

ZUM PROBLEM DES WIRTSCHAFTS-
WACHSTUMS UND DER UMWELT

Mikulas LUPTACIK

Forschungsbericht Nr. 83

Mai 1974

ZUM PROBLEM DES WIRTSCHAFTSWACHSTUMS UND DER UMWELT.

M. Luptáčík

1. Einleitung

Das österreichische Bruttonationalprodukt (BNP) betrug im Jahr 1954 real 130,447 Mrd. Schilling, im Jahr 1971 schon 317,6 Mrd. Schilling. Bei einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von 5 % für die nächsten Jahre würde das bedeuten, daß bereits in 15 Jahren das BNP doppelt so groß ist wie im Jahre 1971. Das BNP der USA betrug jetzt eine Billion Dollars. Unter der Annahme einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von etwa 4 % wird sich das BNP in 18 Jahren verdoppeln und in 100 Jahren wird der jährliche Zuwachs des BNP größer als das gesamte BNP in den USA heute sein. Die gesamte Weltproduktion hat sich in den letzten 15 Jahren verdoppelt. Trotz starkem Bevölkerungswachstum sollte der pro-Kopf-Output im Jahre 1975 zweimal so groß sein wie im Jahre 1950. "Das Kennzeichen der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert ist nichts anderes als der Übergang vom linearen Wachstum zum exponentiellen Wachstum" (Buchwald, S.149)

Parallel zu dieser Entwicklung können wir jedoch auch eine starke Belastung der Umwelt beobachten. Die Ausbeutung von Erzen, Energieprodukten, bedrohliche Luft- und Wasserverschmutzung, das Volumen des Zivilisationslärms, die Zerstörung der Landschaft, Gesamtmenge von Düngemitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln u.a. sind die begleitenden Phänomene des heutigen Wirtschaftswachstums. Dafür gibt es genug Beispiele und Untersuchungen. Aus diesen ergibt sich, daß die für die

Umweltbelastung maßgebenden Größen ebenso schnell ansteigen wie die heutigen Indikatoren des Wirtschaftswachstums.

(Die Abbildungen 1 und 2 sind nur zwei Beispiele von vielen anderen; Buchwald, S. 151).

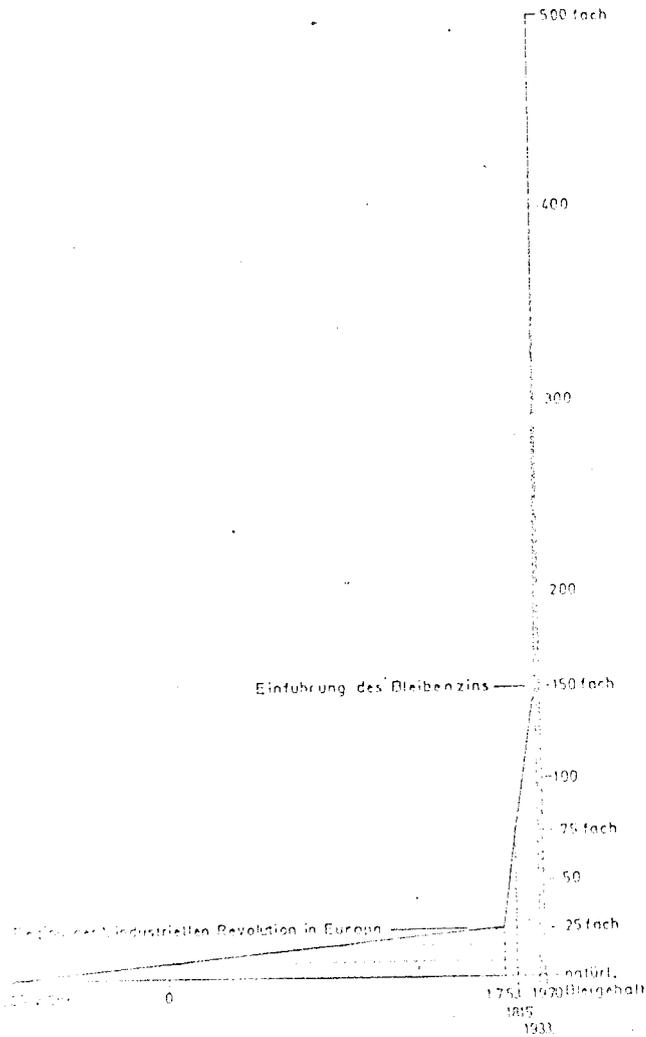


Abb. 1: Zunahme des Gehaltes an atmosphärischem Blei im Grönland vor 800 v. Chr. bis 1965/70 (nach Murozumi, Chow u. Patterson, 1969)

