

Prof. Dr. Robert Schmidt

32951
Umwelt- und Ressourcenökonomik
Leseprobe

Fakultät für
Wirtschafts-
wissenschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, verbleiben bei der FernUniversität. Das Werk darf gemäß § 53 UrhG im privaten Rahmen zum Beispiel durch Kopien oder digitale Speicherung vervielfältigt werden.

Prof. Dr. Robert Schmidt

32951

Umwelt- und Ressourcenökonomik

Leseprobe

Teil 1

Fakultät für
Wirtschafts-
wissenschaft

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
1.1	Grundkonzepte und erste Schritte	8
1.2	Hinweise zu diesen Lehrmaterialien	24
1.3	Literaturhinweise	26
2	Exkurs: Klimawandel	29
3	Neoklassische Analyse	47
3.1	Neoklassische Wohlfahrtsökonomik	50
3.2	Effizienz und soziales Optimum	62
3.3	Pareto-Effizienz in einer Marktwirtschaft	66
3.4	Partialmodell	70
3.5	Übungsaufgaben	77
3.6	Lösungen	80
4	Marktversagen	89
4.1	Öffentliche Güter	91
4.2	Externalitäten	97
4.3	Energie- vs. Emissionssteuern	101
4.4	Emissionsvermeidung	106
4.5	Übungsaufgaben	116
4.6	Lösungen	124
5	Umweltregulierung bei unvollständ. Wettbewerb	139
5.1	Monopol	139
5.2	Übungsaufgaben	147
5.3	Lösungen	150
6	Instrumente der Umweltpolitik (I)	155
6.1	CO ₂ -Steuer	155
6.2	Zertifikatehandel	156

6.3	“Preise oder Mengen” (prices vs. quantities)	161
6.4	Übungsaufgaben	168
6.5	Lösungen	172
7	Strategische Umweltpolitik	179
7.1	Übungsaufgaben	186
7.2	Lösungen	190

Kapitel 1

Einführung

Die Beeinträchtigung und teilweise Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlage auf unserem Planeten gehört zu den zentralen Problemen unserer Zeit. Somit gehört es zu den wichtigsten Herausforderungen für die Menschheit, politische Rahmenbedingungen zu schaffen, die der Zerstörung Einhalt gebieten und einen tiefgreifenden technologischen Wandel herbeiführen hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft und Wirtschaft.

Das bekannteste der globalen Umweltprobleme ist der Klimawandel mit all seinen Facetten. Jedoch gibt es eine Reihe weiterer Umweltprobleme mit globalem Ausmaß. Denken wir bspw. an Plastikverschmutzung, sog. Ewigkeitschemikalien (PFAS), Insektizide, Totalherbizide, Insektensterben, Artensterben, Zerstörung von Regenwäldern. Auch der übermäßige Einsatz von Antibiotika, bspw. in der Massentierhaltung, und die daraus resultierenden Gefahren im Zusammenhang mit Krankheitserregern, könnte hier genannt werden. Oder die Überfischung der Ozeane und das Kollabieren von Fischbeständen.

Einige dieser Probleme haben ähnliche Eigenschaften, wie z.B. ein allmähliches Vorschreiten, das es uns erschwert, die Probleme greifbar zu machen. Das macht es auch schwieriger, politische Lösungen zu finden, weil es für viele Politiker nicht opportun ist, die Probleme im Jetzt und heute aktiv anzugehen. Es kann dazu verleiten, die Dinge erstmal "laufen zu lassen" und "langsam anzugehen". Einige Probleme lassen sich aber nur wirksam lösen, wenn sie frühzeitig erkannt und benannt werden, und die Weichen zur Lösung der Probleme bereits gestellt werden zu einer Zeit, wo Schäden noch gar nicht sichtbar werden und viele Menschen die Existenz der Probleme noch bestreiten. Parteien oder Politiker, die so frühzeitig harte Maßnahmen ergreifen wollen, müssen um ihre Wiederwahl fürchten. Das Richtige zu tun, ist daher leider nicht immer kompatibel mit den Anreizen, die die Demokratie in ihrer heutigen Form den Entscheidungsträgern bietet. Es geht also auch darum, über neue Mechanismen der politischen Entscheidungsfindung nachzudenken und diese so weiterzuentwickeln, dass sie der Langfristigkeit und der "schleichend voranschreitenden Natur" mancher Probleme besser gerecht werden, ohne die Demokratie als solche zu untergraben, sondern diese im Gegenteil zu stärken.

Ein weiteres Charakteristikum solcher Umweltprobleme globalen Ausmaßes besteht darin, dass die Lösung der Probleme ein hohes Maß an Verständigung und Kooperation über Ländergrenzen hinweg erfordert. Internationale Umwelt- oder Klimaschutzabkommen sind ein Stichwort. Die Welt ist aber weitgehend organisiert in Form von Nationalstaaten, und das Prinzip der Souveränität lässt sich nicht ohne Weiteres gut vereinbaren mit globaler Kooperation in einem Ausmaß, wie es erforderlich wäre, um globale Umweltprobleme mit ausreichender Entschlossenheit anzugehen. Es stellt sich also, neben der Weiterentwicklung politischer Systeme (wie Demokratien) auch die Frage, wie die Staaten zu effektiverer Kooperation über Ländergrenzen hinweg kommen können. Die bestehenden Bemühungen, wie z.B. die jährlichen Klimakonferenzen: “Conferences of the Parties” (COPs) der Vereinten Nationen, sind ein erster Schritt, aber im Rückblick viel zu langsam und letztlich zu schwach, um ein Problem wie den Klimawandel frühzeitig und mit ausreichender Entschlossenheit anzupacken.

Ein weiterer Aspekt, der einigen der oben erwähnten globalen Umweltprobleme gemein ist, ist die Notwendigkeit, neue Technologien zu entwickeln und zur Marktreife zu führen. In manchen Fällen sind die technologischen Möglichkeiten größer, als es zunächst scheint. So wurde noch vor wenigen Jahrzehnten angezweifelt, ob eine Industriegesellschaft sich überhaupt von fossilen Brennstoffen befreien kann, ohne ihren Wohlstand einzubüßen oder sich zu deindustrialisieren. Heute können Windkraft und Photovoltaik bereits einen erheblichen Teil des Energiemixes abdecken, und mit der Elektrifizierung des Verkehrs (E-Mobilität) kann auch dieser Sektor in den kommenden Jahren und Jahrzehnten klimaneutral werden. Noch vor wenigen Jahrzehnten wäre ein solcher Wandel für viele Menschen kaum vorstellbar gewesen.

