

Konrad, Kai A.

**Working Paper**

## Die Hartwick-Regel im Fall bestandsabhängiger Extraktionskosten

Münchener Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge, No. 87-03

**Provided in Cooperation with:**

WZB Berlin Social Science Center

*Suggested Citation:* Konrad, Kai A. (1987) : Die Hartwick-Regel im Fall bestandsabhängiger Extraktionskosten, Münchener Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge, No. 87-03, Volkswirtschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, München

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/112686>

**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.*



## WZB-Open Access Digitalisate

## WZB-Open Access digital copies

---

Das nachfolgende Dokument wurde zum Zweck der kostenfreien Onlinebereitstellung digitalisiert am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB).

Das WZB verfügt über die entsprechenden Nutzungsrechte. Sollten Sie sich durch die Onlineveröffentlichung des Dokuments wider Erwarten dennoch in Ihren Rechten verletzt sehen, kontaktieren Sie bitte das WZB postalisch oder per E-Mail:

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH

Bibliothek und wissenschaftliche Information

Reichpietschufer 50

D-10785 Berlin

E-Mail: [bibliothek@wzb.eu](mailto:bibliothek@wzb.eu)

The following document was digitized at the Berlin Social Science Center (WZB) in order to make it publicly available online.

The WZB has the corresponding rights of use. If, against all possibility, you consider your rights to be violated by the online publication of this document, please contact the WZB by sending a letter or an e-mail to:

Berlin Social Science Center (WZB)

Library and Scientific Information

Reichpietschufer 50

D-10785 Berlin

e-mail: [bibliothek@wzb.eu](mailto:bibliothek@wzb.eu)

---

Digitalisierung und Bereitstellung dieser Publikation erfolgten im Rahmen des Retrodigitalisierungsprojektes **OA 1000+**. Weitere Informationen zum Projekt und eine Liste der ca. 1 500 digitalisierten Texte sind unter <http://www.wzb.eu/de/bibliothek/serviceangebote/open-access/oa-1000> verfügbar.

This text was digitizing and published online as part of the digitizing-project **OA 1000+**.

More about the project as well as a list of all the digitized documents (ca. 1 500) can be found at <http://www.wzb.eu/en/library/services/open-access/oa-1000>.

DIE HARTWICK-REGEL IM FALL BESTANSABHÄNGIGER  
EXTRAKTIONSKOSTEN

von

Kai A. Konrad

Mai 1987

---

Anschrift des Autors: Kai A. Konrad  
Volkswirtschaftliches Institut  
der Universität München  
Ludwigstr. 33/III  
8000 München 22

Die MÜNCHNER WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHEN BEITRÄGE werden von der Volkswirtschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München herausgegeben. Die inhaltliche Verantwortung für die Beiträge liegt bei den Autoren und nicht bei der Fakultät.

Volkswirtschaftliche Fakultät  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Ludwigstraße 28  
D - 8000 München 22



Unter welchen Bedingungen<sup>1</sup> kann eine Ökonomie dauerhaft ein konstantes positives Konsumniveau aufrechterhalten, wie es dem Rawls-Kriterium<sup>2</sup> intergenerationaler Gerechtigkeit entspricht, obgleich sie zur Produktion eine erschöpfbare Ressource einsetzt? HARTWICK (1977) beantwortet diese Frage für eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion: Ein dauerhaft positives und konstantes Konsumniveau bei intertemporaler Effizienz impliziert Investitionen in Höhe der Profite aus der Ressourcenextraktion. BUCHHOLZ (1980) verallgemeinert diese Hartwick-Regel für neoklassische Produktionsfunktionen und zeigt, daß die Hartwick-Regel und die Solow-Stiglitz-Bedingung<sup>3</sup> intertemporaler Effizienz für ein konstantes positives Konsumniveau einander bedingen, insofern also äquivalent sind.