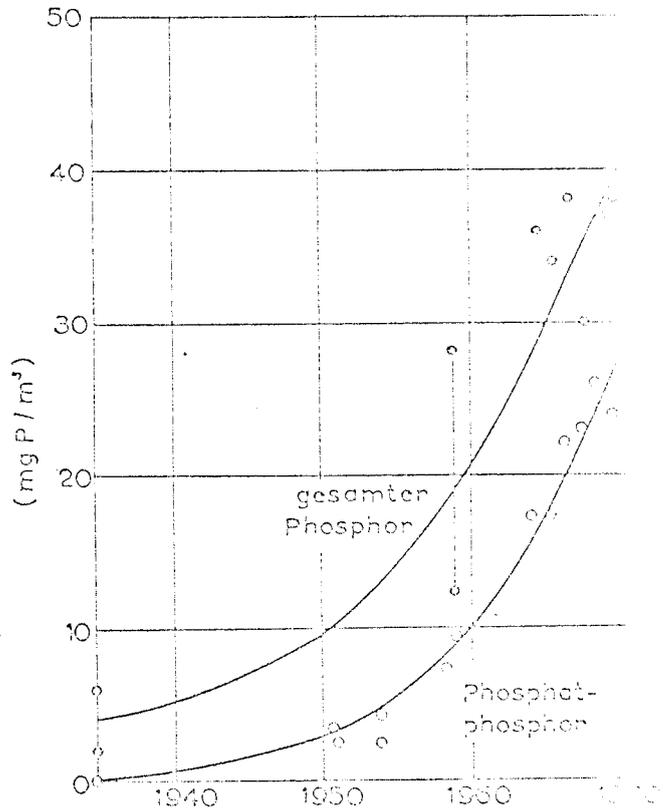


Abb. 2: Anstieg der Phosphorkonzentrationen im Boden von den Jahren 1930-1970 als Beispiel exponentiellen Wachstums eines die natürliche Umwelt als menschliche Lebensgrundlage (Trinkwasserspeicher) belastenden Faktors (nach W. Nurnberg, 1971)

Jedoch die Aufzählung von Fakten und das Wehklagen genügen nicht. Einen Beitrag zur Analyse der Probleme des Wirtschaftswachstums und Erhaltung der Umwelt stellt diese Untersuchung dar.

2. Wirtschaftswachstum

a) Wie ist das Wachstum definiert?

Wirtschaftswachstum kann erst dann fruchtbar analysiert werden, wenn über die Definition von "Wachstum" Klarheit herrscht. Diesbezüglich können wir heute in der ökonomischen Theorie sowie in der Wirtschaftspraxis mehrere Indikatoren finden:

- (i) Wachstum des realen BNP
- (ii) Wachstum des realen Volkseinkommens (Nettoprodukts)
- (iii) Wachstum des Konsums (oder Einkommens)
- (iv) Wachstum von (i), (ii) und (iii) pro Kopf der Bevölkerung
- (v) Wachstum der Arbeitsproduktivität (pro Stunde)
- (vi) Wachstum der produktiven Kapazität¹⁾

Die am häufigsten verwendeten Indikatoren des Wirtschaftswachstums sind Wachstum des realen BNP und des realen Volkseinkommens (oder in pro-Kopf-Einheiten ausgedrückt). Das BNP ist der allgemeinste Maßstab für die wirtschaftliche Aktivität innerhalb einer Periode. Die Steigerung des BNP wurde in den letzten Jahren ein derart wichtiges Ziel, daß von einem Wachstumswettlauf zwischen den Nationen gesprochen werden kann. Im BNP wird ausgedrückt, welche wirtschaftliche Gesamtproduktion aus den in einem Land eingesetzten Produk-

1) Unter produktiver Kapazität verstehen wir das BNP, das wir produzieren könnten, wenn alle Ressourcen der Volkswirtschaft voll ausgenützt wären.

tionskräften hervorgebracht wird. Sein Umfang läßt sich auf zwei Arten berechnen. Erstens kann man die produzierten Investitions- und Konsumgüter einschließlich der Dienstleistungen addieren; man ermittelt also die Ertragsseite der volkswirtschaftlichen Gewinn- und Verlustrechnung. Die zweite Methode beruht auf der Erfassung des Aufwands, d.h. der Entschädigung an die in der Produktion verwendeten Arbeitskräfte und das Kapital, das sind die als volkswirtschaftlich relevant bezeichneten Produktionskosten. Damit wie in jeder doppelten Buchhaltung Soll und Haben gleich groß werden, kommt als Ausgleichsposten auf der Kostenseite noch der Gewinn der Produzenten hinzu. Das Resultat dieser beiden Berechnungsweisen wird deshalb Bruttonprodukt genannt, weil darin auch die Abschreibungen beziehungsweise die Ersatzinvestitionen enthalten sind.

