 5.2. haben wir gesehen, dass beide Zertifikatstypen zu einer effizienten Aufteilung der Zertifikate auf die Unternehmen führen. Abschnitt 5.3. erklärt jedoch die theoretische Überlegenheit des Auktionsverfahrens gegenüber dem Grandfathering. Diese Überlegenheit rührt daher, dass beim Auktionsverfahren Einnahmen generiert werden, mit denen der Staat verzerrende Steuern senken kann. Ebenso bietet das Auktionsverfahren eine größere dynamische Effizienz und benachteiligt im Gegensatz zum reinen Grandfathering die Neuemittenten nicht. Für die Praxis ist jedoch das Grandfathering relevanter, da es politisch leichter durchsetzbar und rechtlich unbedenklicher ist.

Kapitel 5.4 hat uns dann gezeigt, dass viele der theoretischen Schwachpunkte des Grandfathering Systems in der Praxis umgangen werden können. Dies ist wohl auch das wichtigste Ergebnis des gesamten Kapitels: In der Praxis gibt es sehr viele Möglichkeiten ein Zertifikatsystem zu verbessern. Dies fängt bei den Modifikationen des Ausgabemechanismus an, und beinhaltet ebenso einen möglichen Handel von Futures, Sonderlizenzen oder auch ein mögliches Banking der Zertifikate. Diese Möglichkeiten bleiben in der theoretischen Analyse unberücksichtigt. Schneidet das Grandfatheringverfahren in der Theorie somit noch schlechter ab als die Ökosteuer, so bietet der Zertifikathandel in der Praxis jedoch einige Vorteile, die beispielsweise eine Ökosteuer nicht bietet (z.B. das Banking, Futurehandel oder Sonderlizenzen). Man kann darum nicht uneingeschränkt behaupten, dass eine Ökosteuer den frei vergebenen Zertifikaten in der Praxis überlegen ist.

Aus der praktischen Analyse sollte jedoch auf jeden Fall klar geworden sein, dass die Einführung eines Zertifikathandels für Treibhausgasemissionen gegenüber dem bestehendem Ordnungsrecht auf jeden Fall ein Gewinn wäre, wenn man mit dem Ordnungsrecht die gleichen Ziele erreichen wollte.

In Kürze werden wir alle beobachten können, ob das europäische Zertifikatsystem für CO_2 ebenso gut funktionieren wird wie das amerikanische ATP. Da jedoch das CO_2 aufgrund seiner noch weniger regionalen Wirkung als das SO_2 eigentlich noch besser für ein Zertifikatehandel geeignet ist, und auch das europäische System einige Flexibilisierungsmechanismen bietet¹⁹⁰, ist meiner Meinung nach damit zu rechnen, dass auch dieses System ein Erfolg sein wird.

¹⁹⁰ siehe EU Kommission (2003)

6 – Schlussbetrachtung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen der Umweltpolitik auf Arbeitslosigkeit und Wachstum zu untersuchen. Die Umweltpolitik kann nur Auswirkungen auf die Wirtschaft haben, wenn es sich um ein Umweltproblem handelt, dessen Folgen und dessen Bekämpfung hohe Kosten verursachen. Insofern kann man heutzutage den Klimawandel als sehr wichtiges zu lösendes Umweltproblem bezeichnen.

Hervorgerufen wird der Klimawandel durch zu viele Treibhausgase (größtenteils CO_2) in der Atmosphäre. Diese Treibhausgase sind in Energieträgern wie Öl, Kohle oder Gas gespeichert, und werden bei der Energieerzeugung an die Umwelt abgegeben. Ziel der Umweltpolitik muss es also sein, die Emissionen an Treibhausgasen zu verringern. Dies kann durch einen geringeren Energiekonsum geschehen, oder durch umwelttechnischen Fortschritt, der dafür sorgt, dass die gleiche Energiemenge mit weniger Emissionen hergestellt wird.

