

Siebert, Horst

**Book Part — Digitized Version**

## Ricardo- und Hotelling-Paradigmen für die Preisbildung natürlicher Ressourcen

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Siebert, Horst (1986) : Ricardo- und Hotelling-Paradigmen für die Preisbildung natürlicher Ressourcen, In: Siebert, Horst Herz, H. (Ed.): Angebotsentwicklung und Preisbildung natürlicher Ressourcen, ISBN 3-486-26171-1, Oldenbourg, München, pp. 1-17

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/1973>

**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.*

RICARDO- UND HOTELLING-PARADIGMEN FÜR DIE PREISBILDUNG  
NATÜRLICHER RESSOURCEN

Horst Siebert

Der Ricardianische Ansatz<sup>1</sup> und die Hotelling'sche Theorie<sup>2</sup> für die Preisentwicklung natürlicher Ressourcen stellen prima vista zwei konträre Erklärungsversuche dar. Dem Ricardianischen Ansatz liegt die Vorstellung von Ressourcenlagerstätten unterschiedlicher Qualität zugrunde. Die Abbaukosten variieren von Lager zu Lager. Folglich besteht eine Tendenz, zunächst diejenigen Ressourcenlager abzubauen, die durch günstigere Abbaukosten gekennzeichnet sind. Steigt die Nachfrage nach einer Naturressource in der Zeit oder ist ein gegebenes Lager bei zeitinvarianter Nachfrage erschöpft, so müssen Lagerstätten mit ungünstigeren Abbaukosten in Angriff genommen werden. Im Ricardianischen Ansatz ist die Vorstellung eines finiten Bestandes nicht explizit enthalten; die Begrenztheit des Ressourcenstocks wird implizit durch den Übergang von einem günstigeren zu einem ungünstigeren Ressourcenlager modelliert. Charakteristisch für den Ricardianischen Ansatz ist also das Konzept einer langfristigen Angebotskurve, die in aller Regel einen steigenden Ressourcenpreis aus höheren Abbaukosten ableitet.

Dagegen nimmt das Hotelling-Paradigma seinen Ausgangspunkt von einem intertemporalen Knappheitskonzept, das

---

<sup>1</sup> Ricardo (1817)

<sup>2</sup> Hotelling (1931)

einem gegebenen oder durch Exploration vermehrbaren Bestand an natürlichen Ressourcen einen Strom der Nachfrage über die Zeit gegenüberstellt. Die intertemporale Knappheit zwingt im Optimierungskalkül zur Berücksichtigung der Opportunitätskosten der heutigen Ressourcennutzung für zukünftige Perioden oder Generationen. Diese Nutzungskosten oder user costs geben den entgangenen Gewinn oder Nutzen zukünftiger Generationen und damit die implizite Bewertung einer Ressource in situ an. Nutzungskosten sind zusätzlich zu den Abbaukosten eine Komponente des Ressourcenpreises. Da die Nutzungskosten in der Regel mit der Zeitpräferenzrate steigen, muß auch der Marktpreis als Summe aus Nutzungskosten und Grenzkosten des Abbaus in der Zeit zunehmen, allerdings nicht notwendigerweise mit der Zeitpräferenzrate. Die intertemporale Knappheit wird im Hotelling-Paradigma über steigende Nutzungskosten zum Ausdruck gebracht.

Hotelling- und Ricardo-Ansatz gelangen also zu einem im Prinzip ähnlichen Szenario steigender Ressourcenpreise, aber aus unterschiedlicher Begründung. Im folgenden sollen beide Ansätze miteinander kontrastiert werden. Im Abschnitt 1 wird der Ricardo-Ansatz dargestellt. Abschnitt 2 beschäftigt sich mit dem Hotelling-Paradigma. Schließlich wird der Versuch unternommen, die Ricardianische Vorstellung in den Hotelling-Kontext zu integrieren.

