

Siebert, Horst

**Book Part — Digitized Version**

## Das intertemporale Angebotsverhalten eines ressourcenexportierenden Landes

**Provided in Cooperation with:**

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

*Suggested Citation:* Siebert, Horst (1984) : Das intertemporale Angebotsverhalten eines ressourcenexportierenden Landes, In: Siebert, Horst (Ed.): Intertemporale Allokation, ISBN 3-8204-5528-0, Lang, Frankfurt am Main, pp. 329-365

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/4273>

**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.*

Das intertemporale Angebotsverhalten eines  
ressourcenexportierenden Landes

von

Horst Siebert\*

"The static-equilibrium type of economic theory which is now so well developed is plainly inadequate for an industry in which the indefinite maintenance of a steady rate of production is a physical impossibility, and which therefore is bound to decline."

Harald Hotelling (1931,139)

Wie steuern ressourcenreiche Länder ihre Abbau- und Angebotsmengen in der Zeit? Der Export einer Ressourceneinheit heute verdient Devisen und erlaubt den Import von Konsum- oder Kapitalgütern. Aber das Ressourcenland verliert die Option, die heute verkaufte Ressourceneinheit in der Zukunft zu exportieren. Der Export einer Ressourceneinheit lohnt sich dann, wenn die Opportunitätskosten des Ressourcenexports - die user costs - durch den Gegenwartsnutzen ausgeglichen werden, der aus dem Export erwächst. Läßt sich aus dieser allgemeinen Optimalitätsbedingung das Abbauprofil eines Ressourcenlandes bestimmen? Sollte ein Ressourcenstock zügig abgebaut werden? Oder sollte ein Teil des Bestandes für zukünftige Generationen erhalten werden?

---

\*Für kritische Hinweise danke ich den Mitgliedern des Sonderforschungsbereichs 5 "Staatliche Allokationspolitik im marktwirtschaftlichem System", insbesondere H. Meder, A. Meyer und S. Toussaint. Hilfreiche Kommentare erhielt ich ferner von den Mitgliedern des "Ausschusses für Außenhandelstheorie und -politik", den Teilnehmern des "International Trade and Develop-

Der Beitrag gliedert sich wie folgt. In Abschnitt 1 wird die Problemstellung beschrieben. Der Zeitpfad des Ressourcenabbaus wird in den Abschnitten 2 und 3 entwickelt. In Abschnitt 2 wird der Fall des "high absorber" dargestellt; das Land tauscht die Ressource gegen Konsumgüter. Der Fall des "low absorber", der Einnahmeüberschüsse auf dem internationalen Kapitalmarkt anlegen kann, wird in Abschnitt 3 erörtert. Schließlich werden einige Erweiterungen des Modells diskutiert.

### 1. Problemstellung

Die Spezifizierung des Gegenwartsnutzens und der Opportunitätskosten einer exportierten Ressourceneinheit hängt von einer Fülle von Faktoren ab, die als mögliche Kandidaten für einen Erklärungsansatz in Betracht zu ziehen sind, in der Regel aber in formalen Modellen nicht alle adäquat erfaßt werden können.

#### 1.1 Einflußfaktoren des Abbauverhaltens

Ressourcenausstattung. Die Nutzungskosten des Ressourcenabbaus variieren mit der Größe des Ressourcenbestandes eines Landes: Reichlich ausgestattete Länder werden niedrige Opportunitätskosten für zukünftige Generationen ansetzen und deshalb relativ große Mengen anbieten.

Die relative Position einiger Ressourcenanbieter der Welt ist in den Schaubildern 1 (Erdöl) und 2 (Kupfer) festgehalten.

---

ment Workshop" am Massachusetts Institute of Technology, Mitgliedern der Ressourcengruppe der University of British Columbia, sowie Mitgliedern der volkswirtschaftlichen Fakultäten an der University of Washington in Seattle, der Australian National University und der Monash University.

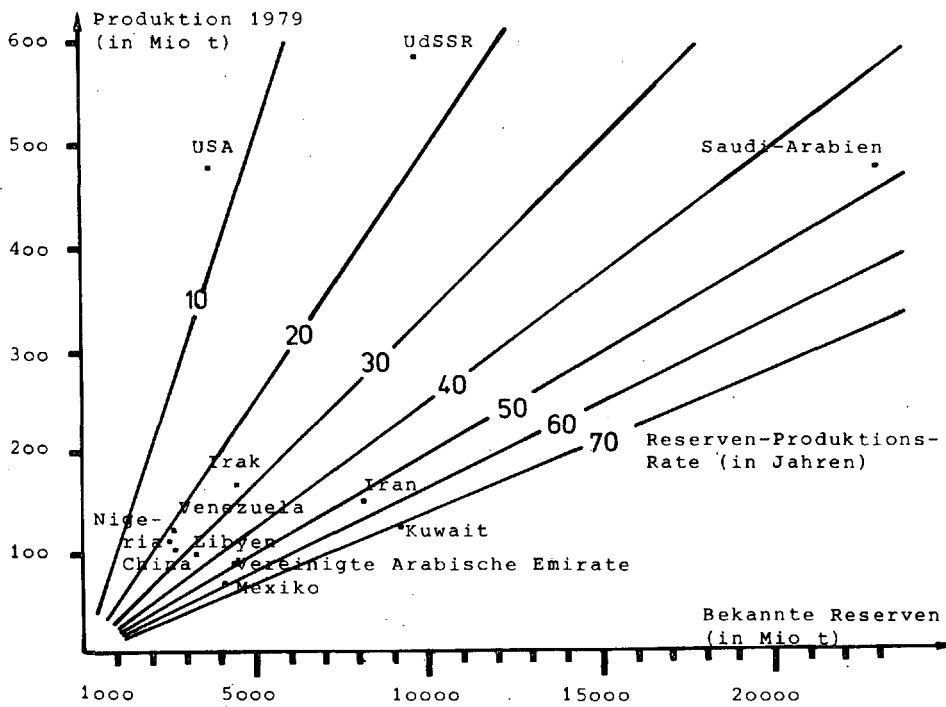


Schaubild 1. Produktion und Reserven: Erdöl

Quelle: Produktionsdaten: Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie 1982/83, 90. Jg., Essen 1983; Reserven: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.). Survey of Energy Resources 1980, München 1980.

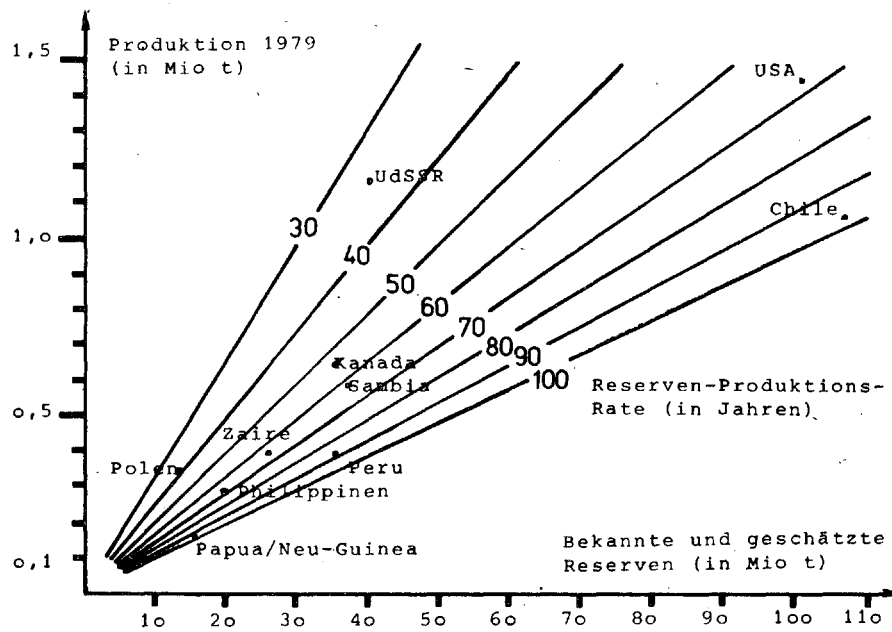


Schaubild 2. Produktion und Reserven: Kupfererz  
Quelle: Produktionsdaten: Metallgesellschaft AG.  
Metallstatistik 1969-1979, 67 Jg., Frankfurt 1980; Reserven:  
Kutzer, H. (Red.). Metalle - zwischen Mangel und Überfluß,  
Düsseldorf 1981.

Kapitalknappheit. Ressourcenextraktion ist kapital-intensiv. In der Regel haben Investitionen eine Ausreifungszeit von 5 - 10 Jahren (sog. cash sink hole). Dem Ressourcenland kann das Kapital fehlen, um eine Ressourcenindustrie aufzubauen, so daß eine Verschuldung eingegangen werden muß oder kapital-kräftigen Unternehmen die Entnahmerechte übertragen werden müssen.

Technologische Lücke. Oft verfügen Ressourcenländer nicht über die technische Expertise der Exploration und der Extraktion. Fremde Technologie muß ins Land gebracht werden, wobei institutionelle Regeln des Ressourcenabbaus einschließlich Besteuerung Bedeutung für das Abbauverhalten gewinnen.

Diskontrate. Eine hohe Diskontrate favorisiert einen frühen Abbau. Die Zeitpräferenzrate eines ressourcenexportierenden Landes ist durch solche Phänomene wie individuelle und soziale Einstellungen gegenüber der Zukunft, das Funktionieren des Kapitalmarktes und das politische System beeinflusst.

Elastizität der Importnachfrage. Ein Ressourcenland kann stark importabhängig sein. Dies mag etwa auf den internationalen Demonstrationseffekt im Konsum (Nurkse 1953), die Notwendigkeit von Kapitalimporten oder die Unfähigkeit, die Importnachfrage zu beschränken, zurückzuführen sein. Auch eine hohe Bevölkerungszahl kann die Ursache für eine unelastische Importnachfrage sein. Eine solche starre Importnachfrage schafft einen Druck, Devisen zu verdienen und damit Ressourcen zu exportieren; sie impliziert ein relativ großes Ressourcenangebot und die Vernachlässigung von Nutzungskosten.

Elastizität der Ressourcennachfrage. Das Zeitprofil des Abbaus wird ebenfalls von der Nachfrage nach der Ressource beeinflusst. Wenn die Nachfrage nach der Ressource unelastisch ist, hat das ressourcenexportierende Land die Option, die angebotenen Mengen niedrig zu halten, um auf diese Weise den Gegenwartsnutzen aus dem Export zu erhöhen. Bei einer elastischen

Ressourcennachfrage wird diese Option reduziert.

