HORST SIEBERT (Hrsg.)

REAKTIONEN AUF ENERGIEPREIS-STEIGERUNGEN

Verlag Peter Lang
FRANKFURT AM MAIN · BERN

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Reaktionen auf Energiepreissteigerungen / Horst Siebert (Hrsg.). - Frankfurt am Main ; Bern : Lang, 1982.
(Staatliche Allokationspolitik im marktwirt= schaftlichen System ; Bd. 6)
ISBN 3-8204-7254-1
NE: Siebert, Horst [Hrsg.]; GT

Diese Arbeit ist im Sonderforschungsbereich 5 der Universität Mannheim entstanden und wurde auf seine Veranlassung unter Verwendung der ihm von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellten Mittel gedruckt.

ISSN 0721-2860
ISBN 3-8204-7254-1

Druck und Bindung: fotokop wilhelm weihert KG, darmstadt

Absatzsteuern, Ölförderung und das Allmendeproblem

von Hans-Werner Sinn

erschienen in:

H. Siebert (Hrsg.): „Reaktionen auf Energiepreissteigerungen“,

Lang: Frankfurt und Bern, 1982, S. 83-103.

Absatzsteuern, Ölförderung und das Allmendeproblem

von

Hans-Werner Sinn

1. Problemstellung

Bei wohl definierten Eigentumsrechten gibt es gute Gründe für die Vermutung, daß der Markt eine intertemporal effiziente Allokation natürlicher Ressourcen sicherstellt. Nicht einmal Oligopole sind ein Problem von besonderer Brisanz. Im Falle isoelastischer Nachfragekurven und vernachläßigbarer Extraktionskosten ist zu erwarten, daß trotz der Unvollkommenheiten am Absatzmarkt die Hotelling-Regel oder Solow-Stiglitz Effizienzbedingung, die ein Wachstum des Ressourcenpreises mit einer Rate von der Höhe des Marktzinssatzes verlangt, erfüllt wird.[1]

Leider ist die Annahme der wohldefinierten Eigentumsrechte gerade bei der wohl wichtigsten Ressource, dem Öl, nicht erfüllt. Typischerweise werden die großen Ölfelder der Welt von mehreren Gesellschaften gleichzeitig ausgebeutet. Die Gesellschaften konkurrieren damit nicht nur um den Absatz, sondern auch um die Förderung des Öls. Öl hat den Charakter eines Allmendegutes.

Der Allmendecharakter beim Öl ist nun freilich nicht von genau der gleichen Art wie bei der Dorfwiese, zu der alle Bürger des Dorfes freien Zugang hatten und die deshalb ihren Namen für die vorliegende Problemstellung gegeben hat. Die begrenzte Porösität von Gesteinsschichten zwischen den einzelnen Quellen sowie die Zähflüssigkeit des Öls verhindern, daß die einzelne

---

1) Für Einführungen in das intertemporale Allokationsproblem bei natürlichen Ressourcen sei insbesondere auf das Lehrbuch von Dasgupta und Heal (1979) verwiesen. Vgl. aber auch Siebert (1981) und vielleicht noch Sinn (1981).

Gesellschaft unmittelbaren Zugriff auf den gesamten Ölvorrat eines Feldes hat. Immerhin gibt es aber in der Regel mindestens Sickerströme zwischen den einzelnen Quellen. Reduziert eine Firma den Bestand, der sich unmittelbar unter ihren eigenen Quellen befindet, so kann sie deshalb damit rechnen, daß das entstehende Druckgefälle zu anderen Quellen einen Nettozustrom an Öl bewirkt. Es steht zu erwarten, daß diese "Belohnung" einer beschleunigten Extraktion einen Anreiz bietet, mehr Öl zu fördern, als es in der hypothetischen Situation der perfekt definierten Eigentumsrechte der Fall gewesen wäre.[2]

Daher stellt sich die Frage, auf welche Weise staatliche Eingriffe eine Beseitigung oder Milderung dieser in langfristiger Hinsicht für die Menschheit so enorm wichtigen Fehlallokation erreichen können.

Naheliegend sind zunächst einmal ordnungpolitische Maßnahmen. Man könnte z.B. an eine Art Flurbereinigung denken mittels derer die Besitzrechte an den Ölquellen zwischen den extrahierenden Gesellschaften so umverteilt werden, daß die Sickerungsströme zwischen den einzelnen Quellen möglichst weitgehend internalisiert werden. Ein solches Verfahren wird aber gerade

2) Soweit bekannt gibt es nur zwei Ansätze, in denen das beschriebene Allmendeproblem behandelt wird, nämlich jene von Khalatbari (1977) und Kemp/Long (1980, Essay 10). Einerseits zeigen Kemp und Long, daß Khalatbaris Modell unter einer entscheidenden Inkonsistenz im Erwartungsmuster seiner Akteure leidet. Andererseits finden beide Autoren nur dadurch eine konsistente Lösung, daß sie den Kern des Allmendeproblems wegdefinieren. Siehe dazu Sinn (1981, S.191f.). In einem andern, noch unveröffentlichen Beitrag wird vom Verfasser eine alternative Konzeption entwickelt. Sie liegt der hier vorgenommenen Analyse des Besteuerungsproblems zugrunde.

wegen der bislang unvollständig definierten Eigentumsrechte auf erhebliche Widerstände bei den beteiligten Gesellschaften stoßen. Im übrigen verlangt es Eingriffe in die Hoheitsbefugnisse der einzelnen Förderländer.