Es sind nicht zuletzt die politischen Rahmenbedingungen, z.B. Steuern und Subventionen, die einen solchen Wandel ermöglicht haben und ermöglichen. Aber nicht nur beim Klimawandel kamen die politischen Weichenstellungen im Grunde viel zu spät und zu zaghaft. Ein großer Teil der Schäden, die der Klimawandel und die die anderen globalen Umweltprobleme erzeugen und vor allem in der Zukunft noch erzeugen werden, wären wahrscheinlich vermeidbar (gewesen), wenn die Gesellschaft es geschafft hätte, viel frühzeitiger einen viel entschlosseneren Umgang mit den Problemen zu finden, zu einer Zeit, als diese Probleme naturwissenschaftlich bereits dokumentiert waren, aber im Alltag noch nicht ausreichend sichtbar waren, um politischen Druck “von unten” zu erzeugen.

Aus diesen Vorüberlegungen wird bereits deutlich, dass globale Umweltprobleme weit über die rein ökonomische Dimension hinausgehen. Es werden Änderungen am demokratischen System selbst erforderlich sein, um dieses agiler zu machen und robuster im Umgang mit (zunächst) unsichtbaren aber wissenschaftlich bereits dokumentierten Problemen. Es werden Wege gefunden werden müssen hin zu viel effektiverer, tiefgreifenderer globaler Kooperation, um sich schleichend entwickelnde, aber in letzter Konsequenz z.T.

katastrophale Umweltprobleme adäquat (frühzeitig und entschlossen) zu adressieren.

Der Kurs “Umwelt- und Ressourcenökonomik” kann nicht aufzeigen, welche tiefgreifenden gesellschaftlichen oder politischen Veränderungen dazu führen könnten, dass derartige Probleme zukünftig effektiver gelöst werden können. Das geht weit über den Rahmen dieses Kurses hinaus, und Konzepte für tiefgreifenden Wandel sind noch nicht in ausreichendem Maße entwickelt oder erprobt worden. Die Materialien dieses Kurses können Ihnen aber helfen, einen klareren Blick für die Natur solcher Probleme zu gewinnen. Wir werden hier die Sichtweise der Ökonomik wählen, also über Kosten und Nutzen bspw. von Klimaschutzmaßnahmen nachdenken. Es werden Aspekte des technologischen Wandels besprochen sowie internationaler Kooperation (Klimaschutzabkommen). Behalten Sie aber im Hinterkopf, dass die großen Probleme der Menschheit viel umfassender sind, und aus einer rein ökonomischen Perspektive nicht ausreichend beschrieben bzw. gelöst werden können. Dazu müssen auch politisch, gesamtgesellschaftlich, verfassungsrechtlich usw. vermutlich neue Wege beschritten werden, damit Probleme wie z.B. die Verschmutzung mit PFAS nicht ebenso lange verschleppt und nicht ausreichend adressiert werden, wie das beim Klimawandel über Jahrzehnte der Fall war (und z.T. noch heute so ist).

Was das Studium dieser Kursmaterialien Ihnen aber bieten kann, ist ein solides Verständnis ökonomischer Grundkonzepte, die Ihnen dabei helfen werden, auch für schwierige Themen wie globale Umweltprobleme einen geschärften Blick zu erlangen. Was sind die tieferen Ursachen für das Entstehen solcher Probleme? Warum lassen die ökonomischen Akteure solche Probleme überhaupt entstehen? Welche Instrumente stehen der Politik zur Verfügung, um Anreize zu schaffen für die Akteure in der Wirtschaft, neue Technologien zu entwickeln oder ihre Emissionen schädlicher Stoffe zu reduzieren? Wie hoch sollten bspw. Emissionssteuern sein, um nicht nur den Umweltschäden Rechnung zu tragen, die damit vermieden werden sollen, sondern auch den gesellschaftlichen Kosten, die damit verbunden sind? Wann sind Verbote der richtige Weg, und wann sollten stattdessen Anreizinstrumente gewählt werden? Was sind überhaupt Anreizinstrumente, und welche Eingriffe in das Wirtschaftsgeschehen führen womöglich zu neuen Ineffizienzen? Unser Ziel ist es, Ihnen ökonomische Grundkonzepte zu vermitteln, mit deren Hilfe Sie ein tieferes Verständnis für solche Fragen und Probleme erlangen können. Vielleicht werden Sie selber in der Zukunft für sich Gelegenheiten finden, wirkungsvoll an der Lösung (globaler oder lokaler) Umweltprobleme mitzuwirken.

Im Folgenden werden wir einige der Konzepte, die später im Kurs vertieft und ausgebaut werden, bereits einführen. Dabei geht es darum, Ihnen einen Überblick über wichtige Themen der Umwelt- und Ressourcenökonomik zu geben und Ihnen erste Schritte im eigenständigen Lösen formaler Probleme zu ermöglichen. So werden Sie auch vertraut gemacht mit neuen Begrifflichkeiten, die später im Kurs wieder relevant werden.

1.1 Grundkonzepte und erste Schritte

Die Umwelt- und Ressourcenökonomik hat ihre Ursprünge im Bereich der Mikroökonomik. Deshalb ist es kein Zufall, dass wir auch einige mikroökonomische Grundkonzepte wiederholen werden. Während die “(neo-)klassische” Ökonomik aufzeigt, wann Märkte zu Effizienz führen und wodurch effiziente Allokationen charakterisiert sind, geht es bei der Umweltökonomik im Kern darum, zu zeigen, warum das nicht immer funktioniert. Externe Effekte und andere Aspekte, die in der Umweltökonomik eine wichtige Rolle spielen, können dazu führen, dass Märkte eben nicht effizient funktionieren. Ohne eine staatliche Regulierung können Externalitäten bspw. zu mehr Verschmutzung führen, als es gesamtgesellschaftlich wünschenswert wäre (alle Kosten, aber auch den Nutzen der wirtschaftlichen Aktivitäten, die die Verschmutzung generieren, mit eingerechnet).