Demgegenüber enthält das Nettoprodukt (oder Volkseinkommen) nur jene Güter und Dienste, die nach Abzug der Abschreibungen übrig bleiben. Es enthält also jene Leistungen, die entweder konsumiert oder als Erweiterungsinvestitionen verwendet werden können. Da das BNP nicht zwischen Kosten und Erträge unterscheidet, eignet sich dieser Indikator - im Vergleich zum Volkseinkommen - weniger als Maßstab für Wohlstand. Darum kann man ihn besser als einen Maßstab für die Produktionsleistung einer Volkswirtschaft bezeichnen, während das Volkseinkommen eine Art Wohlstandsindikator darstellt

Als ein Maßstab für Wohlstand zeigen jedoch beide dieser Indikatoren erhebliche Schwächen:

1. Sie sagen nichts über Einkommensverteilung aus;
2. die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung ist lediglich auf Markttransaktionen und den sich daraus ergebenden Preisen aufgebaut. Das bedeutet, sie erfaßt keine "non-market"-Güter wie z.B. die Arbeit vieler Hausfrauen, die Arbeit im Hausgarten; die Bäume im Wald werden erst eingerechnet, wenn sie abgeholzt sind; sowie viele andere "non-market"-Güter. Grundsätzliche Schwierigkeiten bereitet auch die Erfassung des Staates, weil für die Leistungen des Staates kein Markt besteht. Man behilft sich damit, daß die Leistungen des Staates mit seinen Inputs gemessen werden. Damit ist unterstellt, der Staat könne keinen Produktivitätsfortschritt bzw. -rückschritt erzielen.

Der Indikator Wachstum des Einkommens oder pro-Kopf-Einkommens wird häufig für praktische Zwecke als Wohlstandsindikator verwendet, zumal er relativ leicht empirisch meßbar ist. Seine Schwächen als Wohlstandsmaß sind im wesentlichen die gleichen wie bei BNP und Volkseinkommen.

Die Indikatoren (v) und (vi) können wir als Maßstab für die Leistungsfähigkeit der Volkswirtschaft bezeichnen und werden als Wachstumsindikatoren selten verwendet.

Die Frage eines geeigneten Maßstabes für Wirtschaftswachstum können wir nur dann beantworten, wenn wir uns über die Ziele des Wirtschaftswachstums klar sind.

b) Die Ziele des Wirtschaftswachstums

Prof. J. Tinbergen gibt in seinem Pionierwerk "Economic Policy: Principles and Design" (1956) folgende Ziele der modernen Wirtschaftspolitik an:

1. Die Erhaltung des internationalen Friedens;
2. Maximierung des realen pro-Kopf-Einkommens bei Vollbeschäftigung und monetärem Gleichgewicht;
3. Verbesserung der Verteilung des Realeinkommens zwischen sozialen Gruppen und Ländern;
4. Emanzipation der benachteiligten Gruppen und die maximale persönliche Freiheit, die mit anderen Zielen vereinbar ist.

Die von Tinbergen angegebenen Ziele umfassen "soziale Ziele" wie die Punkte 1. und 4. sowie eigentliche wirtschaftliche Ziele unter 2. und 3. In der Diskussion der Sechzigerjahre haben sich als wirtschaftspolitische Zielvorstellungen folgende fünf Ziele durchgesetzt, die in den Zielen 2. und 3. Tinbergens impliziert sind:

1. Preisstabilität
2. Vollbeschäftigung
3. Ausgleich der Zahlungsbilanz
4. hohes wirtschaftliches Wachstum
5. gerechte Verteilung des Einkommens.