In der vorliegenden Studie werden die Möglichkeiten einer steuerpolitischen Beeinflussung des Abbaupfades untersucht. Dabei wird aus der Sicht der Verbraucherländer argumentiert. Die Frage ist, ob diese Länder durch eine gemeinsam konzipierte Besteuerung des Ölverbrauchs in der Lage sind, den Ressourcenraubbau zu drosseln und womöglich gar eine intertemporal effiziente Verwendeung des Öls im Sinne der Hotelling-Regel zu bewirken.[3]

2. Das Modell

Es gebe $q \geq 2$ identische Ölfelder, auf denen je $m \geq 2$ Firmen fördern. Entsprechend ist die Gesamtzahl der Firmen $n = mq$. Der Bestand an Öl unter dem Gebiet der i-ten Firma auf dem j-ten Ölfeld sei S_{ij} und das laufende Förderungsvolumen für diese Feld R_{ij}. Mit $\alpha \geq 0$ als der "Sickerungsrate" des Öls

3) Die Besteuerung zur Kontrolle des intertemporalen Allmendeproblems ist, soweit bekannt, bislang nur von Khalatbari 1977, S.413f. und Dasgupta und Heal 1979, S.374f., die Khalatbari's Modell benutzen, kurz behandelt worden. Wegen der in Fußnote 2 erwähnten Inkonsistenz des Khalatbari-Modells stimmen die von diesen Autoren erzielten Ergebnisse nicht mit den hier wiedergegebenen überein.

ist die Bewegungsgleichung des Bestandes einer einzelnen Firma

$$(1) \quad \dot{S}_{ij}(t) = -R_{ij}(t) - \alpha\left[S_{ij}(t) - \frac{\sum\limits_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{m} S_{ij}(t)}{m-1}\right];$$

$$i = 1, \ldots, m; \; j = 1, \ldots, q;$$

wobei t einen Zeitindex bezeichnet.

Die einzelne Firma hat die Zielsetzung, den unter Verwendung eines gegebenen Zinssatzes r gebildeten Barwert ihrer Nettoerlöse zu maximieren. Sie sieht sich einer (inversen) Marktnachfragefunktion der Art $P(R)$, $P' < 0$, $P > 0$, mit einer absoluten Preiselastizität $> 1/n$ gegenüber. Dabei ist

$$(2) \quad R = R(t) \equiv \sum_{ij}\sum R_{ij}(t)$$

das Förder- und Absatzvolumen aller Firmen am Markt. Bei ihrem Kalkül hat die Firma zu berücksichtigen, daß eine Absatzsteuer mit dem (möglicherweise) zeitabhängigen Satz $1 - \varepsilon$, $\varepsilon > 0$, und eine Absatzmengensteuer mit dem konstanten Satz μ, $\mu < \varepsilon P$, erhoben wird.[4]

---

4) Im Prinzip läuft es auf dasselbe hinaus ob man für die Wert- oder die Mengensteuer einen in der Zeit variablen Satz zuläßt. Die Wertsteuer wird hier gewählt, weil sie zu einem einfacheren algebraischen Ausdruck für die unten abgeleitete optimale Steuer führt.

So lautet das Entscheidungsproblem der einzelnen Firma

$$(3) \quad \max_{\{R_{ij}\}} \int_{0}^{\infty} [\varepsilon(t)\, P[R(t)] - \mu] R_{ij}(t)\, e^{-rt}\, dt \; .$$

Dabei hat die Firma die Beschränkungen R_{ij}, $S_{ij} \geq 0$, die Bewegungsgleichung (1) sowie die Anfangsbedingung

$$(4) \quad S_{ij}(0) = S_{ij}^{0} > 0$$

zu berücksichtigen.

Es wird angenommen, daß die Firma nicht nur die Marktnachfragefunktion, die durch (1) beschriebenen geologischen Gesetzmäßigkeiten sowie die von der Regierung gewählte intertemporale Steuerpolitik kennt, sondern darüber hinaus auch die Bestands- und Extraktionspläne aller Rivalen. Ihre Kenntnisse über die Reaktionen der Rivalen auf ihre eigenen Handlungen sind indes beschränkt[5]: Die Firma optimiert unter der Cournot-Hypothese, daß ihre Konkurrenten auf eine Änderung ihres eigenen Marktabsatzes nicht reagieren und darüber hinaus die Zeitpfade ihrer Ressourcenbestände auch im Falle von Sickerungsgewinnen nicht verändern. Letzteres impliziert, daß die Firma erwartet, jede zusätzliche Menge Öls, die aufgrund einer eigenen Planänderung von ihrem Gebiet in das Gebiet der Rivalen sickert, werde von den Rivalen extrahiert und am Markt abgesetzt.