### 1. Steigende Abbaukosten im Ricardo-Ansatz

Der Ricardianische Ansatz bestimmt das Zeitprofil des Ressourcenpreises aus der langfristigen Angebotskurve. Der langfristige Angebotspreis ist als Preis definiert, der eine Kapazitätsausweitung wie beispielsweise die Erschließung einer neuen Mine stimuliert. Dieser Angebotspreis deckt die Gesamtkosten eines neuen Projekts einschließlich einer normalen Rendite für das eingesetzte

## Kapital.<sup>1</sup>

In Schaubild 1a ist die kurzfristige Angebotsfunktion einer Ressourcenindustrie dargestellt. Mit steigender Nachfrage nehmen die kurzfristigen Grenzkosten bei gegebener Kapazität und hoher Kapazitätsauslastung zu. Ist eine neue Mine durch die Situation in Schaubild 1b gekennzeichnet, so stellt  $p_a$  den Angebotspreis dar. Wenn langfristig die Durchschnittskosten einer neuen Mine steigen, etwa weil die Abbaukosten infolge schlechter Ressourcenqualität oder einer allmählichen Erschöpfung zunehmen, so steigt der langfristige Angebotspreis. Es ergibt sich also eine Ricardianische langfristige Kostenkurve. Bei technischem Fortschritt würde der langfristige Angebotspreis sinken.

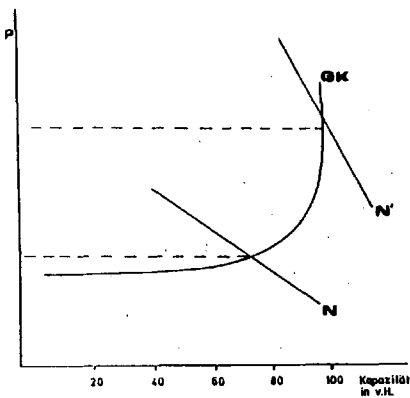
Die langfristige Angebotskurve kann als eine Aneinanderreihung von stückweise horizontalen Elementen interpretiert werden, die die Abbaumengen eines Ressourcenlagers pro Periode angeben und die in jeder Periode bestehenden Kapazitätsgrenzen von Ressourcenunternehmen widerspiegeln. Man kann sich die Angebotskurve einer Ressourcenindustrie also als mit verschiedenen Ressourcenunternehmen entsprechend ihren Kostensituationen und Kapazitäten besetzt vorstellen. Der Angebotsfunktion

---

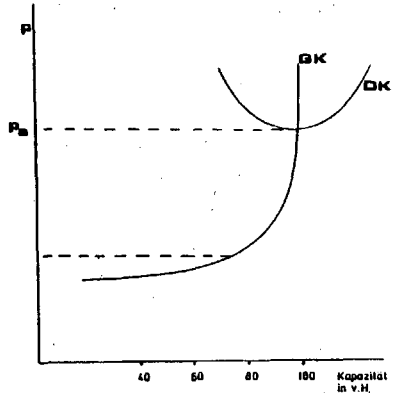
<sup>1</sup> Der langfristige Angebotspreis wird auch als "incentive price" (Radetzki 1983, S. 28) bezeichnet. Adelman (1972, S. 6) führt für Erdöl das Konzept der Maximum Economic Finding Costs ein, die als Opportunitätskosten für die Erschließung bekannter Felder bei Nichtexploration dargestellt werden. Diese Opportunitätskosten zeigen sich auch im intertemporalen Kontext. Vgl. Siebert (1983, S. 96). Schulz (vgl. in diesem Band) entwickelt das Konzept des Annuitätspreises.

liegt eine gegebene Altersstruktur der Ressourcenlager zugrunde. Wird ein neues Ressourcenlager erschlossen, so schiebt es sich an diejenige Stelle der Angebotsfunktion, bei der sein Angebotspreis liegt. Bei einem neuen Lager mit höheren Kosten als in den bisherigen Lagerstätten wird die Angebotsfunktion nach rechts oben verlängert. Ist ein Lager erschöpft, so fällt ein Stück der Angebotskurve aus, der rechts von diesem Lager liegende Ast der Angebotskurve verschiebt sich nach links, also nach oben. Ist das günstigste Lager erschöpft, so verschiebt sich die gesamte Angebotskurve nach oben.