Politische Reaktionen in den ressourcennachfragenden Ländern. Die Elastizität der Ressourcennachfrage wird von den politischen Reaktionen in den ressourcenimportierenden Ländern beeinflusst. Wenn das politische System in den Industrienationen - wie etwa bei der amerikanischen Energiepolitik der 70er Jahre - Marktreaktionen ausschaltet, wird der Preisspielraum für das ressourcenexportierende Land erhöht. Läßt die Politik dagegen Anpassungsprozesse über Märkte zu, so wird die Nachfrageelastizität langfristig erhöht, und es werden Substitutionsprozesse stimuliert, so daß die Ressourcennachfrage reduziert wird.

Alternativtechnologie. Das ressourcenexportierende Land sieht sich dem Risiko gegenüber, daß der Ressourcennachfrager eine Alternativtechnologie (Nordhaus 1973) findet, die den Wert der Reserven im Boden verringert. Eine Alternativtechnologie setzt eine obere Grenze für den Ressourcenpreis.

Wettbewerbsposition. Die Nachfrage nach der Ressource eines Landes wird auch von der relativen Wettbewerbsposition des Landes im Weltmarkt beeinflusst. Wenn das Land den Weltmarkt dominiert oder wenn es ein barometrischer Preisführer ist, hat es einen relativ großzügigen Spielraum bei der Bestimmung seines Abbauprofils. Dies gilt nicht mehr, wenn die Reaktion anderer Anbieter in Betracht zu ziehen ist.

## 1.2 Das Modell

Das Ressourcenland maximiert seine Wohlfahrt aus dem Konsum über die Zeit  $(0, T)$ , wobei die zukünftige Wohlfahrt mit der Zeitpräferenzrate  $\delta$  abdiskontiert wird. Die Wohlfahrtsfunktion ist konkav.

$$(1.1) \quad W = W(D) \text{ mit } W_D > 0, W_{DD} < 0 \text{ und } \eta(D) = - \frac{D W_{DD}}{W_D} > 0,$$

wobei  $\eta(D)$  die Elastizität der Grenznutzenfunktion definiert. Man beachte, daß  $\eta$  mit  $D$  variiert, so daß  $\eta$  nicht konstant über die Zeit ist. Der Planungsendpunkt  $T$  ist zu bestimmen.

Das Land verkauft  $q$  Einheiten der Ressource im Weltmarkt zu einem Preis  $p$ . Es importiert ein Konsumgut  $D$  zum Preis  $\pi$ . Die Preise  $p$  und  $\pi$  sind in ausländischer Währung notiert. Wenn kein Kapitalverkehr stattfindet, ist die Budgetrestriktion oder die Zahlungsbilanz des Ressourcenlandes definiert durch

$$(1.2) \quad pq - \pi D \geq 0$$

Neben dem Zahlungsbilanzgleichgewicht sieht sich das Ressourcenland einer Ressourcenrestriktion gegenüber. Das Land besitzt einen finiten Stock einer nicht erneuerbaren natürlichen Ressource  $R_0$ . Dieser Ressourcenbestand wird in jeder Periode um die Menge  $q$  reduziert.

$$(1.3) \quad \dot{R} = -q$$

Zur Vereinfachung wird von Extraktionskosten abgesehen.

Um das Modell zu schließen, wird angenommen, daß das Nachfrageverhalten des ressourcenimportierenden Landes gegeben ist durch

$$(1.4) \quad q = f(p) \quad \text{mit} \quad f_p < 0 \quad \text{und} \quad \epsilon_{qp} = f_p \frac{p}{q} < 0$$

Die Nachfrage wird Null, wenn  $p = \bar{p}$ , d.h., wenn  $f(\bar{p}) = 0$ .

Märkte oder ein Auktionator setzen die Ressourcenpreise in einer solchen Weise, daß sowohl Periodengleichgewicht als auch Bestandsgleichgewicht sichergestellt ist. Insbesondere muß der Ausgangspreis  $p_0$  so gesetzt werden, daß Nachfrage und Angebot über alle Perioden gleich sind.

Bestandsgleichgewicht ist definiert als

$$(1.5) \quad R_0 \geq \int_0^{\infty} q \, dt = \int_0^{\infty} f(p) \, dt$$



Während der Auktionator oder die Märkte (mit einem System perfekter Zukunftsmärkte) die Gleichgewichtspreise setzen, betrachtet das ressourcenexportierende Land den Ressourcenpreis als gegeben. Das Land bestimmt also sein Angebot für eine gegebene Menge von Preisen und antizipiert das Nachfrageverhalten der ressourcennachfragenden Länder nicht. Das Ressourcenland verhält sich nicht wie ein Monopolist, sondern wie in vollständiger Konkurrenz.

Schließlich wird angenommen, daß der Preis des Gutes D in der Ausgangslage  $\pi_0$  und seine Änderungsrate in der Zeit  $\hat{\pi}$  gegeben sind.

$$(1.6) \quad \pi(0) = \pi_0 \quad \text{und} \quad \hat{\pi} \text{ konstant}$$

Da der Preis des Importgutes D gegeben ist, kann das Modell als ein partielles Gleichgewichtsmodell charakterisiert werden. Die Annahme des gegebenen Importpreises ist dadurch zu rechtfertigen, daß eine Modellierung eines Gleichgewichts für das Importgut D sehr aufwendig wäre. Das Modell erlaubt die Bestimmung des Ressourcenpreises p und seiner Veränderung in der Zeit.

## 2. Ressourcenexport für Konsumimport

Wenn ein Land die Ressource exportiert, um Konsumgüter importieren zu können, so ergibt sich aus einer intuitiven Überlegung die folgende Optimalitätsbedingung: Der Grenznutzen aus der Verwendung einer ausländischen Währungseinheit für den Import des Konsumgutes muß gleich sein den user costs dieser ausländischen Währungseinheit. Die user costs der ausländischen Währungseinheit werden durch den impliziten Preis für eine Ressourceneinheit in situ sowie den Ressourcenpreis bestimmt. Sind die user costs einer ausländischen Währungseinheit niedriger als der Grenznutzen, so sollte heute mehr importiert werden; um dies zu ermöglichen, muß heute mehr abge-

baut werden. Liegen dagegen die user costs einer ausländischen Währungseinheit höher als der Grenznutzen heute, so lohnt es sich, die Ressource im Boden zu lassen.

Bei Abbaukosten von Null muß der Gegenwartswert der Nutzungskosten konstant bleiben. Der laufende Wert der user costs steigt also gemäß der Hotelling-Regel mit der Diskontrate. Da sich der implizite Wert der Ressource im Boden in der Zeit erhöht, können wir erwarten, daß der Preis der natürlichen Ressource in der Zeit steigt. Dieser Preisanstieg wird aber durch die Nachfragebedingungen beschränkt. Es stellt sich deshalb die Frage, ob ein Preisanstieg und damit ein Rückgang der abgebauten Menge etabliert werden kann.

### 2.1 Optimalitätsbedingungen

Das Maximierungsproblem des ressourcenexportierenden Landes ist gegeben durch

$$(2.1) \quad \text{Max } \omega = \int_0^T e^{-\delta t} W(D) dt$$

u.d.B. 1.2, 1.3 und  $R(T) \geq 0$

wobei T eine freie Variable ist. Aus der Hamilton-Funktion H und der Lagrange-Funktion L

$$(2.2) \quad H = W(D) + \lambda(-q)$$

$$(2.3) \quad L = H + \rho(pq - \pi D)$$

erhalten wir die folgenden notwendigen Bedingungen

$$(2.3a) \quad \frac{\partial L}{\partial D} = W_D - \rho\pi = 0 \quad \Rightarrow \quad W_D = \rho\pi$$

$$(2.3b) \quad \frac{\partial L}{\partial q} = -\lambda + \rho p = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \rho p$$

$$(2.3c) \quad \dot{\lambda} = \delta\lambda - \frac{\partial H}{\partial R} \quad \Rightarrow \quad \hat{\lambda} = \delta$$

$$(2.3d) \quad \frac{\partial L}{\partial \rho} = pq - \pi D \geq 0 \quad \rho \frac{\partial L}{\partial \rho} = 0$$

Man definiere  $J = \zeta R(T)$ . Dann gilt nach Long und Vousden (1977) für die Transversalitätsbedingungen

$$(2.3e) \quad \zeta R(T) = 0 \quad \text{und} \quad \lambda(T) = \zeta \geq 0$$

$$(2.3f) \quad e^{-\delta T} H(T) = 0$$

(1) Bedingung 2.3a verlangt, daß der Grenznutzen aus dem Konsum einer Einheit des Importgutes gleich ist den Nutzungskosten des Imports dieses Gutes. Diese Nutzungskosten sind gegeben durch den Preis des Importgutes und dem Schattenpreis einer ausländischen Währungseinheit.

(2) Bedingung 2.3b verlangt, daß der Nutzen einer im Boden verbliebenen Ressource,  $\lambda$ , gleich ist dem Nutzen, der sich aus dem Verkauf der Ressource zur Erlangung ausländischer Währungseinheiten ergibt,  $\rho \cdot p$ .

Kombiniert man die Bedingungen 2.3a und 2.3b, so wird gefordert, daß der Grenznutzen aus dem Konsum gleich ist dem Produkt aus realem Importpreis und Schattenpreis der Ressource in situ,  $W_D = \lambda \pi / p$ . Wir vergleichen also den Nutzen einer Periode mit den Nutzenverlusten zukünftiger Perioden.