---

5) Das Modell ist insofern völlig analog zu statischen Cournotmodellen konstruiert.

Die Hamiltonfunktion für das beschriebene Problem ist

$$(5)\quad H_{ij} = e^{-rt}\left\{[\varepsilon\, P(R) - \mu]R_{ij} + \lambda_{ij}\, \dot{S}_{ij}\right\}$$

wobei wegen (1) und (2) das gesamte Extraktionsvolumen aller Firmen als

$$(6)\quad R = R_{ij} + \sum_{\substack{k=1\\k\neq i}}^{m}\left[-\dot{S}_{kj} - \alpha\left(S_{kj} - \frac{\sum\limits_{\substack{\ell=1\\ \ell\neq k}}^{m} S_{\ell j}}{m-1}\right)\right] + \sum_{\substack{h=1\\h\neq j}}^{q}\ \sum_{k=1}^{m} R_{kh}$$

ausgedrückt werden kann.

Unter der Annahme einer inneren Lösung erhalten wir aus $\partial H_{ij}/\partial R_{ij} = 0$:

$$(7)\quad \varepsilon[P'(R)\; R_{ij} + P(R)] - \mu = \lambda_{ij}$$

Dieser Ausdruck läßt sich zu

$$(8)\quad \frac{\varepsilon\; P(R)}{1 + \frac{1}{\eta R/R_{ij} - 1}} - \mu = \lambda_{ij}$$

umformen, wobei η die absolute Preiselastizität der Nachfrage bezeichnet. Bedingungen (7) und (8) verlangen, daß der Nettogrenzerlös der Firma nach Abzug der Steuern den Grenzkosten des Ressourcenabbaus entspricht, wobei die Grenzkosten im vorliegenden Fall dem Schattenpreis des noch nicht extrahierten Öls entsprechen.

Aus $\frac{\partial}{\partial t}(e^{-rt}\lambda_{ij}) = -\partial H_{ij}/\partial S_{ij}$ erhält man als weitere Bedingung

für ein Optimum

$$(9)\quad \dot{\lambda}_{ij} = r\lambda_{ij} + \alpha[-\,\varepsilon\;\; P'(R)\; R_{ij} + \lambda_{ij}]\quad .$$

Mit der Gleichung (9) wird der Wertzuwachs einer Werteinheit der nicht extrahierten Ressource ($\dot{\lambda}_{ij}$) den Kosten gegenübergestellt, die entstehen, wenn diese Werteinheit nicht extrahiert wird. Diese Kosten setzen sich aus drei Teilen zusammen: 1) den Zinskosten ($r\lambda_{ij}$), 2) dem unmittelbaren Sickerverlust ($\alpha\lambda_{ij}$) und 3) dem Verlust an Nettomarkterlös aus der laufenden eigenen Extraktion ($-\,\alpha\,\varepsilon\, P'(R)\, R_{ij}$), der dadurch entsteht, daß das fortsickernde Öl von den Rivalen extrahiert wird und den Marktpreis drückt. Im Optimum der Firma muß der Wertzuwachs die Summe dieser drei Kostenbestandteile gerade ausgleichen. Berücksichtigt man nur Bedingung (7), so zeigt sich, daß die Kostenbestandteile 2) und 3) zusammengenommen dem Nettopreis nach Steuerabzug ($\varepsilon\, P(R) - \mu$) entsprechen. Aus (9) wird daher

$$(10)\quad \dot{\lambda}_{ij} = r\lambda_{ij} + \alpha[\varepsilon\; P(R) - \mu]\quad .$$

Die Transversalitätsbedingung des Optimierungsansatzes der Firma ist

$$(11)\quad \lim_{t\to\infty} e^{-rt}\, \lambda_{ij}(t)\; S_{ij}(t) = 0\quad .$$

Da $\lambda_{ij} > 0$ für alle endlichen t und da annahmegemäß $\mu < \varepsilon p$, folgt aus (10), daß[6] $\hat{\lambda}_{ij} \geq r$. Somit verlangt die Transver-

---

6) In diesem Aufsatz wird die Bezeichnungsweise $\hat{X} \equiv \dot{X}/X = \partial \ln X/\partial t$ benutzt.

salitätsbedingung, daß

(12) $\lim\limits_{t \to \infty} S_{ij}(t) = 0$.

Zusammen mit der Anfangsbedingung (4) bestimmen Bedingungen (8), (10) und (12) den optimalen intertemporalen Förderungsplan der einzelnen Firma, gegeben die Pfade $S_{k\ell}$ für alle $t \geq 0$ und alle $k\ell \neq ij$.

In einem intertemporalen Gleichgewicht, in dem die Pläne aller Firmen miteinander kompatibel sind, gelten ähnliche Gleichungen für sämtliche Firmen. Der Einfachheit halber sei nun unterstellt, daß η = const. und daß alle Firmen mit dem gleichen Ölbestand starten. Letzteres bewirkt, daß $R/R_{ij} = n$ = const. Beides zusammen impliziert, daß man nach Differentiation bezüglich der Zeit aus (8) den Ausdruck

(13) $$\dot{\lambda}_{ij} = \frac{\dot{\varepsilon}p + \dot{p}\varepsilon}{1 + \frac{1}{\eta R_{ij}/R - 1}}$$

gewinnt.