Wir werden nun die Hartwick-Regel verallgemeinern und eine Investitionsregel für einen konstanten Konsum bei Bestandsabhängigkeit der Extraktionskosten herleiten. Die Analyse ist aus zwei Gründen von Relevanz:

Zum einen ändert sich bei bestandsabhängigen Extraktionskosten nicht nur die Bedingung intertemporaler Effizienz. Bestandsabhängige Extraktionskosten können auch nicht implizit im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion berücksichtigt werden, da in ihr nur Arbeit, Kapital und der Ressourcenverbrauch, nicht aber der Ressourcenbestand Produktionsfaktoren sind. Wir berücksichtigen diesen Bestand, indem wir den Extraktionssektor der Ökonomie explizit modellieren und eine bestandsabhängige Extraktionskostenfunktion unterstellen.

---

<sup>1</sup>Für zahlreiche Anregungen, kritische Diskussion und wertvolle Hinweise danke ich meinem Lehrer, Professor H.-W. Sinn, sowie meinen Kollegen, H. Kotsch, S. Panther und Dr. K. Wieland. Für verbleibende Fehler bin ich allein verantwortlich.

<sup>2</sup>Vgl. RAWLS (1971).

<sup>3</sup>Vgl. SIEBERT (1983), S. 144-145.

Zum andern zeigt das Ergebnis, daß bei bestandsabhängigen Extraktionskosten die Hartwick-Regel nur unter speziellen Annahmen über die Extraktionskostenfunktion gilt. Unter allgemeineren Annahmen gilt, daß Investitionen nicht in Höhe der gesamten Ressourcenprofite erfolgen müssen, sondern nur in Höhe der um die Extraktionsprofite geminderten Profite der Ressourcenanbieter.

### Das Modell

Wir betrachten im wesentlichen die gleiche Ökonomie wie Hartwick, die wir um einen Extraktionssektor erweitern, in dem die Extraktionskosten vom Ressourcenbestand abhängen.  $Y = F(K(t), R(t))$  sei die gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion.  $F$  sei zweimal stetig differenzierbar in  $R(t)$ , der eingesetzten Ressourcenmenge, und in  $K(t)$ , dem Kapitalstock. Es gelte<sup>4</sup>  $F_R > 0$ ,  $F_K > 0$ ,  $F_{RR} < 0$ ,  $F_{KK} < 0$ ,  $F_{RK} = F_{KR} > 0$ . Der produzierte Output  $Y$  besteht aus einem Universalgut. Es kann konsumiert, investiert, zur Extraktion von Ressourcen benutzt oder kostenlos weggeworfen werden. Die Extraktionstechnologie ist beschrieben durch eine Extraktionskostenfunktion  $E(S(t), R(t))$ .  $E$  sei zweimal stetig differenzierbar in  $S(t)$ , dem Ressourcenbestand zum Zeitpunkt  $t$ , und in  $R(t)$ , der in  $t$  extrahierten Ressourcenmenge. Es gelte  $E(0, S) = 0$ ,  $E_R > 0$ ,  $E_S < 0$ ,  $E_{RR} \geq 0$  und  $E_{RS} \leq 0$ . Die Extraktionskostenfunktion hat also folgende Eigenschaften: Die Grenzkosten der Extraktion in Bezug auf die Extraktionsmenge  $R$  sind positiv und nicht fallend. Mit abnehmendem Ressourcenbestand  $S$  steigen die Extraktionskosten und die Grenzkosten  $E_R$  sinken zumindest nicht.

---

<sup>4</sup>Zur Vereinfachung der Schreibweise werden wir im folgenden den Zeitindex  $t$  meist weglassen.

SINN (1981) hat gezeigt, daß für diese recht allgemeine Extraktionskostenfunktion folgende verallgemeinerte Effizienzbedingung<sup>5</sup> gilt:

$$(1) \quad \frac{\dot{F}_R}{F_R} = F_K \left( 1 - \frac{E_R}{F_R} \right) + \frac{\dot{E}_R}{E_R} \frac{E_R}{F_R} + \frac{E_S}{F_R}$$

bzw.

$$(1') \quad \dot{F}_R = F_R F_K - F_K E_R + \dot{E}_R + E_S$$

$F_X$  und  $E_X$  symbolisieren die partiellen Ableitungen von  $F$  und  $E$  nach  $X \in \{S, R, K\}$ , ein Punkt über einer Größe symbolisiert den Operator  $d/dt$ , zwei Punkte die zweimalige Anwendung dieses Operators.