Zur Durchsetzung dieser Ziele gibt es in der Umweltpolitik gewisse Umweltinstrumente, die dafür sorgen sollen, dass die Unternehmen und die Haushalte entsprechend Emissionen einsparen. Umweltinstrumente, die dazu geeignet sind den Klimawandel zu bekämpfen, sind Auflagen, Ökosteuern oder Zertifikate. Fragt man nach den Auswirkungen von Umweltpolitik, so muss daher immer nach den Auswirkungen der einzelnen Instrumente gefragt werden.

Als erstes habe ich im dritten Kapitel die Auswirkungen einer strengeren Umweltpolitik auf das Wachstum untersucht. Ergebnis dieses Kapitels war es, dass eine Verschärfung der Umweltpolitik tendenziell einen negativen Einfluss auf das Wachstum hat. Hierfür gibt es zwei verschiedene Gründe: Erstens wird die Rate der Kapitalakkumulation der Wirtschaft durch die strengere Umweltpolitik sinken. Dies liegt daran, dass in diesem Fall mehr Ressourcen in die Vermeidung der Emissionen gesteckt werden und somit tendenziell weniger Ressourcen angespart werden. Zweitens senkt die Umweltpolitik das Produktivitätswachstum, welches für das langfristige Wachstum der Wirtschaft verantwortlich ist. Grund dafür ist, dass die Unternehmen bei einer strengeren Umweltpolitik eher in energiesparende, und weniger in arbeitssparende Forschung investieren. Bezüglich der einzelnen Instrumente sind die marktwirtschaftlichen Instrumente den Auflagen aufgrund der höheren Kosteneffizienz auf jeden Fall vorzuziehen. Den größten Anreiz zur Steigerung des umwelttechnischen Fortschritts, der für den Erhalt der langfristigen

Wachstumsmöglichkeiten relevant ist, bieten die versteigerten Zertifikate vor den Ökosteuern und den freien Zertifikaten.

Im vierten Kapitel ging es dann um die Auswirkungen einer strikteren Umweltpolitik auf die Arbeitslosigkeit. Hier muss zwischen nur freiwilliger und unfreiwilliger Arbeitslosigkeit unterschieden werden. Nimmt man an, es gäbe in einer Volkswirtschaft nur freiwillige Arbeitslosigkeit, so werden alle Umweltinstrumente für einen Anstieg der Arbeitslosigkeit führen. In Situationen, in denen es unfreiwillige Arbeitslosigkeit gibt, ist es unter gewissen Umständen möglich, diese durch den Einsatz von Umweltinstrumenten zu senken. Das geschieht, indem die Umweltinstrumente wie Ökosteuern oder versteigerte Zertifikate Einnahmen generieren, und mit diesen Einnahmen die Steuern auf den Faktor Arbeit gesenkt werden.

Im fünften Kapitel habe ich die Umweltzertifikate noch einmal genauer betrachtet. Dabei kam heraus, dass die versteigerten Zertifikate den Zertifikaten, die im Grandfathering vergeben werden, theoretisch überlegen sind. Trotzdem ist das Ausgabeverfahren des Grandfathering für die Realität wichtiger, da es politisch sehr viel leichter zu implementieren ist. Ein großer Vorteil der Zertifikate ist ihre große Flexibilität. So können viele theoretische Schwächen des Grandfatherings durch ein geschicktes Design des Zertifikatsystems ausgemerzt werden. Erste praktische Erfahrungen im Rahmen des amerikanischen ATP geben zudem Anlass zur Hoffnung, dass die Zertifikate auch in der Praxis zum Erfolg führen.

Abschließend kann man sagen, dass die Verschärfung der Umweltpolitik einen negativen Einfluss auf das Wachstum haben wird. Eine striktere Umweltpolitik kann die Arbeitslosigkeit bei richtigem Design der Umweltinstrumente senken. Allerdings ist dies nur bei Vorliegen unfreiwilliger Arbeitslosigkeit und unter gewissen Annahmen möglich. Bezüglich der Arbeitslosigkeit ist es also schwer abzuschätzen in welche Richtung der theoretische Effekt geht, auch wenn empirische Studien die Auswirkungen der Umweltpolitik positiver sehen.