Setzt man nun diesen Ausdruck mit (10) gleich und berücksichtigt man zudem in (10) den durch (8) gegebenen Wert für λ_{ij}, so erhält man nach einigen einfachen algebraischen Umformungen die folgende Bestimmungsgleichung für die im Marktgleichgewicht vorliegende Preissteigerungsrate:

(14) $$\hat{P} = r + \alpha\left(1 + \frac{1}{\eta n - 1}\right) - \frac{\mu/P}{\varepsilon}(r+\alpha)\left(1 + \frac{1}{\eta n - 1}\right) - \hat{\varepsilon}$$

Zusammen mit der Anfangsbedingung für den aggregierten Ölbestand

(15) $S(0) = S^o$

[aus (4) mit $S \equiv \sum\limits_{ij}\sum S_{ij}$, $S^o \equiv \sum\limits_{ij}\sum S^o_{ij}$], der Endbedingung

(16) $\lim\limits_{t \to \infty} S(t) = 0$

[aus (12)], der aggregierten Bewegungsgleichung

(17) $\dot{S} = -R$

[aus (1) mit $S = \sum\limits_{ij}\sum \dot{S}_{ij}$] und der aus der Definition von η folgenden Gleichung

(18) $\hat{R} = -\eta\hat{P}$

bestimmt die Differentialgleichung (14) einen eindeutigen intertemporalen Extraktionspfad. Im Anhang wird gezeigt, daß dieser Pfad für die im nächsten Abschnitt diskutierten Fälle der Transversalitätsbedingung (11) genüge tut, wenn

(19) $$\alpha\left(1 + \frac{1}{n\eta - 1}\right)(1 - \eta) - \eta r + \eta \lim_{t \to \infty} \hat{\varepsilon}(t) < 0 \quad .$$

Es wird angenommen, daß diese Bedingung erfüllt ist.

3. Interpretation

Den durch Gleichungen (14) bis (18) festgelegten Extraktionspfad wollen wir in einem R-S Diagramm studieren, wie es von der Abbildung 1 dargestellt wird. Gleichungen (14), (17) und (18) beschreiben ein Kontinuum von möglichen Pfaden, indem sie für jeden Punkt des Diagramms eine Bewegungsrichtung angeben. Die Steigung des zu einem jeden Punkt gehörenden Richtungspfeils ist dabei allgemein

$$(20)\quad \frac{dR}{dS} = \frac{\dot{R}}{\dot{S}} = \eta\,\hat{P}\quad .$$

Der intertemporale Angebotspfad wird wegen (16) durch jenen dieser Pfade beschrieben, der zum Koordinatenursprung führt.

Das intertemporale Marktgleichgewicht

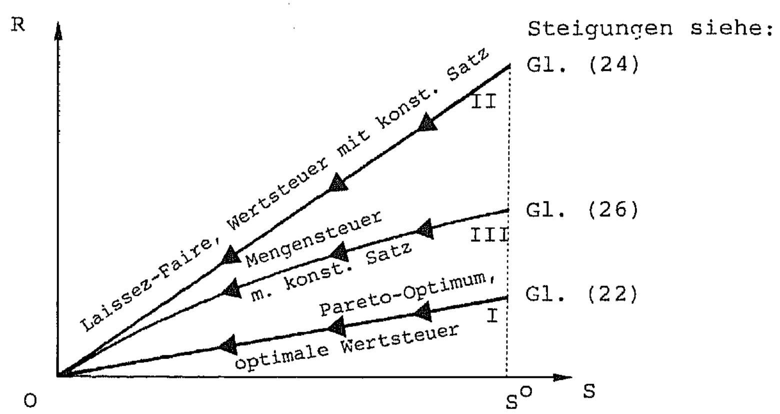

Schaubild 1

Unterstellen wir zunächst einmal, es gebe keine Steuern und die Eigentumsrechte seien vollständig definiert ($1-\varepsilon = \mu = \alpha = 0$). In diesem Fall reduziert sich (14) auf die Hotelling-Regel

$$(21)\quad \hat{P} = r$$

und wegen (20) wird die Steigung des Gleichgewichtspfades im R-S-Diagramm durch

$$(22)\quad \frac{dR}{dS} = \eta r = \text{const.}$$

angegeben. Wir erhalten das in der Literatur wohlbekannte Resultat, daß sich bei isoelastischer Nachfragekurve und Abwesenheit von Extraktionskosten trotz unvollständigen Wettbewerbs am Absatzmarkt eine intertemporal optimale Ressourcenallokation einstellt[7]. Im Schaubild 1 wird diese Allokation durch den Pfad I beschrieben.