Abbildung 1



1a



1b

Die durch die Angebotskurve definierten Mengen sind nicht identisch mit dem Begriff der Reserven. Die Angebotsfunktion beschreibt eine Stromgröße pro Periode; die Reserven sind als Bestandsprofile zu einem Zeitpunkt definiert, ergeben sich also aus der Aggregation von Angebotsmengen in der Zeit unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Ressourcenlager. Reserven variieren

je nachdem, ob sie für gegebene oder variable Abbaukapazitäten definiert sind.

Die Interpretation der langfristigen Angebotskurve als Resultante einzelwirtschaftlicher Angebotskurven gestattet es, die Angebotskurve einer Ressourcenindustrie aus dem Angebotskalkül einzelner Unternehmen oder Betriebsstätten aufgrund ingenieurmäßig fundierter Produktionsfunktionen aufzubauen. Diesen Ansatz verfolgt Schulz (1984, 1984a), indem er die Produktionsfunktionen für verschiedene Bergwerkstypen (Tagebau, Tiefbau; verschiedene Typen von Tiefbaugruben; unterschiedliche Faktorkosten und Effizienzniveaus in verschiedenen Ländern) schätzt und durch Aggregation des Angebotsverhaltens verschiedener Subsysteme die langfristige Angebotskurve einer Ressourcenindustrie entwickelt.

Der Ricardianische Ansatz der Preisbildung liefert dann steigende Ressourcenpreise, wenn im Verlauf der Zeit ungünstigere Ressourcenlager abgebaut werden müssen. Voraussetzung eines solchen Szenarios ist, daß durch die Senkung von weltweiten Transportkosten und die Reduzierung politischer Risiken nicht neue, günstigere Ressourcenlager in den Vordergrund treten. Ferner darf technischer Fortschritt in der Extraktion nicht auftreten.

## 2. Die Nutzungskosten im Hotelling-Paradigma

Im Hotelling-Paradigma nehmen Nutzungskosten einen zentralen Stellenwert für die Erklärung der zeitlichen Veränderung des Ressourcenpreises ein. Der Verkauf einer Ressourceneinheit heute impliziert einen entgangenen Gewinn oder Nutzen morgen. Ein Unternehmen ist dann indifferent, ob es heute oder morgen eine Ressourceneinheit verkauft, wenn der Gegenwartswert des Gewinns heute oder morgen gleich ist. Das bedeutet aber aufgrund des Gesetzes der Gegenwartspräferenz, daß der entgangene Gewinn von morgen um die Zeitpräferenzrate korri-

giert werden muß; die Nutzungskosten müssen also grundsätzlich mit der Zeitpräferenzrate steigen. Dies ist die Hotelling-Regel. Damit steigt eine Komponente des Ressourcenpreises in der Zeit an, und dieser zunehmende Kostenfaktor hat im Hotelling-Paradigma auch ein Ansteigen des Ressourcenpreises in der Zeit zur Folge.

Im Hotelling'schen Grundmodell wird das Zeitprofil des Ressourcenpreises als Resultat eines Auktionatorprozesses abgeleitet, durch den zeitinvariantes Nachfrageverhalten  $q = f(p)$  und gewinnmaximierendes Angebotsverhalten in jeder Periode (Periodengleichgewicht) und über alle Perioden hinweg (Bestandsgleichgewicht) ins Gleichgewicht gebracht werden. Geht man von einer Kostenfunktion  $C = C(q, R)$  aus, wobei  $q$  die in jeder Periode abgebauten Mengen und  $R$  den Bestand kennzeichnen, so lautet das Maximierungsproblem der repräsentativen ressourcenabbauenden Unternehmung

$$\text{Max } \pi = \int_0^T e^{-\delta t} [pq - C(q, R)] dt$$

u.d.B.