Allerdings muss hier betont werden, dass der Nutzen einer Gesellschaft sich natürlich nicht nur aus der makroökonomischen Performance an sich speist. Denn natürlich ziehen Individuen auch einen Nutzen aus einer intakten Umwelt, die ihnen konstante Lebensbedingungen garantiert. Deshalb erlaubt allein die Tatsache, dass eine strengere Umweltpolitik negative Auswirkungen auf das Wachstum hat, nicht die Folgerung, dass eine strengere Umweltpolitik generell abgelehnt werden sollte.

Anhang:

Anhang A:

Co2 Emissionen in Mt	1980	Anteil	1990	Prognose für 2000	Prognose für 2010	Prognose für 2020	Anteil
OECD Länder	10424	55,41%	10739	11833	12847	13811	42,78%
Mittel und Osteuropäische Länder	1174	6,24%	1020	870	932	984	3,05%
ehemalige Sowjetunion	3303	17,56%	3710	2827	3239	3614	11,19%
Lateinamerika	592	3,15%	689	953	1251	1649	5,11%
Afrika	440	2,34%	689	917	1294	1707	5,29%
Asien	2425	12,89%	4083	5773	7514	9064	28,08%
Mittlerer Osten	370	1,97%	697	804	1079	1337	4,14%
Welt Gesamt	18811		21716	24074	28258	32283	

Quelle: Europäische Kommission (1996), S. 156

Anhang B:

1. Schritt: Gleichung (3.2.) durch K teilen

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{Y}{K} - \frac{C}{K} - \frac{A}{K}$$

2. Schritt: Einsetzen von (3.1.) und (3.3.):

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{Y(P(A,K),K)}{K} - \frac{C}{K} - \frac{A}{K}$$

3. Schritt: Definiere $s_c = \frac{C}{Y} = \text{Sparquote}$, $s_a = \frac{A}{Y} = \text{Vermeidungsquote}$:

$$\Rightarrow C = s_c Y \text{ und } A = s_a Y$$

4. Schritt: Einsetzen und Auflösen:

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{Y(P(A,K),K)}{K} - \frac{s_c Y}{K} - \frac{s_a Y}{K} = \frac{Y(P(A,K),K)}{K} (1 - s_a - s_c)$$

Anhang C:

$$\underset{L,E,K}{\text{Max}} \pi = f[L, E, K] - (1 + T_L) \cdot WL - (1 + T_E) \cdot E - (1 + T_K) \cdot K$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial L} = \frac{\partial f}{\partial L} - (1 + T_L) \cdot W = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial f}{\partial L} = (1 + T_L) \cdot W$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial E} = \frac{\partial f}{\partial E} - (1 + T_E) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial f}{\partial E} = 1 + T_E$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial K} = \frac{\partial f}{\partial K} - (1 + T_K) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial f}{\partial K} = 1 + T_K$$

Anhang D:

M und G sind exogen gegeben und fallen also aus der Optimierung heraus:

$$\underset{V,C}{\text{Max}} U = u[M, Q(V, C, G)] \quad \text{s.t.} \quad C = WL + E^* + K^* = W \cdot (1 - V) + E^* + K^*$$

$$\Rightarrow \ell = u[\dots] - \lambda \cdot (C - W + W \cdot V - E^* - K^*)$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial C} = \frac{\partial u}{\partial C} - \lambda \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial u}{\partial C} = \lambda$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial V} = \frac{\partial u}{\partial V} - \lambda W \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial u}{\partial V} = \lambda W$$

λ = Grenznutzen des Einkommens

Anhang E:

Aus (4.1) folgt: $Y = (1 + T_L) \cdot WL + (1 + T_E) \cdot E + (1 + T_K) \cdot K$