Berücksichtigt man nun aber die Möglichkeiten von Sickerungsverlusten ($\alpha > 0$), also den Fall einer unvollständigen Beschreibung der Eigentumsrechte, so impliziert (14) im Fall des Laissez-Faire, daß die Preissteigerungsrate des Öls den Marktzins übersteigt,

$$(23)\quad \hat{P} = r + \alpha\left(1 + \frac{1}{\eta n - 1}\right),$$

und daß deshalb auch die Steigung des Gleichgewichtspfades im R-S-Diagramm über dem Pareto-optimalen Wert liegt:

$$(24)\quad \frac{dR}{dS} = \eta\left\{r + \alpha\left(1 + \frac{1}{\eta n - 1}\right)\right\} = \text{const.}$$

Im Schaubild 2 wird dieser Gleichgewichtspfad durch die Ziffer II bezeichnet. Offenbar impliziert er, daß der Markt für jedes Niveau des Ressourcenbestandes ein höheres Extraktionsvolumen und damit einen niedrigeren Marktpreis einrichtet als unter intertemporalen Effizienzbedingungen sinnvoll. Das Ausmaß der durch den Allmendeaspekt verursachten Allokationsverzerrung hängt plausiblerweise entscheidend von der Höhe der Sickerungsrate ab. Es ist aber bemerkenswert, welch wichtige Rolle auch die Marktverhältnisse spielen. Je kleiner ηn, d.h. je größer der Lernersche Monopolgrad $1/(\eta n)$, desto größer ist

---

7) Vgl. Weinstein und Zeckhauser (1975) und Stiglitz (1976).

das Ausmaß der Überextraktion.

Die Frage ist nun, weil die Möglichkeiten sich bieten, das Ausmaß der Überextraktion durch Absatzsteuern zu verringern[8].

Betrachten wir zunächst eine Absatzmengensteuer (η=const.>0, ε=1). Gemäß (14) ist die Preissteigerungsrate nun

$$(25) \quad \hat{P} = \pi_{II} - \frac{\mu}{P(R)}(r+\alpha)\left(1 + \frac{1}{\eta n-1}\right)$$

wobei π_{II} die in (21) angegebene Preissteigerungsrate im Falle der Laissez-Faire-Allokation bezeichnet. Die Steigung des Gleichgewichtspfades im R-S-Diagramm wird entsprechend durch

$$(26) \quad \frac{dR}{dS} = \eta\left\{\pi_{II} - \frac{\mu}{P(R)}(r+\alpha)\left(1 + \frac{1}{\eta n-1}\right)\right\}$$

beschrieben. Gleichung (26) weist jedem Punkt in diesem Diagramm eine kleinere Steigung zu als zuvor. Der Gleichgewichtspfad muß deshalb unterhalb des Laissez-Faire-Pfades II liegen. Da $R \to 0$ für $S \to 0$ und $P \to \infty$ für $R \to 0$ nähert sich die Steigung des Gleichgewichtspfades unter dem Einfluß von Mengensteuern bei $S \to 0$ dem Wert der Steigung des Laissez-Faire-Pfades an, oder in anderen Worten: der Pfad tangiert den Laissez-Faire-Pfad im Koordinatenursprung des R-S-Diagramms. Das Allokationsergebnis wird durch den Pfad III im Schaubild 1 beschrieben. Offenbar sind Mengensteuern ein prinzipiell geeignetes Mittel zur Allokations<u>verbesserung</u>. Zur Herstellung

8) Zur Rolle von Absatzsteuern in Modellen ohne Allmendeproblem vgl. Dasgupta und Heal (1979, Kap.12) und Sinn (1980).

der sozial optimalen Allokation sind sie allerdings nicht in der Lage. Gemäß (21) verlangt eine Pareto-optimale Allokation eine konstante Preissteigerungsrate. Gleichung (25) zeigt indes, daß die Preissteigerungsrate bei fallendem R im Zeitablauf kontinuierlich ansteigt, so daß (26) für den Pfad im R-S-Diagramm einen von unten konkaven Verlauf angibt.

Der nächste Kandidat ist die Absatzwertsteuer mit konstantem Satz (ε = const. < 1, μ = 0). Gemäß (14) und (20) hat diese Steuer offenbar überhaupt keine Auswirkung auf das Allokationsergebnis. Das bedeutet, daß der Preispfad des Öls völlig unberührt bleibt und daß somit die Traglast der Steuer ausschließlich auf Seiten der Ölanbieter liegt. Zur Allokationsverbesserung taugt eine Absatzwertsteuer mit konstantem Satz nicht.

Es stellt sich nun die Frage, ob eine Wertsteuer mit in der Zeit veränderlichem Satz weiterhilft. Der Zeitpfad dieser Steuer müßte so gewählt werden, daß die rechte Seite der Gleichung (14) zu jedem Zeitpunkt den von der Hotelling-Regel vorgeschriebenen Wert r annimmt. Offenbar ist letzteres genau dann der Fall, wenn[9]

$$(27) \quad \hat{\varepsilon} = \alpha\left(1 + \frac{1}{\eta n-1}\right) \quad .$$

9) Der Leser vergleiche diese Formel mit Gleichung 12.31 bei Dasgupta/Heal (1979, S.375). Wegen der in Fußnote 2 angesprochenen Inkonsistenz im Ansatz Khalatbaris, den diese Autoren benutzen, fehlt bei ihrer Formel der Klammerausdruck hinter α. Im allgemeinen gibt es keine Anhaltspunkte dafür, daß dieser Klammerausdruck zu vernachlässigen ist. Ist die Ölnachfrage relativ unelastisch, so daß ηn nur geringfügig über eins liegt, so kann dieser Klammerausdruck unter Umständen sehr hohe Werte annehmen.

