

Haucap, Justus; Kirstein, Roland

Working Paper

Warum Staaten Ökosteuern statt Lizenzen einführen, und wann das schlecht für die Wohlfahrt ist

CSLE Discussion Paper, No. 2002-07

Provided in Cooperation with:

Saarland University, CSLE - Center for the Study of Law and Economics

Suggested Citation: Haucap, Justus; Kirstein, Roland (2002) : Warum Staaten Ökosteuern statt Lizenzen einführen, und wann das schlecht für die Wohlfahrt ist, CSLE Discussion Paper, No. 2002-07, Universität des Saarlandes, Center for the Study of Law and Economics (CSLE), Saarbrücken

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/23121>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Warum Staaten Ökosteuern statt Lizenzen einführen, und wann das schlecht für die Wohlfahrt ist[†]

Justus Haucap*

Roland Kirstein**

Center for the Study of Law and Economics
Discussion Paper 2002-07

In diesem Aufsatz untersuchen wir, warum Staaten Anreize haben, Umweltverschmutzung zu besteuern anstatt Umweltverschmutzungsrechte zu veräußern. Unser Modell berücksichtigt, dass Regierungen sowohl umweltpolitische Ziele als auch fiskalische oder industriepolitische Motive haben können. Wir zeigen, dass eine budgetorientierte Regierung als monopolistischer Anbieter von Verschmutzungsrechten Anreize hat, das Verschmutzungsniveau suboptimal niedrig zu halten, indem sie die Lizenzmenge künstlich verknappt und so den Lizenzpreis erhöht. Dabei berücksichtigen wir, dass Lizenzen dauerhaft nutzbare Güter sind und dass der Staat als monopolistischer Anbieter der Lizenzen Anreize hat, nach Abschluss der ersten Verkaufsrunde weitere Lizenzen zu verkaufen, um so die Einnahmen zu steigern. Werden Verschmutzungsrechte jedoch nicht dauerhaft verkauft, sondern stattdessen Emissionen mit einer Steuer belegt, so ist der budgetmaximierende Steuersatz in jeder Periode derselbe. Damit bleibt in jeder Periode auch der Schadstoffausstoß auf demselben (suboptimal niedrigen) Niveau, bei dem zwar das Steueraufkommen, nicht aber die Wohlfahrt maximiert wird. In einem Lizenzregime ist es dagegen eher zu erwarten, dass die wohlfahrtsmaximierende Emissionsmenge erreicht wird, weil der Staat sich nicht glaubwürdig auf das monopolistische Niveau festlegen kann. Dieses Argument für ein Lizenzregime ergänzt die bekannten Argumente pro Umweltlizenzen, die sich auf Informationsasymmetrien und Innovationsanreize beziehen.

JEL Klassifikation: D7, H2, K3

Encyclopedia of Law and Economics: 2300, 2500, 0330

Schlagwörter: Emissionszertifikate, Ökosteuer, Glaubwürdigkeit, Zeitinkonsistenz, dauerhafte Güter, politische Ökonomie

[†]Für hilfreiche Kommentare zu einer früheren Version dieses Artikels danken wir Bouwe Dijkstra, Mathias Erlei, Alexander Neunzig, Silvia Rottenbiller, Dieter Schmidtchen, Peter Strobel und Klaus W. Zimmermann sowie den Teilnehmern der Konferenz der European Public Choice Society, 2001 in Paris und Seminarteilnehmern am HWWA und der Universität des Saarlandes.

*Institut für Wirtschaftspolitik, Universität der Bundeswehr Hamburg, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg (email: justus.haucap@unibw-hamburg.de).

**Center for the Study of Law and Economics (CSLE), Universität des Saarlandes, 66041 Saarbrücken (email: rol@mx.uni-saarland.de).

1 Einleitung

Viele Ökonomen plädieren seit längerer Zeit dafür, in der Umweltpolitik aus Effizienzgründen stärker auf handelbare Verschmutzungsrechte als auf Emissionssteuern zu setzen (vgl. Tietenberg, 1985). Anstatt die Umweltnutzung zu besteuern, sollen Eigentumsrechte ("property rights") eingeräumt werden. Andere Ökonomen hingegen befürworten statt einer Mengenfizierung, die mit einem Lizenzregime üblicherweise einhergeht, eine Preisfizierung, vor allem dann, wenn Unsicherheit über die sozialen Kosten der Verschmutzung und der Emissionsvermeidung besteht (vgl. Weitzman, 1974; Collinge und Oates, 1982 sowie Kaplow und Shavell, 1997). Das Hauptargument für Verschmutzungsrechte bzw. Umweltlizenzen ist, dass ein Lizenzsystem besser gewährleistet, dass die Verschmutzung dort vermieden wird, wo dies am einfachsten bzw. am günstigsten und damit allokativ effizient ist. Für Steuern hingegen spricht, dass diese eine feinere Lenkung ermöglichen und einfacher an neue Gegebenheiten oder Erkenntnisse angepasst werden können.

Darüber hinaus wird über die dynamische Effizienz der beiden Instrumente debattiert. Während einige Umweltökonom argumentieren, dass Lizenzen bessere Anreize bieten, in schadstoffarme Technologien zu investieren und umweltfreundliche Produktionsverfahren zu entwickeln und einzuführen (siehe z.B. Jung, Krutilla und Boyd, 1996), bezweifeln anderen Autoren dies. So haben Requate und Unold (2001) ein einfaches Modell entwickelt, in dem Lizenzen nie höhere Anreize zur Schadstoffreduktion bewirken als Steuern, so dass aus theoretischer Sicht allein keine klare Aussage möglich ist. Schwarze (2001) wiederum zeigt, dass die Anreize zur Schadstoffreduktion in einem Lizenzregime zwar niedriger sind als bei Steuern, wobei das Steuerregime allerdings ineffizient hohe Innovationsanreize bietet und somit das Lizenzregime einer Steuer doch wieder wohlfahrtsökonomisch überlegen ist.¹

Den meisten Arbeiten zum Thema Umweltsteuern oder -lizenzen ist jedoch gemein, dass sie die Anreize für die betroffenen Industrien und Unternehmen zum Gegenstand haben. Während diese Anreize schon relativ intensiv untersucht worden sind, gibt es vergleichsweise wenig Arbeiten, die sich der Frage widmen, welche Anreize die verschiedenen Instrumente für die politischen Entscheidungsträger mit sich bringen. Eine Ausnahme ist die Arbeit von Boyer und Laffont (1999): Die Autoren untersuchen die Entstehung anreizkompatibler Umweltregulierung, weg von regulatorischen Vorschriften und hin zu einer preisgesteuerten Umweltnutzung mit Hilfe von Steuern und Lizenzen, im Rahmen eines politökonomischen Modells, bei dem Politiker die Interessen ihrer Stammwählerschaft im Auge haben. Auch Zimmermann (1996), Fredriksson (1997) sowie Gawel und Schneider (1997) beleuchten Ökosteuern aus politökonomischer Perspektive.