Nach Auflösen der Klammern und Einsetzen von (4.11): $Y = WL + E + K + G$

Für WL wird (4.7) eingesetzt:

$$Y = C - E^* - K^* + E + K + G = C + G + (E - E^*) + (K - K^*)$$

Anhang F:

Herleiten von (L.1) :

$$\text{Totales Differenzieren von (4.2)} \Rightarrow dY = \frac{\partial f}{\partial L} dL + \frac{\partial f}{\partial E} dE + \frac{\partial f}{\partial K} dK$$

$$\text{Einsetzen der Optimalwertbedingungen} \Rightarrow dY = (1 + T_L) \cdot W dL + (1 + T_E) \cdot dE + (1 + T_K) \cdot dK$$

$$\text{Erweitern der drei RHS Terme} \Rightarrow dY = (1 + T_L) \cdot WL \frac{dL}{L} + (1 + T_E) \cdot E \frac{dE}{E} + (1 + T_K) \cdot K \frac{dK}{K}$$

$$\text{Dividieren durch } Y \Rightarrow \frac{dY}{Y} = w_L \frac{dL}{L} + w_E \frac{dE}{E} + w_K \frac{dK}{K} = \text{Gleichung (L.1)}$$

Herleiten von (L.4):

Es gilt $\frac{dY}{Y} = \tilde{Y}$, $\frac{dE}{E} = \tilde{E}$, usw. laut Definition im Text

Aus (4.2) folgt: $dY = (1 + T_L) \cdot W dL + (1 + T_E) \cdot dE + (1 + T_K) \cdot dK$; siehe Herleitung (L.1)

$$\text{Totales Differenzieren von (4.2)} \Rightarrow dY = (1 + T_L) \cdot W dL + WL \cdot dT_L + (1 + T_L) \cdot L dW + (1 + T_E) \cdot dE \\ + E \cdot dT_E + (1 + T_K) \cdot dK + K \cdot dT_K$$

$$\text{Gleichsetzen und Umstellen} \Rightarrow 0 = WL \cdot dT_L + (1 + T_L) \cdot L dW + E \cdot dT_E + K \cdot dT_K$$

$$\div Y \text{ und erweitern} \Rightarrow 0 = \frac{(1 + T_L) \cdot WL}{Y} \left(\frac{dW}{W} + \frac{dT_L}{1 + T_L} \right) + \frac{(1 + T_E) \cdot E}{Y} \left(\frac{dT_E}{1 + T_E} \right) + \frac{(1 + T_K) \cdot K}{Y} \left(\frac{dT_K}{1 + T_K} \right)$$

$$\text{wird zu } 0 = w_L (\tilde{W} + \tilde{T}_L) + w_E \tilde{T}_E + w_K \tilde{T}_K = (L.4)$$

Anhang G:

1) Substituiere (L.1) in (L.10) um \tilde{Y} zu eliminieren:

$$\begin{aligned} w_L \tilde{L} + w_E \tilde{E} + w_K \tilde{K} &= w_C \tilde{C} + w_E (1 - \theta_E) \cdot \tilde{E} + w_K (1 - \theta_K) \cdot \tilde{K} \\ \Rightarrow w_L \tilde{L} &= w_C \tilde{C} - \theta_E w_E \tilde{E} - \theta_K w_K \tilde{K} \end{aligned} \quad (\text{G.1})$$

2) Ziel ist es nun (G.1) dahingehend zu ändern, dass auf der RHS nur noch die Variablen \tilde{W} und \tilde{L} stehen.

Für den ersten Term der RHS von (G.1) kann sofort (L.5) eingesetzt werden. Um die Terme, die für \tilde{E} und \tilde{K} eingesetzt werden, zu bestimmen, ist ein kleiner Zwischenschritt nötig. Dazu substituiert man zuerst die Gleichung (L.4) in die beiden Gleichungen (L.2) und (L.3) um den Term $\tilde{W} + \tilde{T}_L$ zu eliminieren:

$$\text{Aus (L.4) folgt: } \tilde{W} + \tilde{T}_L = \frac{w_E \tilde{T}_E + w_K \tilde{T}_K}{w_L}$$