In Schaubild 3 sind die Optimalitätsbedingungen einer willkürlichen Periode dargestellt. Sei  $\pi$  konstant. Für gegebenes  $\rho$  wird die Konsummenge durch Gleichung 2.3a oder durch die Grenznutzenkurve im oberen Quadranten von Schaubild 3 bestimmt. Ist die Konsummenge  $D$  spezifiziert, so ist bei gegebenem  $\rho$  und gegebenem Preis der Ressource  $p$  auch die Angebotsmenge der Ressource bestimmt. Im unteren Quadranten von Schaubild 3 sei  $\text{tg } \alpha = \pi/p$  wobei  $1/\alpha$  die terms of trade des ressourcenexportierenden Landes bezeichnet. Bei gegebenem Konsum  $OA$  und gegebenem  $\text{tg } \alpha$  ist die Angebotsmenge  $q = D\pi/p$  aus Gleichung 2.3d bestimmt ( $AB$  in Schaubild 3). Der Fahrstrahl  $OS$

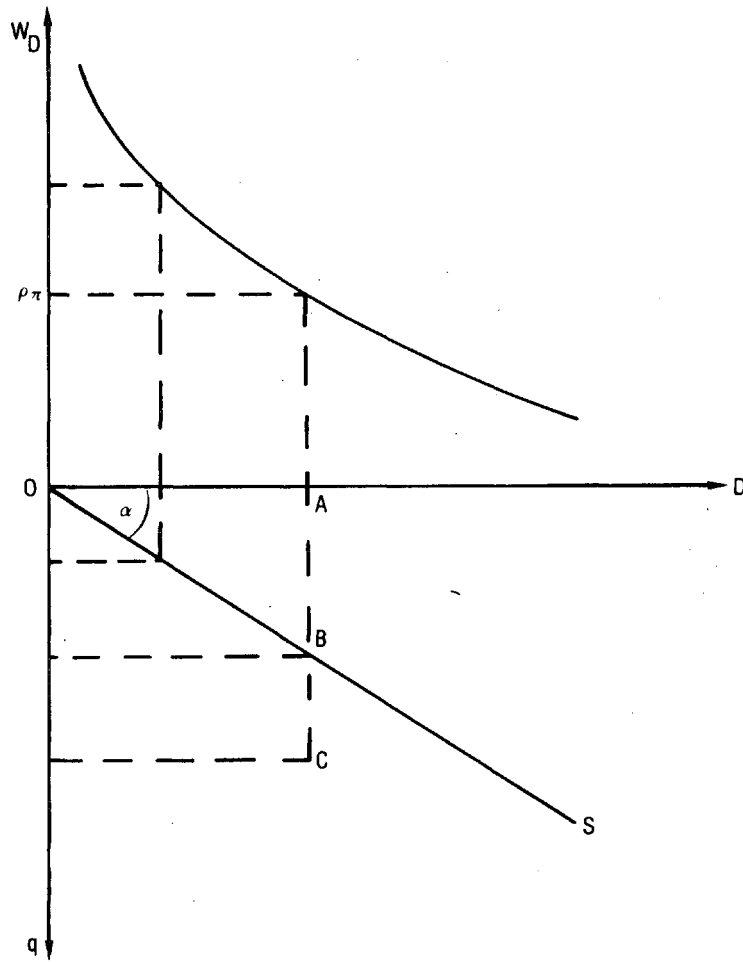


Schaubild 3.

bezeichnet die Budgetrestriktion des ressourcenexportierenden Landes.

(3) Der implizite Wert einer Ressourceneinheit im Boden,  $\lambda$ , steigt mit der Diskontrate, d.h. der Gegenwartswert bleibt konstant (Hotelling Regel).

(4) Im folgenden nehmen wir an, daß die Zahlungsbilanz im Gleichgewicht ist, so daß der Schattenpreis einer ausländischen Währungseinheit positiv<sup>1)</sup> ist, d.h.  $\rho > 0$ . Aus den Gleichungen 2.3b und 2.3c ergibt sich für die prozentuale Veränderung des Schattenpreises  $\rho$

$$(2.4) \quad \hat{\rho} = \delta - \hat{p}$$

Man betrachte den Fall  $\delta < \hat{p}$ , in dem der Ressourcenpreis schneller steigt als die Zeitpräferenzrate. In einer geschlossenen Volkswirtschaft ist das die Bedingung dafür, daß es sich nicht lohnt, die Ressource abzubauen. Für eine offene Volkswirtschaft verlangt Gleichung 2.4 für diesen Fall  $\delta < \hat{p}$ , daß der Schattenpreis einer ausländischen Währungseinheit in der Zeit fällt. Ein solcher Fall mag sich einstellen, wenn der Preis des importierten Guts D stark sinkt oder wenn die Ressourcennachfrage extrem unelastisch in der Ausgangslage ist und in der Zeit elastischer wird. Im folgenden werden wir das Hauptgewicht auf den Fall

$$(2.5) \quad \delta > \hat{p}$$

legen, wobei der Schattenpreis  $\rho$  in der Zeit steigt. Der Gegenfall  $\delta < \hat{p}$  mit einem fallenden  $\rho$  wird aber nicht ausgeschlossen. Man nehme an, daß  $\hat{\pi} > \delta$  ist. Dann ist es lohnend, das Konsumgut heute zu importieren und es für die Zukunft zu lagern,

---

1) In einer strikten Interpretation gilt  $\rho \geq 0$ .  $\rho = 0$  würde implizieren, daß eine ausländische Währungseinheit nicht zur Zielfunktion beiträgt; dieser Fall kann hier außer acht bleiben.

wenn Lagerung im Modell erlaubt wäre. Dies aber würde eine zusätzliche Gleichung für den Lagerbestand des importierten Gutes verlangen. Um Lagerung auszuschließen, nehmen wir an

$$(2.5a) \quad \delta > \hat{\pi}$$

Schließlich sei noch darauf verwiesen, daß der Fall  $\delta < \hat{\rho}$  bedeutet, daß der Schattenpreis der ausländischen Währung schneller steigt als die Zeitpräferenzrate. Dann aber wäre es lohnend, ausländische Währungen zu halten. Diesen Fall hatten wir jedoch dadurch ausgeschlossen, daß die Zahlungsbilanz ausgeglichen sein muß. Man beachte, daß  $\delta < \hat{\rho}$  einen fallenden Ressourcenpreis impliziert. Wir werden jedoch als Hauptfall den Fall eines steigenden Ressourcenpreises betrachten. Dann muß gelten

$$(2.5b) \quad \delta > \hat{\rho}$$

(5) Die Differentiation der Gleichung 2.3a nach der Zeit und Substitution der Gleichung 2.4 ergibt

$$(2.6) \quad \hat{D} = \frac{1}{-\eta(D)} (\delta - \hat{p} + \hat{\pi})$$

Damit der Konsum abnimmt, ist hinreichend

$$(2.6a) \quad \delta > \hat{p} - \hat{\pi} \Rightarrow \hat{D} < 0$$

Für gegebenen Importpreis, also  $\hat{\pi} = 0$ , ist dies die Bedingung dafür, daß in einer geschlossenen Volkswirtschaft Ressourcen abgebaut werden. In einer offenen Volkswirtschaft muß  $\delta$  größer sein als die Veränderung in den terms of trade  $\hat{p} - \hat{\pi}$ .

Gleichung 2.6 kann umgeschrieben werden als

$$(2.6b) \quad \hat{p} = \delta + \eta \hat{D} + \hat{\pi}$$

Diese Optimalitätsbedingung erinnert an die Ramsey-Regel in Modellen optimalen Wachstums (Dasgupta und Heal 1979). Die

linke Seite der Gleichung 2.6b drückt den Nutzen der Option aus, eine Ressourceneinheit im Boden zu belassen. Die rechte Seite bezeichnet die Kosten des Wartens.  $\delta + \eta \hat{D}$  ist die Konsumdiskontrate (Dasgupta 1978) für eine geschlossene Ökonomie. Addiert man die Preisveränderung des Importgutes, so kennzeichnet die rechte Seite die Konsumdiskontrate eines ressourcenexportierenden Landes.

## 2.2 Eine Bedingung für einen steigenden Ressourcenpreis

(1) Aus der bisher vorliegenden Information kann der Marktpreis der natürlichen Ressource nicht bestimmt werden. Denn die Optimalitätsbedingung 2.6 ist nicht hinreichend, um sowohl  $\hat{D}$  als auch  $\hat{p}$  zu bestimmen. Für die Ermittlung einer Lösung brauchen wir zusätzliche Gleichungen. Aus der Nachfragegleichung ergibt sich

$$(2.7) \quad \hat{q} = \epsilon_{qp} \hat{p}$$

Differenziert man Gleichung 1.2 nach der Zeit, so erhält man

$$(2.8) \quad \hat{p} + \hat{q} = \hat{\pi} + \hat{D}$$

Diese Gleichung verlangt Gleichgewicht in der Zahlungsbilanz in der Zeit. Die drei Gleichungen 2.6, 2.7 und 2.8 enthalten die drei Variablen  $\hat{q}$ ,  $\hat{D}$  und  $\hat{p}$ . Aus diesen Gleichungen ergibt sich

$$(2.9) \quad p = \frac{\delta + \hat{\pi}(1 - \eta)}{1 - \eta(1 + \epsilon_{qp})} = \frac{\delta + \hat{\pi}(1 - \eta)}{\eta m}$$

mit  $m = -1 - \epsilon_{qp} + \frac{1}{\eta}$  wobei  $m > 0$  bedeutet, daß die Marshall-Lerner-Bedingung erfüllt ist. Die Elastizität der Grenznutzenfunktion  $\eta$  kann als die Importnachfrageelastizität des ressourcenexportierenden Landes interpretiert werden. Dies folgt aus Bedingung 2.3a, die implizit eine Nachfragefunktion  $D = D(\pi, \rho)$  definiert. Sei  $\epsilon_{D\pi} = D_{\pi} \cdot \frac{\pi}{D}$  und nimmt man  $\rho$  als ge-

geben an (z.B. für eine Periode), so ergibt sich

$$\epsilon_{D\pi} = -\frac{1}{\eta} < 0.$$

(2) Der Preis steigt, wenn die rechte Seite von Gleichung 2.9 positiv ist. Als hinreichende Bedingung für einen Preisanstieg ergibt sich

$$(2.9a) \quad \left. \begin{array}{l} \delta + \hat{\pi} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon_{D\pi}} \right) > 0 \\ m > 0 \Leftrightarrow -\epsilon_{qp} - \epsilon_{D\pi} > 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \hat{p} > 0$$

Der zweite Teil der Bedingung 2.9a ist die Marshall-Lerner Bedingung. Wenn die Marshall-Lerner Bedingung erfüllt ist, ist der Nenner positiv, selbst dann wenn die Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes unelastisch ist. Folglich ist eine elastische Nachfrage des ressourcenexportierenden Landes nach seinem Importgut D hinreichend dafür, daß der Preis der Ressource steigt. Diese Bedingung bedeutet, daß das ressourcenexportierende Land seine Nachfrage nach dem Importgut D leicht reduzieren kann; deshalb kann es auch das Angebot der Ressource leicht anpassen. Es braucht ausländische Währung nicht so dringend. Wir halten fest, daß in diesem Modell das Angebot der natürlichen Ressource direkt mit der Konsumnachfrage verknüpft ist.

Wenn die Nachfrage des ressourcenexportierenden Landes unelastisch ist und wenn dennoch die Marshall-Lerner Bedingung erfüllt ist, kann der Preis der natürlichen Ressource steigen, wenn gilt  $\delta > \hat{\pi} \left( 1 + 1/\epsilon_{D\pi} \right)$ , d.h. wenn das ressourcenexportierende Land hinreichend ungeduldig ist.