Der Steuersatz $1-\varepsilon$ muß also im Zeitablauf in der Weise fallen, daß die Differenz zwischen ihm und dem Wert eins mit der durch die rechte Seite von (17) angegebenen festen positiven Rate ansteigt.

Da (27) besagt, daß $\hat{\varepsilon}$ = const. > O, überschreitet ε bei dieser Politik aber in endlicher Zeit den Wert 1, und der Steuersatz $1-\varepsilon$ wird negativ. Dieser Aspekt läßt es als zweifelhaft erscheinen, ob die Politik von den Regierungen überzeugend verkündet werden kann, was ja eine notwendige Voraussetzung für die gewünschte Verhaltensänderung auf Seiten der Anbieter ist.

Prüfen wir deshalb einmal das Allokationsergebnis für den Fall, daß die Firmen erwarten, von staatlicher Seite werde die Politik (27) unter der Beschränkung

(28) $\varepsilon \leq 1$

verfolgt. in diesem Fall erreicht der Steuersatz nach einem endlichen Zeitpunkt t^*, der implizit durch

$$\varepsilon(0) \exp[t^* \alpha(1 + \frac{1}{\eta n-1})] = 1$$

ier explizit durch

(29) $$t^* = \frac{-\ln \varepsilon(0)}{\alpha\left(1 + \frac{1}{\eta n-1}\right)}$$

angegeben wird, den Wert null und verbleibt dort für alle Zukunft. Der intertemporale Gleichgewichtspfad hat nun, wie im Schaubild 2 dargestellt, zwei Phasen, A und B. Während der Phase A wird (27) befolgt, und somit wird die Steigung des Gleichgewichtspfades durch (22) angegeben, d.h., sie entspricht jener des Pareto-optimalen Pfades I. In der Phase II ist $\hat{\varepsilon}$ = O. Die Steigung des Pfades entspricht dem durch (24) festgelegten Wert, was impliziert, daß der Gleichgewichtspfad in dieser Phase mit dem Laissez-Faire-Pfad zusammenfällt.

Das Allokationsergebnis ähnelt nun dem der Mengensteuer, das oben beschrieben wurde. Zwar wird die Überextraktion mindestens zeitweilig gebremst, doch eine Pareto-optimale Allokation ist nicht erzielbar.

Das Problem der optimalen Besteuerung

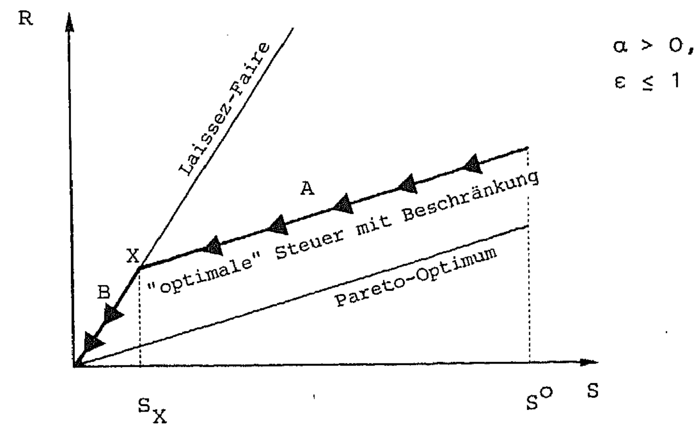

Schaubild 2

Obwohl die Beschränkung (28) ein Erreichen der Pareto-optimalen Allokation im strikten Sinne verhindert, sollte man ihre Bedeutung nicht überbewerten. Um die Preissteigerungsrate des Öls an das Pareto-optimale Niveau anzunähern, ist gemäß (27) eine bestimmte Wachstumsrate $\hat{\varepsilon}$ erforderlich. Über das Niveau des Zeitpfades, den ε zu verfolgen hat, wird nichts gesagt. So kann man den Anfangswert $\varepsilon(0)$ im Rahmen der Beschränkung $\varepsilon > 0$ so klein einsetzen, wie man will. Da Gleichung (29) impliziert, daß

$$(30) \quad \lim_{\varepsilon(0) \to 0} t^* = \infty ,$$

läßt sich auf diese Weise der Zeitpunkt, zu dem die Beschränkung $\varepsilon \leq 1$ greift, beliebig weit in die Ferne rücken.