Um das Versagen von Märkten bei Berücksichtigung von Umwelt- und Ressourcenaspekten zu verstehen, ist es daher erforderlich, zunächst auch das Funktionieren von Märkten *ohne* solche Aspekte zu rekapitulieren bzw. zu verinnerlichen. Wir werden daher am Anfang des Kurses auch Dinge wiederholen, die Sie bereits aus anderen Lehrveranstaltungen (z.B. Mikroökonomik) kennen sollten. Später erweitern wir unseren “Baukasten” an ökonomischen Konzepten, und werden auch Aspekte wie z.B. technologischer Wandel, intertemporale Wohlfahrt und Klimaabkommen betrachten.

Im Folgenden geht es zunächst nur darum, erste Einblicke und einen groben Überblick über einige der Themen zu gewinnen, denen wir uns später im Detail widmen werden. Beginnen wir mit einigen Grundkonzepten aus der Mikroökonomik.

Die klassische Herangehensweise besteht darin, die Entscheidungsträger (Firmen, Konsumenten...) als Optimierer zu betrachten. Konsumentinnen und Konsumenten sind dabei gleichzeitig auch Arbeitnehmer und/oder Kapitaleigentümer, denn sie benötigen ein Einkommen, um Dinge kaufen und konsumieren zu können. Das Optimierungsproblem eines “repräsentativen” (für viele einzelne Individuen stellvertretenden) Konsumenten besteht somit darin, zu entscheiden, wie viel Zeit man in die Arbeit investieren möchte, um Einkommen zu generieren (anstatt mehr Freizeit zu genießen), und für welche Güter und Dienstleistungen das verdiente Geld ausgegeben werden soll. Durch diese Entscheidungen versucht die Konsumentin oder der Konsument, das eigene Wohlbefinden, den eigenen “Nutzen” zu maximieren. Wir gelangen somit zu einem Maximierungsproblem.

Betrachten wir, wie in Einführungskursen üblich, das Einkommen des Konsumenten als fix (fest gegeben), ist die Frage nur noch, welches Güterbündel mit dem Geld gekauft werden soll. Lösen Sie zur Erinnerung an vergangene Kurse Ihres Studiums folgende Übungsaufgabe eigenständig. Vergleichen Sie erst anschließend Ihre Lösung mit der Musterlösung (weiter unten). Die Musterlösung ist etwas ausführlicher, um Hintergrundwissen zur Lagrange-Methode und zur Tangentialbedingung zu wiederholen.

Übungsaufgabe: Nutzenmaximierung mit der Lagrange-Methode

Die Nutzenfunktion einer Konsumentin, die einen Geldbetrag ω zur Verfügung hat, und diesen für zwei Güter mit den Preisen p_1 und p_2 ausgeben kann, sei $U(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^\beta$ ($\alpha, \beta > 0$). Dabei ist x_i die von Gut i ($i = 1, 2$) konsumierte Menge. Wie lautet die Budgetgleichung der Konsumentin? Formulieren Sie das Nutzenmaximierungsproblem. Lösen Sie das Problem mit der Lagrange-Methode. Interpretieren Sie die Tangentialbedingung. Welchen Teil ihres Einkommens gibt die Konsumentin für Gut 1 bzw. für Gut 2 aus?

Lösung:

Die Ausgaben der Konsumentin sind $p_1 x_1 + p_2 x_2$. Die Budgetgleichung setzt die Ausgaben dem Einkommen gleich:

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 = \omega.$$

Sie beschreibt, welche Güterbündel sich die Konsumentin mit ihrem Budget leisten kann. Beachten Sie, dass die Konsumentin ihr gesamtes Geld ausgibt, da es hier keinen Grund gibt, Geld zurückzubehalten, und ihr Nutzen mit höherem Konsum immer weiter steigt.

Das Nutzenmaximierungsproblem lautet (“u.d.B.” = “unter der Bedingung”):

$$\max_{x_1, x_2} U(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^\beta \text{ u.d.B. } p_1 x_1 + p_2 x_2 = \omega.$$

Es handelt sich also um ein Maximierungsproblem mit einer Nebenbedingung. Dafür verwenden wir die Lagrange-Methode. Die Lagrangfunktion lautet:

$$\mathbb{L} = x_1^\alpha x_2^\beta - \lambda(p_1 x_1 + p_2 x_2 - \omega).$$

Diese beinhaltet die Zielfunktion, hier: $U(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^\beta$, gefolgt von dem Lagrange-Parameter λ , multipliziert mit der Nebenbedingung, hier: die Budgetgleichung, wobei alle Terme der Nebenbedingung “auf eine Seite geschrieben” wurden, also: $p_1 x_1 + p_2 x_2 - \omega$.

Die Lagrange-Methode verlangt nun, die Optimalitätsbedingungen für die Entscheidungsvariablen (hier: x_1 und x_2) aufzuschreiben. Dazu wird jeweils die partielle Ableitung der Lagrange-Funktion nach x_i (für $i = 1$ und $i = 2$) gebildet und gleich Null gesetzt:

$$\frac{\partial U(x_1, x_2)}{\partial x_i} - \lambda p_i = 0.$$

Speziell erhalten wir hier für Gut 1 (durch partielles Ableiten von \mathbb{L} nach x_1):

$$\alpha x_1^{\alpha-1} x_2^\beta = \lambda p_1.$$

(Schreiben Sie analog die Bedingung für Gut 2 auf.) Teilen wir nun die linken Seiten

und die rechten Seiten der beiden Optimalitätsbedingungen (für Gut 1 und Gut 2) durch einander, finden wir folgende Gleichung:

$$\frac{\alpha x_1^{\alpha-1} x_2^\beta}{\beta x_1^\alpha x_2^{\beta-1}} = \frac{\lambda p_1}{\lambda p_2}.$$