(3) Um die Analyse zu vereinfachen, sei ein konstanter Preis des Importgutes unterstellt. Dann steigt der Preis der natürlichen Ressource, wenn die Marshall-Lerner Bedingung erfüllt ist.

$$(2.9b) \quad m > 0 \Leftrightarrow -\epsilon_{qp} - \epsilon_{D\pi} > 1 \Rightarrow \hat{p} > 0$$



Die Stärke des Preisanstiegs variiert mit der Nachfrageelastizität des ressourcenimportierenden Landes.

$$(2.9c) \quad \hat{\pi} = 0 \quad \text{und} \quad -\epsilon_{qp} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 1 \Rightarrow \eta_m \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 1 \Rightarrow \hat{p} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \delta$$

Ist die Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes elastisch ( $-\epsilon_{qp} = 1$ ), dann steigt der Preis mit der Zeitpräferenzrate. Der Schattenpreis  $\rho$  und der Konsum  $D$  bleiben konstant. Ist die Nachfrage nach der Ressource elastisch ( $-\epsilon_{qp} > 1$ ), steigt der Preis mit einer niedrigeren Rate als der Zeitpräferenzrate. Der Schattenpreis  $\rho$  steigt und der Konsum  $D$  wird verringert. Ist schließlich die Ressourcennachfrage unelastisch ( $-\epsilon_{qp} < 1$ ) steigt der Ressourcenpreis mit einer höheren Rate als die Zeitpräferenzrate. Dies impliziert, daß  $\rho$  fällt (Gleichung 2.4) und der Konsum zunimmt.

### 2.3 Das Szenario eines steigenden Ressourcenpreises

(1) Mit steigendem Ressourcenpreis fällt die abgebaute Menge in der Zeit. Der Rückgang der abgebauten Menge bedeutet, daß das ressourcenimportierende Land sich entlang seiner Nachfragekurve nach oben bewegt. Die Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes wird elastischer. Man beachte, daß die Inelastizität der Nachfrage des Ressourcenimporteurs  $\hat{p} > \delta$  in den Ausgangsperioden impliziert, womit eine Zunahme des Konsums möglich ist, bis schließlich  $\hat{p} = \delta$  wird. Die ursprüngliche Abhängigkeit des Ressourcenimporteurs macht es für das ressourcenexportierende Land leicht, ausländische Währungseinheiten zu verdienen. Die Abhängigkeit gestattet ferner, daß der Konsum für einige Anfangsperioden zunimmt.

(2) Man unterstelle eine isoelastische Grenznutzenkurve des ressourcenexportierenden Landes. Da die Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes mehr und mehr elastisch wird, muß der Anstieg des Ressourcenpreises in der Zeit geringer werden und schließlich gegen Null gehen.

Das Verhalten der Ökonomie in der Zeit kann mit Schaubild 3 verdeutlicht werden. Wenn die Marshall-Lerner Bedingung erfüllt,  $\eta$  konstant und  $-\epsilon_{qp} > 1$  ist, steigt der Schattenpreis der Devisen  $\rho$ , der Grenznutzen  $W_D$  nimmt zu, und die Konsummenge nimmt ab. Das ressourcenexportierende Land bewegt sich also auf seiner Grenznutzenkurve nach oben. Gleichzeitig sinkt  $\pi/p$ , weil der Preis  $p$  steigt,  $tg \alpha$  wird kleiner und das Angebot wird reduziert. Das ressourcenexportierende Land verbessert seine terms of trade.

(3) In Schaubild 4 wird der Zeitpfad des Ressourcenpreises gezeigt. In Schaubild 4.b unterstellen wir ein gegebenes Nachfrageverhalten des ressourcenimportierenden Landes in jeder Periode. Märkte oder der Auktionator setzen den Gleichgewichtspreis  $p_0$  und bestimmen den Preisanstieg so, daß die Märkte in jeder Periode und über die Zeit geräumt werden.

Für eine lineare Nachfragefunktion können die Elastizitätswerte leicht verdeutlicht werden, so daß  $p_a$  der Ressourcenpreis für  $-\epsilon_{qp} = 1$  ist. Dieser Ressourcenpreis  $p_a$  wird in Periode  $\tilde{t}$  erreicht. Vor  $\tilde{t}$  gilt  $\hat{p} > \delta$ ; nach  $\tilde{t}$  gilt  $\hat{p}' < \delta$ .

Sei  $\hat{\pi} = 0$  und sei  $\delta/\eta m = \gamma$ . Dann ist die Steigung des Preispfades gegeben durch

$$(2.9d) \quad \dot{p}_t = \gamma p_t.$$

Ein Wendepunkt des Preispfades wird erreicht, wo  $\ddot{p} = 0 \Leftrightarrow \hat{p}_t = -\hat{\gamma}$ . Für gegebenes  $\eta$  ist die prozentuale Änderungsrate in  $\gamma$  durch die Änderung in der Nachfrageelastizität bestimmt.<sup>2)</sup>

2) Für gegebenes  $\eta$  gilt

$\hat{\gamma} = \frac{\delta \eta \epsilon_{qp}}{(\eta m)^2}$  und  $-\hat{\gamma} = -\frac{\epsilon_{qp}}{m}$  mit  $-\dot{\epsilon}_{qp} > 0$  und  $-\hat{\gamma} > 0$ , so daß  $-\hat{\gamma}$  in der Zeit steigt. Man beachte, daß für  $p_a$  in  $\tilde{t}$  gelten muß  $\dot{p} = \delta p$  und deshalb  $\ddot{p} = \delta^2 \gamma > 0$ , so daß wir  $\ddot{p} = 0$  nach  $\tilde{t}$  haben.

Die Änderung der Elastizität ist klein für  $-\epsilon_{qp} < 1$  und nimmt mit einer höheren Elastizität zu. Folglich muß der Wendepunkt des Preispfades in  $t > \tilde{t}$  liegen.

(4) Mit sinkender Steigerungsrate des Ressourcenpreises und mit  $\hat{p} \rightarrow 0$  nähert sich der Preis dem Wert  $\bar{p}$ , bei dem die Nachfrage Null wird. Aus der Transversalitätsbedingung 2.3f ergibt sich

$$(2.10) \quad e^{-\delta T} \lambda(T) q(T) = e^{-\delta T} W(D)$$

Wir können den Fall ausschließen, daß der Gegenwartswert des Schattenpreises  $\lambda(T) = 0$ , denn das würde implizieren, daß  $\rho_0 p_0 = 0$  ist, so daß entweder die Ressource nicht knapp ist oder Devisen keinen positiven Wert in der Ausgangslage haben. Ferner gilt  $q(T) = f(\bar{p}) = 0$ , da  $\bar{p}$  erreicht wird. Aus diesen beiden Bedingungen folgt, daß  $D$  im Endzeitpunkt  $T$  Null sein muß, wenn  $T$  finit ist. Aus Gleichung 2.3a ergibt sich jedoch, daß mit steigendem Schattenpreis  $\rho$  der Grenznutzen  $W_D$  steigt und damit der Endzeitpunkt im Unendlichen liegt. Dann gilt  $D \rightarrow 0$ . Mit steigendem  $\lambda$  wissen wir aus Gleichung 2.3e, daß der Ressourcenbestand im Endzeitpunkt  $T$  erschöpft ist.

(5) Wenn wir die Bedingung einer konstanten Elastizität  $\eta$  aufgeben, hängt das Verhalten von  $\eta$  in der Zeit von den Eigenschaften der Nutzenfunktion ab. Wenn das ressourcenexportierende Land von dem importierten Gut  $D$  abhängiger wird, d.h. wenn  $\eta$  steigt, wird die Veränderungsrate des Ressourcenpreises reduziert. Wenn jedoch  $\eta$  in der Zeit fällt, haben wir zwei gegenläufige Effekte auf die Preissteigerungsrate  $\hat{p}$ : Die höhere Elastizität  $-\epsilon_{qp}$  reduziert den Preisanstieg; das niedrigere  $\eta$  arbeitet in die andere Richtung. Unterstellt man  $\hat{\eta} = 0$ , so

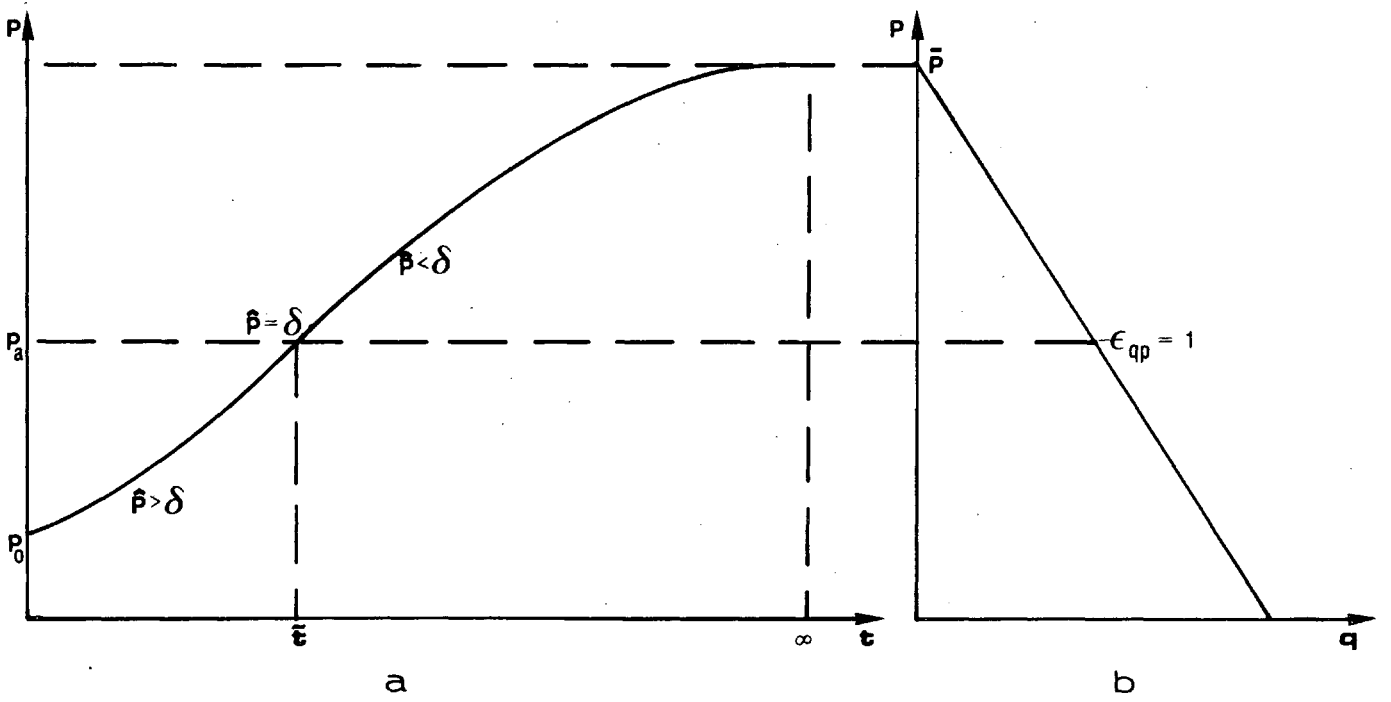


Schaubild 4.

wird der Preisanstieg in der Zeit reduziert, wenn<sup>3)</sup>

$$(2.9e) \quad \hat{\epsilon}_{qp} > -\hat{\eta} \left(1 + \frac{1}{\epsilon_{qp}}\right) \Leftrightarrow \hat{\epsilon}_{qp} + \hat{\eta} > -\frac{\hat{\eta}}{\epsilon_{qp}}$$

Sei die Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes elastisch, dann limitiert Gleichung 2.9e die Zunahme in der Nachfrageelastizität des ressourcenexportierenden Landes. Alternativ formuliert: Gleichung 2.9e verlangt, daß die Elastizität der Nachfrage des ressourcenimportierenden Landes stärker steigt als die Elastizität der Importnachfrage nach dem Gut D (des ressourcenexportierenden Landes). Diese Bedingung kann intuitiv interpretiert werden. Denn wenn der Ressourcenexporteur seine Nachfrageelastizität relativ zum Ressourcenimporteur zunehmen lassen würde, so könnte der Preis der Ressource mit einer zunehmenden Rate steigen. Dies ergibt sich daraus, daß der Ressourcenexporteur geneigt wäre, seine Angebotsmengen mehr und mehr zu reduzieren, da er weniger abhängig von seinen Importen wird.