In einigen Untersuchungen sind diese fünf Ziele noch auf drei reduziert worden: Wachstum, Vollbeschäftigung und sozial-gerechte Einkommensverteilung als die "letzten" Ziele der Wirtschaftspolitik. Von allen diesen Zielen der Wirtschaftspolitik ist das auf der ganzen Welt wirklich verfolgte und nicht nur deklarierte Ziel das wirtschaftliche Wachstum. Warum, wo liegen die "benefits" des Wachstums? Gemäß Lipsey-Steiner können wir folgende Ziele (oder "benefits") des Wirtschaftswachstums angeben:

1. Wachstum und Lebensstandard: Das Wirtschaftswachstum führt zu höherem Lebensstandard; primärer Grund des Wachstums;
2. Wachstum und Lebensstil: Mit höherem Einkommen ändert sich der Lebensstil der Gesellschaft. Die Leute kaufen mehr dauerhafte und luxuriöse Güter, die Struktur des Konsums hat sich wesentlich geändert. Auf der anderen Seite ermöglicht steigende Arbeitsproduktivität immer mehr und mehr Freizeit. Die Leute reisen mehr, können neue Länder kennenlernen, sie haben viel mehr Zeit für

Sport und Erholung, für Kultur und Bildung usw.

3. Wachstum und Einkommensverteilung: Das Wirtschaftswachstum ermöglicht eine leichtere Durchführung der Einkommensumverteilung. Bei steigendem Einkommen ist es möglich, die Einkommensunterschiede zu reduzieren, ohne daß jemand weniger bekommt als er vorher gehabt hat.

4. Nationales Prestige.

Diese "benefits" sind aber nur eine Seite des Wirtschaftswachstums. Auf der anderen Seite stehen die Kosten, mit denen jedes Wirtschaftswachstum verbunden ist. Bevor wir zu dieser Frage übergehen, wenden wir uns zunächst dem Problem der Faktoren des Wirtschaftswachstums zu. Womit ist ein derart starkes Wachstum zu erklären?

c) Die Faktoren des Wachstum

1. Die Kapitalintensität (Kapital pro Mann):

Die Kapitalakkumulation ist offensichtlich ein wichtiger Faktor des Wachstums, jedoch kann sie nicht als einziger Faktor des Wachstums angesehen werden. So lang eine Volkswirtschaft nicht ausgeschöpfte Investitionsgelegenheiten hat, wird die produktive Kapazität der Volkswirtschaft durch Erhöhung des Kapitalstocks steigen. Wenn aber keine neue Investitionsmöglichkeiten vorhanden sind, wird die sukzessive Erhöhung der Kapitalakkumulation immer weniger produktiv und die Kapital-Output Relation wird steigen. Wie aus den Untersuchungen Professor Kuznets'

hervorgeht, blieb das Kapital-Output Verhältnis trotz der starken Kapitalakkumulation in den USA in diesem Jahrhundert konstant. Das bedeutet, daß die Investitionsmöglichkeiten genauso gestiegen sind wie die Kapitalinvestitionen.

2. Innovationen und technischer Fortschritt:

Hier können wir zwischen zwei Arten des technischen Fortschritts unterscheiden:

- gebundener technischer Fortschritt, der in Form neuer, produktiverer Maschinen und technischer Einrichtungen gebunden ist;

- ungebundener technischer Fortschritt: Weniger sichtbare, jedoch ebenso wichtige Veränderungen können ungebunden sein, indem sie Neuerungen in der Produktionsorganisation betreffen, die nicht in der Form der verwendeten Kapitalgüter oder Rohstoffe gebunden sind. Ein Beispiel dafür bieten die Management-Verbesserungen.

Viele Innovationen beinhalten gleichzeitig beide Arten des technischen Fortschritts. Neue Prozesse erfordern neue Maschinen, diese verändern diese Prozesse auch ökonomisch. Ein Beispiel dafür wäre die Einführung von Computern in die Produktionsprozesse.

3. Qualität der Arbeitskräfte:

Unter Qualität der Arbeitskräfte verstehen wir im wesentlichen folgende zwei Aspekte:

- Die Arbeits- und Lebensbedingungen;
- Die Ausbildung und die Qualifikation der Arbeitskräfte.

Bessere Arbeits- und Lebensbedingungen sowie höhere Ausbildung und Qualifikation erhöhen wesentlich die Arbeitsproduktivität.

Als weitere Faktoren des Wachstums können wir noch folgende angeben:

4. Quantität der Arbeit
5. Soziale und gesetzliche Institutionen
6. Außenhandel.

Jedoch - wie aus mehreren Untersuchungen hervorgeht - sind die wichtigsten Faktoren des Wachstums in den ersten drei genannten zu sehen. "... the improvements in the quality of capital, human as well as physical, have played a larger role than increases in the quantity of capital in the economic growth of the United States since 1900"¹⁾ schreiben Denison und Solow.