Es gilt nun folgender Satz (verallgemeinerte Hartwick-Regel im Fall bestandsabhängiger Extraktionskosten):

Seien  $F$  und  $E$  wie oben spezifiziert. Sei  $\{(K(t), R(t))\}_{t \geq 0}$  ein Kapital-Ressourcenpfad, der in  $K$  und  $R$  bezüglich  $t$  zweimal stetig differenzierbar ist. Gilt die Solow-Stiglitz-Sinn-Effizienzbedingung (1), dann impliziert ein konstantes positives Konsumniveau die Investitionsregel

$$(2) \quad \dot{K} = F_R R - E_R$$

Gilt umgekehrt (2), so impliziert ein konstantes positives Konsumniveau (1).

<sup>5</sup>Für  $E(S, R) \equiv 0$  degeneriert (1) zur Solow-Stiglitz-Bedingung  $\dot{F}_R/F_R = F_K$ .

Dieses Ergebnis ist deswegen erstaunlich, weil die Anschauung zunächst vermuten läßt, daß die Kapitalakkumulation aufgrund der hinzugetretenen Extraktionskosten nun forciert werden müßte, zumal bei bestandsabhängigen Extraktionskosten ein immer größerer Anteil der Produktion für die Extraktion eingesetzt werden muß und nicht zum Konsum zur Verfügung steht. Die ökonomische Interpretation zu (2) ist eine andere. Wir betrachten das Profitmaximierungskalkül eines Ressourcenbesitzers und -Extrahenten auf vollkommenen Wettbewerbsmärkten mit Marktgleichgewichtspreis  $p(t)$  der Ressource und Zinssatz  $r$ . Er maximiert

$$\max_{\{R(t)\}_{t \geq 0}} \int_0^{\infty} [p(t)R(t) - E(S(t), R(t))] e^{-rt} dt$$

unter den Nebenbedingungen

$$S(0) = S_0$$

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

Aus den notwendigen Bedingungen für ein Maximum erhält man aus der Hamiltonfunktion in laufenden Werten,