$$\begin{aligned} \text{Dies einsetzen in (L.2)} \Rightarrow \tilde{E} &= \tilde{L} - \varepsilon_{EL}^* \left(\frac{w_E \tilde{T}_E + w_K \tilde{T}_K}{w_L} \right) - \varepsilon_{EE}^* \tilde{T}_E - \varepsilon_{EK}^* \tilde{T}_K \\ &= \tilde{L} - \tilde{T}_E \left(\varepsilon_{EE}^* - \frac{w_E}{w_L} \varepsilon_{EL}^* \right) - \tilde{T}_K \left(\varepsilon_{EK}^* - \frac{w_K}{w_L} \varepsilon_{EL}^* \right) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \tilde{E} = \tilde{L} - \Gamma_{EE} \tilde{T}_E - \Gamma_{EK} \tilde{T}_K \quad (\text{G.2})$$

Nach gleichem Muster folgt bei Einsetzen von (L.4) in (L.3):

$$\tilde{K} = \tilde{L} - \Gamma_{KE} \tilde{T}_E - \Gamma_{KK} \tilde{T}_K \quad (\text{G.3})$$

Dabei gilt folgende Notierung:

$$\begin{aligned} \Gamma_{EE} &= \varepsilon_{EE}^* - \frac{w_E}{w_L} \varepsilon_{EL}^* ; \Gamma_{EK} = \varepsilon_{EK}^* - \frac{w_K}{w_L} \varepsilon_{EL}^* \\ \Gamma_{KE} &= \varepsilon_{KE}^* - \frac{w_E}{w_L} \varepsilon_{KL}^* ; \Gamma_{KK} = \varepsilon_{KK}^* - \frac{w_K}{w_L} \varepsilon_{KL}^* \end{aligned}$$

3) Einsetzen von (L.5), (G.2) und (G.3) in (G.1):

$$w_L \tilde{L} = w_L(1 - \theta_L)(\tilde{W} + \tilde{L}) - w_E \theta_E (\tilde{L} - \Gamma_{EE} \tilde{T}_E - \Gamma_{EK} \tilde{T}_K) - w_K \theta_K (\tilde{L} - \Gamma_{KE} \tilde{T}_E - \Gamma_{KK} \tilde{T}_K)$$

$$w_L \tilde{L} - w_L(1 - \theta_L)\tilde{L} - w_L(1 - \theta_L)\tilde{W} = -w_E \theta_E \tilde{L} + w_E \theta_E (\Gamma_{EE} \tilde{T}_E + \Gamma_{EK} \tilde{T}_K) - w_K \theta_K \tilde{L} + w_K \theta_K (\Gamma_{KE} \tilde{T}_E + \Gamma_{KK} \tilde{T}_K)$$

$$w_L \theta_L \tilde{L} - w_L(1 - \theta_L)\tilde{W} + w_E \theta_E \tilde{L} + w_K \theta_K \tilde{L} = w_E \theta_E (\Gamma_{EE} \tilde{T}_E + \Gamma_{EK} \tilde{T}_K) + w_K \theta_K (\Gamma_{KE} \tilde{T}_E + \Gamma_{KK} \tilde{T}_K)$$

unter Berücksichtigung von $w_K \Gamma_{KE} = w_E \Gamma_{EK}$ folgt:

$$[\theta_L w_L + \theta_E w_E + \theta_K w_K] \cdot \tilde{L} - (1 - \theta_L) w_L \cdot \tilde{W} = [\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] \cdot w_E \tilde{T}_E + [\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}] \cdot w_K \tilde{T}_K \quad (G.4)$$

4) Darstellung in Matrixform:

Zusammen mit Gleichung (L.6), kann man (G.4) in einer Matrix darstellen:

$$\begin{pmatrix} \theta_L w_L + \theta_E w_E + \theta_K w_K & -(1 - \theta_L) w_L \\ 1 & -\eta_{LL} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{L} \\ \tilde{W} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}) w_E & (\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}) w_K \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{T}_E \\ \tilde{T}_K \end{pmatrix}$$