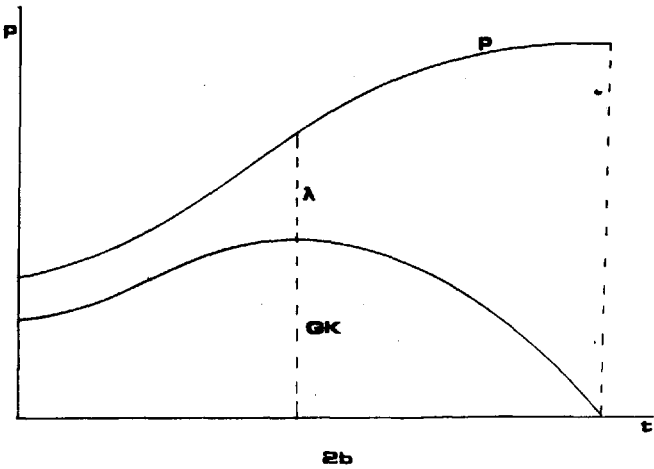
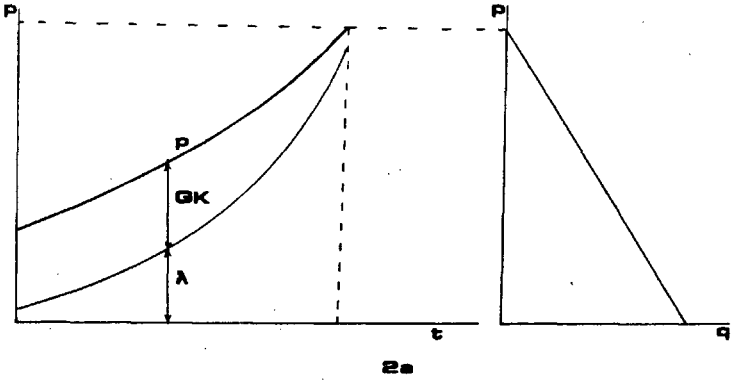
$$\overset{\circ}{R} = -q$$

Aus dem Grundmodell oder seinen Erweiterungen ergeben sich folgende Resultate:

(1) Treten keine Abbaukosten auf, so steigen Nutzungskosten und Ressourcenpreis mit der Diskontrate (Hotelling-Regel). Das Programm kommt dann zum Ende, wenn bei einem prohibitiv hohen Preis  $\bar{p}$  die Nachfrage null wird.

(2) Sind die Abbaukosten konstant oder variieren sie mit der abgebauten Menge, so steigen die Nutzungskosten mit der Zeitpräferenzrate; die Veränderungsrate des Marktpreises folgt der Regel  $\hat{p} = \delta\lambda/p$  (Abbildung 2a).

Abbildung 2





(3) Wird mit einer zunehmenden Erschöpfung eines Lagers der Abbau teurer (Bestandseffekt in der Kostenfunktion  $C_R < 0$ ), so steigt zwar weiterhin der Preis nach der Regel  $\hat{p} = \delta \lambda / p$ , aber die Nutzungskosten können fallen.<sup>1</sup> Die Nutzungskosten können so stark sinken, daß in endlicher Zeit T für den Schattenpreis gilt  $\lambda(T) = 0$ ; wegen der Transversalitätsbedingung  $\lambda(T) R(T)$  ist die Ressource infolge ungünstiger Kostenkonstellationen nicht erschöpft, also  $R(T) > 0$  (Abbildung 2b).

(4) Neben einem prohibitiv hohen Preis  $\bar{p}$  und zunehmenden Abbaukosten bei kleiner werdendem Bestand kann das Programm auch durch eine Alternativtechnologie enden, die zu einem konstanten Preis  $c < \bar{p}$  in einem kontinuierlichen Strom bereitgestellt werden kann. Die Prämisse einer kontinuierlich fließenden Alternativtechnologie impliziert, daß für die Alternativtechnologie keine Nutzungskosten auftreten. Durch eine solchermaßen definierte Alternativtechnologie verschwindet also die intertemporale Knappheit, sobald der Ressourcenpreis den Preis der Alternativtechnologie erreicht hat.