$$(3) \quad \mathcal{H} = pR - E(R, S) + \lambda(-R),$$

für den Schattenpreis der Ressource in situ

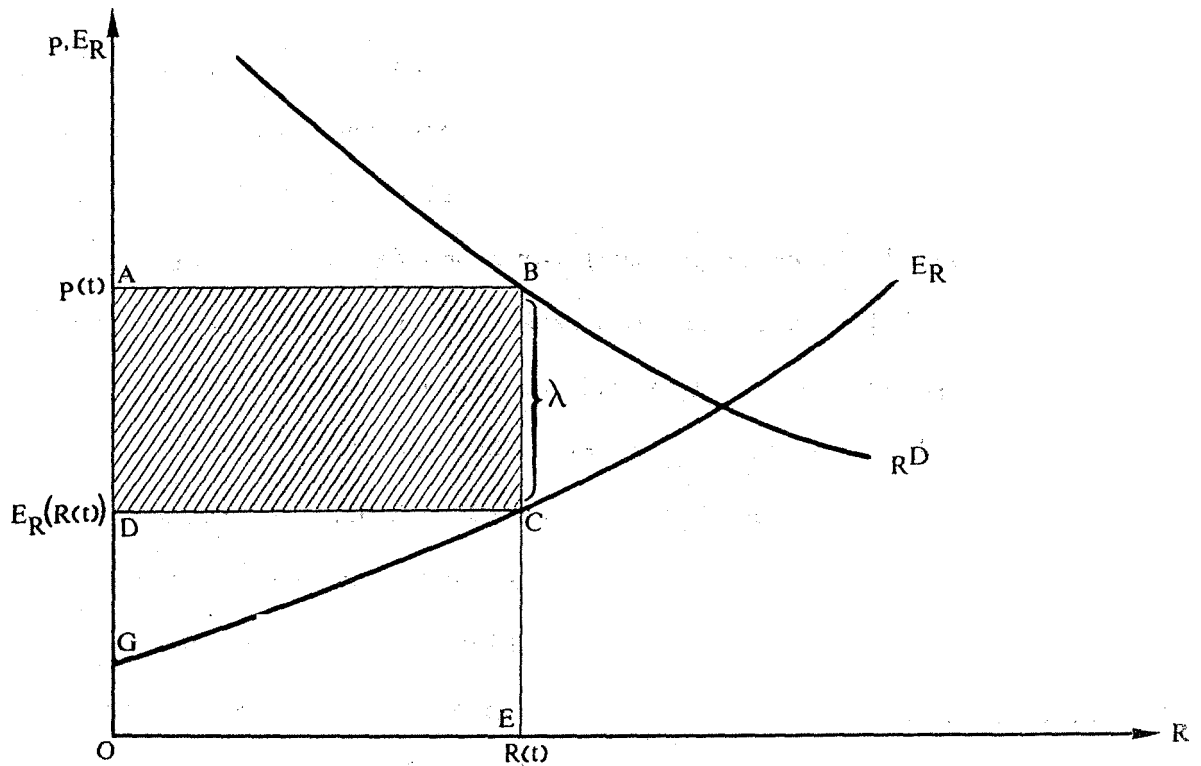
$$(4) \quad \lambda = p - E_R.$$

Berücksichtigt man wegen der Konkurrenzannahme  $p = F_R$ , so folgt



$$(4') \quad \lambda = F_R - E_R .$$

Nach der verallgemeinerten Hartwick-Regel (2) muß also  $\dot{K} = \lambda R$  gelten; jener Teil der Profite muß investiert werden, der dem Wert des laufenden Extraktionsvolumens der Ressource in situ entspricht. Figur 1 veranschaulicht die Investitionsregel für einen Zeitpunkt  $t$ .  $R(t)$  ist die Höhe der Extraktion in  $t$  gemäß dem gewählten effizienten Extraktionspfad. Der Erlös des Ressourcenbesitzers und -Extrahierenden im Zeitpunkt  $t$  ist also  $p(t)R(t)$ .  $p(t)$  resultiert für gegebenes  $R(t)$  aus der Ressourcennachfragefunktion  $R^D$  des Produktionssektors. Der Erlös  $pR$  besteht aus  $\lambda R$ , dem Produkt aus Extraktionsmenge und dem (Schatten-)Preis der Ressource in situ, entsprechend der Fläche ABCD, den Gesamtkosten der Extraktion, entsprechend der Fläche CEOG unter der Grenzkostenkurve  $E_R$ , und der Extraktionsrente, entsprechend der Fläche GDC. Der Profit ist also die Summe der Flächen ABCD und GDC. Investiert wird nach (2) aber nur ABCD.



**Figur 1:** Graphische Veranschaulichung der verallgemeinerten Investitionsregel in einem beliebigen Zeitpunkt.

Nehmen wir einmal an, die Besitzer der Ressource, wir nennen sie "Scheichs" extrahieren nicht selbst, sondern verkaufen die Extraktionsrechte an professionelle Extraktionsunternehmen, die "Ölmultis". Herrscht unter den Scheichs und Ölmultis vollkommene Konkurrenz, dann werden die Scheichs für jede Ressourceneinheit genau den Schattenpreis  $\lambda$  erzielen. Die Investitionsregel besagt nun, daß nur in Höhe der Profite der Scheichs investiert werden muß: Die Höhe der Profite der Ölmultis ist irrelevant.

Zum Beweis des Satzes:

Aus (2) folgt

$$(5) \quad \ddot{K} = \dot{F}_R R + F_R \dot{R} - \dot{E}_R R - E_R \dot{R} .$$

Der Output  $F(K,R)$  wird verwendet für Konsum  $C$ , Investition  $\dot{K}$  und für die Ressourcenextraktion  $E$ . Daher gilt

$$(6) \quad C = F - \dot{K} - E ,$$

und also

$$(7) \quad \dot{C} = F_K \dot{K} + F_R \dot{R} - \ddot{K} - E_R \dot{R} - E_S \dot{S} .$$

bzw. durch Einsetzen von (2) und (5)

$$(8) \quad \dot{C} = F_K (F_R R - E_R R) + F_R \dot{R} - F_R \dot{R} - \dot{F}_R R + \dot{E}_R R + E_R \dot{R} - E_R \dot{R} - E_S \dot{S} .$$

Berücksichtigt man gleiche Summanden unterschiedlichen Vorzeichens, setzt für  $\dot{F}_R$  die Bedingung (1') ein, beachtet  $\dot{S} = -R$  und multipliziert aus, so erhält man

$$(9) \quad \dot{C} = F_K F_R R - F_K E_R R - F_R F_R R + F_R E_R R - \dot{E}_R R - E_S R + \dot{E}_R R + E_S R = 0 .$$

Da die Gleichungsäquivalenzen auch in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden können, impliziert  $\dot{C} = 0$  in Verbindung mit (1) die Kapitalakkumulationsregel (2), und  $\dot{C} = 0$  in Verbindung mit (2) die Effizienzbedingung (1'), was zu zeigen war.

