

Siebert, Horst

**Article — Digitized Version**

## Indikatoren der Knappheit natürlichen Ressourcen

Wirtschaftsdienst

*Suggested Citation:* Siebert, Horst (1979) : Indikatoren der Knappheit natürlichen Ressourcen, Wirtschaftsdienst, ISSN 0043-6275, Springer, Heidelberg, Vol. 59, Iss. 8, pp. 409-416

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/3553>

**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.*

## Indikatoren der Knappheit natürlicher Ressourcen

Horst Siebert, Mannheim

Die Veröffentlichungen des Club of Rome und die Preiserhöhungen für Erdöl werfen die Frage auf, ob natürliche Ressourcen in Zukunft „knapper“ oder „besonders knapp“ werden. Wenn die These von der langfristigen Knappheit natürlicher Ressourcen zutrifft, so stehen den rohstoffabhängigen Volkswirtschaften der Welt schwierige Anpassungsprozesse bevor. Die Auseinandersetzung mit der Knappheitstheorie ist deshalb von zentralem wirtschaftspolitischen Interesse. Prof. Siebert geht der Frage nach, an welchem Indikator die Knappheit natürlicher Ressourcen gemessen werden kann.

Das Erklärungsparadigma des Raumschiffs Erde<sup>1</sup> akzentuiert die Knappheitstheorie in einer dramatischen Form. Wie eine riesige Apollo-Kapsel zieht die Erde durch das Weltall, mit 3,6 Mrd. Menschen an Bord, mit dünnen Schutzschichten wie der Erdatmosphäre umgeben, mit begrenzten Bordvorräten an Lebensmitteln und natürlichen Ressourcen, bedrohter Trinkwasserversorgung und Klimaanlage. In einer ähnlich dramatischen Weise behauptet das erste Modell des Club of Rome<sup>2</sup> die zukünftige Verknappung von Nahrungsmitteln, des Kapitals und der natürlichen Umwelt.

Das Erklärungsparadigma des Raumschiffs Erde und das pessimistische Weltmodell des Club of Rome interpretieren die zunehmende Knappheit natürlicher Ressourcen in dem Sinn, daß heute vorherrschende Wachstumsprozesse langfristig nicht aufrechterhalten werden können. Nach der starken Betonung der Nachfrageseite und der Innovationen in der Stagnationstheorie der dreißiger Jahre<sup>3</sup> schleicht sich nun der Wachstumspessimismus vorwiegend auf der Angebotsseite in die ökonomische Analyse und die wirtschaftspolitische Diskussion ein. So plastisch das Erklärungsparadigma des Raumschiffs Erde sein mag – es ist letztlich nur ein Bild, das im übrigen umstritten ist, da die Erde

wegen der Sonnenenergie kein geschlossenes System darstellt. Auch den Berechnungen des Club of Rome begegnen Ökonomen mit Skepsis, da dieser Ansatz Anpassungsprozesse nur peripher berücksichtigt. Die neueren Weltmodelle, die sich sowohl anderer Ansätze als auch anderer Methoden bedienen, stellen<sup>4</sup> im übrigen der pessimistischen Wachstumsbegrenzung des Meadows-Modells die semi-optimistische Empfehlung des organischen Wachstums gegenüber (Mesarovic-Pestel)<sup>5</sup>, geben politische Handlungsanweisungen wie das Bariloche-Modell<sup>6</sup> (z. B. Sicherung der „Grundbedürfnisse“, Wachstum und Umverteilung) oder sind optimistisch, daß ein größeres Wachstum der Entwicklungsländer das internationale Verteilungsproblem entschärfen kann<sup>7</sup>.

Das Erklärungsparadigma des Raumschiffs Erde und die Weltmodelle geben nur eine unbefriedigende Antwort auf die Frage nach der zukünftigen Knappheit natürlicher Ressourcen. Wir fragen deshalb im folgenden nach möglichen Indikatoren der Knappheit natürlicher Ressourcen.

<sup>1</sup> K. Boulding: The Economics of the Coming Spaceship Earth, in: H. Jarrett (Hrsg.): Environmental Quality in a Growing Economy, Baltimore 1966, S. 3-14.

<sup>2</sup> D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III: The Limits to Growth, New York 1972.

<sup>3</sup> A. H. Hansen: The Stagnation Thesis, in: Readings in Fiscal Policy, selected by A. Smithies und J. K. Butters, London 1955, S. 540-557.

<sup>4</sup> Zu einer Übersicht dieser Modelle vgl. B. Fritsch: Weltwirtschaftliche Konsequenzen des ökonomisch-ökologischen Zielkonflikts, Zürich 1979, vervielfältigt.

<sup>5</sup> M. Mesarovic und E. Pestel: Mankind at the Turning Point, New York 1974.

<sup>6</sup> A. O. Herrera und H. D. Solnick: Catastrophe or New Society? A Latin America World Model, Ottawa 1976.

<sup>7</sup> W. Leontief, A. P. Carter, P. Petrie: The Future of the World Economy. A United Nation Study, New York 1977.

---

Prof. Dr. Horst Siebert, 41, ist Lehrstuhlinhaber für Volkswirtschaftslehre und Außenwirtschaft an der Universität Mannheim.

cher Ressourcen und diskutieren das Verfügbarkeitskonzept, Durchschnittskosten der Extraktion, Realpreis des rohstoffintensiv produzierten Produkts, Realpreis der Ressourcen (Benutzerkosten oder user costs) und Kriterien bei Allmendegütern.

### Verfügbarkeitskonzept

Nach dem Verfügbarkeitskonzept liegt eine Zunahme der Knappheit dann vor, wenn die bekannten (oder bekannt werdenden) Mengen einer natürlichen Ressource durch den Verbrauch abnehmen<sup>8</sup>. Man sieht sozusagen bildlich, wie der Ressourcenbestand in der Zeit schrumpft, etwa eine Erdölkaverne leer wird. Alternativ kann man dieses Kriterium dahingehend ausdrücken, ob natürliche Ressourcen langfristig eine gegebene Nachfrage bedienen können<sup>9</sup> (Konzept des adäquaten Angebots). Typisch für das Verfügbarkeitskonzept sind die Aussagen über die verbleibenden Angebotsjahre bei gegebenen (alternativen) Verbrauchsdaten.