#### 2.4 Die Auswirkung einer höheren Zeitpräferenzrate und eines niedrigeren Ressourcenstocks

Man vergleiche zwei identische ressourcenexportierende Länder, die sich der gleichen Nachfragefunktion gegenübersehen. Unterstellt sei eine konstante Elastizität der Grenznutzenkurve.

3) Für  $\hat{\pi} = 0$  ist die Bedingung für eine Reduktion in der Zuwachsrate des Ressourcenpreises

$$\frac{d \left[ \frac{\delta}{1 - \eta \left(1 + \frac{1}{\epsilon_{qp}}\right)} \right]}{dt} < 0$$

$$\text{oder} \quad - (1 + \epsilon_{qp}) \dot{\eta} - \eta \dot{\epsilon}_{qp} > 0$$

Dies ist äquivalent zu Gleichung 2.9e.

(1) Man betrachte einen Fall, in dem Land B eine höhere Zeitpräferenzrate als Land A hat. Dann muß die Zuwachsrate des Ressourcenpreises in Land B in der Ausgangslage höher sein; der Ausgangspreis  $p_0$  muß niedriger sein. Infolge des größeren Verbrauchs in der Ausgangslage (wegen des niedrigeren Preises) muß der Preispfad früher flach verlaufen. In diesem flacheren Bereich des Preispfades ist die Zuwachsrate des Preises niedriger. In Schaubild 5 ist Preispfad 1 identisch mit dem Preispfad in Schaubild 4.

(2) Angenommen Land B habe einen niedrigeren Ressourcenstock. Dann ist die Änderungsrate des Preises wieder durch Gleichung 2.9 gegeben. Der Preis der Ausgangslage  $p_0$  muß höher festgesetzt werden. Verglichen mit dem Preispfad ABC ist jetzt nur ein Teil BC des Preispfades 1 relevant. Pfad 3 in Schaubild 5 stellt einen solchen Preispfad eines ressourcenärmeren Landes dar. Der Preispfad verschiebt sich nach links um den Kurvenabschnitt AB. In beiden Fällen ist der Endzeitpunkt unendlich.

### 3. Recycling von Ressourceneinnahmen

In diesem Abschnitt geben wir die Annahme auf, daß das ressourcenexportierende Land seine Handelsbilanz ausgleichen muß. Vielmehr lassen wir jetzt zu, daß das Ressourcenland seine Ressourcengewinne im internationalen Kapitalmarkt anlegen kann. Die relevante Budgetrestriktion ist also jetzt die Zahlungsbilanz.

Das Ressourcenland hat zwischen zwei Anlagemöglichkeiten zu wählen: Der Ressource im Boden oder Wertpapieren. Sein Entscheidungsproblem kann als ein Portfolio-Problem interpretiert werden. Eines der Kapitalgüter, der Ressourcenstock, ist in der Ausgangslage gegeben. Das Land hat die Option, den Ressourcenstock in Finanzkapital zu transformieren. Unter welchen Bedingungen lohnt es sich, den Ressourcenstock abzubauen und Finanzkapital als eine bessere Form der Investition zu akkumulieren?

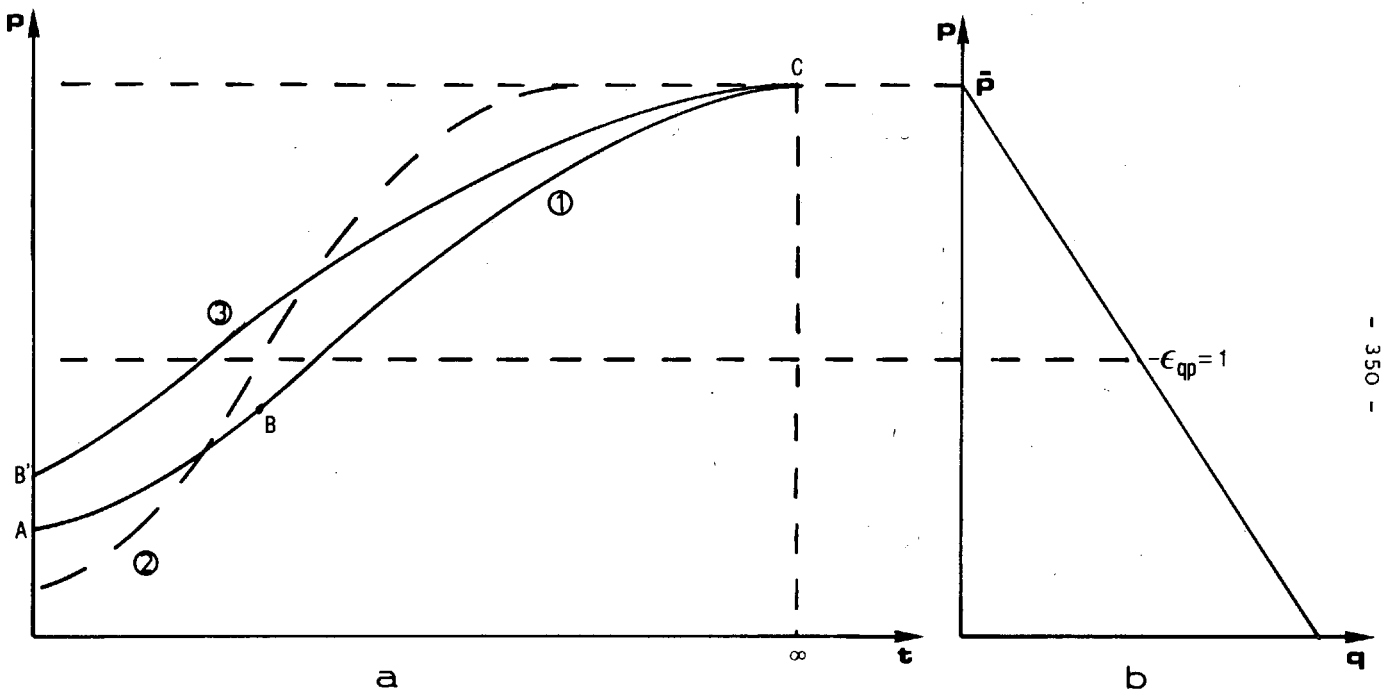


Schaubild 5

Ein Ressourcenland, das einen Teil seiner Einnahmen zur Akkumulation von Finanzkapital verwenden kann, hat einen Anreiz, heute mehr Ressourcen anzubieten. Damit wird das Knappheitsproblem für die gegenwärtige Generation erleichtert. Aber die andere Seite der Medaille ist logischerweise, daß das Ressourcenland weniger von Ressourceneinnahmen in der Zukunft abhängig wird und damit in der Zukunft einen geringeren Anreiz hat, die Ressourcen anzubieten. Obwohl der Preis in der Ausgangslage geringer sein wird, wird der Preis schneller steigen, und die Abbaumengen werden schneller zurückgenommen. Die Erschöpfung erfolgt in einem früheren Zeitpunkt. Das Knappheitsproblem wird in der Zukunft verschärft. Finanzaktiva dienen als ein Kissen, auf dem das Ressourcenland gut ruhen kann. Zwar ist die Ressource erschöpft, aber Zinseinnahmen und das Einkommen aus der Auflösung der Finanzaktiva ermöglichen es, Importe und den Konsum aufrecht zu erhalten. Die Einführung eines perfekten Kapitalmarktes mit einer gegebenen Zinsrate separiert das Problem des optimalen Konsums und des optimalen Abbaus der Ressourcen. Das ist Fisher's Separationstheorem (Fisher 1930).

Das Ressourcenland kann Finanzaktiva  $V$  erwerben, die ein Zins-einkommen  $rV$  erlauben. Ursprünglich sei der Bestand an Finanzaktiva dieses Landes Null. Die Finanzaktiva sind in ausländischer Währung notiert. Dann ist die Änderung des Bestandes der Finanzaktiva gegeben durch

$$(3.1) \quad \dot{V} = pq + rV - \pi D$$

Diese Gleichung kann auch als Zahlungsbilanz interpretiert werden, wobei die linke Seite den Kapitalverkehr bezeichnet, und die rechte Seite den Leistungsbilanzsaldo.  $\dot{V} > 0$  signalisiert die Akkumulation von Finanzkapital und Kapitalexport;  $\dot{V} < 0$  bezeichnet die Reduktion von Finanzkapital oder Kapitalimporte.