Durch Vereinfachen der linken Seite und Kürzen von λ auf der rechten ergibt sich:

$$\frac{\alpha x_2}{\beta x_1} = \frac{p_1}{p_2}.$$

Dabei handelt es sich um die sog. Tangentialbedingung, denn im Optimum (optimales Güterbündel x_1^*, x_2^*) ist die Indifferenzkurve, die durch dieses Güterbündel verläuft, gerade tangential zur Budgetgerade. (Skizzieren Sie dies für sich selber zur Erinnerung.) Auf der linken Seite der Tangentialbedingung findet sich der Betrag des Anstiegs der Indifferenzkurve im optimalen Punkt, und p_1/p_2 ist der Betrag des Anstiegs der Budgetgeraden (beide Anstiege sind negativ, daher jeweils der Betrag). Allgemein ist der Betrag des Anstiegs der Indifferenzkurve:

$$\frac{\partial U(x_1, x_2)/\partial x_1}{\partial U(x_1, x_2)/\partial x_2}.$$

Für die hier gegebene Nutzenfunktion haben wir dafür bereits den Ausdruck $\frac{\alpha x_2}{\beta x_1}$ errechnet. Intuitiv ist das die Austauschrate der beiden Güter bei gleichbleibendem Nutzenniveau, also wie viel (marginale) Einheiten von Gut 2 die Konsumentin mehr benötigt, wenn der Konsum von Gut 1 um eine marginale Einheit reduziert wird, bei gleichbleibendem Nutzen. Und p_1/p_2 ist der Anstieg der Budgetgeraden (zum Betrag). Dieser gibt an, in welcher Austauschrate (auch "Opportunitätskosten" genannt) die Güter zueinander stehen bei gleichbleibenden Ausgaben der Konsumentin. Die Tangentialbedingung setzt somit zwei verschiedene Austauschraten gleich. Diese müssen gleich sein, um das Nutzenniveau der Konsumentin (bei festem Budget und gegebenen Preisen) zu maximieren. (Zeichnen Sie in Ihre Skizze (s.o.) ein Güterbündel ein, das auf der Budgetgeraden liegt aber nicht dem Tangentialpunkt entspricht. Vergewissern Sie sich, dass dieses Bündel nicht optimal sein kann, indem Sie eine weitere Indifferenzkurve einzeichnen.)

Um das optimale Güterbündel auszurechnen, lösen wir nun die Tangentialbedingung z.B. nach x_2 auf: $x_2 = \frac{p_1 \beta x_1}{p_2 \alpha}$, setzen dies in die Budgetgleichung ein und lösen anschließend nach x_1 auf. Wir erhalten:

$$p_1 x_1 + p_2 \cdot \frac{p_1 \beta x_1}{p_2 \alpha} = \omega \Leftrightarrow \alpha p_1 x_1 + \beta p_1 x_1 = \alpha \omega \Leftrightarrow p_1 x_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \omega.$$

Die Ausgaben für Gut i sind $p_i x_i$. Somit gibt die Konsumentin für Gut 1 den Anteil $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$

Kapitel 5

Umweltregulierung bei unvollständ. Wettbewerb

5.1 Monopol

Bevor wir den Aspekt der Umweltverschmutzung in die Analyse mit aufnehmen, wollen wir zunächst den klassischen Monopolfall, wie er in Einführungskursen behandelt wird, wiederholen.

Startpunkt ist eine inverse Nachfragefunktion $p^D(q)$ und die Kostenfunktion des Monopolisten: $C(q)$. Wir sprechen von einem “natürlichen Monopol”, wenn die Technologie der Firma steigende Skalenerträge aufweist, sprich: wenn eine größere Firma (mit einem höheren Output) effizienter produzieren kann, als eine kleinere. Eine große Firma kann dann nämlich kleinere Wettbewerber aus dem Markt verdrängen, indem sie ihr Produkt zu einem geringeren Preis anbietet, als es den (weniger effizienten) kleineren Wettbewerbern möglich ist.

Steigende Skalenerträge implizieren eine fallende Durchschnittskostenkurve (AC : average cost). Eine fallende AC -Kurve kann wiederum von konstanten Grenzkosten in Kombination mit Fixkosten in der Produktion resultieren, oder auf fallende Grenzkosten (MC : marginal cost) zurückzuführen sein.

Aus spieltheoretischer Sicht kann ein natürliches Monopol alternativ auch wie folgt definiert werden: $\pi(J = 1) > 0$, aber $\pi(J \geq 2) < 0$, wobei $\pi(J)$ den Gleichgewichtsgewinn pro Firma bezeichnet, wenn J Firmen in den Markt eintreten. Diese beiden Bedingungen können bspw. erfüllt sein, wenn die Firmen konstante Grenzkosten und Fixkosten beim Markteintritt haben, und vollständiger Wettbewerb (Preis = Grenzkosten) schon bei zwei Firmen im Markt herrscht. Eine einzelne Firma hingegen kann sich im Markt als Monopolist verhalten und positive Gewinne erzielen. In einer solchen Situation würde in einem Nash-Gleichgewicht (in reinen Strategien) eines Spiels, in dem die Firmen simultan entscheiden, ob sie in den Markt eintreten, sich nur eine Firma dafür entscheiden,

einzutreten, und folglich bildet sich hier ein (natürliches) Monopol.

Gewinnmaximierungsproblem des Monopolisten:

$$\max_q \pi^m(q) = p^D(q)q - C(q) = R(q) - C(q),$$

wobei R für Erlös (revenue) steht. Im Gegensatz zu einer Wettbewerbsfirma betrachtet der Monopolist den Marktpreis nicht als exogen gegeben, sondern als eine Größe, die durch seine eigene Mengenwahl gesteuert werden kann. Eine dazu äquivalente Betrachtungsweise ist, dass der Monopolist seinen Preis wählt, und antizipiert, wie dieser die Nachfrage nach seinem Produkt beeinflusst. Dabei bedient er die gesamte Marktnachfrage.

Die B.1.O. zu dem obigen Maximierungsproblem lautet:

$$MR(q) = R'(q) = MC(q).$$

Der Monopolist wählt seine Outputmenge q folglich so, dass sein Grenzerlös (MR) und seine Grenzkosten gleich hoch werden. Oder kurz als Merkspruch: im Monopol gilt allgemein: **Grenzerlös = Grenzkosten**.

Da gilt: $MR(q) = p(q) + p'(q)q < p(q)$ (denn die Nachfrage ist fallend im Preis), produziert der Monopolist eine kleinere Menge als Wettbewerbsfirmen. Dadurch erhöht der Monopolist den Marktpreis und erzielt höhere Gewinne. Grafisch lässt sich das wie folgt veranschaulichen (Abbildung 5.1):