### 3. Vergleich der beiden Ansätze

Der Ricardianische Ansatz erklärt die Preissteigerung natürlicher Ressourcen in der Zeit über steigende Abbaukosten, das Hotelling-Paradigma hat als zentralen Motor für steigende Ressourcenpreise zunehmende Nutzungskosten. Beide Ansätze betonen also unterschiedliche Komponenten des Ressourcenpreises. Die Ansätze lassen sich dann aneinander annähern, wenn Ricardianische Bedingungen in die Hotelling-Welt eingeführt werden. Zwar bleibt im wesentlichen die Hotelling-Regel

<sup>1</sup> Die Nutzungskosten folgen der Regel

$$\hat{\lambda} = \delta + \frac{C_R(R)q}{\lambda}$$

erhalten, daß die Nutzungskosten in der Zeit mit der Diskontrate steigen. Aber die Ricardianischen Bedingungen treiben einen Keil zwischen Marktpreis und Nutzungskosten, so daß die zeitliche Entwicklung des Marktpreises und der Nutzungskosten entkoppelt wird.

(1) Bereits im Hotelling'schen Grundmodell zeigt sich, daß Abbaukosten - sei es eine parametrische Entwicklung oder eine endogene Zunahme der Kosten etwa wegen eines Bestandeffektes - die Preissteigerungsrate reduzieren. Die Hotelling-Regel wird in bezug auf die Höhe des Preisanstiegs sozusagen entschärft. Allerdings erzwingt eine Kostensteigerung bei Hotelling eine Steigerung des Ausgangspreises; sie bewirkt eine Konservierung der Ressource für eine längere Zeit.

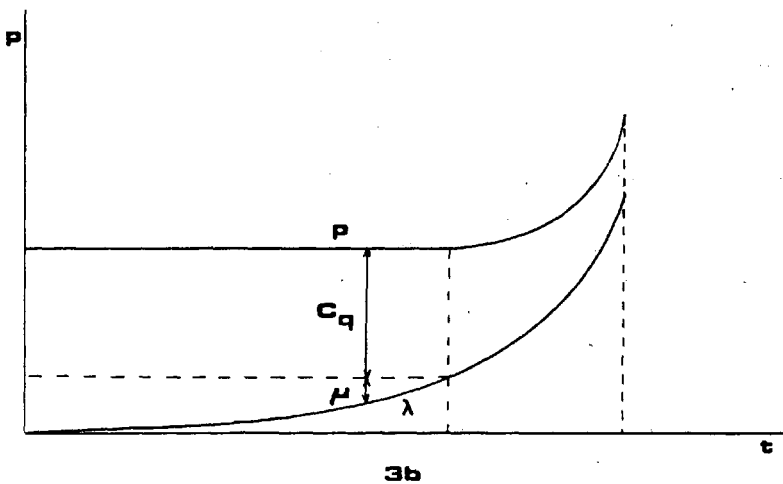
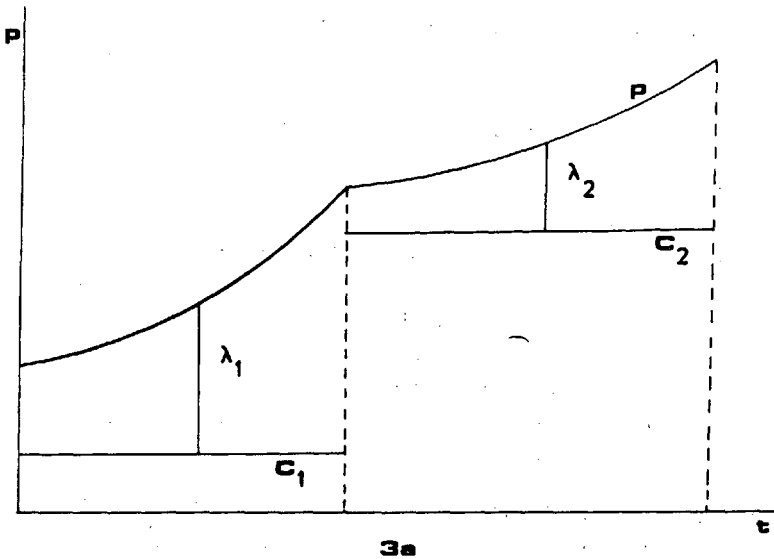
(2) Führt man explizit Rohstofflager mit unterschiedlichen Abbaukosten in das Hotelling-Paradigma ein, so stellen sich auch für das ungünstige Lager Nutzungskosten ein, aber die Nutzungskosten für das ungünstigere Lager sind geringer. Beim Übergang von einem Lager zum anderen ergibt sich ein "Sprung" in den Nutzungskosten (Abbildung 3a). Je größer ceteris paribus die Abbaukosten des ungünstigeren Lagers, umso stärker werden die Nutzungskosten reduziert. Die Nutzungskosten sind also weniger bedeutend, wenn die Abbaukosten zunehmen.