### 3.1 Optimalitätsbedingungen

Das ressourcenexportierende Land löst das folgende Maximierungsproblem

$$(3.2) \quad \text{Max } \omega = \int_0^T e^{-\delta t} W(D) dt$$

u.d.B. 1.3, 3.1 und  $V(T) \geq 0$

Die Hamilton Funktion ist

$$(3.3) \quad H = W(D) + \lambda(-q) + \rho(pq - \pi D + rV)$$

Es ergeben sich die folgenden Bedingungen für ein Maximum

$$(3.3a) \quad \frac{\partial H}{\partial D} = W_D - \rho\pi = 0 \quad \Rightarrow \quad W_D = \rho\pi$$

$$(3.3b) \quad \frac{\partial H}{\partial q} = -\lambda + \rho p = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \rho p \quad \text{für } q > 0$$

$$(3.3c) \quad \dot{\lambda} = \delta\lambda - \frac{\partial H}{\partial R} \quad \Rightarrow \quad \hat{\lambda} = \delta$$

$$(3.3d) \quad \dot{\rho} = \delta\rho - \frac{\partial H}{\partial V} \quad \Rightarrow \quad \hat{\rho} = \delta - r$$

Gleichung 3.3b gilt für  $q > 0$ . Will man  $q = 0$  zulassen, so ist die Lagrange-Funktion

$$L = H + \xi q$$

zu definieren. Dann ergibt sich anstelle von Gleichung 3.3b

$$\frac{\partial L}{\partial q} = \frac{\partial H}{\partial q} + \xi = 0$$

und

$$\frac{\partial L}{\partial \xi} = q \geq 0 \quad \xi \geq 0 \quad q\xi = 0$$

so daß

$$(3.3e) \quad \begin{aligned} q > 0 &\Rightarrow \xi = 0 \Rightarrow \frac{\partial H}{\partial q} = 0 \\ q = 0 &\Rightarrow \xi \geq 0 \Rightarrow \frac{\partial H}{\partial q} + \xi = 0 \Rightarrow \frac{\partial H}{\partial q} \leq 0 \Rightarrow p \leq \frac{\lambda}{\rho} \end{aligned}$$

Definiere  $J = \mu V(T)$  nach Long und Vousden (1977). Dann ergibt sich als Transversalitätsbedingung

$$(3.3f) \quad \mu V(T) = 0 \quad \text{und} \quad \mu = \rho(T) \geq 0$$

(1) Die Bedingungen 3.3a - 3.3c sind identisch zu den Bedingungen 2.3a - 2.3c. Die konsumierten Mengen des Gutes D werden durch die Grenznutzenkurve bestimmt. Der Schattenpreis der Ressource ist gleich dem Wert der ausländischen Finanzaktiva, die man durch den Export einer Ressourceneinheit erhält. Der Ressourcenpreis steigt mit der Zeitpräferenzrate in der Zeit.

Aus den Gleichungen 3.3a und b ergibt sich

$$(3.3g) \quad \frac{W_D}{\pi} = \rho \leq \frac{\lambda}{p}$$

In jeder Periode muß der Schattenpreis einer ausländischen Währungseinheit ( $\rho$ ) gleich sein dem Grenznutzen aus der Verwendung einer Währungseinheit für den Import ( $W_D/\pi$ ). Ferner muß der Schattenpreis einer Währungseinheit gleich sein den Nutzungskosten, die man in Kauf nehmen muß, um eine Währungseinheit zu verdienen ( $\lambda/p$ ). Man beachte, daß die Gleichheit auf der rechten Seite von Gleichung 3.3g nur für positive Mengen  $q > 0$  gilt.

(2) Differenziert man Gleichung 3.3b nach der Zeit und setzt man Gleichungen 3.3c und 3.3d ein, so erhält man für die Veränderung des Preises

$$(3.4) \quad \hat{p} = r$$

Die Änderung des Preises der Ressource wird vollständig durch die Zinsrate bestimmt. Da die Zinsrate als durch den Weltkapitalmarkt gegeben betrachtet wird, ist auch die Veränderungsrate des Preises gegeben. Mit einer gegebenen Preisänderungsrate ist die Abbaurate bestimmt (vergleiche Gleichung 2.7). Das Zeitprofil des Abbaus ist unabhängig vom Zeitprofil des Konsums. Dies bestätigt das bekannte Resultat, daß bei perfekten Kapitalmärkten Produktion (Abbau) und Konsumententscheidungen getrennt sind (Fisher 1930, Schmalensee 1976, Long 1977, Hoel 1981).

(3) Nimmt man eine hohe Zeitpräferenzrate relativ zum Zinssatz an

$$(3.5) \quad \delta > r,$$

so impliziert dies, daß der Schattenpreis der ausländischen Finanzaktiva in der Zeit steigt (Gleichung 3.3d). Die Differentiation der Gleichung 3.3a nach der Zeit und Einsetzen von Gleichung 3.3d ergeben

$$(3.6) \quad \hat{D} = \frac{1}{-\eta} (\delta - r + \hat{\pi})$$

Ein zunehmender oder konstanter Preis des importierten Gutes  $D$  und die Bedingung  $\delta > r$  sind also hinreichende Bedingungen für die Abnahme des Konsums.<sup>4)</sup> Die Ökonomie startet von einem hohen Konsumniveau und legt ursprünglich nur einen geringen Wert auf Finanzaktiva. In der Zeit wird der Konsum reduziert und Finanzaktiva werden höher bewertet.

---

4) Man beachte, daß im Fall  $\delta < r$  der Schattenpreis  $\rho$  fällt,  $D$  für konstantes  $\pi$  zunimmt und  $\dot{V}$  negativ sein kann. Die Ökonomie startet von einem niedrigen Konsumniveau; und sie legt einen hohen Schattenpreis  $\rho$  auf ausländische Finanzaktiva in der Ausgangslage.

(4) Die Optimalitätsbedingungen in einer beliebigen Periode werden in Schaubild 6 erläutert. Sei  $\pi$  gegeben und konstant. Dann bestimmt der Schattenpreis  $\rho$  die Konsummenge OA (Gleichung 3.3a). Schreibt man Gleichung 3.1 um, so gilt

$$D = \frac{\rho}{\pi} q + \frac{r}{\pi} V - \frac{\dot{V}}{\pi}$$

Sei  $\text{tg } \alpha = r/\pi$  und  $\text{tg } \beta = \rho/\pi$ . Sind die Finanzaktiva AB in einer Periode gegeben, so hat das Land ein Zinseinkommen AA' (in Einheiten des Gutes D), so daß ein Teil seines Konsums nicht von Exporten alimentiert werden muß. Exporte der Naturressource in Höhe von OE sind nur erforderlich, um OA' Einheiten des Konsumgutes importieren zu können. Weitere Einheiten der Ressource (z.B. EF) müssen exportiert werden, um Finanzaktiva akkumulieren zu können.

(5) In der Zeit steigt der Schattenpreis  $\rho$ , und der Konsum fällt (für  $\delta > r$ ). Der Bestand an Finanzaktiva V steigt, so daß bei konstantem  $\text{tg } \alpha = r/\pi$  die Zinseinnahmen zunehmen und nur ein geringerer Teil des Konsums durch Exporte zu finanzieren ist. Bei konstantem  $\pi$  verbessern sich auch die terms of trade des ressourcenexportierenden Landes, d.h.  $\text{tg } \beta$  steigt, so daß weniger Ressourcen exportiert werden müssen, wenn ein gegebenes Importniveau aufrecht erhalten werden soll. Folglich machen drei Effekte das ressourcenexportierende Land in der Zeit weniger abhängig von Ressourceneinnahmen: Eine fallende Importnachfrage, ein höherer Bestand an Finanzaktiva und verbesserte terms of trade.

(6) Man beachte, daß durch Einsetzen der Gleichung 3.3b sich die Hamilton Funktion vereinfacht zu

$$(3.7) \quad H(t) = W(D) + \rho(rV - \pi D)$$

Wenn der Abbau optimiert ist, ist der Konsum die einzige Instrumentvariable des Problems. Die Hamilton Funktion 3.7 läßt

erkennen, daß Abbaumentscheidungen und Konsumententscheidungen separiert sind.

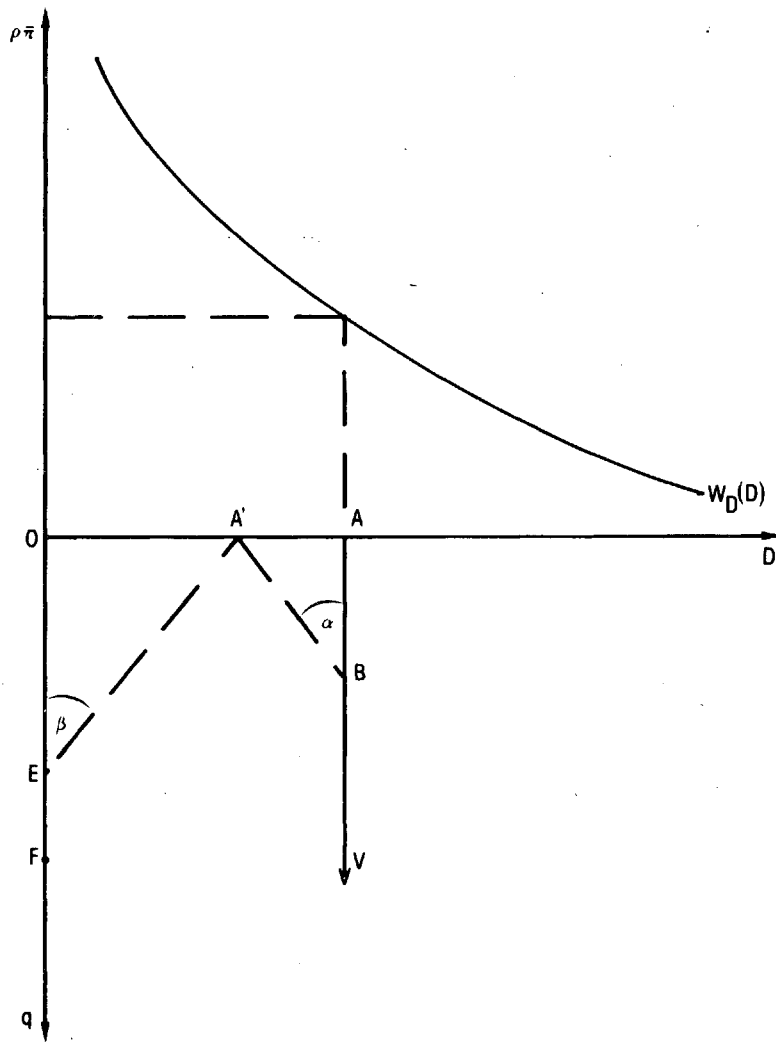


Schaubild 6.

### 3.2 Zeitpfad des Ressourcenpreises und Erschöpfung

Um einige Eigenschaften des Modells zu erörtern, definiere man die Periode  $\tilde{T}$  als die Periode, in der der Ressourcenpreis  $p$  den Wert  $\bar{p}$  erreicht. Dann sind die Ressourcenexporte Null. Wegen  $\hat{p} = r$  wird  $\tilde{T}$  in finiter Zeit erreicht.