Die Hartwick-Regel ist von besonderem Interesse, wenn die technologische Möglichkeit besteht, das konstante positive Konsumniveau auf Dauer, d.h. unendlich lange aufrechtzuerhalten. Die Bedingungen dafür werden wir im folgenden kurz eruieren.

## Existenzbedingungen

Welche Bedingungen muß man an Produktions- und Extraktionstechnologie stellen, damit ein konstanter positiver Konsumstrom beliebig lange aufrecht erhalten werden kann? Diese Frage ist bei Abwesenheit von Extraktionskosten für Produktionsfunktionen mit konstanten Substitutionselastizitäten vollständig beantwortet (vgl. z.B. SIEBERT 1983). Wir zeigen nun, daß die Existenzbedingungen im Fall bestandsabhängiger Extraktionskosten nicht verschärft werden müssen.

Zunächst einige Vorbemerkungen und recht allgemeine Annahmen: Wenn es bestandsabhängige Extraktionskosten gibt, sind ökonomisch relevanter und physisch vorhandener Ressourcenbestand nicht notwendig gleich. Die Ressourcenextraktion ist ineffizient, sobald für den verbleibenden Bestand  $E_R > F_R$  gilt. Der physische Ressourcenbestand wird unter Umständen also nicht erschöpft. Wir nehmen aber an, daß es einen endlichen positiven Teil des Bestandes gibt, für dessen Extraktion Pfade mit  $E_R < F_R$  existieren, und daß insbesondere für  $t = 0$

$$(10) \quad E_R + \varepsilon < F_R \quad \text{mit } \varepsilon > 0$$

für alle effizienten Extraktionspfade gilt. Wir betrachten drei Fälle.

Wenn  $F$  eine Produktionsfunktion mit einer konstanten Substitutionselastizität  $\sigma < 1$  ist, dann ist ein positives konstantes Konsumniveau auf Dauer nicht erreichbar. Schon wenn es keine Extraktionskosten gibt, kann in diesem Fall aus einer endlichen Ressourcenmenge nur eine endliche Outputmenge  $\zeta = \int_0^{\infty} Y(t)dt$  produziert

werden (vgl. DASGUPTA/HEAL 1979), unabhängig davon, welcher Zeitpfad  $\{R(t)\}$  gewählt wird. Wenn es Extraktionskosten gibt, muß ein Teil dieser Outputmenge  $\zeta$  für die Extraktion verwendet werden, gleichgültig, welcher Zeitpfad  $\{(R(t)), (K(t))\}$  gewählt wird. Das Endlichkeitsargument von  $\zeta$  gilt daher a fortiori bei Extraktionskosten und überträgt sich auf die Menge der insgesamt konsumierbaren Güter,  $\int_0^{\infty} C(t)dt$ , für die  $\zeta$  eine obere Schranke ist.

Wenn  $F$  eine Produktionsfunktion mit konstanter Substitutionselastizität  $\sigma > 1$  ist, dann ist die Ressource für die Produktion nicht notwendig (vgl. DASGUPTA/HEAL 1979). Es kann für  $K(0) > 0$  auch ganz ohne Ressourcenverwendung ein dauerhaft positives konstantes Konsumniveau  $C(t) = F(K(t), 0) = F(K(0), 0) = \bar{C} > 0$  realisiert werden. Da Extraktionskosten nur anfallen, sofern eine Extraktion erfolgt, ist unabhängig von  $E(S, R)$  ein dauerhaft positives und konstantes Konsumniveau möglich, z.B.  $C(t) = F(K(0), 0)$ .