Unser Beitrag ergänzt diese Arbeiten und erweitert die Debatte um den Aspekt der Glaubwürdigkeit bzw. Zeitkonsistenz der Umweltpolitik, die Steuern bzw. Lizenzen einsetzt. Dabei gilt unser Augenmerk im Gegensatz zu anderen Arbeiten nicht dem technischen Fortschritt, sondern allein der Dynamik der Anreize für die politischen Entscheidungsträger. Hier verfolgen wir zunächst eine positive Fragestellung: Welche Instrumente wird eine Regierung angesichts ihrer Anreize verwenden? Diese Ergebnisse nutzen wir zur Untersuchung einer normativen Frage: Welche Instrumente sollten der Regierung konstitutionell

¹Weitere Arbeiten, die sich mit den dynamischen Effizienzaspekten verschiedener Umweltregulierungsansätze beschäftigen, sind Milliman und Prince (1989), Requate (1995), Gersbach und Glazer (1996), Laffont und Tirole (1996) und Denicolo (1999). Während Milliman und Prince (1989), Requate (1995) sowie Gersbach und Glazer (1996) pro Lizenzen argumentieren, entwickelt Denicolo (1999) ein Modell, in dem Steuern höhere Innovationsanreize bieten. Zudem zeigt Schwarze (2001), dass Steuern unter Umständen mit ineffizient hohen Innovationsanreizen verbunden sind, während Laffont und Tirole (1996) genau das Gegenteil belegen. Umweltzertifikate führen in ihrem Modell zu einem suboptimal hohen Investitionsniveau.

vorgeschrieben werden, um die Wohlfahrt zu maximieren? Dabei führen wir zwei Aspekte ein, die in der Debatte um Steuern versus Lizenzen bislang vernachlässigt wurden. Zum einen berücksichtigen wir, dass Regierungen verschiedene Ziele verfolgen können, etwa Budgetmaximierung, Güterversorgung und Vermeidung von Umweltschäden. Zum anderen modellieren wir Verschmutzungsrechte als dauerhafte Güter.

Coase (1972) hat die Schwierigkeiten eines gewinnmaximierenden Monopolisten demonstriert, für ein dauerhaftes Gut einen Preis oberhalb der Grenzkosten zu erzielen. Der Monopolist kann sich nicht glaubwürdig daran binden, ein dauerhaftes Produkt nur in einer einzigen Periode anzubieten. Er hat vielmehr in jeder Periode den Anreiz, zusätzlich zu den bereits früher verkauften Mengen weitere Einheiten des dauerhaften Gutes auf den Markt zu bringen.

Demnach unterliegt auch eine Regierung, die neben umweltpolitischen Zielen auch fiskalische verfolgt, dem Anreiz, nach einem ersten erfolgreichen Verkauf von Umweltlizenzen in den folgenden Perioden weitere Lizenzen anzubieten, um zusätzliche Staatseinnahmen zu erzielen. Dies kann jedoch zwangsläufig nur zu einem Preis geschehen, der unter dem Preis der Vorperiode liegt. Da rationale Käufer dieses Dilemma des Monopolisten durchschauen, werden die potentiellen Käufer in Erwartung sinkender Preise schon in der ersten Periode nur einen geringeren Preis zu zahlen bereit sein, als wenn der Monopolist glaubwürdig versichern könnte, die angebotene Menge später nicht auszudehnen. Im Extremfall kann ein Monopolist schon in der ersten Periode nur zum Grenzkostenpreis verkaufen.

Eine Lösung dieses Dilemmas besteht für den Monopolisten darin, das dauerhafte Gut zu vermieten, anstatt es zu verkaufen. Dann zahlen die Abnehmer eine periodische Mietgebühr, die genau dem Erlösmaximierenden Preis entspricht. Der Monopolist setzt in jeder Periode genau die Monopolmenge ab, hat also keinen Anreiz zur Mengenausdehnung.² Eine Regierung, die durch Vergabe von Verschmutzungsrechten ihre Einnahmen maximieren will, kann das Glaubwürdigkeitsproblem ganz ähnlich lösen. Die periodenweise Vermietung von Verschmutzungsrechten entspricht der Einführung einer Verschmutzungssteuer. Die Regierung kann in jeder Periode die Steuer so festlegen, dass genau die Monopolmenge an Verschmutzungsrechten erworben wird. Das Verschmutzungsniveau verharrt dann in allen Perioden bei der - aus Wohlfahrtssicht suboptimal niedrigen - Monopolmenge.³

Ausgehend von der Idee, dass Umweltsteuern wie Mietgebühren bei dauerhaften Produkten wirken, also die Monopolmacht des Staates aufrecht erhalten, werden wir in dem folgenden Modell die Effizienzigenschaften von Umweltsteuern und -lizenzen analysieren und dabei die Anreize von staatlichen Entscheidungsträgern berücksichtigen. Das beschriebene Glaubwürdigkeitsproblem mag eventuell auch helfen zu erklären, warum Regierungen - selbst wenn sie ihre Einnahmen maximieren möchten - mit dem Verkauf von Umweltlizenzen bisher kaum Einnahmen erzielt haben. Insbesondere liefert unser Modell aber eine Intuition, warum Lizenzverkauf - im Widerspruch zur herrschenden Meinung der Ökonomen⁴ - in der weltweiten umweltpolitischen Praxis nur eine untergeordnete Rolle spielt (vgl. Norregaard

²Detaillierte formale Analysen der Anreize eines Monopolisten, der dauerhafte Produkte verkauft, finden sich bei Stokey (1981), Bulow (1982), Bagnoli, Salant & Swierzbinski (1989) sowie von der Fehr & Kühn (1995).

³Während in der theoretischen Diskussion oft gefordert wird, für die Erstvergabe der betreffenden Umweltzertifikate aus Effizienzgründen eine Versteigerung durchzuführen (vgl. Goulder, Parry und Burtraw, 1997), wird in der in der wirtschaftspolitischen Diskussion aus Regeln der Praktikabilität in der Regel eine Gratisvergabe bevorzugt (vgl. Rahmeyer, 1999, S.343). Betrachten wir Verschmutzungszertifikate jedoch als dauerhafte Güter, so erschliesst sich auch ein theoretisches Argument für die Gratisvergabe der Lizenzen.

⁴So sprechen sich z.B. Goulder, Parry und Burtraw (1997) aus Effizienzgründen dafür aus, eine Versteigerung der Lizenzen durchzuführen. Andere Ökonomen hingegen bevorzugen aus Gründen der Praktikabilität eine Gratisvergabe (vgl. Rahmeyer, 1999, S.343).

& Reppelin-Hill, 2000, 9ff.): Verfolgt eine Regierung auch Budgetziele, dann sind Umweltsteuern das für sie attraktivere Instrument, um die Marktmacht des Staates als monopolistischem Anbieter von Verschmutzungsrechten auszuspielen zu können.

Der Gedanke, dass eine Umweltpolitik, die auf Verschmutzungszertifikaten beruht, Zeitinkonsistenz bzw. Glaubwürdigkeitsprobleme für die politischen Akteure mit sich bringen kann, ist nicht völlig neu. Biglaiser, Horowitz und Quiggin (1995) sowie Laffont und Tirole (1996) haben diese Idee bereits in ihren Modellen berücksichtigt. Im Gegensatz zu unserem Beitrag betrachten diese Arbeiten jedoch Zeitinkonsistenzprobleme einer neoklassischen, wohlfahrtsmaximierenden Regierung, wenn Unternehmen in umweltfreundliche Technologien investieren, es also zu technischem Fortschritt kommt. Wir hingegen konzentrieren uns nicht auf technischen Fortschritt, sondern auf politökonomische Aspekte und untersuchen daher die Anreize für verschiedene Regierungstypen, die nicht nur Umweltziele verfolgen, sondern auch die Staatseinnahmen im Auge haben. Hinzu kommt, dass wir - anders als die beiden genannten Beiträge - explizit zwei Institutionen miteinander vergleichen: die Umweltsteuer und ein Regime, das auf Zertifikaten basiert.

Im nächsten Abschnitt stellen wir zunächst unser Modell einer Umweltpolitik vor, die auf dem Verkauf von Lizenzen basiert. Wir untersuchen anhand dieses Modells vier verschiedene Regierungstypen, die sich in ihrer Zielfunktion unterscheiden: ein wohlwollender Despot, ein Leviathan, eine wirtschaftsorientierte Regierung und eine grüne Regierung. Im Abschnitt 3 behandeln wir für alle vier Regierungstypen die Einführung einer Verschmutzungssteuer. Abschnitt 4 vergleicht diese Resultate mit denen des Lizenzmodells, bevor wir dann in Abschnitt 5 die Ergebnisse unserer Analyse zusammenfassen und Schlussfolgerungen ziehen.