(1) Bevor  $p$  den Wert  $\bar{p}$  erreicht, gilt die Gleichheit in Gleichung 3.3g. Wenn  $\bar{p}$  in  $\tilde{T}$  erreicht wird, gilt

$$\rho(\tilde{T}) < \frac{\lambda}{\bar{p}} = \frac{\lambda_0 e^{\delta \tilde{T}}}{\bar{p}} = a.$$

Da  $\tilde{T}$  durch  $p = \bar{p}$  bestimmt ist und da  $\lambda_0$  endogen im Programm spezifiziert wird, erreichen die Nutzungskosten einer ausländischen Währungseinheit einen Maximalwert, der den Schattenpreis  $\rho(\tilde{T})$  beschränkt. In Perioden  $t > \tilde{T}$  steigt der Schattenpreis  $\rho$  gemäß Gleichung 3.3d, aber die Nutzungskosten einer Währungseinheit durch Verkauf der Ressource bleiben konstant. Folglich gilt

$$(3.8) \quad \frac{w_D(t)}{\pi} = \rho(t) > a \quad \text{für } t > \tilde{T}$$

Die Ressource nach  $\tilde{T}$  im Boden zu lassen, kann als eine Option betrachtet werden, ausländische Währungseinheiten zu lagern, da jede Einheit der Ressource  $\bar{p}$  Einheiten der ausländischen Währung nach  $\tilde{T}$  verdient. Die Gleichungen 3.7 und 3.8 implizieren aber, daß der Schattenpreis ausländische Währung über Ressourcen im Boden zu lagern kleiner ist als der Schattenpreis der Lagerung ausländischer Währung über Finanzaktiva. Folglich ist die Lagerung von Währungen über Ressourcen nicht optimal, nachdem  $\bar{p}$  erreicht wurde. Dieses Resultat ist intuitiv verständlich, da eine Einheit der Ressource nur einen konstanten Preis  $\bar{p}$  verdient, während Finanzaktiva ein Zins-einkommen  $rV$  bringen.

Man unterstelle, daß das Ressourcenland im Zeitpunkt  $\tilde{T} + 1$  noch eine Ressourceneinheit habe. Dann kann es diese Ressourceneinheit zum Preis  $\bar{p}$  im Zeitpunkt  $\tilde{T} + 1$  verkaufen. Hätte es die Ressourceneinheit in  $\tilde{T}$  verkauft und hätte es das Ressourceneinkommen in Finanzaktiva investiert, würde es im Zeitpunkt  $\tilde{T} + 1$  ein Einkommen  $\bar{p}(1 + r)$  haben. Folglich kann es nicht optimal sein, die Ressource im Boden zu belassen. Die Ressource ist im Zeitpunkt  $\tilde{T}$  erschöpft.

Im Zeitpunkt  $\tilde{T}$  werden Finanzaktiva nicht mehr von Ressourceneinnahmen akkumuliert. Können Aktiva vom Zinseinkommen akkumuliert werden? Angenommen das wäre der Fall. Da  $\rho$  steigt (für  $\delta > r$ ) wird der Konsum reduziert. Folglich fällt gemäß  $\dot{V} = rV - \pi D$  der Ausdruck  $\pi D$  in der Zeit. Dann aber würde  $V$  in der Zeit steigen. Gleichung 3.3f verlangt aber, daß  $\rho(T) = \mu > 0$  ist, was impliziert  $V(T) = 0$ , so daß im Endzeitpunkt  $T$  die Finanzaktiva aufgebraucht sein müssen.  $V(T) = 0$  schließt  $\dot{V} \geq 0$  nach  $\tilde{T}$  aus, so daß  $\dot{V} < 0$  von  $\tilde{T}$  an gilt. Die Finanzaktiva werden in unendlicher Zeit aufgebraucht, wenn  $W_D \rightarrow \infty$  und  $D \rightarrow 0$ . Folglich gilt  $\tilde{T} < T \rightarrow \infty$ .

(2) In Schaubild 7 ist der Zeitpfad des Ressourcenpreises dargestellt. Von 0 bis  $\tilde{T}$  wird Finanzkapital akkumuliert. In  $\tilde{T}$  ist der Ressourcenstock erschöpft und die Akkumulation kommt zum Ende. Der Ressourcenpreis hat  $\bar{p}$  erreicht. Von  $\tilde{T}$  bis  $T$  werden die Finanzaktiva und das Zinsaufkommen für den Import des Konsumgutes  $D$  verwendet. Die Konsummengen nehmen von  $\tilde{T}$  an ab.

(3) Die Akkumulation des Finanzkapitals dient also als ein Kissen für das ressourcenexportierende Land. Die Akkumulation separiert das Problem des optimalen Konsums und des optimalen Abbaus der Naturressource. Der Konsum kann nach der Erschöpfung der Ressource fortgesetzt werden.

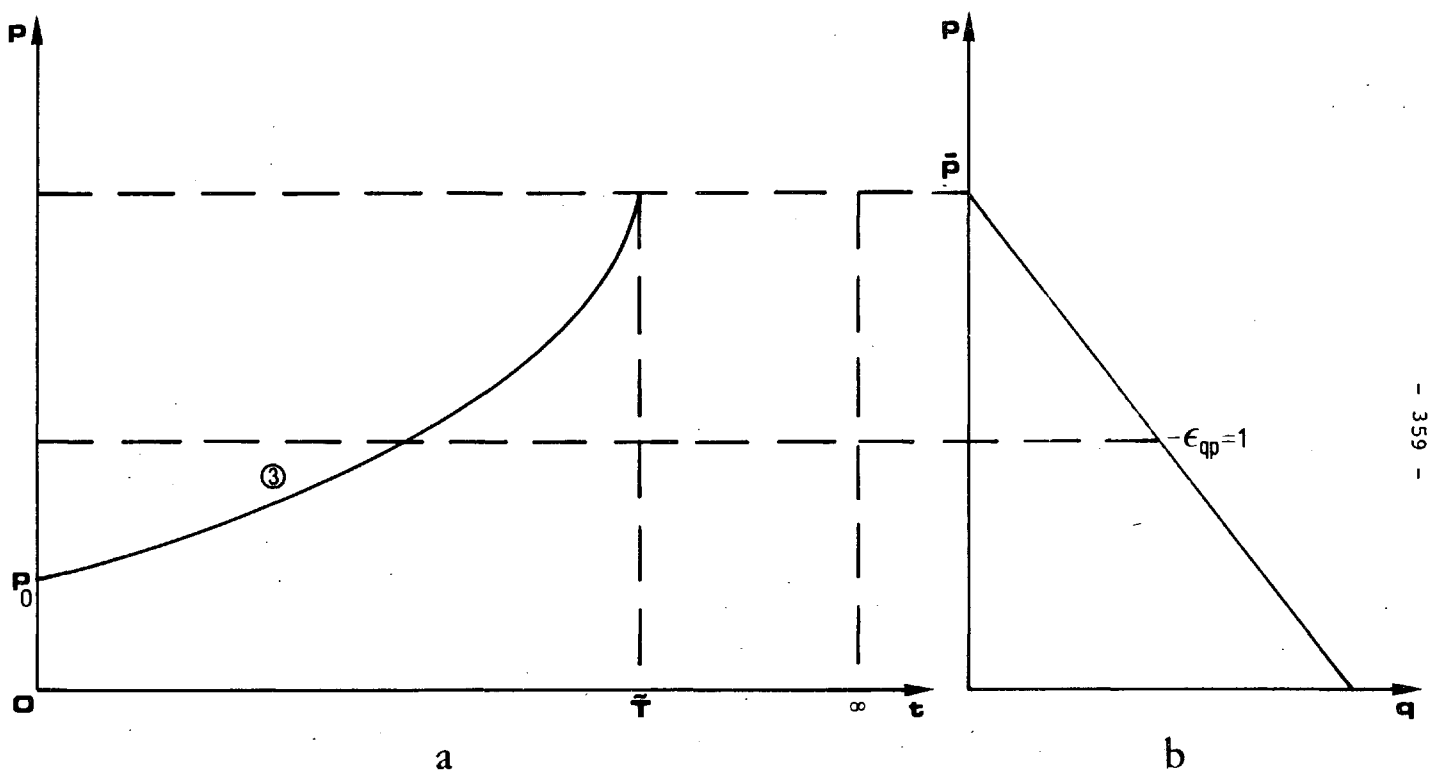


Schaubild 7.



Es ist bereits betont worden, daß das hier behandelte Modell ein partielles Gleichgewichtsmodell ist. Eine Situation  $\dot{V} < 0$  impliziert die Existenz anderer Aktivitäten in den Industrienationen, so daß sie fortfahren können, das Konsumgut D zu produzieren, ohne die Naturressource importieren zu müssen.

(4) In einem Szenario steigender Importpreise schmelzen die Finanzaktiva schneller in der Zeit dahin. Der Konsum muß schneller in der Zeit zurückgeführt werden.

### 3.3 Die Inzidenz des Recycling

Wir können nun die Änderungsrate des Ressourcenpreises in einer Welt mit und ohne Recycling vergleichen. Ohne Recycling steigt der Ressourcenpreis mit einer variablen Rate  $\hat{p} \geq \delta$ , wobei die Rate in der Zeit abnimmt. Im Recycling Fall steigt der Ressourcenpreis mit der konstanten Rate  $r$ . Folglich muß der Ressourcenpreis im Recycling Fall wenigstens für einige Perioden  $t$  stärker steigen, so daß gilt

$$(3.9) \quad \hat{p}^R = r > \frac{\delta + \hat{\pi}(1 - \eta)}{1 - \eta(1 + \epsilon_{qp})} = \hat{p}$$

Man unterstelle einen identischen Ressourcenstock in beiden Fällen und identische Nachfragefunktionen. Dann impliziert Gleichung 3.9, daß der Preispfad im Recycling-Fall (Pfad 3 in Schaubild 8) den Preispfad ohne Recycling wenigstens einmal von unten schneiden muß.

Ein Preispfad, der nicht von unten schneidet, wie z.B. Pfad 2, verletzt das Bestandsgleichgewicht. Bei Preispfad 2 in Schaubild 8 wird in jeder Periode eine geringere Menge nachgefragt. Die Ressource ist nicht erschöpft, wenn  $\bar{p}$  erreicht wird. Folglich ist ein solcher Preispfad nicht zulässig. Der Preis im Recycling-Fall muß wenigstens für einige Perioden niedriger sein als im Nichtrecycling-Fall.