Schließlich bleibt noch der Fall einer konstanten Substitutionselastizität  $\sigma = 1$ , also die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

$$(11) \quad Y = K^{\alpha_1} R^{\alpha_2} .$$

SOLOW (1974) hat gezeigt, daß ohne Extraktionskosten ein dauerhaft positives konstantes Konsumniveau ausgehend von positiven Anfangsbeständen  $K(0)$  und  $S(0)$  für  $\alpha_1 > \alpha_2$  aufrechterhalten werden kann. Diese Bedingung gilt für den Fall bestandsabhängiger Ressourcen unverändert.

Der Beweisgedanke ist sehr einfach. Man überlegt, daß man, statt den ganzen Bestand  $S(0)$  zu extrahieren, sich mit einem beliebig kleinen Teil dieses Bestandes  $\bar{S}$  begnügen kann, so daß der Restbestand für allen Zeiten

größer als  $S(0) - \bar{S} = S^*$  ist. Man nutzt nun die Stetigkeitseigenschaften von  $E(S,R)$  aus, um eine Obergrenze der Extraktionskosten  $G^* > E(S(t),R(t))$  für alle  $t$  und  $S > S^*$  zu konstruieren. Dann nimmt man an, die Extraktionskosten seien in jedem Zeitpunkt wirklich gleich  $G^*$ , indem man die Differenz wegwirft, falls geringere Kosten anfallen. Man hat dann den Fall konstanter Extraktionskosten  $E(S,R) = G^*$  konstruiert. Nun muß man nur noch schließen, daß unter Vernachlässigung von  $G^*$  ein konstanter positiver Konsumpfad möglich wäre, für den  $C(t) = C(0) > G^*$  ist. Das aber kann durch die Stetigkeitsannahmen über  $E$  sichergestellt werden.

Wir formalisieren nun diesen Beweisgedanken.  $S(0)$  ist der Gesamtbestand der Ressource. Für unsere Betrachtung ist die absolute Größe von  $S(0)$  irrelevant. Wir wählen ein  $S^*$  mit  $0 \leq S^* < S(0)$ , so daß

$$(12) \quad E_R^* \equiv E_R(R(0), S^*) < F_R(K(0), R(0)) .$$

Wegen (10) und den Stetigkeitsannahmen über  $E$  gibt es ein  $\bar{S} = S(0) - S^* > 0$ , so daß  $E_R(S) \leq E_R^*$  für alle  $R(t) \leq R(0)$  und  $S \geq S^*$ . Wir nehmen an, es werde insgesamt von  $S(0)$  nur  $\bar{S}$  abgebaut. Dann ist  $E_R^*$  eine obere Schranke für die Extraktionsstückkosten<sup>6</sup>. Für alle Pfade mit  $R(t) \leq R(0)$  für  $t \geq 0$  ist dann

$$(13) \quad G^* = E_R^* R(0)$$

eine obere Schranke für  $E(S,R)$ .

<sup>6</sup>Wir unterstellen hier und im weiteren  $R(t) \leq R(0)$  für alle  $t \geq 0$ . Für den unplausiblen Fall, in dem es ein  $t$  gibt, so daß  $R(t) > R(0)$ , wählt man eine analoge Argumentation mit  $\max \{R(t)\}$  für  $t \geq 0$  statt  $R(0)$ .

Annahmegemäß kann produzierter Output kostenlos weggeworfen werden.

$D(t) \geq 0$  sei die Menge, die weggeworfen wird. Dann gilt in jedem Zeitpunkt die Outputverwendungsgleichung

$$(14) \quad Y = C + \dot{K} + E + D .$$

Wir wählen  $D$  so, daß stets  $E + D = G^*$  gilt. Wegen  $E \leq G^*$ , gibt es immer ein geeignetes nichtnegatives  $D$ . Das Nettokonsumniveau ist somit

$$(15) \quad C^* = C - G^* .$$

Vorausgesetzt  $G^* = 0$ , oder wenn die Ökonomie in jedem Zeitpunkt  $G^*$  geschenkt bekommt, gilt der Beweis von Solow. Für  $K(0) > 0$  kann mit dem Bestand  $\bar{S}$  ein dauerhaftes konstantes  $C = \bar{C} > 0$  realisiert werden, sofern  $\alpha_1 > \alpha_2$ . Es bleibt zu zeigen, daß für geeignete Wahl von  $S^*$  bzw.  $\bar{S}$  auch  $C^*$  positiv ist. Unter Verwendung der Hartwick-Regel und der Solow-Stiglitz-Effizienzbedingung ist

$$\bar{C} = Y - \dot{K} = F_K K(0) .$$

Nun ist

$$C^* = \bar{C} - G^* ,$$

bzw.