2 Lizenzverkauf

2.1 Das Modell

Betrachtet werden soll eine Branche, die ein homogenes Gut herstellt, bei dessen Produktionsprozess eine feste Menge einer umweltschädlichen Substanz pro produzierter Mengeneinheit anfällt. Alle Unternehmen verwenden dieselbe Produktionstechnologie und sind gesetzlich verpflichtet, für die Produktion des Gutes entsprechende Verschmutzungsrechte zu erwerben. Diese Lizenzen oder Zertifikate können nur von staatlicher Seite ausgestellt werden, d.h. der Staat hat ein Monopol über die Ausgabe der Verschmutzungsrechte. Es gibt zwei Perioden, und Verschmutzungsrechte gelten für beide Perioden, d.h. es handelt sich um dauerhafte Güter. In Anlehnung an Coase (1972) nehmen wir nun an, dass sich der Staat als monopolistischer Anbieter dieser Umweltzertifikate in Periode 1 nicht glaubwürdig darauf festlegen kann, in Periode 2 keine weiteren Lizenzen auszugeben, um hierdurch die Staatskasse weiter aufzufüllen; d.h. es liegt das von Coase beschriebene Zeitinkonsistenzproblem vor.⁵

In unserem Modell bestimmt die Regierung die Anzahl der zu vergebenden Lizenzen und somit die Verschmutzungsmenge, woraufhin die betroffenen Produzenten gemäß ihrer marginalen Zahlungsbereitschaft diese Lizenzen erwerben. Dabei entspricht die marginalen Zahlungsbereitschaft der Unternehmen den Grenzvermeidungskosten. Die Anzahl der Unternehmen sei zudem so groß, dass das einzelne Un-

⁵Wir beschränken uns in unserer Analyse der Einfachheit halber auf ein Modell mit zwei Perioden (vgl. Rasmusen, 1991, 276 ff.), da die Ergebnisse in unserem zweiperiodigen Modell qualitativ nicht anders sind als in einem mehrperiodigen Spiel. Vielmehr würden sich die von uns beschriebenen Effekte quantitativ sogar noch verstärken (vgl. Coase, 1972).

ternehmen den Preis für die Lizenzen nicht beeinflussen kann. Um die Analyse zu vereinfachen, stellen wir die gesamte Industrie als einen einzigen Spieler dar, der als Käufer der Lizenzen keinerlei Markt- oder Verhandlungsmacht besitzt, also als Preisnehmer agieren muss. Der zeitliche Ablauf dieses Spiels ist dann wie folgt:

- Die Regierung legt die Anzahl der Lizenzen (q_1) fest, die in Periode 1 vergeben werden.
- Die Industrie kauft diese Lizenzmenge q_1 für einen Preis in Höhe von p_1 pro Lizenz, wobei der Preis sich eben aus der marginalen Zahlungsbereitschaft der Unternehmen ergibt.
- Die Regierung bestimmt die Anzahl der Lizenzen, die zusätzlich in Periode 2 vergeben werden sollen, (q_2).
- Die Industrie kauft diese zusätzliche Lizenzmenge q_2 für einen Preis in Höhe von p_2 pro Lizenz. Dabei entspricht der Preis p_2 wiederum der marginalen Zahlungsbereitschaft der Unternehmen für diese zusätzlichen Lizenzen.
- Am Ende des Spiels erhalten die Spieler ihre Auszahlungen (wobei wir zur Vereinfachung von Diskontierung absehen).

Wir bezeichnen die in Periode t der Industrie zur Verfügung stehende Zahl von Lizenzen mit Q_t . In der ersten Periode gibt es noch keinen Unterschied zwischen gekaufter und genutzter Anzahl: $Q_1 = q_1$. Dies ist die erlaubte Verschmutzungsmenge in Periode 1. Da die Lizenzen jedoch dauerhaft nutzbar sind, bedeutet dies, dass eine in Periode 1 erworbene Lizenz auch in Periode 2 zu Emissionen berechtigt. Daher gilt $Q_2 = q_1 + q_2$.

2.2 Marginaler Nutzen und Gesamtnutzen aus Lizenzen

Der Nutzen, den die Industrie von den Lizenzen hat, wird durch die Gewinne aus der Herstellung des Endproduktes bestimmt, zu dessen Herstellung die Lizenzen benötigt werden. In diese Gewinne geht einerseits die Nachfrage nach dem Endprodukt ein, zum anderen finden die Kosten seiner Herstellung Berücksichtigung. Sind mit der Herstellung des Endproduktes Schadstoffe verbunden, deren Emission nicht einfach erlaubt ist, dann fallen für die Unternehmen Kosten an: Entweder müssen Wege gefunden (und finanziert) werden, den Anfall von Schadstoffen zu vermindern - etwa durch Filteranlagen oder durch verbesserte Technologien. Oder die ordnungsgemäße Entsorgung der anfallenden Schadstoffe belastet die Unternehmen mit Kosten. Der Wert von Emissionslizenzen besteht im ersten Fall darin, dass Vermeidungskosten eingespart werden, im zweiten Fall dagegen liegt der Vorteil aus Lizenzen in reduzierten Entsorgungskosten.

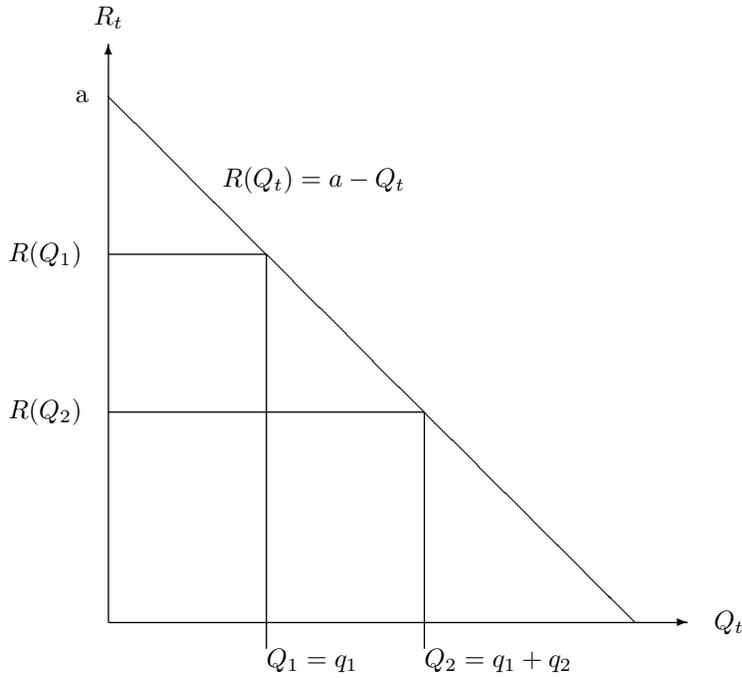
Wir bezeichnen den marginalen Nutzen der in Periode t eingesetzten Lizenzen mit $R = R(Q_t)$. Es sei der Einfachheit halber angenommen, dass dieser marginale Nutzen, also die Funktion der eingesparten marginalen Vermeidungs- oder Entsorgungskosten, linear mit einer Steigung von -1 verläuft:⁶

$$R(Q_t) = a - Q_t \tag{1}$$

⁶Da sich in unserem Modell qualitativ in keiner Weise etwas ändert, wenn wir für den marginalen Nutzen $R(Q_t) = a - bQ_t$ mit $b > 0$ annehmen würden, setzen wir der Einfachheit halber $b = 1$.

mit $a > 0$. Diese Funktion ist in Abbildung 1 dargestellt. Sie zeigt an der Querachse die in der Periode t erlaubte Emissionsmenge Q_t sowie an der Hochachse den marginalen Nutzen $R(Q_t)$, den diese Emissionsmenge der Industrie stiftet, also die eingesparten marginalen Vermeidungs- oder Entsorgungskosten. In Periode 2 stehen zuzüglich zu den in Periode 1 erworbenen Lizenzen q_1 nun auch die in Periode 2 erworbenen Lizenzen q_2 zur Verfügung.