Aufmerksamkeit hat das Verfügbarkeitskonzept durch pointierte Aussagen erreicht, wie etwa die Feststellung, daß bei den gegenwärtigen Verbrauchsdaten von Metallen der Metallverbrauch in den nächsten 30 Jahren auf der Erde so groß werden wird wie der Verbrauch in der gesamten (von der Geschichtsschreibung erfaßten) Menschheitsgeschichte<sup>10</sup>. Eine extreme Berechnung kommt zu folgendem Resultat: Wenn man die Verbrauchsdaten der USA aus dem Jahre 1970 als gegeben betrachtet und wenn man unterstellt, daß sich die Verbrauchsdaten der Entwicklungsländer an die der USA anpassen, dann müßte sich die Produktion von Erzen bis zum Jahre 2000 verdreifachen<sup>11</sup>.

Kritisch ist gegenüber dem Verfügbarkeitskonzept einzuwenden, daß es in seinen einfachsten Formulierungen keinerlei Anpassungsprozesse enthält. Angenommen, eine Ressource reiche bei gegebenem konstantem jährlichem Verbrauch eine Milliarde Jahre.

<sup>8</sup> Vgl. z. B. M. H. Govett und G. J. S. Govett: Scarcity of Basic Materials and Fuels: Assessments and Implications, in: D. W. Pearce und I. Walter (Hrsg.): Resource Conservation, London 1977, S. 33-63. D. A. Brobst: Fundamental Concepts for the Analysis of Resource Availability, Resources for the Future, Washington 1976, vervielfältigt. H. E. Goeller: The Age of Substitutibility: A Scientific Appraisal of Natural Resource Adequacy, Resources for the Future, Washington 1976, vervielfältigt.

<sup>9</sup> D. A. Brobst, a.a.O., S. 10.

<sup>10</sup> T. S. Lovering: Mineral Resources from the Land, in: Committee on Resources and Man: Resources and Man, San Francisco 1969, S. 109-134.

<sup>11</sup> M. H. Govett und G. J. S. Govett, a.a.O., S. 34.

<sup>12</sup> D. A. Brobst, a.a.O., S. 45.

<sup>13</sup> Zu einer kritischen Analyse des geologischen Knappheitskonzeptes und anderer Knappheitskonzepte vgl. auch R. Pethig: Die Knappheit natürlicher Ressourcen, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, in Vorbereitung.

Läßt man den Verbrauch um 3 % jährlich zunehmen, so reduziert sich die Verfügbarkeitsdauer von einer Milliarde Jahre auf 600 Jahre<sup>12</sup>. Das Verfügbarkeitskonzept, das sich in aller Regel auf nicht erneuerbare Ressourcen bezieht, definiert die langfristige Knappheit für ein langfristiges ceteris paribus und schaltet alle Anpassungsprozesse aus. Es kann deshalb kein zufriedenstellender Indikator der Knappheit sein. Allerdings enthält es auch für den Ökonomen eine wichtige Information. Denn das Verfügbarkeitskriterium deutet an, wie stark die Anpassungsprozesse in der Zukunft sein müssen<sup>13</sup>.

### Anpassungsprozesse im Extraktionsbereich

Auch Geologen sehen die Relevanz von Anpassungsprozessen und berücksichtigen sie in weniger naiven Formulierungen des Verfügbarkeitskonzepts. Dabei stehen Anpassungsprozesse des Extraktionsbereichs im Vordergrund. Die potentielle Bandbreite der Anpassungsmöglichkeiten wird durch die chemische Zusammensetzung der Erdkruste bestimmt („crustal abundance“). Die Erdkruste enthält 45,2 % Sauerstoff, 27,2 % Silizium, 8 % Aluminium, 5,8 % Eisen, 5,1 % Kalzium, 2,8 % Magnesium, 2,0 % Natrium, 1,7 % Kalium, 0,9 % Titan und 1 % andere Substanzen. Beispielhaft sei auf eine Rechnung von Bender<sup>14</sup> verwiesen: „Die gesamte Landoberfläche der Erde ist  $1,49 \times 10^8$  km<sup>2</sup>. Betrachtet man eine Tiefe von 1 km, so ein Volumen von  $1,49 \times 10^3$  km<sup>3</sup> und bei einer mittleren Gesteinsdichte von 2,7 eine Gesamttonnage von  $4,023 \times 10^{17}$  t. Unterstellt man z. B. für Kupfer eine mittlere Konzentration von 50 ppm<sup>15</sup>, so ergibt sich eine Kupfermenge von  $2 \times 10^{13}$  t (mehr als das 50tausendfache der heute bekannten Kupferreserven).“

Diese Daten stellen eine äußerste Grenze dar; aber diese Reserven sind heute nicht abbaubar. Aluminium ist z. B. vorwiegend in Feldspat und Ton gebunden; das heute produzierte Aluminium kommt dagegen aus Bauxit, wo es leichter extrahiert werden kann. Relevant für die Abbaufähigkeit sind Faktoren wie die Konzentration von Mineralien, die chemische Kombination, Zugänglichkeit der Lager usw.

Für Rohstoffgehalte in stärkerer Konzentration als in der Erdkruste unterscheiden Geologen identifizierte Ressourcen, d. h. bekannte Lagerstätten in bekannten Lagergebieten, hypothetische Ressourcen, d. h. unentdeckte Ressourcen in bekannten Lagergebieten, und spekulative Ressourcen in noch nicht bekannten

<sup>14</sup> F. Bender: Metallrohstoffvorräte aus theoretischer Sicht, in: Die Versorgung der Weltwirtschaft mit Rohstoffen, Beihefte zur Konjunkturpolitik, Heft 23, Berlin 1976, S. 11.