$$(16) \quad C^* = F_K K(0) - E_R^* R(0) .$$

Für hinreichend großes  $K(0)$  bzw. hinreichend kleines  $\bar{S}$  ist  $C^* > 0$ , denn für Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen (11) ist

$$\frac{\partial(F_K K(0))}{\partial K(0)} = \alpha_1 \frac{Y}{K} > 0 .$$

und

$$\lim_{K(0) \rightarrow \infty} F_K K(0) = \lim_{K(0) \rightarrow \infty} \left\{ \alpha_1 (K(0))^{\alpha_1} (R(0))^{\alpha_2} \right\} = \infty .$$

Wenn auch der konstante Konsumpfad im Fall bestandsabhängiger Extraktionskosten im allgemeinen unter einem möglichen Pfad bei Abwesenheit von Extraktionskosten liegt, so ist es doch ein vielleicht unerwartetes Ergebnis der vorangegangenen Bemerkungen, daß sich durch Extraktionskosten die Anforderungen an die Technologie für die Existenz eines dauerhaft positiven konstanten Konsumpfads nicht verschärfen.

#### Zusammenfassung

Wird in einer Volkswirtschaft unter Verwendung einer erschöpfbaren Ressource produziert, dann stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen ein positives Konsumniveau dennoch dauerhaft aufrecht erhalten werden kann. Wie verändern sich diese Bedingungen, wenn die Ressourcenextraktion bestandsabhängige Extraktionskosten verursacht?

In diesem Beitrag wird hierzu zunächst eine gegenüber der Hartwick-Regel verallgemeinerte Investitionsregel abgeleitet, die insbesondere auch bei Vorliegen bestandsabhängiger Extraktionskosten gilt. Es zeigt sich, daß die Hartwick-Regel nur angesichts sehr spezieller Annahmen über die Kostenfunktion gilt, daß im allgemeinen aber Investitionen nicht in Höhe der gesamten Ressourcenprofite, sondern nur in Höhe der Ressourcenprofite vermindert um die Extraktionsprofite erfolgen muß. Außerdem wird erörtert, weshalb bei einer Produktionstechnologie mit konstanter Substitutionselastizität das Vorliegen bestandsabhängiger Extraktionskosten die Existenzbedingungen an die Technologie für einen Konsumpfad mit positivem konstantem Konsumniveau "für alle Zeiten" nicht verändert.

#### Summary

If depletable resources are used as a means of production, what are the necessary and sufficient conditions for achieving a positive constant level of consumption and maintaining it over an infinite period of time? This paper tries to answer these questions, extending Hartwick's rule to the case of stock-dependent extraction costs and a broad class of production functions that includes Hartwick's Cobb-Douglas function as a special case. It is shown that it is not generally true that all resource rents must be reinvested. Instead, the necessary investment volume merely absorbs the rents net of "extraction profits".



## Literaturverzeichnis

- BUCHHOLZ, W. (1980): "Intergenerational Equity, a Savings Investment Rule, and the Efficient Allocation of an Exhaustible Resource, A Note Concerning Papers of Solow and Hartwick", Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Bd. 195, S. 271-274.
- DASGUPTA, P. und HEAL, G. (1979): Economic Theory and Exhaustible Resources, Cambridge.
- HARTWICK, J. M. (1977): "Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources", American Economic Review, Bd. 67, S. 972-974.
- RAWLS, I. (1971): A Theory of Justice, Cambridge, Mass.
- SIEBERT, H. (1983): Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen, Mohr: Tübingen.
- SINN, H.-W. (1981): "Stock-Dependent Extraction Costs and the Technological Efficiency of Resource Depletion", Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Bd. 101, S. 507-517.
- SOLOW, R. M. (1974): "Intergenerational Equity and Exhaustible Resources", Review of Economic Studies, Symposium, Bd. 41, S. 29-45.