Figure 1: Marginaler und totaler Nutzen der Emissionslizenzen



Kauft die Industrie in der zweiten Periode noch weitere Lizenzen, so haben diese also einen geringeren marginalen Nutzen als die in Periode 1 erworbenen. Es gilt $R(Q_1) = a - q_1$ und $R(Q_2) = a - (q_1 + q_2)$. Den Gesamtnutzen der Industrie aus dem Lizenzeinsatz in Periode t bezeichnen wir mit B_t , wobei

$$B_1 = \int_0^{q_1} R(Q_t) dQ_t = aq_1 - \frac{q_1^2}{2} \quad (2)$$

und

$$B_2 = \int_0^{q_1+q_2} R(Q_t) dQ_t = a(q_1 + q_2) - \frac{(q_1 + q_2)^2}{2}. \quad (3)$$

Den Gesamtnutzen, den die Industrie über beide Perioden aus den Lizenzen zieht, nennen wir $B = B_1 + B_2$. Die Netto-Auszahlung der Industrie über beide Perioden ist gleich dem Gesamtnutzen minus den Ausgaben für die Lizenzen, also $B - p_1q_1 - p_2q_2$.

2.3 Marginale Zahlungsbereitschaft für Lizenzen

In das Kalkül eines monopolistischen Lizenzanbieters geht jedoch nicht der Grenznutzen der Industrie ein, sondern ihre marginale Zahlungsbereitschaft. Diese weicht in der ersten Periode vom Grenznutzen $R(Q_t)$ ab, weil intertemporale Effekte auftreten. In der ersten Periode ist die marginale Zahlungsbereitschaft größer als der marginale Nutzen in dieser Periode, weil die Lizenz als dauerhaftes Gut auch in Periode 2 noch genutzt werden kann.

In der zweiten Periode sind erworbene Lizenzen nur eine Periode lang nutzbar, da das Spiel annahmegemäß nach zwei Perioden endet. Daher entspricht die marginale Zahlungsbereitschaft in $t = 2$ genau dem marginalen Periodennutzen. Da die Industrie allerdings zu Beginn der zweiten Periode bereits eine Anzahl von q_1 Verschmutzungsrechten besitzt, besteht die marginale Zahlungsbereitschaft für die zusätzlichen q_2 Verschmutzungsrechte nur aus dem zusätzlichen Nutzen, den diese Lizenzen spenden. Die Produktionsmenge (und somit das Verschmutzungsniveau) kann durch den Erwerb weiterer Lizenzen von q_1 auf $q_1 + q_2$ ausgedehnt werden; es müssen weniger Schadstoffe vermieden oder entsorgt werden. Also ist die marginale Zahlungsbereitschaft in $t = 2$ durch

$$p_2 = R(q_1 + q_2) = a - (q_1 + q_2) \quad (4)$$

gegeben. Dieser Ausdruck ist die Preis-Absatz-Funktion für zusätzliche Lizenzen, mit der ein monopolistischer Anbieter zu Beginn der zweiten Periode kalkulieren kann.

In der ersten Periode ($t = 1$) wissen die Unternehmen, dass die Verschmutzungsrechte, die sie erwerben, für zwei Perioden gelten. Eine Lizenz in Periode 1 zu erwerben stiftet daher auf zwei Wegen Nutzen: zum einen fällt in der laufenden Periode direkter Nutzen an, da mit der erworbenen Lizenz produziert werden kann. Der marginale direkte Nutzen ist $R(q_1) = a - q_1$. Zum anderen kann auch in der zweiten Periode das Verschmutzungsrecht zur Produktion eingesetzt werden. Daher sind die Unternehmen bereit, mehr als nur $R(q_1)$ für die letzte erworbene Einheit zu zahlen. Der Betrag, um den die marginale Zahlungsbereitschaft den marginalen Periodennutzen in $t = 1$ übersteigt, ist durch die Situation zu Beginn der zweiten Periode bestimmt. Denn zu diesem Zeitpunkt hätte die Industrie ja die Möglichkeit, weitere Lizenzen zum Preis p_2 zu erwerben. Also entspricht zu Beginn der zweiten Periode der Wert einer in Periode 1 gekauften Lizenz genau diesem Preis. Die Zahlungsbereitschaft für eine Lizenz zu Beginn der ersten Periode ist daher die Summe aus dem direkten - in Periode 1 gezogenen - marginalen Nutzen sowie dem ersparten Kaufpreis in Periode 2, also $R(q_1) + p_2$. Wären Lizenzen in Periode 1 teurer als diese Summe, so würde es sich für die Unternehmen lohnen, mit dem Kauf bis zur zweiten Periode zu warten. Wären die Lizenzen in $t = 1$ dagegen billiger, dann würde es sich lohnen, bereits in der ersten Periode mehr Lizenzen zu erwerben, um sie auch in $t = 2$ nutzen zu können, wodurch der Erwerbspreis in der zweiten Periode eingespart wird. Aus diesem Grund ist die Preis-Absatz-Funktion des Monopolisten in der ersten Periode

$$p_1 = R(q_1) + p_2 = a - q_1 + p_2. \quad (5)$$

Unter Zuhilfenahme von Gleichung (4) ergibt sich $p_1 = 2(a - q_1) - q_2$. Während die maximale Zahlungsbereitschaft für eine Lizenz in Periode 1 also $2a$ beträgt und somit a übersteigt, ist die maximale Zahlungsbereitschaft in der zweiten Periode nur noch $a - q_1$ und somit kleiner als a .

2.4 Vier Typen von monopolistischen Lizenzanbietern

Das Verhalten der Regierung hängt von den Zielen ab, die sie mit ihrer Umweltpolitik verfolgt. Exemplarisch sollen daher im folgenden die Anreize vier verschiedener Regierungstypen untersucht werden:

- der wohlwollende soziale Planer, der nur die Wohlfahrt seiner Bürger im Auge hat (diesen Typ bezeichnen wir mit b),
- der Leviathan, der ausschließlich daran interessiert ist, die Staatseinnahmen zu maximieren (dieser Typ wird mit l bezeichnet),
- eine grüne Regierung (Typ= g), die sowohl an Staatseinnahmen als auch am Umweltschutz interessiert ist,⁷
- und eine wirtschaftsfreundliche Regierung (Typ= w), die sich lediglich für die Belange der Industrie interessiert.

Zur Vereinfachung unterstellen wir, dass sowohl die grüne als auch die wirtschaftsfreundliche Regierung ihre beiden Teilziele gleich gewichtet.⁸ Für unsere Analyse sei zudem angenommen, dass die sozialen Kosten der Umweltverschmutzung mit c pro Lizenz bzw. pro Einheit des hergestellten Produktes pro Periode beziffert werden können, so dass sich die sozialen Kosten der Umweltverschmutzung pro Periode als $C_t = cq_t$ ergeben, wobei $a > c > 0$ gilt. Die gesamten Verschmutzungskosten der beiden Perioden bezeichnen wir mit $C = C_1 + C_2$. Die Staatseinnahmen aus dem Lizenzverkauf in Periode t definieren wir als $T_t = q_t p_t$, die gesamten Staatseinnahmen sind $T = T_1 + T_2$.