Invertiert man diese Matrix auf der linken Seite, bekommt man:

$$\Delta_L \begin{pmatrix} \tilde{L} \\ \tilde{W} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\eta_{LL} & (1 - \theta_L) w_L \\ -1 & \theta_L w_L + \theta_E w_E + \theta_K w_K \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} (\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}) w_E & (\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}) w_K \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{T}_E \\ \tilde{T}_K \end{pmatrix}$$

wobei $\Delta_L = (1 - \theta_L) w_L - \eta_{LL} [\theta_L w_L + \theta_E w_E + \theta_K w_K] > 0$

5) Aus dieser Matrix kann man die reduzierte Form für die Beschäftigung und die Löhne herleiten:

$$\Delta_L \tilde{L} = -\eta_{LL} [\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] w_E \tilde{T}_E - \eta_{LL} [\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}] w_K \tilde{T}_K \quad (G.5)$$

$$\Delta_L \tilde{W} = -[\theta_E \Gamma_{EE} + \theta_K \Gamma_{EK}] w_E \tilde{T}_E - [\theta_E \Gamma_{KE} + \theta_K \Gamma_{KK}] w_K \tilde{T}_K \quad (G.6)$$

Literaturverzeichnis:

Aghion, Phillippe und Howitt, Peter (1998): *Endogenous Growth Theory*. MIT Press (Cambridge)

Apostolakis, Bobby E. (1990): Energy – Capital Substitutability/ Complementary. *Energy Economics* 12/1 , 48 -58

Arnold, Lutz (1997): *Wachstumstheorie*, Verlag Vahlen (München)

BDI (2002): BDI-Kernforderungen zur Mittelstandspolitik. URL: http://www.bdi-online.de/wahl_2002/mittelstand/mittelstand.htm, 31.01.2004

Bell, A.R. (1973): Industrial Electricity Consumption – An Example of an Intermediate Good. *Journal of Industrial Economics* 21/2, 95 – 109

Boom, Jan – Tjeerd (2002): Interest Group Preference for Instruments of Environmental policy: An Overview. In: Christoph Böhringer, Michael Finus und Carsten Vogt (Hrsg.): *Controlling Global Warming*. Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham), 214 – 257

Bovenberg, Lans A. und de Mooij, Ruud A. (1996): Environmental Taxation and the Double – Dividend: The Role of Factor Substitution and Capital Mobility. In: Carraro, Carlo und Siniscalco, Domenico (Hrsg.): *Environmental Fiscal Reform and Unemployment*. Kluwer Academic Publishers (Dordrecht), 3 – 52

Cansier, Dieter (1979): Umweltpolitik, Wirtschaftswachstum und umwelttechnischer Fortschritt. *Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik* 194/4, 337 – 362

Capros et al. (1996): Double Dividend Analysis: First Results of a General Equilibrium Model Linking the EU – 12 Countries. In: Carraro, Carlos und Siniscalco, Domenica (1996): *Environmental Fiscal Reform and Unemployment*, Kluwer Academic Publishers (Dordrecht)

- Capros et al. (1999): *Climate Technology Strategies 2*, Physica - Verlag (Heidelberg)
- Christainsen, G.B. und Haveman R.H. (1981): Public Regulations and the Slowdown in Productivity Growth. *American Economic Review Proceedings* 71, 320 – 325
- Coase, R.H. (1960): The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics* 3, 1 – 44
- Conrad, Klaus und Wastl, Dieter (1995): The Impact of Environmental Regulation on Productivity in German Industries. *Empirical Economics* 20, 615 – 633
- Ekins, Paul und Barker, Terry (2001): Carbon Taxes and Carbon Emissions Trading. *Journal of Economic Surveys* 15 No. 3, 325 – 376
- Ellermann, A.Denny; Schmalensee, Richard; Joskow, Paul L.; Montero, Juan Pablo; Bailey, Elizabeth M. (1999): Summary Evaluation of the US SO_2 Emissions Trading Program as Implemented in 1995. In: Sorell, Steve und Skea, Jim (Hrsg.): *Pollution for Sale*. Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham), 27 – 42
- EPA (1989): U.S. Environmental Protection Agency, Policy Options for Stabilizing Global Climate, Draft Report to Congress. Zitiert aus Nordhaus (1989), S.921
- EPA (2000): Acid Rain Program 2002 Progress Report. URL: <http://www.epa.gov/airmarkets/cmprpt/arp00/index.html>, 18.01.2004
- EPA (2002): Latest Findings on National Air Quality. URL: <http://www.epa.gov/airmarkets/cmprpt/arp02/2002report.pdf>, 18.01.2004