<sup>15</sup> ppm: parts per million.

Gebieten<sup>16</sup>. Geologen betonen die Anpassungsprozesse bei der Rohstoffgewinnung. Beispielsweise betrug um 1700 der Erzgehalt des abgebauten Kupfers 13 %, um 1900 konnte Kupfer mit einem Gehalt von 2,5 - 5 % abgebaut werden; heute liegt der Kupfergehalt bei 0,4 %<sup>17</sup>. Langfristige Angebotsfunktionen für Zink<sup>18</sup>, Kupfer<sup>19</sup> und Uran<sup>20</sup> zeigen auf, daß mit steigenden Preisen die Abbaumengen steigen.

Rohstoffpreise und Extraktionskosten beeinflussen auch die Exploration, da mit steigenden Extraktionskosten die Suche nach neuen Ressourcen interessanter wird. Auch die Möglichkeit des Recycling wirkt sich auf die Verfügbarkeit von Ressourcen aus. So wiegen Autowracks etwa 1800 kg und enthalten 80 % Eisen und Stahl<sup>21</sup>. Dagegen werden Eisenerze mit einem wesentlich geringeren Eisengehalt von 30 % abgebaut. Zudem erfordert die Eisengewinnung aus Erz etwa fünfmal soviel Energie wie die Eisengewinnung aus Schrott. Ähnliche Werte gelten für andere Metalle. So braucht man etwa nur 5 % der Energiekosten für die Gewinnung von Aluminium aus Aluminiumabfällen im Vergleich zur Primärproduktion von Aluminium. Für die Wiedergewinnung von Kupfer aus Kupferschrott braucht man 5 % der Energie der Gewinnung von Primärkupfer<sup>22</sup>. Die Wiederverwendung des Materials schlägt also drei Fliegen mit einer Klappe: sparsame Verwendung knapper Ressourcen, Ersparnis von Energie, und schließlich dient sie Zwecken des Umweltschutzes.

Neben den Anpassungsprozessen bei der Rohstoffgewinnung betonen andere Anwendungen des Verfügbarkeitskonzepts auch rudimentäre Anpassungsprozesse auf der Nachfrageseite wie z. B. den Bevölkerungsrückgang, den einer logistischen Kurve folgenden Verbrauchsverlauf in der Zeit und die Reduzierung des Verbrauchs pro Kopf etwa bei Eisen und Stahl in den USA und Substitution auf der Nachfrageseite<sup>23</sup>.

<sup>16</sup> M. H. Govett und G. J. S. Govett, a.a.O., S. 51 f.

<sup>17</sup> Ebenda, S. 48.

<sup>18</sup> F. Bender, a.a.O., S. 22.

<sup>19</sup> Ebenda, S. 23.

<sup>20</sup> M. H. Govett und G. J. S. Govett, a.a.O., S. 50.

<sup>21</sup> D. A. Brobst, a.a.O., S. 38.

<sup>22</sup> Ebenda.

<sup>23</sup> M. Radetzky: Will the Long-Run Global Supply of Industrial Minerals be Adequate? A Case Study of Iron, Aluminium and Copper, Paper presented at the 5th World Congress of the International Economic Association, Tokyo, Japan, 29. Aug.- 3. Sept. 1977, vervielfältigt.

<sup>24</sup> H. I. Barnett und Ch. Morse: Scarcity and Growth. The Economics of Natural Resource Availability, Baltimore 1963, S. 151-201. Vgl. auch G. M. Brown und B. C. Field: Implications of Alternative Measures of Natural Resource Scarcity, Vol. 86 (1978), S. 229-243. R. Pethig, a.a.O.

Für die Aussagekraft der Schätzungen nach dem Verfügbarkeitskonzept sind also die Bedingungskonstellationen über die unterstellten Anpassungsprozesse von Wichtigkeit. Der Ökonom kann sich daher mit dem Kriterium der Verfügbarkeit nicht zufriedengeben und muß Kriterien entwickeln, die die gesamte Palette aller Anpassungsprozesse zum Ausdruck bringen.

#### Durchschnittskosten der Extraktion

Das Kriterium der Durchschnittskosten der Extraktion<sup>24</sup> besagt, daß steigende Durchschnittskosten zunehmende Knappheit signalisieren, da mehr Arbeit und Kapital zur Gewinnung der Ressource eingesetzt werden müssen und diese Faktoren anderen Verwen-

Horst Siebert

## Ökonomische Theorie der Umwelt

1978. IX, 221 Seiten. Kart. DM 34.-, Ln. DM 52.-

Das Buch führt Natur und Umwelt in die ökonomische Theorie ein. Die Umwelt wird als öffentliches Konsumgut, als Aufnahmemedium von Schadstoffen und als Lieferant von natürlichen Rohstoffen betrachtet. Diese Umweltnutzungen konkurrieren miteinander. Knappheit der Umwelt drückt sich in konkurrierenden Verwendungen aus. Für den Ökonomen bedeutet Knappheit und die Existenz konkurrierender Verwendungen, daß ein Allokationsproblem vorliegt. Die Nutzung der Umwelt wird sowohl in ihrem statischen, regionalen, internationalen als auch in ihrem dynamischen Aspekt analysiert.



J.C.B. Mohr (Paul Siebeck)  
Tübingen

dungen entzogen werden (Opportunitätskostenkonzept). Die realen Durchschnittskosten der Extraktion steigen etwa, weil man ungünstigere Rohstoffgehalte abbaut, Minen mit ungünstigerer Lage in Angriff nimmt oder die Ressource ungünstiger in der Mine liegt.

Erfaßt dieses Kriterium potentielle Anpassungsprozesse in der gewünschten Weise? Nachfragezunahmen wirken sich in zunehmenden Abbaumengen aus und lassen – wenn man sinkende Skalenerträge in der Extraktion ausschließt – die Kosten der Extraktion steigen. Die zunehmende Möglichkeit der Substituierbarkeit der Ressource in der Verwendung reduziert ceteris paribus die nachgefragten (abgebauten) Mengen und reduziert in aller Regel den Anstieg der Extraktionskosten. In diesen Fällen reagiert das Kriterium also in der gewünschten Richtung.