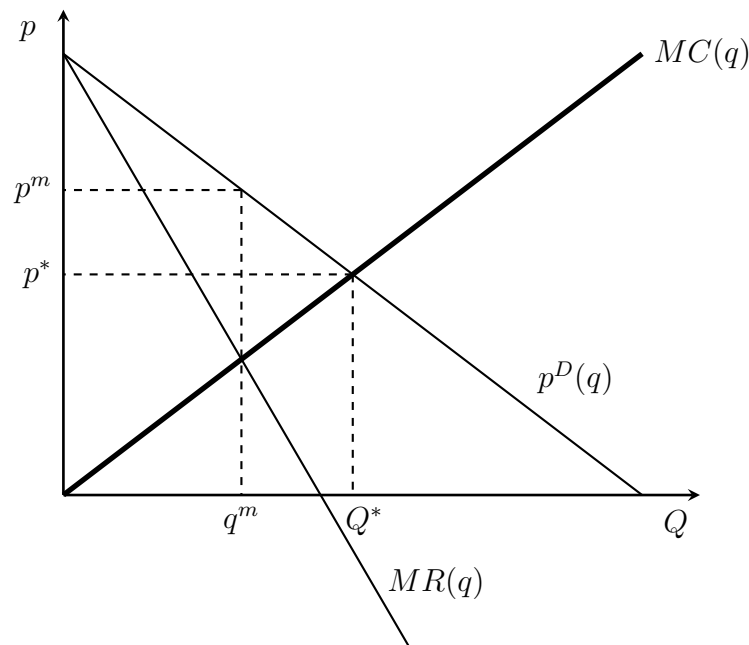


Abbildung 5.1: Marktergebnis im Monopol

In Abbildung 5.1 bezeichnet (Q^*, p^*) das Wettbewerbsgleichgewicht (Marktergebnis

bei vollständigem Wettbewerb, also bei Preis-nehmenden Firmen).

Übungsaufgabe: lineare Nachfrage und lineare Kostenfunktion

Die Marktnachfrage sei $q^D(p) = a - p$ und die Kostenfunktion des Monopolisten sei $C(q) = cq$. Formulieren Sie das Gewinnmaximierungsproblem des Monopolisten (als optimale Mengewahl). Lösen Sie das Problem, um die Monopolmenge q^m , den Monopolpreis p^m und den Monopolgewinn π^m zu berechnen. [Hinweis: wie lautet die *inverse* Marktnachfrage?]

(Wenn Sie richtig gerechnet haben, finden Sie u.a. $q^m = \frac{a-c}{2}$ und $\pi^m = (q^m)^2$.)

Zum Vergleich: bei vollständigem Wettbewerb gilt: **Preis = Grenzkosten**. Bei konstanten Grenzkosten (wie in der obigen Übungsaufgabe) ergeben sich daraus Nullgewinne.

Verschmutzender Monopolist:

Im Folgenden nehmen wir an, dass durch die Produktion des Monopolisten Umweltverschmutzung entsteht. Im einfachsten Fall gilt, dass bei der Herstellung von einer Output-Einheit je eine Einheit von Verschmutzung anfällt. Folglich besteht die einzige Möglichkeit, die Verschmutzung zu verringern, darin, dass die Firma ihren Output reduziert. Im Allgemeinen gibt es jedoch auch andere Wege, die Verschmutzung zu reduzieren. So kann eine Firma bspw. ihren Input-Mix verändern (weg von fossilen Brennstoffen), oder andere Emissionsminderungsoptionen nutzen, wie z.B. Filter, eine Modernisierung des Maschinenparks oder andere technologische Investitionen.

Wir betrachten zunächst aber den einfachsten Fall, mit einer 1:1 - Relation von Verschmutzung und Output. Ziel ist es, zu analysieren, wie dies das Optimierungsproblem eines Regulators beeinflusst. Zur Erinnerung: wie wir gesehen hatten, entspricht die optimale Emissionssteuer bei vollständigem Wettbewerb den marginalen externen Kosten (*MEC*) der Emissionen (Pigou-Steuer). Dies führte zum sozialen Optimum. Dieses Ergebnis gilt aber i.A. nur bei vollständigem Wettbewerb.

Wenn es hingegen Monopolmacht im Produktmarkt gibt, kommen zwei verschiedene Marktversagen zusammen: eine Verzerrung der Output-Menge aufgrund monopolistischen Preis- (bzw. Mengen-)setzungsverhaltens, und eine weitere Verzerrung der Output-Menge (die der Emissionsmenge entspricht), da der Monopolist die externen Kosten seiner Produktionsaktivitäten vernachlässigt. Der Regulator betrachtet beide Verzerrungen gleichzeitig und berücksichtigt sie bei seiner Intervention in das Marktgeschehen.

Betrachten wir wieder (wie in der Übungsaufgabe oben) den Spezialfall einer linearen Nachfragefunktion und konstanten Grenzkosten: $q^D(p) = a - p$ und $C(q) = cq$. Ferner

nehmen wir an, dass die Umweltschäden linear in den Emissionen steigen, und φq betragen. Wir betrachten nun das Optimierungsproblem des Regulators. Dessen Ziel ist es, die soziale Wohlfahrt zu maximieren, die den Monopolgewinn, die Konsumentenrente und Steuererlöse umfasst, abzüglich der Umweltschäden. Im Spezialfall mit linearer Nachfrage und konstanten Grenzkosten ergibt sich somit für die Wohlfahrt:

$$W = q^2 + \frac{q^2}{2} - \varphi q + \tau q,$$

wobei q^2 der Monopolgewinn ist, $q^2/2$ die Konsumentenrente (CS), φq die Umweltschäden, und τq die Steuererlöse (die pauschal an die Konsumenten zurückerstattet werden, wodurch sich diese mehr des Numeraire-Guts in diesem Partialmodell leisten können).

Unter Verwendung der Ergebnisse aus der Übungsaufgabe (oben) finden wir unmittelbar, dass die Output-Menge q des Monopolisten nun

$$q^m(\tau) = \frac{a - (c + \tau)}{2}$$

beträgt. Denn die Emissions- (= Output-)steuer τ erhöht effektiv schlicht die Grenzkosten in der Produktion des Gutes.

Übungsaufgabe: Emissionssteuer für verschmutzenden Monopolisten

Maximieren Sie die Wohlfahrt des Monopolisten (s.o.). Schreiben Sie dazu zunächst die B.1.O. auf, in dem Sie $W(q)$ nach τ differenzieren. (Beachten Sie dabei, dass $q = q(\tau)$ von τ abhängt, und verwenden Sie die Kettenregel beim Ableiten von $W(q(\tau))$ nach τ .) Nutzen Sie anschließend den obigen Ausdruck für $q = q^m(\tau)$, um $\frac{dq}{d\tau}$ in der B.1.O. zu ersetzen. Schauen Sie (wie immer) nicht gleich in die Musterlösung, sondern rechnen Sie die Aufgabe eigenständig und vergleichen Sie anschließend mit der Musterlösung.