Im Schaubild 2 entspricht der Punkt X dem Zeitpunkt t^*. Bei einer Vergrößerung von t^* muß sich dieser Punkt auf der Laissez-Faire-Linie entlang in Richtung auf den Ursprung bewegen und der Teilpfad A muß sich entsprechend parallel nach unten verschieben. Nehmen wir einmal an, dies sei nicht der Fall und Teilpfad A bleibe liegen oder verschöbe sich nach oben, wenn t^* steigt. In diesem Fall ist jedem $S \geq S_X$ mit S_X als dem zum Punkt X gehörenden Bestandswert ein mindestens genauso hohes Extraktionsvolumen wie zuvor zugeordnet. Dies bedeutet, daß der Punkt X zu einem früheren oder dem gleichen Zeitpunkt wie zuvor erreicht wird, was selbst wiederum impliziert, daß t^* entweder konstant bleibt oder fällt. Dieser Widerspruch beweist die aufgestellte Behauptung. Da sich die Argumentation für jede Lage des Punktes X rechts oberhalb vom Koordinatenursprung durchführen läßt, folgt, daß sich trotz der Beschränkung $\varepsilon \leq 1$ durch die Wahl eines genügend hohen anfänglichen Steuersatzes die Abweichung zwischen dem von den Firmen gewählten Fördervolumen und seinem Pareto-optimalen Niveau beliebig verringern läßt.

4. Schlußfolgerungen

Sickerungsbewegungen zwischen den Ölquellen einzelner Firmen schaffen einen starken Anreiz zur Überextraktion im Vergleich zum sozial optimalen Niveau, wie es durch die Hotelling-Regel oder die Solow-Stiglitz Effizienzbedingung impliziert wird. An Hand eines intertemporalen Marktgleichgewichtsmodells konnte geklärt werden, welche Möglichkeiten Absatzwert- und Mengensteuern bieten, diesen Anreiz zu reduzieren oder gar zu be-

seitigen.

Mengensteuern mit konstantem Satz sind in der Lage, die Überextraktion zu vermindern. Wegen ihrer einfachen Erhebbarkeit müssen sie als praktisch sehr wichtiges Mittel gegen einen Raubbau der Weltölvorräte angesehen weren. Auch der Umstand, daß viele Länder, aus freilich ganz anderen Motiven, den Mineralölverbrauch mit Mengensteuern belasten, ist aus dieser Perspektive nur zu begrüßen. Mengensteuern haben allerdings den Nachteil, daß sie prinzipiell keine vollständige Anpassung des vom Markt gewählten intertemporalen Allokationspfades an den sozial optimalen Pfad gestatten.

Wertsteuern mit konstantem Satz haben bei vernachlässigbaren Extraktionskosten keinen Einfluß auf das Ausmaß der Überextraktion. Da sie aus genau diesem Grunde von Besitzern der Ölquellen im vollen Umfang zu tragen sind, stellen sie aus der Sicht der Ölverbraucherländer ein hervorragendes Mittel zur Abschöpfung von Ölgewinnen dar und mögen deshalb zur Verbesserung der Verteilung zwischen den augenblicklich lebenden Generationen beitragen. Ein Mittel zur Verbesserung der Effizienz beim intergenerationalen Ressourcentransfer sind sie indes nicht.

Ein perfektes Mittel zur Vermeidung intertemporaler Allokationsverzerrungen ist eine Wertsteuer mit in der Zeit fallendem Satz, wobei das Ausmaß der Abnahme des Steuersatzes so zu wählen ist, daß der Abstand zwischen dem Steuersatz und dem Wert 1 mit einer Rate steigt, die dem Produkt aus der Öl-Sickerungsrate und einem Aufschlagsfaktor gleicht. Der Aufschlagsfaktor entspricht dem Quotienten aus Preis- und Grenzerlös der einzelnen Firma und ist deshalb eine steigende Funktion des Lernerschen Monopolgrades.

Der Umstand, daß die beschriebene Regel in endlicher Zeit einen negativen Steuersatz impliziert, ist ein kleiner Schönheitsfehler, aber praktisch wohl nicht besonders wichtig:

Auch bei einer Beschränkung des Steuersatzes auf den positiven Wertebereich unter 1 läßt sich durch geeignete Wahl des anfänglichen Satzes eine beliebig genaue Annäherung an den Pareto-optimalen Allokationspfad erzielen.

So vorteilhaft die beschriebene Regel für eine optimale Steuer aus theoretischer Sicht erscheinen muß, so schwierig wird es sein, sie politisch durchzusetzen. Immerhin verlangt sie ja eine drastische gegenwärtige Steigerung des Ölpreises zur Drosselung des Verbrauchs. Die öffentliche Diskussion zu den in den letzten Jahren vorgenommenen Ölpreiserhöhungen zeigt in aller Klarheit, wie wenig die Einsicht in die intertemporalen Aspekte des Ressourcenproblems verbreitet ist. Zudem kann man von Politikern mit einem Zeithorizont von maximal vier, fünf Jahren nicht erwarten, daß sie sich mit dem Problem des langfristig effizienten Ressourcenverzehrs befassen. Aus diesen Hemmnissen jedoch den Schluß zu ziehen, es sei das beste, den Kopf in den Sand zu stecken und sich jedweder Politikempfehlungen zu enthalten, wie es so manch ein Vertreter der positiven Theorie der Politik zu tun pflegt, wäre nach Meinung des Verfassers verfehlt. Wenn nicht von Seiten der Wissenschaft mehr Rationalität in die Debatte gebracht wird, von wem dann?