Technischer Fortschritt in der Extraktion kann das Steigen der Extraktionskosten verringern. Geht man von einem gegebenen Ressourcenbestand aus, impliziert technischer Fortschritt (und die niedrigeren Abbaukosten), daß die Ressourcenmenge schneller abgebaut wird, d. h. die Verfügbarkeitsdauer wird verringert. Die niedrigeren Abbaukosten zeigen den schnelleren Abbau nicht an, das Kriterium versagt. Geht man dagegen davon aus, daß technischer Fortschritt sich dahingehend auswirkt, ungünstigere Rohstoffgehalte abzubauen, so vermehrt sich die Ressourcenmenge, und a priori ist nicht auszuschließen, daß dann die Knappheit nicht steigt.

Das Kriterium der Durchschnittskosten gibt lediglich die aktuelle Knappheit und nicht die in der Zukunft zu erwartende Knappheit an. Steigende Durchschnittskosten zeigen die Opportunitätskosten des Abbaus für die heutige Generation an; sie zeigen nicht an, was die heute abgebaute Ressource der zukünftigen Generation wert wäre und drücken nicht die intertemporalen Opportunitätskosten aus (vgl. user costs). Aus diesem Grund muß das Kriterium als Indikator der langfristigen Knappheit aus theoretischer Sicht versagen. Dies wird besonders bei den regenerierbaren Ressourcen deutlich, denen keine auch auf die Zukunft ausgedehnten Nutzungsrechte (z. B. Eigentum mit Vererbung) zugewiesen werden, wie z. B. bei den Fischbeständen der Weltmeere. Sinkende Extraktionskosten, die auf eine verbesserte Extraktionstechnologie zurückgehen (Fangmethoden), würden abnehmende Knappheit signalisieren, aber eine Tierart könnte ausgerottet werden. Es kann also nicht hinreichend sein, als Knappheitsindikator die Durchschnittskosten der Extraktion zu betrachten, wenn nicht gleichzeitig der Wert der Ressource für zukünftige Generationen (zukünftige Knappheit) erfaßt wird.

### Realpreise rohstoffintensiver Produkte

Nach diesem Kriterium zeigen steigende Realpreise Knappheit an. Bezugspunkt ist nicht die Ressource selbst (z. B. Baumbestände in der Natur, Erdöl in Karvenen), sondern das aus dieser Ressource produzierte Gut wie zugeschnittenes Holz oder Heizöl. Der Realpreis eines ressourcenintensiv produzierten Gutes steigt z. B. ceteris paribus, wenn die Extraktionskosten zunehmen, wenn die Nachfrage steigt, das Angebot der Ressourcen langfristig geringer wird oder die Substitution schwieriger wird. Das Kriterium der Realpreise bewegt sich in diesen Fällen also in die richtige Richtung.

Auch der Mangel des Kriteriums der Durchschnittskosten, bei technischem Fortschritt in der Extraktion sinkende Durchschnittskosten anzuzeigen, obwohl die Vorräte abnehmen und die Ressource sich erschöpft, wird bei Realpreisen – sieht man von Allmenderesourcen ab – teilweise vermieden. Denn bei technischem Fortschritt sinken zwar die Extraktionskosten und damit die Realpreise. Die Realpreise des rohstoffintensiv erzeugten Produkts werden aber nicht allein von den Extraktionskosten bestimmt. Nehmen die Ressourcenbestände ab, so wird für den Ressourcenbesitzer der Preis interessant, den er in der Zukunft erzielen wird. Erwartet der Ressourcenbesitzer wegen der abnehmenden Ressourcenmenge in Zukunft einen höheren Preis, so wird er die Ressource heute nicht verkaufen; die angebotene Menge sinkt, der Realpreis steigt. Analog wirken sich auch Erwartungen der Nachfrager aus. Erwarten die Nachfrager Knappheit und bilden sie Läger, so muß der Preis steigen. Der Realpreis beinhaltet also die erwartete Knappheit.

Der Ressourcenpreis in der Zukunft stellt sich für den Ressourcenanbieter als Opportunitätskosten (entgangener Gewinn in der Zukunft) des heutigen Verkaufs dar. Unterstellt man eine Situation ohne Inflation und vernachlässigt man Extraktionskosten, so hängt die Entscheidung des Ressourcenbesitzers abzubauen, von einem Vergleich des heutigen Preises  $p_0$  und des erwarteten Zukunftspreises  $p_1$  ab. Verkauft er heute, kann er den Erlös als Geldkapital verzinsen, d. h. wenn  $p_0 (1 + r) > p_1$ , wird er verkaufen. Wenn  $p_0 (1 + r) < p_1$ , lohnt es sich, die Ressource im Boden zu lassen. Im intertemporalen Gleichgewicht ist also  $p_0 (1 + r) = p_1$  oder  $p_1/p_0 = 1 + r$ , d. h. der nominelle Ressourcenpreis steigt mit der Diskontrate. Man mag dieses Resultat bedauern, aber keine wirtschaftspolitische Maßnahme kann die Tatsache aus der Welt schaffen, daß natürliche Ressourcen lagerfähig sind – und damit als Anlage zu betrachten sind. In einer inflationären Welt wird die Preissteigerungstendenz ver-

stärkt, da der Abbau der Ressource den Verlust an Sachvermögen bedeutet. Werden Extraktionskosten berücksichtigt, so müssen  $p_0$  und  $p_1$  als Stückgewinn interpretiert werden, so daß der Stückgewinn mit der Diskontrate steigt.