Lösung:

Die Maximierung der Wohlfahrt über τ führt zu folgender B.1.O.:

$$0 = (3q - \varphi + \tau) \frac{dq}{d\tau} + q.$$

Mit $\frac{dq}{d\tau} = -\frac{1}{2}$ folgt daraus: $q - \varphi + \tau = 0$. Einsetzen von $q = q^m(\tau) = \frac{a - (c + \tau)}{2}$ ergibt nun (nach Umformung):

$$\tau^o = 2\varphi - (a - c).$$

Dies ist die *optimale* Steuerhöhe aus sozialer Wohlfahrtsperspektive. Beachten Sie, dass wenn $\varphi = 0$, dann gilt $\tau^o = -(a - c) < 0$. Eine negative Steuer bedeutet, dass der

Regulator die Firma subventioniert. Dies macht er, um den Monopolisten zur Produktion einer höheren Output-Menge zu stimulieren. Damit wirkt er der Verzerrung entgegen, die durch Marktmacht entsteht (zu hohe Preise, also eine zu geringe Menge). Obwohl die Subvention die Gewinne des Monopolisten steigert, kann (bei $\varphi = 0$) dennoch die effizienteste Allokation im Markt erreicht werden. Die höheren Gewinne implizieren lediglich, dass die Renten anders verteilt sind als bei vollständigem Wettbewerb (die Eigentümer der Firma profitieren von der Marktmacht und von der Subvention). Diese Verschiebungen in der Verteilung der Renten können jedoch durch geeignete Pauschalsteuern und Transfers korrigiert werden. Zur Erinnerung: im Partialmodell sind solche Umverteilungsmaßnahmen wohlfahrtsneutral (da der Grenznutzen des Numeraire-Gutes konstant ist, und die Umverteilung sich nur auf diese Mengen auswirkt). Aber sie kann zu einer gerechteren Verteilung zwischen den Konsumenten führen.

Kehren wir zurück zum Fall mit $\varphi > 0$, und vergleichen wir nun das Ergebnis mit dem bei vollständigem Wettbewerb. Im regulierten Monopol (mit $\tau = \tau^o = 2\varphi - (a - c)$) beträgt der Output: $q = q^m(\tau^o) = \frac{a - (c + \tau^o)}{2}$. Nach dem Einsetzen von τ^o vereinfacht sich dies zu $q = a - c - \varphi$. Bei vollständigem Wettbewerb gilt: Preis = Grenzkosten, also: $p = MC + MEC = c + \varphi$, wenn der Regulator nun eine Pigou-Steuer einführt (was bei vollständigem Wettbewerb zum sozialen Optimum führt). Folglich gilt: $q = D(p) = a - p = a - c - \varphi$. Dies ist aber gerade die Menge, die wir auch im regulierten Monopol gefunden hatten!

Daraus schlussfolgern wir, dass – sofern eine 1:1 - Relation zwischen Output und Emissionen besteht (wie wir hier annehmen) – immer das soziale Optimum erreicht werden kann, indem der Regulator das verschmutzende Monopol mit einer Steuer oder Subvention (abhängig von der Höhe der externen Kosten) belegt. Jedoch weicht die dazu verwendete Steuerhöhe von der Pigou-Steuer ab (so lange $\varphi > 0$ gilt). Wenn $\varphi > \frac{a-c}{2}$, dann besteuert er die Firma; andernfalls subventioniert er sie. Die optimale Steuerhöhe ist dabei stets *geringer* als die Pigou-Steuer (φ). So ist die sozial optimale Output-Menge in dem Markt nur dann positiv, wenn $\varphi < a - c$. In dem Falle gilt aber, dass $\tau^o = 2\varphi - (a - c) < \varphi$.

Verschmutzender Monopolist mit alternativer Vermeidungsoption

Nun erweitern wir das Modell dahingehend, dass wir annehmen, der Monopolist hat (neben der Verminderung seines Outputs) noch eine weitere Emissions-Vermeidungsoption, wie z.B. die Verwendung emissionsärmerer Brennstoffe (“fuel switching”) in der Elektrizitätserzeugung, Filter, neue Maschinen oder andere technologische Neuerungen. Insgesamt seien die Emissionen des Monopolisten nun $e = q - A$, wobei A (abatment) die Reduktion der Emissionen über die alternativen Minderungsoptionen sei (zusätzlich zur Output-Reduktion).

Der Einfachheit halber fokussieren wir uns wieder auf das vorherige Beispiel mit line-

ren Kosten- und Nachfragefunktionen. Darüber hinaus nehmen wir an, dass die Kostenfunktion der alternativen Vermeidungsoptionen durch $A^2/2$ gegeben seien, also quadratisch in der Minderungsmenge (abatement) A sind. Wenn der Regulator die Emissionen der Firma besteuern (Steuerhöhe: τ) und zugleich den Output der Firma subventionieren kann (Subvention: σ), dann lautet das Gewinnmaximierungsproblem des Monopolisten:

$$\max_{q,e,A} \pi^m = (a - q)q - cq - \frac{A^2}{2} - \tau e + \sigma q.$$

Unter Verwendung der Nebenbedingung $e = q - A$ vereinfacht sich dieses Problem zu:

$$\max_{q,A} \pi^m = (a - c - q)q - \frac{A^2}{2} - \tau(q - A) + \sigma q.$$

Wir erhalten folgende Optimalitätsbedingungen:

$$B.1.O.(q) : 0 = a - c - 2q - \tau + \sigma$$

$$B.1.O.(A) : 0 = -A + \tau.$$

Wir erkennen sofort, dass der Monopolist $A(\tau) = \tau$ wählt. Dies entspricht der Optimalitätsregel "Preis = Grenzvermeidungskosten". Mit dem Preis ist hier die Höhe der Emissionssteuer gemeint, die der Monopolist zahlen muss. Er erhöht seine Emissionsvermeidung (A) also, bis die Grenzkosten für die letzte vermiedene Emissionseinheit der Steuer entsprechen, also den Ausgaben pro Emissionseinheit, die an den Staat gehen.

Jedoch erfasst A nicht die Gesamtvermeidung an Emissionen durch die Firma. Die Variable A misst nur die Reduktionen über die "explizite" Vermeidungsoption (s.o.). Hinzu kommt noch der Teil an Emissionsvermeidung (gegenüber dem unregulierten Fall), der über eine Reduktion des Outputs der Firma erzielt wird, sofern die Firma beide Optionen zur Emissionsvermeidung nutzt.