- Europäische Kommission (1996): *Die Energie in Europa bis zum Jahre 2020: ein Szenarien – Ansatz*, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften (Luxemburg)
- European Commission (1999), Directorate – General For Energy (DG XVII): *1998 – Annual Energy Review. Special Issue December 1998*, Office for Official Publications of the European Communities (Luxemburg)
- Europäische Kommission (2003): MEMO/03/154. URL:
http://europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.gettxt=gt&doc=MEMO/03/154|0|AGED&lg=DE&display=, 05.12.2003
- Feess, Eberhard (1998): *Umweltökonomie und Umweltpolitik*. 2.Auflage, Verlag Vahlen (München)
- Fredriksson (1997): Environmental Policy Choice: Pollution Abatement Subsidies. *Resource and Energy Economics* 20, 51 – 63
- Gerhard, Markus (2000): *Theorie und Praxis einer nachhaltigen Umweltpolitik mit handelbaren Emissionsrechten*, Verlag für Wissenschaft und Forschung (Berlin)
- Goulder, Lawrence H. (1995): Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide. *International Tax and Public Finance* 2, 157 – 183
- Goulder, Lawrence H. und Schneider, Stephen H. (1999): Induced Technological Change and the Attractiveness of CO₂ Abatement Policies. *Resource and Energy Economics* 21, 211 – 253
- Heins, Bernd et al. (1998): *Ökosteuern auf dem Prüfstand der Nachhaltigkeit*, Analytica Verlagsgesellschaft (Berlin)
- Helbig, Jörg und Volkert, Dr. Jürgen (1999): *Freiwillige Standards im Umweltschutz*, Physica – Verlag (Heidelberg)

- IPPC (1998). Intergovernmental Panel on Climate Change: *The Regional Impacts of Climate Change*, Cambridge University Press (Cambridge)
- Keohane, Nathiel O.; Revesz, Richard L. und Stavins, Robert N. (1997): The Positive Political Economy of Instrument Choice in Environmental Policy. In Portney, Paul und Schwab, Robert (Hrsg.): *Environmental Economics and Public Policy*, Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham). Zitiert aus Boom (2002) S 231
- Kirchgässner, Gebhard; Müller Ulrich und Savioz, Marcel (1998): Ecological Tax Reform and Involuntary Unemployment: Simulation Results for Switzerland. *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik* 134, 329 – 353
- Kolstad, Charles D. (1996): Learning and Stock Effects in Environmental Regulation: The Case of Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Environmental Economics and Management* 31, 1 - 18
- Koutsaal, Paul und Nentjes, Andries (1995): Tradable Carbon Permits in Europe: Feasibility and Comparison with Taxes. *Journal of Common Market Studies* 33 No. 2, 219 – 233
- Kuper, Gerard H. (1996): The Effects of Energy Taxes on Productivity and Employment: The Case of the Netherlands. *Resource and Energy Economics* 18, 137 – 159
- Mansell (1995): Standards, Industrial policy and Innovation. In Hawkins, Mansell, Skea (Hrsg.): *Standards, Innovation and Competitiveness*, Brookfield/Vermont, S.213-227. Zitiert aus Helbig und Volkert (1999), S.69
- Meyer, Bernd; Bockermann, Andreas; Ewerhart, Georg und Lutz, Christian (1999): *Marktkonforme Umweltpolitik*. Physica – Verlag (Heidelberg)