Betrachtet man diese Resultate, so muß man sich wundern, daß die Preise nicht erneuerbarer Rohstoffe wie Erdöl in der Vergangenheit nicht noch stärker gestiegen sind. Dies hängt jedoch damit zusammen, daß das Kalkül des Rohstoffbesitzers keineswegs so sicher ist, wie es in der obigen Rechnung aussieht. Wenn nämlich die Entwicklung einer Backstop-Technologie<sup>25</sup> gelingt (oder die Nachfrage sinkt), so muß der Zukunftspreis sinken, und die Ressource wird entwertet. Der Rohstoffbesitzer ist also mit dem Risiko konfrontiert, auf einer entwerteten Ressource sitzen zu bleiben.

### Argumente gegen Realpreise

Auch gegen Realpreise des rohstoffintensiv produzierten Gutes als Knappheitsindikator lassen sich Argumente vortragen. Einmal muß man die Frage stellen, inwieweit Erwartungen falsch sein können und damit die Realpreise durch falsche Erwartungen verzerrt werden. Angenommen die Welt erwartet, angeregt durch den Club of Rome, eine Verknappung einer Ressource. Dann müssen die Preise steigen. Stellt sich diese Erwartung als falsch heraus, dann müssen die Preissteigerungen zurückgenommen, und alle durch die Preissteigerung initiierten Anpassungsprozesse müssen revidiert werden. Die Preissteigerungen haben wegen falscher Erwartung die Knappheit überschätzt. Bei langfristigen Beobachtungen der Realpreisbewegungen, z. B. über mehrere Jahrzehnte, ist es allerdings schwer vorstellbar, daß falsche Erwartungen sich über eine sehr lange Frist halten können.

Neben der Frage falscher Erwartungen ergibt sich aus theoretischer Sicht die Frage, ob der zeitliche Horizont des Ressourcenbesitzers im Vergleich zum „gesellschaftlichen Interesse“ langfristig genug ist. Hier tauchen dann die alten Argumente zur Diskontrate auf<sup>26</sup>. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß die Wirtschaftspolitik – man denke an die Hypothese der Stimmenmaximierung – sehr kurzfristig orientiert ist und Überlegungen zur Verteilungsgerechtigkeit nicht intertemporal, sondern auf die aktuelle Stunde bezogen sind. Andererseits sind Extraktionsbranchen in aller Regel langfristig orientiert, nicht zuletzt wegen der hohen Kapitalkosten der Extraktion.

<sup>25</sup> Eine Technologie, die auf einer effektiv unerschöpflichen Ressource beruht. Die kontrollierte Kernfusion oder der direkte Einsatz solarer Energie wären Beispiele für eine Backstop-Technologie.

<sup>26</sup> A. C. Pigou: *The Economics of Welfare*, 4th ed., London 1932, S. 25.

Allerdings versagt die Antizipation zukünftiger Knappheit bei Allmenderessourcen, also bei Ressourcen, denen kein langfristiges Nutzungsrecht (z. B. Eigentum mit Vererbung) zugewiesen ist. In diesem Fall (z. B. Fische der Weltmeere) besteht kein Anreiz, das Interesse der Zukunft in die heutigen Preise einfließen zu lassen.

### Verzerrungen der Realpreise

Eine Reihe von Faktoren kann außerdem die Realpreise langfristig verzerrt erscheinen lassen. Einmal können technische Fortschritte im Transportwesen die realen Preise für Verwender sinken lassen, obwohl die Preise ab Mine (mill price) steigen. Hier stellt sich die Frage, ob der Realpreis des rohstoffintensiv produzierten Gutes der Produzentenpreis oder der Verwenderpreis sein soll. Es mag Gründe geben, die Transportkosten aus den Realpreisen herauszurechnen; aber beispielsweise war die Knappheit von Salz historisch auch durch das Transportwesen bedingt, und es erscheint nicht abwegig zu sein, die Reduzierung der Knappheit durch Verbesserung des Transportsystems als solche zu erfassen.

Langfristige Veränderungen der Realpreise können sich auch ergeben, wenn die Extraktionsbranche monopolisiert oder kartelliert wird. Ferner spiegeln Realpreise auch die Produktionsbedingungen wider. Handelt es sich bei diesen Produktionsbedingungen um die Extraktion, so liegt der Realpreis relativ nahe bei dem Preis der natürlichen Ressource selbst (d. h. Realpreis = Extraktionskosten plus user costs<sup>27</sup>). Sind jedoch weitere Aufbereitungs- und Verarbeitungsakte eingeschaltet (Stahl), so entfernt sich das Kriterium des Realpreises zunehmend von einem Knappheitskonzept natürlicher Ressourcen, da der Realpreis nun auch die Produktionsbedingungen in der Aufbereitung, technische Fortschritte und Substitutionsmöglichkeiten in diesen Bereichen erfaßt. Ferner können Änderungen der wirtschaftspolitischen Instrumente Einfluß auf die Realpreise haben.

### TOT als Indikator

Die Terms of Trade sind ein Realpreis, der für offene Volkswirtschaften als Knappheitsindikator in Frage kommen kann und einen durch Knappheitssituationen erforderlichen (möglichen) Anpassungsprozeß andeutet. Aus der Sicht eines rohstoffimportierenden Landes<sup>28</sup> zeigt z. B. ein Sinken der Terms of Trade an,

<sup>27</sup> Vgl. zu diesem Begriff den Abschnitt unter der Zwischenüberschrift Nutzungskosten (user costs).

<sup>28</sup> Aus der Sicht eines rohstoffexportierenden Landes zeigt ein Steigen der Terms of Trade an, welche zusätzlichen Importe für eine Exporteinheit möglich sind (ohne die Handelsbilanzrestriktionen zu tangieren).

daß mehr Exportgüter für eine gegebene Importmenge eines Rohstoffs hergegeben werden müssen. Das Sinken der Terms of Trade gibt also die pro Importeinheit notwendigen Anpassungsprozesse an, um die Handelsbilanz ausgeglichen zu halten. Insbesondere die „commodity-terms-of-trade“ sind ein potentieller Indikator für Rohstoffknappheit in offenen Volkswirtschaften.