Beachten Sie, dass die Subvention für den Output der Firma nur in der B.1.O. für q auftaucht, während die Emissionssteuer in *beiden* B.1.O. erscheint. Somit beeinflusst τ nicht nur die Wahl von A , sondern auch die von q . Das spiegelt die beiden Kanäle zur Emissionsreduktion wider, und eine Emissionssteuer regt die Firma dazu an, auch beide Kanäle gleichzeitig zu nutzen.

Laut der sog. "Tinbergen-Regel" kann ein Regulator i.A. nur dann die effiziente Allokation im Markt implementieren, wenn die Zahl an (voneinander unabhängigen) Regulierungsinstrumenten, die ihm zur Verfügung stehen, mindestens der Zahl an verschiedenen Ursachen für Marktversagen entspricht. Hier gibt es zwei solcher Ursachen: 1. Monopolmacht, und 2. die Umweltexternalität. Somit erwarten wir, dass mit zwei Regulierungsinstrumenten (τ und σ) wieder Effizienz hergestellt werden kann.

Um dies zu überprüfen, betrachten wir zunächst das soziale Optimum (als Vergleichspunkt), gegeben, dass die Firma nun zwei verschiedene Vermeidungsoptionen hat. Im sozialen Planer - Fall, also unter der Annahme, dass der Planer direkt die Variablen q und A wählen kann (statt der Firma), ergibt sich die soziale Wohlfahrt:

$$W = \int_0^q p^D(\tilde{q})d\tilde{q} - cq - \frac{A^2}{2} - \varphi(q - A),$$

wobei $\int_0^q p^D(\tilde{q})d\tilde{q}$ die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für q Einheiten des Gutes ist (die Brutto-Rente der Konsumenten vor Abzug der Ausgaben für das Gut), cq sind die Produktionskosten, $A^2/2$ die Vermeidungskosten (explizite Vermeidungsoption), und $\varphi(q - A) = \varphi e$ sind die Umweltschäden.

Der soziale Planer maximiert W über q und A , was zu den folgenden Optimalitätsbedingungen führt (beachten Sie dabei, dass $\frac{d}{dq} \int_0^q p^D(\tilde{q})d\tilde{q} = p^D(q) = a - q$):

$$B.1.O.(q) : 0 = a - q - c - \varphi$$

$$B.1.O.(A) : 0 = -A + \varphi.$$

Folglich erfüllt die effiziente Lösung $A^* = \varphi$ (Grenzvermeidungskosten = marginaler externer Schaden), und $q^* = a - (c + \varphi)$ (im Gegensatz zur Firma addiert der Planer φ zu c , weil er die Grenzschäden gleich behandelt wie die Grenzkosten der Produktion).

Kehren wir nun zum Monopolfall zurück. Wir erinnern uns, dass wir hier Folgendes gefunden hatten: $B.1.O.(A): 0 = -A + \tau$. Indem er $\tau = \varphi$ setzt, kann der Regulator demnach die optimale Vermeidungsmenge (über die explizite Vermeidungsoption) implementieren, also $A^* = \varphi$ im regulierten Monopolfall.

Aber wie ist es mit dem Output der Firma? Dieses wurde bestimmt durch die $B.1.O.(q): 0 = a - c - 2q - \tau + \sigma$, woraus folgt:

$$q = \frac{a - c - \tau + \sigma}{2} = \frac{a - c - \varphi + \sigma}{2}.$$

Ist es möglich, σ so zu wählen, dass gilt: $q = q^* = a - c - \varphi$? Die Antwort lautet Ja, indem wir

$$\sigma = a - c - \varphi$$

setzen. Die Subvention für den Output der Firma hat demnach zwei Komponenten: $a - c$ ist die Subvention, die den Monopolisten dazu bringt, dieselbe Menge zu produzieren wie eine Wettbewerbsfirma in Abwesenheit von Umweltschäden (also wenn $\varphi = 0$), wie wir zuvor gesehen hatten. Die zweite Komponente sind die Grenzumweltschäden (MEC) in Höhe von φ . Diese werden von der Mengensubvention abgezogen, um die Firma dazu zu bringen, auch ihre erste Vermeidungsoption (Output-Reduktion) zu nutzen. Würden

wir φ nicht von der Subvention abziehen, würde die Firma nur ihre zweite, explizite Vermeidungsoption (A) nutzen.

Zweitbeste Intervention

Es ist nicht immer möglich für einen Regulator, die Mengewahl einer Firma über eine Subvention zu steuern. Oft kann ein Regulator nur die Emissionen von Firmen beeinflussen, z.B. über eine Emissionssteuer. Dann steht dem Regulator also nur ein einzelnes Instrument zur Verfügung. Somit ist die Tinbergen-Regel nicht erfüllt, wenn es mehrere Ursachen für Marktversagen gibt, und die erst-beste (effiziente) Allokation kann nicht implementiert werden, selbst wenn dieses eine Instrument optimal gewählt wird. Die optimale Wahl eines Instruments in Anbetracht multipler Marktversagen wird als "zweitbeste" (second-best) Intervention bezeichnet. Das bedeutet, dass das vorhandene Regulierungsinstrument so gut wie möglich gewählt wird, um sich dem Wohlfahrtsoptimum so weit wie möglich anzunähern (ohne es zu erreichen). Hierzu wird die Wohlfahrt über die Wahl des vorhandenen Instruments maximiert.