Wir werden das Spiel nun für die verschiedenen Regierungstypen rückwärts lösen (backward induction). Für die vier Regierungstypen leiten wir die gesamte Wohlfahrt W_L^r , die gesamten Steuereinnahmen T_L^r , die gesamte Umweltverschmutzung C_L^r und die gesamte Auszahlung des jeweiligen Regierungstyps Π_L^r über beide Perioden her. Dabei bezeichnet der hochgestellte Index r den untersuchten Regierungstyp (also $r \in b; l; g; w$), während der tiefgestellte Index L für das Lizenzregime steht (im folgenden Abschnitt verwenden wir den tiefgestellten Index S , um die entsprechenden Ergebnisse unter einem Ökosteuerregime zu kennzeichnen). Die tiefgestellten Indizes 1 und 2 zeigen weiterhin das jeweilige Periodenergebnis an.

2.5 Rationalverhalten der Lizenzanbieter

2.5.1 Lizenzverkauf durch einen benevolenten sozialen Planer (b)

Ein wohlwollender sozialer Planer maximiert in beiden Perioden die soziale Wohlfahrt $W_L^b = W_1 + W_2$, mit $W_t = B_t - C_t$. In der zweiten Periode ist sein Maximierungsproblem bei einem gegebenem q_1 demnach

$$\max_{q_2} W_2 = a(q_1 + q_2) - \frac{(q_1 + q_2)^2}{2} - c(q_1 + q_2). \quad (6)$$

⁷Eine fundamentalistisch-grüne Regierung, der auch Staatseinnahmen egal sind, würde trivialerweise keine einzige Lizenz vergeben, also q_1 und q_2 gleich null setzen und so die komplette Industrie stilllegen.

⁸Eine detailliertere Analyse, die auch unterschiedliche Zielgewichte berücksichtigt, findet sich in Haucap und Kirstein (2001).

Setzen wir die Bedingung erster Ordnung gleich null ($a - q_1 - q_2 - c = 0$), so erhalten wir die optimale Wahl von q_2 in Abhängigkeit von q_1 : $q_2(q_1) = a - c - q_1$. Hiermit ist $W_2 = 0.5(a - c)^2$. Dann ergibt sich der Lizenzpreis aus Gleichung (4) als $p_2 = c$. Der wohlwollende Diktator setzt also in der zweiten Periode den Lizenzpreis gleich den sozialen Grenzkosten der Verschmutzung. Im Wissen darüber, wie er selbst sich in der zweiten Periode verhalten wird, ist das Maximierungsproblem für den sozialen Planer dann in der ersten Periode

$$\max_{q_1} W = W_1 + W_2 = aq_1 - \frac{q_1^2}{2} - cq_1 + \frac{1}{2}(a - c)^2. \quad (7)$$

Die Optimalitätsbedingung lautet nun $a - c - q_1 = 0$. Der benevolente soziale Planer setzt also $q_1 = a - c$, so dass sich ein Preis von $p_1 = c + p_2 = 2c$ ergibt, was den sozialen Grenzkosten der Umweltverschmutzung über beide Perioden entspricht. Demzufolge werden in der ersten Periode bereits $q_1 = a - c$ Lizenzen zum Preis $p_1 = 2c$ verkauft, während in der zweiten Periode keine weiteren Lizenzen ausgegeben werden ($q_2 = a - c - q_1 = 0$). Die soziale Wohlfahrt über beide Perioden beträgt $W_L^b = (a - c)^2$, die Kosten der Umweltverschmutzung sind gleich den durch den Lizenzverkauf erzielten Staatseinnahmen $T_L^b = C_L^b = 2(a - c)c$.

2.5.2 Lizenzverkauf durch einen Leviathan-Staat (l)

Besteht das Interesse der Regierung allein darin, die Staatseinnahmen aus dem Verkauf dieser Lizenzen, T , zu maximieren, so lautet das Maximierungsproblem des Leviathans in Periode 2:

$$\max_{q_2} T_2 = (a - q_1 - q_2)q_2, \quad (8)$$

so dass sich aus der Optimalitätsbedingung ($a - q_1 - 2q_2 = 0$) die optimale Mengewahl in der zweiten Periode $q_2 = \frac{1}{2}(a - q_1)$ und dementsprechend auch der Preis $p_2 = \frac{1}{2}(a - q_1)$ ergibt. Die Staatseinnahmen in der zweiten Periode sind dann $T_2 = \frac{1}{4}(a - q_1)^2$.

In der ersten Periode lautet das Maximierungsproblem des Leviathans, im Wissen darüber, wie er sich selbst in Periode 2 verhalten wird,

$$\max_{q_1} T = T_1 + T_2 = \frac{3}{2}(a - q_1)q_1 + \frac{1}{4}(a - q_1)^2. \quad (9)$$

Der Leviathan maximiert nun seine Staatseinnahmen, indem er $q_1 = \frac{2}{5}a$ setzt. Daraus ergibt sich $q_2 = \frac{3}{10}a$, $p_1 = \frac{9}{10}a$ und $p_2 = \frac{3}{10}a$. Die gesamten Staatseinnahmen sind dann $T_L^l = \frac{9}{20}a^2$, die Kosten der Umweltbelastung sind gegeben durch $C_L^l = (2q_1 + q_2)c = \frac{11}{10}ac$, und die soziale Wohlfahrt $W = B - C$ beträgt $W_L^l = \frac{31}{40}a^2 - \frac{11}{10}ac$.

2.5.3 Lizenzverkauf durch eine grüne Regierung (g)

Betrachten wir nun was passiert, wenn eine grüne Regierung sowohl fiskalische als auch umweltpolitische Ziele verfolgt. Es sei also angenommen, dass eine grüne Regierung die Differenz zwischen Staatseinnahmen, T , und den Kosten der Umweltbelastung, C , maximiert. Je mehr Lizenzen die Regierung vergibt, desto höher sind (bis hin zum Leviathan-Niveau) die Verkaufserlöse, aber desto höher ist auch die Umweltbelastung. In der zweiten Periode stellt sich also folgendes Maximierungsproblem für die grüne Regierung:

$$\max_{q_2} T_2 - C_2 = (a - q_1 - q_2)q_2 - c(q_1 + q_2), \quad (10)$$

und die Bedingung erster Ordnung lautet $q_2 = \frac{1}{2}(a - q_1 - c)$. Konsequenterweise ist dann $p_2 = \frac{1}{2}(a - q_1 - c)$, und das Maximierungsproblem in der ersten Periode ist nun

$$\max_{q_1} T_1 + T_2 - C_1 - C_2 = \frac{3}{2}(a - q_1)q_1 - \frac{1}{2}cq_1 + \frac{1}{4}(a - q_1)^2 - \frac{1}{4}c^2 - \frac{1}{2}(a + q_1 - c)c. \quad (11)$$

Das Optimum ist für die grüne Regierung nun erreicht bei $q_1 = \frac{2}{5}(a - c)$ und daraus folgend $q_2 = \frac{3}{10}(a - c)$, $p_1 = \frac{9}{10}a + \frac{11}{10}c$ und $p_2 = \frac{3}{10}a + \frac{7}{10}c$. Die gesamten Staatseinnahmen betragen $T_L^g = \frac{9}{20}a^2 + \frac{1}{5}ac - \frac{13}{20}c^2$, die Kosten der Umweltbelastung $C_L^g = \frac{11}{10}(a - c)c$, und die soziale Wohlfahrt ist gleich $W_L^g = \frac{31}{40}(a - c)^2$.