Anhang

Überprüfung der Transversalitätsbedingung

Die Transversalitätsbedingung (11) ist äquivalent zu

$$\text{(A1)}\quad \lim_{t\to\infty} \exp\int_0^t - r + \hat{\lambda}_{ij}(s) + \hat{S}_{ij}(s)\, ds = 0$$

oder

$$\text{(A2)}\quad \lim_{t\to\infty} \int_0^t - r + \hat{\lambda}_{ij}(s) + \hat{S}_{ij}(s)\, ds = -\infty \quad .$$

Nun gilt auf allen in Abschnitt 3 betrachteten Gleichgewichtspfaden, daß R und S kontinuierliche Funktionen der Zeit sind. Da $\hat{S} = -R/S$ und $R_{ij} = R/n$, $S_{ij} = S/n$, ist folglich auch $\hat{S}$ eine kontinuierliche Funktion der Zeit. Des weiteren folgt aus der Kontinuität des Zeitpfades von R, der Kontinuität der Nachfragefunktion P(R) sowie aus Gleichung (10) , daß auch $\hat{\lambda}$ nur zeitkontinuierlichen Änderungen unterworfen ist. Deshalb ist (A2) erfüllt, wenn

$$\text{(A3)}\quad \lim_{t\to\infty} \hat{\lambda}_{ij}(t) + \lim_{t\to\infty} \hat{S}_{ij}(t) < r \quad .$$

Aus (8) folgt durch Differentiation nach der Zeit und einigen weiteren Umformungen, daß

$$\text{(A4)}\quad \hat{\lambda}_{ij} = \frac{\dot{\varepsilon}}{\varepsilon - \beta\frac{\mu}{P}} + \frac{\dot{P}}{P(1-\frac{\beta\mu}{\varepsilon P})} \quad ,$$

wobei $\beta \equiv 1 + 1/(n\eta - 1)$. Da $P \to \infty$ für $R \to 0$, ergibt sich aus (A4):

$$\text{(A5)} \quad \lim_{t \to \infty} \hat{\lambda}_{ij}(t) = \lim_{t \to \infty} \hat{\varepsilon}(t) + \lim_{t \to \infty} \hat{P}(t) \ .$$

Gemäß (14) ist nun aber

$$\text{(A6)} \quad \lim_{t \to \infty} \hat{P}(t) = r + \alpha\beta - \lim_{t \to \infty} \hat{\varepsilon}(t) \ .$$

So haben wir

$$\text{(A7)} \quad \lim_{t \to \infty} \hat{\lambda}_{ij}(t) = r + \alpha\beta \ .$$

Bezüglich $\lim_{t \to \infty} \hat{S}_{ij}(t)$ ist zunächst anzumerken, daß wegen der Symmetrieannahme $S_{ij} = S/n$. Sodann beachte man, daß der Gleichgewichtspfad im R-S-Diagramm entweder eine Ursprungsgerade ist oder sich mindestens in der Umgebung des Ursprungs durch eine solche Gerade approximieren läßt. Daraus folgt

$$\text{(A8)} \quad \lim_{t \to \infty} \hat{S}_{ij}(t) = \lim_{t \to \infty} \hat{R}(t) \ .$$

Errechnet man $\lim_{t \to \infty} \hat{R}(t)$ aus (18) und (14), so erhält man:

$$\text{(A9)} \quad \lim_{t \to \infty} \hat{S}_{ij}(t) = -\eta[r + \alpha\beta - \lim_{t \to \infty} \hat{\varepsilon}(t)] \ .$$

Gleichungen (A9) und (A7) können nun zur Konkretisierung der Bedingung (13) verwendet werden. Damit reduziert sich die Transversalitätsbedingung letztendlich auf

$$\text{(A10)} \quad \alpha\beta(1-\eta) - \eta r + \eta \lim_{t \to \infty} \hat{\varepsilon}(t) < 0 \ .$$

Literaturverzeichnis

Dasgupta, P.S., und G.M. Heal (1979), Economic Theory and Exhaustible Resources, Digswell Place und Cambridge.

Kemp, M.C., und N.V. Long (1980), Exhaustible Resources, Optimality, and Trade, Amsterdam, New York und Oxford.

Khalatbari, F. (1977), Market Imperfections and the Optimum Rate of Depletion of Natural Resources, Economica 44, S.409-414.

Siebert, H. (1981), Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen. Ein Überblick, Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften 3, S.267-298.

Sinn, H.W. (1980), Besteuerung, Wachstum und Ressourcenabbau. Ein allgemeiner Gleichgewichtsansatz, in: H. Siebert (Hrsg.), Erschöpfbare Ressourcen, Verhandlungen auf der Arbeitstagung des Vereins für Socialpolitik, Mannheim 1979, S.499-528.

Sinn, H.W. (1981), The Theory of Exhaustible Resources, Zeitschrift für Nationalökonomie 41, S.183-192.

Stiglitz, J.E. (1976), Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources, The American Economic REview 66, S.655-661.

Weinstein, M.C., und R.J. Zeckhäuser (1975), The Optimal Consumption of Depletable Natural Resources, The Quarterly Journal of Economics 89, S.371-392.