(3) Eine realistische Modellierung der Alternativtechnologie oder eines Ressourcensubstituts kann nicht davon ausgehen, daß dieses Substitut auf ewig zu einem konstanten Preis fließen kann. Es ist vielmehr zu erwarten, daß der Preis des Substituts mit dem Preis der Ressource selbst variiert.<sup>1</sup> Empirische Beispiele sind die in der Literatur genannten Wettbewerbsschwellen für

---

<sup>1</sup> Weitzman (1981)

Abbildung 3



synthetisches Gas (aus Steinkohle, Braunkohle, Teersand, Ölschiefer) und Atomenergie. Insbesondere die Anbieter des Ressourcensubstituts beziehen in ihr Investitionskalkül den erwarteten Preis der Ressource ein. Da dieser Preis  $p$  mit dem Bestand der Ressource  $R_t$  variiert, ergibt sich in einem Auktionatormodell über die Marktgleichgewichte ein Zusammenhang zwischen dem Preis des Ressourcensubstituts  $c_t$  und dem Bestand an Ressource  $R_t$  selbst, also  $c_t = f(R_t)$ . Dieser Zusammenhang wird durch eine Reihe von Mechanismen verstärkt: Wird eine Alternativtechnologie wettbewerbsfähig, so werden alle Agenten, die über die Bereitstellung dieser Technologie mitentscheiden, ihre Ansprüche anmelden: Es wird ein höherer Preis für Boden gefordert, in dem sich das Substitut befindet. Die Frachtraten für die Erschließung der neuen Anlage können steigen. Sektorgewerkschaften fordern höhere Löhne. Und schließlich impliziert bei einer Subventionierung der Alternativtechnologie der politische Prozeß eine ex-ante Unterbewertung der Kosten der Alternativtechnologie, um staatliche Programme in Gang zu setzen. Wird der Preis des Ressourcensubstituts also variabel modelliert, so nähern sich Ricardianische und Hotelling'sche Aussagen abermals an.

(4) Exploration kann bei Ricardo und Hotelling ein Hin- und Herschieben des Preisanstiegs und - unter Bedingungen - ein vorübergehendes Sinken des Ressourcenpreises zur Folge haben.<sup>1</sup> Exploration ist als eine Option zu interpretieren, die die Abbaukosten zu senken. Damit beeinflussen die Kosten der Exploration die Kostengrenze für den Preis der Ressource. Größendegressionen und "learning by doing" in der Exploration reduzieren die Explorationskosten und lassen den Ressourcenpreis sinken.

---

<sup>1</sup> Adelman et.al. (1933); Siebert (1983), S. 95 ff.

(5) Investitionskosten für die Erschließung eines Rohstofflagers treiben ebenfalls einen Keil zwischen die Hotelling'schen Nutzungskosten und den Marktpreis. Zwar gilt auch hier die Hotelling-Regel, daß die Nutzungskosten grundsätzlich mit der Diskontrate steigen. Aber der Marktpreis für die Ressource kann für eine Reihe von Perioden konstant bleiben. Diese Aussage ergibt sich aus folgender Variation des Hotelling-Ansatzes.<sup>1</sup>