Man kann argumentieren, daß die Terms of Trade nur dann Knappheit der Ressourcen anzeigen, wenn sich ceteris paribus nur die Bedingungen des Rohstoffimports verschieben. In der Realität können sich aber die Produktions- und Nachfragebedingungen für das Exportgut verändern und (teilweise) eine Verschlechterung der Terms of Trade auffangen. Die Bundesrepublik hat sich durch ihre Aufwertungen in den 70er Jahren vom internationalen Preisdruck bei Erdöl teilweise abkoppeln können. Die Berücksichtigung dieser Anpassungsprozesse kann kein Argument gegen die Verwendung der Terms of Trade als Knappheitsindikator sein, da Knappheit nicht für ein ceteris paribus definiert werden kann. Die Terms of Trade stellen allerdings lediglich ein Maß der aktuellen Knappheit dar, da sie in aller Regel die potentiellen zukünftigen Nachfrage- und Angebotsbedingungen des Exportgutes nicht berücksichtigen.

### Empirische Überprüfung der Realpreise

Über Realpreise rohstoffintensiver Produkte liegt eine Reihe von empirischen Untersuchungen vor. Barnett und Morse<sup>29</sup> kommen zu dem Resultat, daß – mit Ausnahme der Forst- und Fischereiwirtschaft – die Preise rohstoffintensiver Produkte relativ zu nicht rohstoffintensiven Produkten für den Zeitraum von 1870 - 1957 leicht gesunken sind (einschließlich der landwirtschaftlichen Produkte). Untersuchungen von Herfindahl<sup>30</sup> (Kupfer), Ruttan und Callahan<sup>31</sup> (Forst- und Landwirtschaft) und Irland<sup>32</sup> (Forstwirtschaft) kommen zu ähnlichen Resultaten. Eine Studie von Nordhaus<sup>33</sup> zeigt für elf wichtige Rohstoffe einen sinkenden Realpreis relativ zum Lohnsatz. Dieses Ergebnis wird jedoch abgeschwächt, wenn der Realpreis in bezug auf den Preis für Kapital definiert wird<sup>34</sup>. Für vier Ressourcen (Kohle, Blei, Zink, Phosphor) ergibt sich dann ein

<sup>29</sup> H. I. Barnett und Ch. Morse, a.a.O.

<sup>30</sup> O. C. Herfindahl: Copper Costs and Prices: 1870-1957, Baltimore 1959.

<sup>31</sup> V. W. Ruttan und J. C. Callahan: Resource Inputs and Output Growth: Comparison between Agriculture and Forestry, in: Journal of Political Economy, Forest Science, Vol. 8 (1962), S. 68-84.

<sup>32</sup> L. C. Irland: Is Timber Scarce? The Economics of a Renewable Resource, in: Bulletin No. 83, Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, 1974.

<sup>33</sup> W. Nordhaus: Resources as a Constraint on Growth, in: American Economic Review, Vol. 64 (1974), S. 22-26.

Anstieg des Realpreises. Eine Analyse von Christy und Potter<sup>35</sup> kann keinen ansteigenden Trend in den Realpreisen natürlicher Ressourcen aufzeigen. Radetzky<sup>36</sup> liefert eine interessante Untersuchung über die Realpreise von Kupfer, Aluminium und Eisenerz. Für Eisen und Kupfer kann er z. B. keinen langfristig steigenden Trend in den Realpreisen für den Zeitraum 1900 - 1970 aufstellen. Durch die Öffnung neuer Minen (Afrika, Australien, Südamerika) hat sich in dieser Zeitspanne der Erzgehalt des abgebauten Erzes nicht verschlechtert. Das Eisenerz wird nach Abbau angereichert. Durch Fortschritte in den Anreicherungsprozessen hat sich der Erzgehalt von 25 - 45 % auf 59 - 68 % erhöht. Diese Qualitätsverbesserung ließe auf einen Anstieg des Realpreises schließen, der jedoch nicht einsetzte.

Obwohl Shmith<sup>37</sup> zu dem Resultat kommt, daß die Abnahme des Realpreises geringer wird – was die Ressource näher an das Phänomen der Verknappung heranbringt –, muß man aus den bisher vorliegenden empirischen Daten den Schluß ziehen, daß für die Realpreise natürlicher Ressourcen über einen längeren Zeitraum (bis in die Mitte der siebziger Jahre) mit Ausnahme der Forstwirtschaft und Fischereiwirtschaft ein Anstieg der Realpreise der rohstoffintensiv produzierten Produkte nicht zu verzeichnen ist.

### Nutzungskosten (user costs)

In der Ressourcentheorie ist es erforderlich, den Preis eines rohstoffintensiv erzeugten Produkts (Güter mit starkem Ressourcengehalt wie zugeschnittenes Holz und Heizöl) und den Preis für die noch nicht aus der Natur entnommene Ressource (z. B. Preis für einzuschlagenden Wald, Erdöl in Kavernen) zu unterscheiden. Smith<sup>38</sup> spricht plastisch vom Preis für „meat on the hook“ und für „meat on the hoof“. Das rohstoffintensiv produzierte Gut ist aus der Natur entfernt, es hat den Extraktionsprozeß hinter sich, oft auch Anreicherungsprozesse (Verbesserung des Rohstoffgehalts) und Produktionsverfahren. Dagegen bezieht sich der Preis der Ressource auf die noch in der Natur befindliche Ressource (Ressource in situ).

<sup>34</sup> G. M. Brown und B. C. Field, a.a.O., S. 233.

<sup>35</sup> A. T. Christy jr. und N. Potter: Trends in Natural Resource Commodities: Statistics of Prices, Output, Consumption, Foreign Trade, and Employment in the United States, 1870-1957, ed. by P. Manning, Baltimore 1962.

<sup>36</sup> M. Radetzky, a.a.O.

<sup>37</sup> V. K. Smith: The Effect of Technological Change on Different Uses of Environmental Resources, in: J. V. Krutilla (Hrsg.): Natural Economics: Studies in Theoretical and Applied Analysis, Baltimore 1972, S. 54-87.