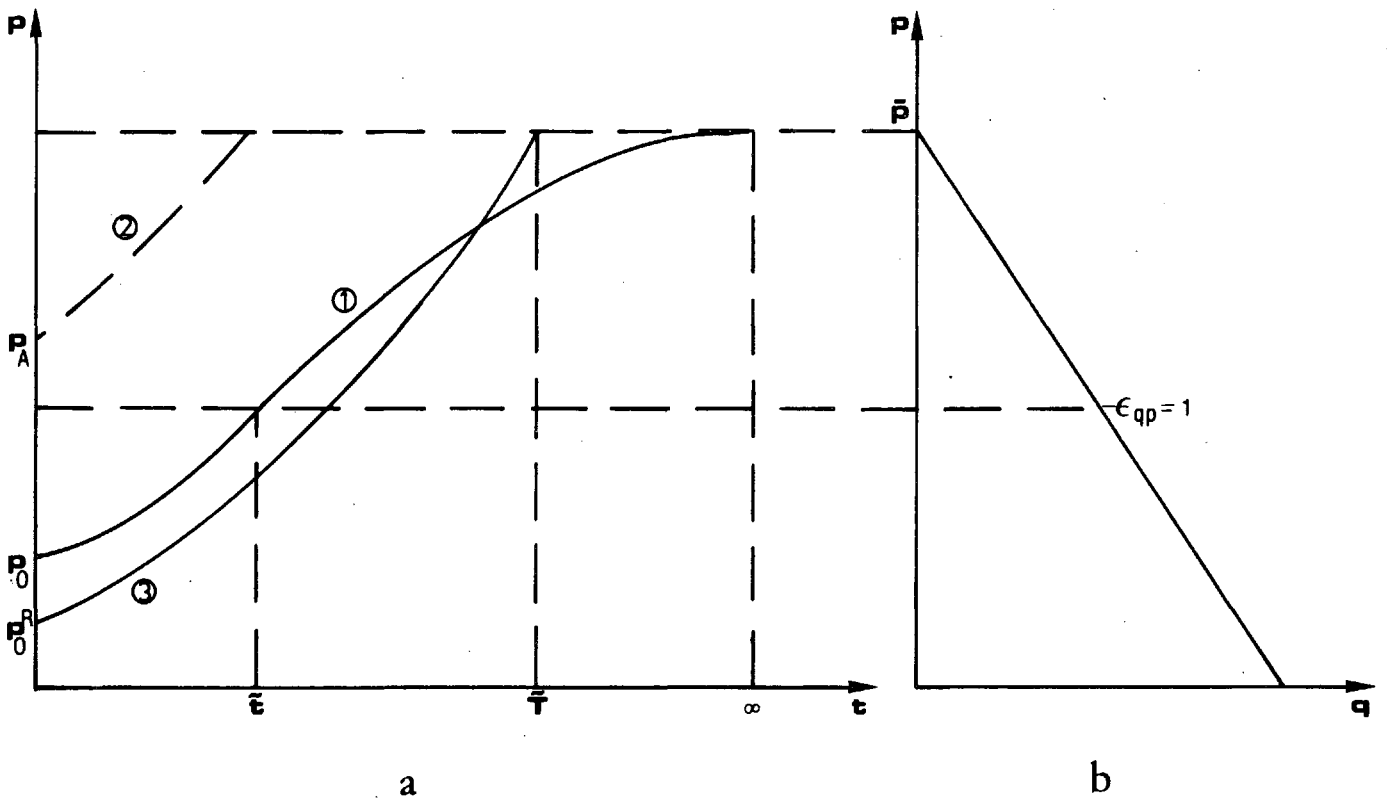


Schaubild 8.

Definiert man den Preis  $p_A$  als den Preis, bei dem  $-e_{qp} = 1$  wird und bezeichnet man mit  $\tilde{t}$  die mit diesem Preis assoziierte Periode, dann läßt sich zeigen, daß der Preispfad des Recycling-Falls in einer Periode  $t > \tilde{t}$  schneiden muß. Denn wegen  $\hat{p} = \delta$ ,  $\hat{p}^R = r$  und  $\delta > r$  gilt  $\dot{p} = \delta p_A > r p_A = \dot{p}^R$ , so daß für  $p_A$  der Zeitpfad des Recycling-Falls eine niedrigere Steigung hat. Folglich muß der Preispfad des Recycling-Falls von unten für eine Periode  $t > \tilde{t}$  schneiden.

Der Preispfad im Recycling-Fall kann ein zweites Mal schneiden, und zwar von oben. Dies muß aber bevor  $\tilde{t}$  erfolgen. In dieser Konstellation erfährt das ressourcenimportierende Land niedrigere Ressourcenpreise nicht in den Anfangsperioden sondern für einige Zwischenperioden. Wenn der Preispfad nur einmal schneidet, so ist ein niedrigerer Anfangspreis  $p_0$  impliziert und eine größere Abbaumenge in den anfänglichen Perioden. Das Knappheitsproblem wird in den anfänglichen Perioden für das ressourcenimportierende Land durch Recycling abgeschwächt. Wir können wie folgt zusammenfassen: Die Anlage von Ressourceneinnahmen auf dem Weltkapitalmarkt favorisiert ein Abbauprofil zugunsten der jetzigen Generation. Dadurch wird das Knappheitsproblem heute reduziert. Die andere Seite der Medaille ist aber, daß der Preis stärker steigt, daß die abgebauten Mengen in der Zukunft geringer werden und damit das Knappheitsproblem in der Zukunft verschärft wird.

#### 4. Erweiterungen

Das vorstehende Modell kann in einer Reihe von Richtungen erweitert werden, wenn zusätzliche Restriktionen oder Optionen des ressourcenexportierenden Landes in Betracht gezogen werden.

(1) Anstatt die Ressourceneinnahmen auf dem internationalen Kapitalmarkt anzulegen, kann das ressourcenexportierende Land einen Kapitalstock zu Hause akkumulieren. Langfristig wird

also der Ressourcenbestand durch einen Kapitalstock substituiert (Siebert 1982a). Dieser Aufbau der industriellen Basis geht einher mit einer Politik der vertikalen Integration.

(2) Das ressourcenreiche Land kann sich in der Ausgangslage verschulden, um seine Ressourcenindustrie aufzubauen. Die Frage lautet dann, wie diese Anfangverschuldung das Zeitprofil des Abbaus beeinflusst, und ob es dem ressourcenreichen Land gelingt, von der Position des Schuldners in eine Gläubigerposition umzuwechseln, ob also eine Metamorphose Mexikos in Saudi-Arabien möglich ist (Siebert 1982b).

(3) Das Ressourcenland zieht ausländische Unternehmen hinzu, um seinen Ressourcenbestand abzubauen. Dann stellt sich die Frage, wie institutionelle Regelungen (Entnahmerechte, Besteuerung) zu entwickeln sind, wenn das Ressourcenland seine langfristigen Ziele erreichen will (Garnaut und Clunies-Ross 1975, 1979; Kobrin 1983; Meyer 1983).

(4) Schließlich können eine Fülle weiterer Fragestellungen aufgenommen werden, wie etwa die Wettbewerbsposition eines Landes (Monopol, Kartell) oder Risikoverhalten.

##### 5. Literaturverzeichnis.

- Brown, G.M. und B.C. Field (1973), Implications of Alternative Measures of Natural Resource Scarcity. *Journal of Political Economy* 86, 229-243.
- Dasgupta, P.S. (1978), Fairness between Generations and the Social Rate of Discount. *Resources Policy* 4, 172-177.
- Dasgupta, P.S. und G.M. Heal (1979), *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Welwyn: Nisbet and Cambridge University Press.
- Fisher, I. (1930), *The Theory of Interest*. New York: MacMillan.

- Garnaut, R. und A. Clunies-Ross (1975), Uncertainty, Risk Aversion and the Taxing of Natural Resource Projects. *Economic Journal* 85, 272-287.
- Garnaut, R. und A. Clunies-Ross (1979), The Neutrality of the Resource Rent Tax. *Economic Record* 55, 193-201.
- Hartje, V.J. (1984), Neuere Vertragsformen bei der Nutzung von Petroleumlagerstätten in den Entwicklungsländern, Manuskript Mannheim.
- Hnyilicza, E. und R.S. Pindyck (1976), Pricing Policies for a Two-Part Exhaustible Resource Cartel: The Case of OPEC. *European Economic Review* 8, 129-154.
- Hoel, M. (1981), Resource Extraction by a Monopolist with Influence over the Rate of Return on Non Resource Assets. *International Economic Review* 22, 147-157.
- Kobrin, S.J. (1983), The Nationalization of Oil Production: (1918-1980; in: D.W. Pearce, H. Siebert and I. Walter (Eds.), *Megaprojects - The Political Economy of Resource Development*, London: MacMillan, forthcoming 1983.
- Long, N.V. (1977), Optimal Exploitation and Replenishment of a Natural Resource; in: J.D. Pitchford and S.J. Turnovsky, *Applications of Control Theory to Economic Analysis*. Amsterdam: North Holland, 81-106.
- Long, N.V. und N. Vousden (1977), Optimal Control Theorems; in: J.D. Pitchford and S.J. Turnovsky, *Applications of Control Theory to Economic Analysis*. Amsterdam: North Holland, 11-34.
- Marshall, A.E. (1890), *Principles of Economics*. London: McMillan.
- Meyer, A. (1984), Besteuerung von erschöpfbaren Ressourcen: Die Rohstoffrentensteuer, Manuskript Mannheim.
- Nordhaus, W.D. (1973), The Allocation of Energy Resources. *Brookings Papers on Economic Activity*, 529-576.
- Nurkse, R. (1953), *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*, 2nd Edition. Oxford: Blackwell.
- Pindyck, R.S. (1978), Gains to Producers from the Cartelization of Exhaustible Resources. *Review of Economics and Statistics* 60, 238-251.

- Pindyck, R.S. (1979), The Cartelization of World Commodity Markets. American Economic Review 69, Papers and Proceedings, 154-158.
- Schmalensee, R. (1976). Resource Exploitation Theory and the Behavior of the Oil Cartel. European Economic Review 7, 257-279.
- Siebert, H. (1981), Import Taxes and the Intertemporal Supply of Natural Resources. Discussion Paper, Mannheim.
- Siebert, H. (1982a), The Intertemporal Supply of a Resource-Exporting Country with Internal Capital Accumulation. Discussion Paper, Mannheim.
- Siebert, H. (1982b), Borrowing and Resource-Extraction of the Capital-Poor Country. Discussion Paper, Mannheim.
- Siebert, H. (1983a), Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen. Tübingen: Mohr/Siebeck.
- Siebert, H. (1983b), The Economics of Large-Scale Resource Ventures in: D.W. Pearce, H. Siebert u. I. Walter (Hrsg.): Risk and the Political Economy of Resource Development, MacMilland, New York und London 1983.
- Siebert, H. (1984a), Economics of the Resource-Exporting Country. Intertemporal Theory of Supply and Trade. JAI-Press, Greenwich, Conn.
- Siebert, H. (1984b) (Hrsg.), The Resource Sector in an Open Economy, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, No. 200, Springer, Heidelberg.
- Toussaint, S. (1982). Notwendige Optimalitätsbedingungen in der Kontrolltheorie. Discussion Paper, Mannheim.