2.5.4 Lizenzverkauf durch eine wirtschaftsfreundliche Regierung (w)

Als letzten Regierungstypen soll eine Regierung betrachtet werden, die lediglich die Belange der Industrie im Auge hat. Die Regierung maximiert demnach B , so dass das Optimierungsproblem wie folgt aussieht:

$$\max_{q_2} B_2 = a(q_1 + q_2) - \frac{(q_1 + q_2)^2}{2}. \quad (12)$$

Als Lösung ergibt sich nun $q_2 = a - q_1$ und $p_2 = 0$ und $B_2 = \frac{1}{2}a^2$. Für die erste Periode ist das Maximierungsproblem demzufolge

$$\max_{q_1} B = B_1 + B_2 = aq_1 - \frac{q_1^2}{2} + \frac{1}{2}a^2. \quad (13)$$

Eine wirtschaftsfreundliche Regierung erreicht ihr Optimum daher bei $q_1 = a$ und $p_1 = p_2 = 0$ sowie $q_2 = 0$. Daraus ergibt sich $B_1 = B_2 = \frac{1}{2}a^2$. Eine wirtschaftsfreundliche Regierung verzichtet zugunsten der Industrie auf alle Staatseinnahmen ($T_L^w = 0$), während die Kosten der Umweltbelastung sich auf $C_L^w = 2ac$ beziffern lassen. Die soziale Wohlfahrt schließlich beträgt $W_L^w = a^2 - 2ac$.

2.6 Vergleich der Ergebnisse

Vergleichen wir die Resultate des Lizenzverkaufs für die verschiedenen Regierungstypen hinsichtlich ihrer Umweltwirkung, so überrascht nicht, dass eine grüne Regierung am wenigsten Umweltverschmutzung zulässt, während die Schadstoffbelastung unter einer wirtschaftsfreundlichen Regierung am höchsten ist. Das Verschmutzungsniveau ist also unter einer grünen Regierung suboptimal niedrig, während eine wirtschaftsfreundliche Regierung zuviel Verschmutzung zulässt. Ein Leviathan gestattet mehr Umweltbelastung als eine grüne und weniger als eine wirtschaftsfreundliche Regierung. Das Verschmutzungsniveau unter einem Leviathan ist wohlfahrtsökonomisch betrachtet zu hoch, wenn $c > 0,45a$.⁹ Im umgekehrten Fall ist es suboptimal niedrig, während es für $c = 0,45a$ gerade mit dem optimalen Level übereinstimmt, das auch der wohlwollende soziale Planer implementieren würde.

Die soziale Wohlfahrt ist natürlich am höchsten unter einem wohlwollenden sozialen Planer. Für die anderen drei von uns betrachteten Regierungsformen ist das Ranking abhängig von der Relation zwischen den sozialen Kosten der Umweltverschmutzung (c) und der Größe des betroffenen nachgelagerten Marktes (a). Die folgende Tabelle fasst diese Resultate zusammen:

⁹Das Verschmutzungslevel unter einem Leviathan ($C_L^l = 1,1ac$) übersteigt das eines benevolenten sozialen Planers ($C_L^b = 2(a - c)c$), wenn $C_L^l > C_L^b$ bzw. $c > 0,45a$.

Tabelle 1: Wohlfahrtsvergleich von Umweltlizenzen
in Abhängigkeit von a und c

Parameterkonstellation	Ranking
$a \geq 4c$	$W^w \geq W^l > W^g$
$4c \geq a \geq (1 + \frac{2}{3}\sqrt{10})c$	$W^l \geq W^w \geq W^g$
$(1 + \frac{2}{3}\sqrt{10})c \geq a \geq \frac{31}{18}c$	$W^l \geq W^g \geq W^w$
$\frac{31}{18}c > a$	$W^g \geq W^l > W^w$

Je größer also der betroffene Markt (a) relativ zu den Kosten der Umweltbelastung (c) desto besser ist eine wirtschaftsfreundliche Regierung, während umgekehrt eine grüne Regierung umso besser ist je höher die Kosten der Umweltbelastung relativ zur Marktgröße sind.

3 Umweltsteuern

3.1 Modellmodifikation

Ein anderes und in der Realität momentan wesentlich häufiger verwandtes Instrument der Umweltpolitik sind Umweltsteuern bzw. Verschmutzungsabgaben. Während durch Umweltlizenzen Verfügungsrechte im Sinne der Property Rights-Theorie kreiert werden, können Verschmutzungsabgaben wie eine Nutzungsgebühr interpretiert werden. In Anlehnung an Coase (1972) könnten Umweltsteuern auch als ein periodisches Nutzungsentgelt, also als Leasing- bzw. Mietgebühr, betrachtet werden. Wie Coase (1972) gezeigt hat, können solche Mietgebühren dazu dienen, das Glaubwürdigkeitsproblem eines monopolistischen Anbieters dauerhafter Güter zu lösen. Da Steuern prinzipiell in jeder Periode neu festgesetzt werden, können sie auch wie Lizenzen betrachtet werden, die nur für eine Periode gelten. Somit wird die Nachfrage nach Verschmutzungsrechten in der ersten Periode von der Nachfrage in der zweiten Periode abgekoppelt. Eine Regierung, die auch fiskalische Ziele verfolgt, kann nun in der ersten Periode einen Steuersatz festlegen, ohne dass ihr Steueraufkommen in der zweiten Periode davon beeinflusst wird. Die Preis-Absatz-Funktion des monopolistischen Anbieters ist also in beiden Perioden ($t = 1, 2$) gleich dem marginalen Nutzen der Industrie:

$$p_t = a - q_t.$$

3.2 Umweltsteuern unter den vier Regierungstypen

3.2.1 Der benevolente soziale Planer (b)

Für einen benevolenten sozialen Planer stellt sich in jeder der beiden Perioden das folgende Optimierungsproblem:

$$\max_{q_t} W_t = aq_t - \frac{q_t^2}{2} - cq_t. \quad (14)$$

Aus der Optimalitätsbedingung ($a - q_t - c = 0$) ergibt sich $q_t = a - c$. Daraus folgt $p_t = c$, d.h. der Steuersatz entspricht den sozialen Grenzkosten der Umweltnutzung. Zudem folgt $C_S^b = C_1 + C_2 = 2(a - c)c = T_S^b$ und $W_S^b = W_1 + W_2 = (a - c)^2$. Wie leicht ersichtlich (und intuitiv nicht verwunderlich),

ändert sich das Ergebnis für den sozialen Planer nicht gegenüber dem Lizenzverkauf: $W_S^b = W_L^b$, $C_S^b = C_L^b$ und $T_S^b = T_L^b$.

3.2.2 Der Leviathan (l)

Hingegen maximiert ein Leviathan in jeder der beiden Perioden

$$\max_{q_t} T_t = (a - q_t)q_t, \quad (15)$$

Er wählt also $q_t = \frac{1}{2}a = p_t$. Die Staatseinnahmen belaufen sich nun (über beide Perioden) auf $T_S^l = \frac{1}{2}a^2$ und übersteigen somit die Einnahmen aus einem Lizenzverkauf um $\frac{1}{20}a^2$ ($T_S^l > T_L^l$). Zudem ist auch die Umweltqualität im Vergleich zu einem Lizenzverkauf höher; die Kosten der Umweltbelastung verringern sich um $\frac{1}{10}ac$ auf $C_S^l = ac < C_L^l$. Die soziale Wohlfahrt beträgt nun $W_S^l = \frac{3}{4}a^2 - ac$. Das bedeutet, dass eine steuerbasierte Umweltpolitik einer Leviathan-Regierung wohlfahrtsökonomisch superior gegenüber einer lizenzbasierten Politik ist ($W_S^l > W_L^l$), wenn $a < 4c$. Anderenfalls - wenn also der betroffene Produktmarkt relativ groß ist bzw. die Kosten der Umweltbelastung relativ klein - dann ist eine lizenzbasierte Politik wohlfahrtsökonomisch überlegen ($W_S^l < W_L^l$ wenn $a > 4c$).