<sup>38</sup> V. L. Smith: Control Theory Applied to Natural and Environmental Resources. An Exposition, in: Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 4 (1977), S. 1-24.

Für diesen Ressourcenpreis sind auch die Begriffe „user costs“, „rental rate of resource“ und impliziter Nutzungspreis geläufig<sup>39</sup>.

Geht man von der Vorstellung aus, daß eine natürliche Ressource sowohl von der heutigen als auch von der zukünftigen Generation genutzt werden kann, so bedeutet die Verwendung heute, daß zukünftige Nutzungen vereitelt werden. Der Einsatz einer Ressource heute verursacht also Opportunitätskosten, d. h. entgangene Nutzen in der Zukunft. Diese entgangenen Nutzen muß die heutige Generation bei ihren Entscheidungen ansetzen. Der Ressourcenpreis (Nutzungskosten) entspricht also dem Wert der Ressource für zukünftige Generationen. Die heutige Generation hat sozusagen der kommenden Generation einen Preis dafür zu zahlen, daß sie der zukünftigen Generation eine Nutzung wegnimmt.

Das Konzept des Ressourcenpreises (Nutzungskosten), das den Naturschützern sehr lieb sein mag, ist den Ökonomen schon länger bekannt. So heißt es etwa bei Keynes: „In the case of raw materials the necessity of allowing for user costs is obvious; – if a ton of copper is used up to-day it cannot be used to-morrow, and the value which the copper would have for the purposes of to-morrow must clearly be reckoned as a part of the marginal cost.“<sup>40</sup> Oder: „User costs constitute one of the links between the present and the future.“<sup>41</sup>

„User costs“ entsprechen dem Schattenpreis einer Ressource in einem intertemporalen Allokationsmodell<sup>42</sup>. Angenommen die Gesellschaft will den Nutzen für alle Generationen maximieren, wobei der Nutzen  $W$  von den entnommenen Ressourcenmengen  $C$  abhängt,  $W = W(C)$ , und die Ressource  $R$  sich gemäß einer Regenerationsfunktion  $\dot{R} = F(R)$  verändert. Dann lautet das Allokationsproblem

$$\omega = \int_0^{\infty} e^{\delta t} W(C_t)$$

unter der Bedingung

$$\dot{R} = F(R) - C$$

und die zugeordnete Hamilton-Funktion in laufenden Preisen

$$H = W(C) + p [F(R) - C].$$

Der Multiplikator  $p$  stellt den Schattenpreis der Ressource dar. Bezeichnet  ${}^0p(t) = p(t)e^{-\delta t}$  den Gegenwartswert von  $p(t)$ , so gibt  ${}^0p(t)$  den marginalen Beitrag der Zustandsvariablen zu dem Wert des Wohlfahrts-

funktionalen an, d. h.  ${}^0p(t)$  gibt an, wie eine im Zeitpunkt  $t$  in die Ökonomie exogen (parametrisch) hineingegebene Ressourceneinheit den Gegenwartswert des Wohlfahrtsfunktionalen verbessert. Der Schattenpreis  $p$  gibt also den Wert einer Ressourceneinheit für das gesamte System, d. h. für zukünftige Generationen, an. Dieser Schattenpreis  $p$  ist identisch mit den Nutzungskosten (user costs).

Die Nutzungskosten (user costs) oder der Preis der Ressource in situ ist der ideale Knappheitsindikator, weil er die Opportunitätskosten der heutigen Nutzung zum Ausdruck bringt und damit die Knappheit in der Zukunft erfaßt. Wenn nämlich in Zukunft die Ressource knapper wird, so steigen heute die Opportunitätskosten der Nutzung. Der Ressourcenpreis steigt.

In der Realität sind jedoch die Nutzungskosten empirisch nur schwer zu isolieren. Brown und Field<sup>43</sup> nennen als einziges Beispiel den Preis für einzuschlagende Douglas-Fichten. Lizenzen für Schürfrechte wären ein weiterer Indikator. Neben der Frage der Beobachtbarkeit dieses Preises ergibt sich die Frage, inwieweit die „user costs“ durch das Verhalten der Marktteilnehmer (Ressourcennachfrager, Ressourcenanbieter), deren Erwartungen, das Zusammenspiel von Tagesmärkten, Terminmärkten und Kapitalmärkten „richtig“ ausgewiesen werden.

Die Nutzungskosten sind eine Komponente des Preises eines rohstoffintensiven Produkts, der außerdem u. a. noch von den Extraktionskosten und den Kosten nachgelagerter Produktionen (Aufbereitungsprozesse) beeinflusst wird. Damit wird deutlich, daß der Realpreis des rohstoffintensiv produzierten Gutes, obwohl in der Realität leichter feststellbar, ein nur unvollkommener Indikator der Knappheit sein kann.

### Knappheitsmaße bei Allmendegütern

Allmende-Ressourcen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie öffentliche Güter (oder quasi-öffentliche Güter) sind oder als solche behandelt werden. Drei Gruppen von Allmendegütern sind u. E. zu unterscheiden:

□ Güter, bei denen nach dem Stand der Ausschlußtechnologie ein Ausschluß technisch unmöglich ist, wie z. B. Erdatmosphäre, Umweltqualität im weitesten Sinn, Schönheit der Landschaft.

<sup>40</sup> J. M. Keynes: *The General Theory of Employment, Interest and Money*, New York 1935, S. 73.

<sup>41</sup> Ebenda, S. 69.

<sup>42</sup> H. Siebert: *Ökonomische Theorie der Umwelt*, Tübingen 1978, Kap. 8. Vgl. auch H. K. Schneider und W. Schulz: Die optimale Nutzung erschöpfbarer Energieressourcen, in: O. Issing (Hrsg.): *Ökonomische Probleme der Umweltpolitik*, Schriften des Vereins für Socialpolitik, N. F., Bd. 91, Berlin 1976, S. 119-161.