- Milliman, Scott R. und Prince, Raymond (1989): Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control. *Journal of Environmental Economics and Management* 17, 247 – 265
- Nordhaus, William D. (1991): To Slow or not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. *The Economic Journal* 10, 920-937
- Park, Andy und Pezzey, John C.V. (1999): Variations on Wrong Themes? A Structured Review of the Double Dividend Debate. In: Sterner, Thomas (Hrsg.): *The Market and the Environment*. Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham), 158 – 180
- Pearce, David W. und Turner, R. Kerry (1990): *Economics of Natural Resources and the environment*, Harvester Wheatsheaf (Hertfordshire)
- Pezzey, John (1992): The Symmetry between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity. *Canadian Journal of Economics* 25/4, 983 – 991
- Pizer, William A. (1999): The Optimal Choice of Climate Change Policy in the Presence of Uncertainty. *Resource and Energy Economics* 21, 255 – 287
- Portney P.R. (1990): Policy Watch. Economics and the Clean Air Act. *Journal of Economic Perspectives* (4), S.173 – 181
- Rahmeyer, Fritz (1999): Klimaschutz durch Steuern oder Lizenzen. *Konjunkturpolitik* 45, 317 – 350
- Repetto, Robert und Austin, Duncan (1997): The Cost of Climate Protection: A Guide for the Perplexed, Washington, DC: World Resource Institute. Gefunden in: Cramton, Peter und Kerr, Suzi (1999): The Distributional Effects of Carbon Regulation: Why Auctioned Carbon Permits are Attractive and Feasible (S. 261) In: Sterner, Thomas (Hrsg.): *The Market and the Environment*. Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham), 257 – 273

- Romstad, Erik (1999): Theoretical Considerations Regarding the Effectiveness of Policy Instruments. In: Sterner, Thomas (Hrsg.): *The Market and the Environment*. Edward Elgar Publishing Limited (Cheltenham), 50 -65
- Schmitz, Simon (2001): Do Energy Prices Induce Progress in Energy – Related Technology? An Empirical Study. HWWA Discussion Paper 147, Hamburgisches Welt – Wirtschafts – Archiv
- Schwarze, Reimund (1993): Das Haftungsrecht als Instrument der Umweltpolitik. Diskussionspapier 165, Wirtschaftswissenschaftliche Dokumentation der Technischen Universität Berlin
- Smulders, Sjak und Gradus, Raymond (1996): Pollution Abatement and Long – Term Growth. *European Journal of Political Economy* 12, 505 – 532
- Solow, Robert M. (1994): Perspectives on Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives* 8, 29 -45
- Statistisches Bundesamt (1998): Mitteilung für die Presse vom 21.7.1998. URL: <http://www.destatis.de/presse/deutsch/pm1998/p2170112.htm>, 18.01.2004
- Sterr und Simmerling (1996): Die Küstenregionen im 21. Jahrhundert. In: Beiträge zur aktuellen Küstenforschung; Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, 18, S.181-188. Zitiert aus IPPC (1998), S.173
- Verbruggen, H. (1991): Political Economy Aspects of Environmental Policy Instruments. In Dietz, Frank J.; van der Ploeg, Frederick und van der Straaten, Jan (Hrsg.): *Environmental Policy and the economy*. Amsterdam: North Holland, S.141 – 149. Zitiert aus Boom (2002) S.231

Erklärung

1. Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema:

selbständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angaben der Quelle, auch der benutzten Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

2. Diese Arbeit wird nach Abschluss des Prüfungsverfahrens der Universitätsbibliothek Konstanz übergeben und ist durch Einsicht und Ausleihe somit der Öffentlichkeit zugänglich. Als Urheber der anliegenden Arbeit stimme ich diesem Verfahren zu / nicht zu^{*)}.

Konstanz, den _____

(Unterschrift)

^{*)} Nichtzutreffendes bitte streichen.