Betrachten wir eine solche zweitbeste Analyse für einen verschmutzenden Monopolisten mit zwei Vermeidungsoptionen (wie zuvor). Jedoch schreiben wir das Problem nun etwas allgemeiner auf. Der Gewinn des Monopolisten sei

$$\pi^m = p^D(q)q - c(q, e) - \tau e,$$

wobei $p^D(q)$ die inverse Marktnachfrage ist (diese muss nicht linear sein), $c(q, e)$ ist die Vermeidungskostenfunktion (für die explizite Vermeidungsoption; anders als zuvor muss diese nicht zwingend additiv sein in q und e), und τ ist die Emissionssteuer, die der Regulator festlegt. Dann erhalten wir die folgenden Optimalitätsbedingungen:

$$B.1.O.(q) : p'(q)q + p(q) = \frac{\partial c(q, e)}{\partial q}$$

$$B.1.O.(e) : -\frac{\partial c(q, e)}{\partial e} = \tau.$$

Der Regulator maximiert die Wohlfahrt über τ , die nun gegeben ist durch

$$W = \int_0^q p^D(\tilde{q})d\tilde{q} - c(q, e) - \phi(e),$$

wobei $q = q^m(\tau)$ die Mengewahl der Firma (Monopolmenge) ist als Funktion von τ (da die Firma ihre Menge q selbst wählt, und nicht der Regulator!), und $\phi(e)$ ist die externe Schadensfunktion (die anders als im vorherigen Beispiel nicht linear in e sein muss). Dies

führt zu folgender Optimalitätsbedingung (B.1.O.):

$$0 = \left(p^D(q^m) - \frac{\partial c}{\partial q} \right) \frac{\partial q^m}{\partial \tau} - \left(\frac{\partial c}{\partial e} + \frac{\partial \phi}{\partial e} \right) \frac{\partial e^m}{\partial \tau}.$$

Einsetzen von $\frac{\partial c}{\partial q} = p'(q)q + p(q)$ und $\frac{\partial c(q,e)}{\partial e} = -\tau$ (siehe die Optimalitätsbedingungen des Monopolisten, oben) ergibt:

$$0 = -p'(q)q \frac{\partial q^m}{\partial \tau} - \left(\frac{\partial \phi}{\partial e} - \tau \right) \frac{\partial e^m}{\partial \tau}.$$

Auflösen nach τ ergibt:

$$\tau = \frac{\partial \phi}{\partial e} + p'(q)q \frac{dq^m/d\tau}{de^m/d\tau} = \frac{\partial \phi}{\partial e} + p'(q)q \frac{dq^m}{de^m}.$$

Der Regulator setzt also die Höhe der Steuer unterhalb des Pigou-Niveaus fest (d.h. $\tau < \frac{\partial \phi}{\partial e}$), was aus dem zweiten Term folgt, der ein negatives Vorzeichen hat (da $p'(q) < 0$ und $\frac{dq^m}{de^m} = \frac{dq^m/d\tau}{de^m/d\tau} > 0$). Damit will der Regulator der zu geringen Mengenwahl des Monopolisten (aufgrund seiner Marktmacht) entgegenwirken.

Dieser Effekt (monopolistisches Preissetzungsverhalten) ist dann groß, wenn die Nachfrage inelastisch ist, was den Monopolisten dazu verleitet, einen besonders hohen Preisaufschlag ("mark-up": Unterschied zwischen dem Preis und den Grenzkosten) zu wählen. Um diesen Effekt zu korrigieren setzt der Regulator die Emissionssteuer weit unterhalb der externen Grenzschaäden ($MEC = \frac{\partial \phi}{\partial e}$) fest, da die Firma dann eine besonders starke Monopolposition hat. Im Umkehrschluss gilt, dass wenn die Marktnachfrage elastisch ist, dann kann der Monopolist keinen hohen Preisaufschlag verlangen, weil dies zu einem starken Einbruch der Nachfrage und somit seiner Erlöse führen würde. In dem Falle verhält sich der Monopolist ähnlich wie eine Wettbewerbsfirma, und der Regulator setzt die zweitbeste Emissionssteuer nahe dem Pigou-Niveau fest.

5.2 Übungsaufgaben

Aufgabe 5.1 (Zweitbeste Regulierung eines Monopols I)

Betrachten Sie einen verschmutzenden Monopolisten, dessen Emissionen reguliert werden. Der Gewinn des Monopolisten sei:

$$\pi(q, e) = R(q) - C(q) - G(q - e),$$

wobei q seine Output-Menge, e seine Emissionen, $R(q)$ der Erlös, $C(q)$ die Produktionskosten und $G(a)$ die Kosten einer expliziten Vermeidungsoption sind (zusätzlich zur Re-

Prof. Dr. Robert Schmidt

32951

Umwelt- und Ressourcenökonomik

Leseprobe

Teil 2

Fakultät für
Wirtschafts-
wissenschaft

Inhaltsverzeichnis

1	Internationale Umweltabkommen	5
1.1	Modell mit binären Minderungsentscheidungen	7
1.2	Modell mit variablen Vermeidungsmengen	12
1.3	Übungsaufgaben	17
1.4	Lösungen	20
2	Technologischer Fortschritt	27
2.1	Lernkurven	28
2.2	Induzierter technologischer Wandel	33
2.3	Übungsaufgaben	34
2.4	Lösungen	37
3	Instrumente der Umweltpolitik (II)	43
3.1	Modell von Fischer und Newell (2008)	46
3.2	Instrumente gegen tropische Entwaldung	52
3.3	Übungsaufgaben	52
3.4	Lösungen	53
4	Dynamische Wohlfahrtsanalyse	55
4.1	Intertemporale Effizienzbedingungen	56
4.2	Märkte und intertemporale Effizienz	63
4.3	Intertemporale Wohlfahrtsmaximierung und Diskontierung	67
4.4	Übungsaufgaben	73
4.5	Lösungen	79
5	Wachstumsmodelle und dynamische Optimierung	87
5.1	Optimale Wachstumsmodelle	87
5.2	Einführung in die dynamische Optimierung	91
5.3	Ein Ressourcenabbau-Problem	96
5.4	Erweiterung des Modells um Extraktionskosten	101
5.5	Übungsaufgaben	102

5.6	Lösungen:	103
6	Ressourcenökonomische Nachhaltigkeit	105
6.1	Übungsaufgaben	108
6.2	Lösungen	109
7	Nicht-erneuerbare Ressourcen	111
7.1	2-Periodenmodell (“cake-eating”)	111
7.2	Das “cake-eating” Modell in stetiger Zeit	114
7.3	“Cake-eating” bei vollständigem Wettbewerb	118
7.4	Ressourcenextraktion im Monopol	121
7.5	Steuern / Subventionen in Ressourcenmärkten	122
7.6	Übungsaufgaben	124
7.7	Lösungen	130
8	Bestands-Verschmutzungsprobleme	141
8.1	Ein aggregiertes dynamisches Verschmutzungsmodell	141
8.2	Das DICE-Modell von Nordhaus	147
8.3	Das Modell von Goulder und Mathai (2000)	151
8.4	CO ₂ - Budget	159
8.5	Übungsaufgaben	163
8.6	Lösungen	167
9	Steady state Analyse eines Verschmutzungsproblems	175
9.1	Übungsaufgaben	180
9.2	Lösungen	181