<sup>43</sup> G. M. Brown und B. C. Field, a.a.O., S. 238.

<sup>39</sup> Neben dem Ressourcenpreis (meat on the hoof) kann man auch einen Preis für natürliche Systeme betrachten, in dem sich eine natürliche Ressource aufhält (z. B. Boden, Seen).



□ Güter, bei denen technisch ein Ausschluß möglich ist (z. B. abgrenzbare Landschaften, räumlich begrenzte Umweltsysteme), denen aber meritorischer Charakter beigemessen wird und die damit zu einem öffentlichen Gut werden (Grand Canyon).

□ Güter, die aus Gründen der historischen Entwicklung als freie Güter genutzt werden (Fische der Weltmeere) und damit Allmendecharakter hatten, für die aber Nutzungsrechte definierbar sind und die auf Grund neuer institutioneller Regelungen zu privaten oder quasi-öffentlichen Gütern werden.

Bei denjenigen Gütern, die historisch als Allmendegüter behandelt werden, lautet für die Etablierung eines Knappheitsmaßes die Frage, ob im Sinn des „property rights“-Ansatzes private Nutzungsrechte definierbar sind. Wenn dies möglich ist, können Benutzerpreise als Knappheitsmaß angesetzt werden. Allerdings hängt es von der Art der zugewiesenen Nutzungsrechte ab, inwieweit die Nutzungskosten die Interessen zukünftiger Generationen wiedergeben. Man kann sich Nutzungsrechte für einzelne Individuen für eine Periode vorstellen (Auktionierung von Fangrechten), es sind vererbare Fangrechte denkbar (mit starker Zukunftsorientierung des einzelnen Individuums) oder die Nutzungsrechte können nationalisiert (200-Meilen-Zone) oder internationalisiert werden (Festlegung von Fangquoten).

Bei denjenigen Allmendegütern, die öffentliche Güter im reinen Sinn oder meritorische Güter sind, kann Knappheit nur festgestellt werden, wenn Qualitätsnormen für diese Güter (z. B. Umweltqualität für verschiedene Umweltmedien wie Wassergüte, Schönheit der Landschaft, Minimumwerte für Atemluft) definiert werden und diese Qualitätsstandards in Preise umgesetzt werden, z. B. ausgedrückt in Kosten zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Qualitätsnorm. Dieser Stan-

dard-Preis-Ansatz<sup>44</sup> ist intertemporal zu interpretieren, etwa wenn heutige ökonomische Prozesse Auswirkungen (z. B. über Schadstoffakkumulation) auf die Qualitäts-Standards in der Zukunft haben. Auch in diesem Fall kann man die Nutzungskosten als Opportunitätskosten interpretieren. Die Opportunitätskosten sind dann zu verstehen als Kosten, die für die Aufrechterhaltung des Standards in der Zukunft anfallen. Man beachte, daß der Standard – da es sich um ein öffentliches Gut handelt – politisch gesetzt wird (und zwar von der heutigen Generation).

### Konzept der Optionsnachfrage

Ein anderer Vorschlag, zukünftige Knappheiten bei Allmendegütern in Betracht zu ziehen, ist im Konzept der Optionsnachfrage<sup>45</sup> entwickelt worden. Angenommen, Allokationsentscheidungen sind irreversibel und die Irreversibilität sei asymmetrisch (Hells-Canyon-Problematik). Die Verwendung für den Zweck x (offener Tagbau) kann die Nutzung für den Zweck y (Naturpark) in der Zukunft verhindern. Die alternative Zeitfolge der Verwendung vereitelt technisch nicht die Option x. Die Optionsnachfrage gibt in diesem Fall die Zahlungsbereitschaft der heutigen Generation für die Aufrechterhaltung einer Option an. Die Optionsnachfrage kennzeichnet also die Opportunitätskosten einer bestimmten Verwendung einer natürlichen Ressource und gibt damit die Nutzungskosten an. Allerdings wird die Optionsnachfrage von der heutigen Generation bestimmt; zukünftige Perioden sind also auf den Altruismus der heutigen Generation angewiesen.

<sup>44</sup> W. J. Baumol und W. E. Oates: The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, in: Swedish Journal of Economics, Vol. 73 (1971), S. 42-54.

<sup>45</sup> J. V. Krutilla: Conservation Reconsidered, in: American Economic Review, Vol. 57 (1967), S. 777-786. C. Henry: Option Values in the Economics of Irreplaceable Assets, in: Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, Vol. 41 (1974), S. 89-104.

**HERAUSGEBER:** HWWA – Institut für Wirtschaftsforschung – Hamburg (Prof. Dr. Armin Gutowski, Prof. Dr. Hans-Jürgen Schmahl)

**REDAKTION:**

Dr. Otto G. Mayer (Chefredakteur), Dr. Klaus Kwasniewski (Stellvertreter), Dipl.-Vw. Christine Bull, Dipl.-Vw. Claus Hamann, Helga Lange, Helga Wenke, Dipl.-Vw. Klauspeter Zanzig

**Anschrift der Redaktion:** 2 Hamburg 36, Neuer Jungfernstieg 21, Tel.: (0 40) 35 62 306/307

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, die Zeitschrift oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) oder auf eine andere Art zu vervielfältigen. Copyright bei Verlag Weltarchiv GmbH.

**HERSTELLUNG UND VERTRIEB:**

Verlag Weltarchiv GmbH, Hamburg

**Anzeigen:** Generalvertretung Dr. Hans Klemen

**Anzeigenpreisliste:** Nr. 13 vom 1. 7. 1974

**Bezugspreise:** Einzelheft: DM 7,50, Jahresabonnement: DM 80,- (Studenten: DM 30,-)

**Erscheinungsweise:** monatlich

**Druck:** Buch- und Offsetdruckerei Wunsch, 843 Neumarkt  
**Anschrift des Verlages:** 2 Hamburg 36, Neuer Jungfernstieg 21, Tel.: (0 40) 35 62 500