Bezeichne  $q_m$  die Kapazität einer Mine, kennzeichne  $\phi(q_m)$  den Kapitalbedarf, sei  $p_k$  der Preis einer Einheit Kapital, und sei  $C = C(q) + a$  die Kostenfunktion, so lautet das Maximierungsproblem

$$\max - p_k \phi(q_m) + \int_0^T e^{-\delta t} [pq - C(q) - a] dt$$

$$\text{s.t. } \dot{R} = -q$$

$$q \leq q_m$$

Aus der Lagrange Funktion

$$L = pq - C(q) - a - \lambda q + \mu [q_m - q]$$

resultiert ein Schattenpreis  $\mu$  für die Kapazitätsrestriktion. Wenn die Kapazitätsrestriktion bindet, gilt  $\dot{\mu} = -\delta\lambda$ . Der Schattenpreis der Kapazität nimmt pro Periode um den gleichen Betrag ab, um den der Schattenpreis der Ressource zunimmt. Da die Abbaumenge für  $q = q_m$  bleibt, folgt aus

$$p = C'(q) + \lambda + \mu$$

<sup>1</sup> Siebert (1982). Vgl. auch Campbell (1980) und Dale (1984).

auch ein konstanter Ressourcenpreis. Zieht dagegen die Kapazitätsrestriktion nicht mehr, so gilt  $\mu = 0$ , und das Hotelling-Paradigma regiert wieder.

Je höher also die Fixkosten sind, desto weniger bedeutend werden die Nutzungskosten. Deren Rolle wird sozusagen durch den Schattenpreis der Kapazität aufgefangen, der in der Zeit sinkt. Erst wenn der Schattenpreis der Kapazität null wird, übernehmen die Nutzungskosten ihre alte Rolle: der bis dahin konstante Marktpreis beginnt zu steigen (Abbildung 3b).

Betrachtet man eine zeitliche Folge unterschiedlicher Investitionsprojekte, so läßt sich ein Übergang zwischen zwei Lagerstätten mit unterschiedlich hohen Fixkosten als ein Aufeinanderfolgen einer konstanten Preisphase, eines steigenden Preises, eines wiederum konstanten Preises und einer Phase mit Preisanstieg charakterisieren.

(6) Als Fazit ergibt sich, daß die Integration Ricardianischer Bedingungen, insbesondere über Abbaukosten, in das Hotelling-Paradigma beide Erklärungsansätze aneinander annähert. Der Schattenpreis der Ressource verliert dann als Bestandteil des Ressourcenpreises an Bedeutung. Ein Grenzfall stellt sich dann ein, wenn prohibitiv hohe Abbaukosten den Schattenpreis der Ressource auf null drücken und damit deren Abbau unattraktiv machen. Ein anderer Grenzfall mit einem intertemporalen Schattenpreis von null tritt dann ein, wenn von Knappheit im intertemporalen Sinn nicht gesprochen werden kann, die Vorräte eines repräsentativen Abbauunternehmens bei gegebenen Erwartungen über die Nachfrage länger als der durch die Zeitpräferenzrate definierte Zeithorizont reichen. In diesem Grenzfall kann aber auch das Ricardi-

anische Paradigma keine Bedeutung haben. Schließlich ist bei einem Vergleich der beiden Ansätze darauf zu achten, inwieweit bei Ricardianischen Ansätzen nicht in den Kostenfunktionen bereits marktmäßige Ausdrücke für Hotelling-Schattenpreise, wie z.B. Royalties, Preise für Entnahmerechte und für Boden, enthalten sind.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Siebert (1983), S. 236