3.2.3 Die grüne Regierung (g)

Eine grüne Regierung, die eine Umweltsteuer verwendet, maximiert nun in jeder Periode

$$\max_{q_t} T_t - C_t = (a - q_t)q_t - cq_t. \quad (16)$$

Der optimale Steuersatz ist nun in beiden Perioden $p_t = \frac{1}{2}(a + c)$ bei einer Verschmutzungsmenge von $q_t = \frac{1}{2}(a - c)$. Dementsprechend belaufen sich die Steuereinnahmen über beide Perioden zusammen insgesamt auf $T_S^g = \frac{1}{2}(a^2 - c^2)$, die Kosten der Umweltbenutzung auf $C_S^g = (a - c)c$ ($< C_L^g = \frac{11}{10}(a - c)c$) und die soziale Wohlfahrt auf $W_S^g = \frac{3}{4}(a - c)^2$. Unter einer grünen Regierung ist daher eine lizenzbasierte Lösung einem steuerbasierten Regime immer wohlfahrtsökonomisch überlegen ($W_S^g > W_L^g$). Nichtsdestotrotz wird eine grüne Regierung stets ein steuerbasiertes Regime bevorzugen, da ihr Payoff bei einem steuerbasierten Regime höher ist, wie sich ergibt, wenn wir $(T_S^g - C_S^g = \frac{1}{2}(a - c)^2)$ und $(T_L^g - C_L^g = \frac{9}{20}(a - c)^2)$ vergleichen. Daher erwarten wir, dass eine grüne Regierung genau wie auch der Leviathan auf eine steuerbasierte Umweltpolitik setzen wird.

3.2.4 Die wirtschaftsfreundliche Regierung (w)

Als letztes soll nun analysiert werden, wie eine wirtschaftsfreundliche Regierung eine Umweltsteuer nutzen würde. Die Zielfunktion lautet nun in jeder der beiden Perioden

$$\max_{q_t} B_t = aq_t - \frac{q_t^2}{2}. \quad (17)$$

Wie sich aus der Optimalitätsbedingung ergibt, erhalten wir wie schon im Lizenzfall $p_t = 0$ und $q_t = a$. Demzufolge ändert sich auch sonst nichts gegenüber dem Lizenzverkauf ($W_S^w = W_L^w = a^2 - 2ac$, $C_S^w = C_L^w = 2ac$ und $T_S^w = T_L^w = 0$).

3.3 Vergleich der Ergebnisse

Zunächst vergleichen wir wiederum die Resultate der verschiedenen Regierungstypen unter einem Steuersystem hinsichtlich ihrer Umweltwirkung. Die Umweltverschmutzung ist unter einer grünen Regierung am geringsten, während die Schadstoffbelastung unter einer wirtschaftsfreundlichen Regierung am höchsten ist. Diese beiden Ergebnisse sind genauso unter einem Lizenzsystem zu erwarten.

Ein Leviathan lässt wiederum mehr Umweltbelastung als eine grüne und weniger als eine wirtschaftsfreundliche Regierung. Das von einem Leviathan zugelassene Verschmutzungsniveau ist nun wohlfahrtsökonomisch betrachtet zu hoch, wenn $c > \frac{1}{2}a$. Im umgekehrten Fall ist es suboptimal niedrig, während es für $c = \frac{1}{2}a$ gerade mit dem optimalen Level übereinstimmt, das auch der wohlwollende soziale Planer implementieren würde.

Ein wohlwollender sozialer Planer realisiert die maximale Wohlfahrt. Für die anderen drei von uns betrachteten Regierungsformen fasst die folgende Tabelle die Resultate zusammen:

Tabelle 2: Wohlfahrtsvergleich einer Umweltsteuer
in Abhängigkeit von a und c

Parameterkonstellation	Ranking
$a \geq 4c$	$W^w \geq W^l > W^g$
$4c \geq a \geq 3c$	$W^l \geq W^w \geq W^g$
$3c \geq a \geq \frac{3}{2}c$	$W^l \geq W^g \geq W^w$
$\frac{3}{2}c > a$	$W^g \geq W^l > W^w$

Wie schon in einem Lizenzregime ist eine wirtschaftsfreundliche Regierung umso besser für die Wohlfahrt, je größer der betroffene Markt (a) relativ zu den Kosten der Umweltbelastung (c) ist, während umgekehrt eine grüne Regierung umso besser ist je höher die Kosten der Umweltbelastung relativ zur Marktgröße sind.

4 Lizenzen versus Steuern

Vergleichen wir nun zusammenfassend Umweltsteuern mit einer Umweltpolitik, die auf dauerhaften Verschmutzungsrechten beruht, so lässt sich zunächst festhalten, dass sich weder bei einem benevolenten sozialen Planer noch bei einer wirtschaftsfreundlichen Regierung Unterschiede zwischen einer lizenz- und einer steuerbasierten Umweltpolitik ergeben. Unterschiede bestehen zwischen den umweltpolitischen Instrumenten nur bei einer grünen Regierung und im Leviathan-Staat. Die folgende Tabelle gibt die wichtigsten Resultate unter den beiden alternativen Regimen zusammenfassend an:

Tabelle 3: Resultate beim Lizenzregime und bei Umweltsteuern

Institution I	Typ r	W_I^r	T_I^r	C_I^r	Π_I^r
L	b	$(a - c)^2$	$2(a - c)c$	$2(a - c)c$	$(a - c)^2$
	l	$\frac{31}{40}a^2 - \frac{11}{10}ac$	$\frac{9}{20}a^2$	$\frac{11}{10}ac$	$\frac{9}{20}a^2$
	g	$\frac{31}{40}(a - c)^2$	$\frac{9}{20}a^2 + \frac{1}{5}ac - \frac{13}{20}c^2$	$\frac{11}{10}(a - c)c$	$\frac{9}{20}(a - c)^2$
	w	$a^2 - 2ac$	0	$2ac$	a^2
S	b	$(a - c)^2$	$2(a - c)c$	$2(a - c)c$	$(a - c)^2$
	l	$\frac{3}{4}a^2 - ac$	$\frac{1}{2}a^2$	ac	$\frac{1}{2}a^2$
	g	$\frac{3}{4}(a - c)^2$	$\frac{1}{2}(a^2 - c^2)$	$(a - c)c$	$\frac{1}{2}(a - c)^2$
	w	$a^2 - 2ac$	0	$2ac$	a^2

Dabei sind die Payoffs, Π_L^r und Π_S^r , die Werte der Zielfunktion, welche eine Regierung vom Typ r maximiert. Vergleichen wir jeweils Π_L^r und Π_S^r , so erhalten wir eine Prognose darüber, welches Politikinstrument die jeweilige Regierung bevorzugen wird. Aus der obigen Tabelle ist zu entnehmen, dass keine Regierung ihre Ziele besser mit Hilfe von Lizenzen erreichen kann als mit Umweltsteuern. Während ein benevolenter sozialer Planer und eine wirtschaftsfreundliche Regierung indifferent zwischen den beiden Instrumenten sind, wird sowohl von einem Leviathan als auch von einer grünen Regierung eine steuerbasierte Politik strikt bevorzugt.

Die gesellschaftliche Wohlfahrt ist jedoch zumindest unter einer grünen Regierung bei einer lizenzbasierten Politik stets höher als bei Verwendung einer Umweltsteuer.¹⁰ Dies hat seine Ursache darin, dass das mit dauerhaften Lizenzen verbundene Glaubwürdigkeitsproblem eine grüne Regierung dazu bringt, das sub-optimal niedrige Verschmutzungsniveau auszuweiten und sich so dem sozialen Optimum anzunähern. Weniger eindeutig ist der Fall in einem Leviathan-Staat. Eine lizenzbasierte Politik ist lediglich superior, wenn der betroffene Produktmarkt relativ groß ist bzw. die Kosten der Umweltverschmutzung relativ niedrig sind ($a > 4c$). Die Umweltbelastung schließlich ist sowohl unter einer grünen Regierung als auch unter einer Leviathan-Regierung bei einer lizenzbasierten Politik um 10 Prozent höher als bei einer Umweltsteuer.¹¹

5 Schlussfolgerungen

Wie wir in diesem Papier gezeigt haben, tendieren politische Entscheidungsträger eher zu Steuern als dem bevorzugten Instrument der Umweltpolitik, wohingegen der Verkauf dauerhafter Lizenzen (und die damit verbundene Schaffung von dauerhaften Verfügungsrechten) Regierungen weniger attraktiv erscheint. Dies liegt in unserem Modell vor allem daran, dass sich eine Regierung, die auch fiskalische Motive verfolgt, durch eine Steuer glaubwürdig daran binden kann, nach einer Erstvergabe von Lizenzen nicht später noch weitere Lizenzen aus fiskalischen Motiven auf den Markt zu bringen.