Literaturverzeichnis

- Abbey, D.S., Kolstad, Ch.D. (1983) "The Structure of International Steam Coal Markets", *Natural Resources Journal*, 23, 859-891
- Adelman, M.A. (1972) *The World Petroleum Market*, Baltimore 1972
- Adelman, M.A. et. al. (1983) *Energy Resources in an Uncertain Future*, Cambridge, Mass., 1983
- Banks, F.E. (1979) *Bauxite and Aluminium: An Introduction to the Economics of Nonfuel Minerals*, Lexington, Mass., 1979
- Bosworth, B. (1976) *Capacity Creation in Basic-Materials Industries*, *Brookings Papers on Economic Activity*, 297-350, 1976
- Campbell, H.F. (1980) "The Effect of Capital Intensity on the Optimal Rate of Extraction of a Mineral Deposit", *Canadian Journal of Economics*, 13, 349-356
- Dale, L. (1984) "Mine Capacity and Mineral Price", *Resources Policy*, 10, 153-162
- Gray, L.C. (1914) "Rent under the Assumption of Exhaustibility", *The Quarterly Journal of Economics*, 28, 466-489
- Herfindahl, O.C. (1961) "The Long Run Cost of Minerals", in: O.C. Herfindahl, Hrsg., *Three Studies in Mineral Economics*, Washington
- Herfindahl, O.C. (1967) "Depletion and Economic Theory", in: M. Gaffney, Hrsg., *Extractive Resources and Taxation*, Madison, 1961, 68-90
- Hotelling, H. (1931) "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, 39, 137-175
- International Energy Agency *Coal Information Report*, Paris, versch. Jg.
- Kemp, M.C. and Long, N.V. (1980) "Toward a More General Theory of the Mining Firm", in: M.C. Kemp and N.V. Long, Hrsg., *Exhaustible Resources, Optimality, and Trade*, Amsterdam, 1980, 5-18
- Labys, W.C., Hrsg. (1975) *Quantitative Models of Commodity Markets*, Cambridge 1975



- Labys, W.C. (1980) Market Structure, Bargaining Powers and Resource Price Formation, Lexington 1980
- Labys, W.C., Pollak, P.K. (1984) Commodity Models for Forecasting and Policy Analysis, London 1984
- Levhari, D. and Liviatan, N. (1977) "Notes on Hotelling's Economics of Exhaustible Resources", Canadian Journal of Economics, 10, 177-192
- Long, N.V. and Vousden, N. (1977) "Optimal Control Theorems", in: J.D. Pitchford and S.J. Turnovsky, Hrsg., Applications of Control Theory to Economic Analysis, Amsterdam 1977, 11-34
- Mackenzie, B.W. (1981) "The Competitive Position of Canadian Copper Supply", Resources Policy, 7, 273-283
- OECD (1983) Aluminium Industry, Energy Aspects of Structural Change, Paris 1983
- Pindyck, R.S., Hrsg. (1979), The Production and Pricing of Energy Resources", Journal of Environmental Economics and Management, 4, 185-199
- Puu, T. (1977), "On the Profitability of Exhausting Natural Resources", Journal of Environmental Economics and Management, 4, 1985-199
- Radetzki, M. (1983) "Long Run Price Prospects for Aluminium and Copper", Natural Resources Forum, 7, 23-36
- Radetzki, M., Labys, W. (1984) An Integrated Market Model of Resource Behavior, Stockholm, Arbeitspapier
- Ricardo, D., The Principles of Political Economy and Taxation, 1817
- Roncaglia, A. (1983) "The Price of Oil: Main Interpretations and their Theoretical Background", Journal of Post Keynesian Economics, 557-578
- Schulz, W. (1984) "Die langfristige Kostenentwicklung für Steinkohle am Weltmarkt", Zeitschrift für Energiewirtschaft, 8, 8-20, 108-114
- Schulz, W. (1984a) "The Supply Potential of the International Steam Coal Market", Columbia Journal of World Business, 62-69

- Scott, A.T. (1967) "The Theory of the Mine under Conditions of Certainty", in: M. Gaffney, Hrsg., *Extractive Resources and Taxation*, Madison 1967
- Siebert, H. (1982a) "Extraction, Fixed Costs and the Hotelling Rule", *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 139, 259-268
- Siebert, H. (1982b) "A Resource-Extracting Firm with Set-up Costs", *Beiträge zur angewandten Wirtschaftsforschung* No. 226, Mannheim 1982
- Siebert, H. (1983) *Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen*, Tübingen 1983
- Siebert, H. (1984) "The Economics of Large-Scale Resource Ventures", in: D.W. Pearce, H. Siebert and I. Walter, Hrsg., *Risk and the Political Economy of Resource Development*, New York, 1984, 11-36
- Tilton, I.E. (1977) *The Future of Nonfuel Minerals*, Washington 1977
- Vogely, V.A. (1976) *Economics of the Mineral Industries*, New York 1976
- Weitzmann, M.L. (1981) "Sequential R & D Strategy for Synfuels", *The Bell Journal of Economics*, 12, No. 2, 574-590