Eine Umweltsteuer hat im Hinblick auf dieses Glaubwürdigkeitsproblem dieselbe Wirkung wie eine Leasinggebühr im Monopolmodell von Coase (1972); sie hilft einer budgetorientierten Regierung, die Umweltbelastung gering und somit den Preis der Umweltnutzung auch langfristig hoch zu halten, um so auch langfristig hohe Staatseinnahmen zu erzielen. Lediglich Regierungstypen, die keinerlei Interesse an Staatseinnahmen haben (der benevolente soziale Planer und die rein wirtschaftsorientierte Regierung), sind zwischen einer Steuer und einer lizenzbasierten Umweltpolitik indifferent.

¹⁰ $W_L^g - W_S^g = \frac{31}{40}(a - c)^2 - \frac{3}{4}(a - c)^2 = \frac{1}{40}(a - c)^2 > 0$

¹¹ $C_L^g/C_S^g = [1, 1(a - c)c]/[(a - c)c] = 0, 1$; $C_L^l/C_S^l = (1, 1ac)/ac = 0, 1$.

Während eine Steuer zwar zu einer geringeren Umweltbelastung und höheren Staatseinnahmen führt, ist die soziale Wohlfahrt unter einer Steuer geringer als bei einem lizenzbasierten Regime, sobald die Regierung auch fiskalische Ziele verfolgt. Daher kann es aus wohlfahrtsökonomischer Sicht wünschenswert sein, wenn politische Entscheidungsträger entweder sich selbst in der Auswahl der ihnen zur Verfügung stehenden Instrumente beschränken könnten, oder sie in ihrem politischen Handlungsspielraum begrenzt würden, etwa durch konstitutionelle Beschränkungen.

In der ökonomischen Literatur wird bisher vor allem auf die Effizienzvorteile eines Lizenzregimes hingewiesen. Lizenzen führen dazu, dass Emissionen dort vermieden werden, wo es am günstigsten ist. Dagegen bezieht sich unser Argument auf politökonomische Aspekte. Dauerhafte Lizenzen hindern die politischen Entscheidungsträger daran, die Umweltnutzung langfristig auf ein monopolistisches Niveau zur Maximierung der Staatseinnahmen zu begrenzen. Also kann auf dem betroffenen Produktmarkt eine größere Rente generiert werden.

Unser Argument für eine lizenzbasierte Umweltpolitik unterscheidet sich daher von den bisher vorgebrachten, anderen Argumenten und ergänzt diese. Auch aus politökonomischer Sicht wäre es in vielen Fällen wünschenswert, wenn Politiker in der Umweltpolitik in der Auswahl der Instrumente beschränkt würden und statt Steuern zu erheben dauerhafte Nutzungsrechte veräußern müssten.

Im Gegensatz zu anderen Modellen beinhaltet unser Modell keinen technischen Fortschritt, da der Fokus unseres Modells nicht auf Innovationen und dynamischen Anreizwirkungen für die betroffene Industrie liegt, sondern auf dynamischen Anreizaspekten für die politischen Entscheidungsträger. Eine Kombination beider Modelltypen und die Einbettung technischen Fortschritts in unser politökonomisches Modell kann aber ein interessanter Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten sein.

Literatur

- Bagnoli, M.; Salant, S.W. & Swierzbinski, J.E. (1989). Durable-Goods Monopoly with Discrete Demand. *Journal of Political Economy* 97, 1459-1478.
- Biglaiser, G.; Horowitz, J.K. & Quiggin, J. (1995). Dynamic Pollution Regulation. *Journal of Regulatory Economics* 8, 33-44.
- Boyer, M. & Laffont, J.J. (1999). Toward a Political Theory of the Emergence of Environmental Incentive Regulation *RAND Journal of Economics* 30, 137-157.
- Bulow, J.I. (1982). Durable-Goods Monopolists. *Journal of Political Economy* 90, 314-332.
- Coase, R. (1972). Durability and Monopoly. *Journal of Law and Economics* 15, 143-149.
- Collinge, R.A. & Oates, W.E. (1982). Efficiency in Pollution Control in the Short and Long Run: A System of Rental Emission Permits. *Canadian Journal of Economics* 15, 178-188.
- Denicolo, V. (1999). Pollution-Reducing Innovations under Taxes and Permits. *Oxford Economic Papers* 51, 184-199.
- Fredriksson, P.G. (1997). The Political Economy of Pollution Taxes in a Small Open Economy. *Journal of Environmental Economics and Management* 33, 44-58.
- Gawel, E. & Schneider, F. (1997). Implementation Problems of Eco-Taxation: A Political-Economy Analysis. Diskussionspapier Nr. 9719, Juli 1997, Universität Linz.
- Gersbach, H. & Glazer, A. (1999). Markets and Regulatory Hold-up Problems. *Journal of Environmental Economics and Management* 37, 151-164.
- Goulder, L.; Parry, I. & Burtraw, D. (1997). Revenue Raising versus Other Approaches to Environmental Protection: The Critical Significance of Preexisting Tax Distortions. *RAND Journal of Economics* 28, 708-731.
- Haucap, J. & Kirstein, R. (2001). Government Incentives when Pollution Permits are Durable Goods. Center for the Study of Law and Economics, Discussion Paper 2001-06, Saarbrücken.
- Jung, C.; Krutilla, K & Boyd, R (1996). Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives. *Journal of Environmental Economics and Management* 30, 95-111.
- Kaplow, L. & Shavell, S. (1997). On the Superiority of Corrective Taxes to Quantity Regulation. NBER Working Paper 6251. NBER: Washington, D.C.
- Laffont, J.J. & Tirole, J. (1996). Pollution Permits and Environmental Innovation. *Journal of Public Economics* 62, 127-140.
- Milliman, S.R. & Prince, R. (1989). Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control. *Journal of Environmental Economics and Management* 17, 247-265.
- Norregaard, J. & Reppelin-Hill, V. (2000). Controlling Pollution. Using Taxes and Tradable Permits. International Monetary Fund, Economics Issues Vol. 25: Washington, D.C.

- Rahmeyer, F. (1999). Klimaschutz durch Steuern oder Lizenzen. *Konjunkturpolitik* 45, 317-357.
- Rasmusen, E. (1991). Games and Information. Blackwell: Cambridge, MA.
- Requate, T. (1995). Incentives to Adopt New Technologies under Different Pollution-Control Policies. *International Tax and Public Finance* 2, 295-317.
- Requate, T., & Unold, W. (2001). On the Incentive to Adopt Advanced Abatement Technology - Will the True Ranking Please Stand up? erscheint in *European Economic Review*.
- Schwarze, R. (2001). Zur dynamischen Anreizwirkung von Umweltzertifikaten. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* 24, 519-536.
- Stokey, N.L. (1981). Rational Expectations and Durable Goods Pricing. *Bell Journal of Economics* 12, 112-128.
- Tietenberg, T.H. (1985). Emissions trading. Resources for the Future: Washington, D.C.
- von der Fehr, N.H. & Kühn, K.U. (1995). Coase versus Packman: Who Eats Whom in the Durable-Goods Monopoly? *Journal of Political Economy* 103, 785-812.
- Weitzman, M.L. (1974). Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies* 41, 50-65.
- Zimmermann, K.W. (1996). Zur politischen Ökonomie von Ökosteuern. *ORDO: Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft* 47, 169-194.