In der Zeit von 1839 bis 1960-62 stieg die Population in den USA mit der Rate 21,6 % pro Dekade, das BNP jedoch mit einer Rate von 42,5 % pro Dekade. Der Zuwachs des BNP pro Kopf wurde dabei von steigender Arbeitsproduktivität und einer sinkenden Anzahl der Beschäftigten (gemessen in Mann-Stunden) pro Kopf begleitet. (S. Kuznets: Modern Economic Growth).

1) Lipsey-Steiner, Seite 544.

d) Die Kosten des Wachstums

Das Wachstum erfordert - wie wir jetzt gesehen haben- vor allem starke Kapitalakkumulation, Entwicklung der wissenschaftlichen Forschung und Erhöhung der Qualität der Arbeitskräfte. Jedoch bedeuten solche Investitionen für eine gegebene Zeitperiode eine Verminderung des gegenwärtigen Konsums, um in Zukunft einen höheren Konsum zu erreichen. Und diese Verminderung des Konsums heute stellt eine Art der Kosten des Wachstums dar. Die Verteilung des Volkseinkommens zwischen Investitionen und Konsum oder Zwischen gegenwärtigem und zukünftigem Konsum ist bestimmend für das Wirtschaftswachstum. Folgende Tabelle und Abbildung dienen zur Illustration dieses Problems.¹⁾

Tabelle 1: Konsumniveau

Jahr	2 %ige Wachstumsrate des Einkommens	3%ige Wachstumsrate des Einkommens
0	85.0	77.0
1	86.7	79.3
2	88.5	81.8
3	90.3	84.2
4	92.1	86.8
5	93.9	89.5
6	95.8	92.9
7	97.8	95.0
8	99.7	97.9
9	101.8	100.9
10	103.8	103.9
15	114.7	120.9
20	126.8	140.3
30	154.9	189.4
40	189.2	255.6

1) Tabelle 1 und Abbildung 3 sind von Lipsey-Steiner, Seite 537, übernommen

Dieses Beispiel setzt voraus, daß das Einkommen im Jahr 0 100 beträgt, daß 85 % Konsum bei einer 2%igen Wachstumsrate möglich ist. Um eine 3%ige Wachstumsrate zu erreichen, muß der Konsum auf 77 % des Einkommens fallen. Der zeitliche Verlauf dieser zwei Pfade ist in Abb. 3 graphisch dargestellt.

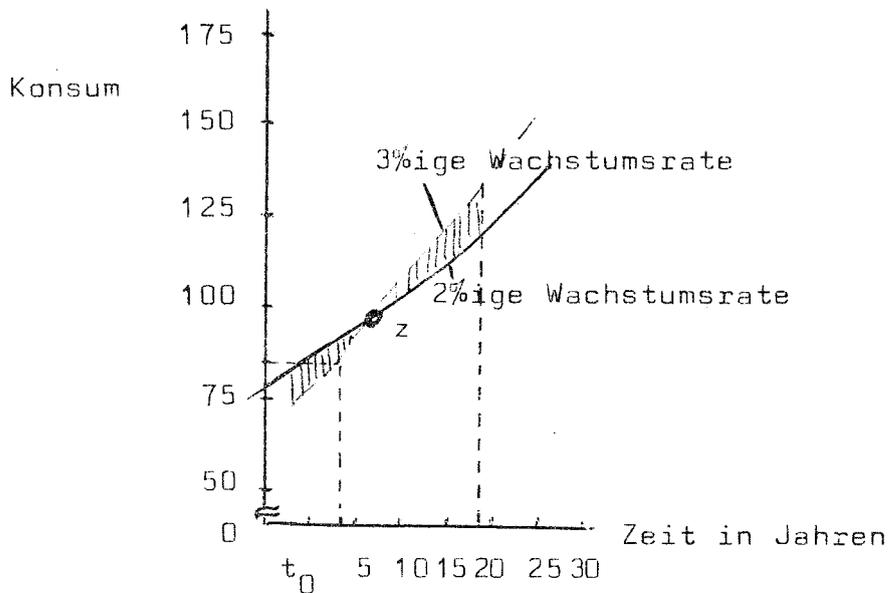


Abb. 3

In der ökonomischen Wachstumstheorie können wir zahlreiche Publikationen über dieses Thema finden. Es ist nicht Zweck dieser Studie, näher auf diese Probleme einzugehen; daher werden wir an dieser Stelle nur einige Bemerkungen bringen. Die Modelle, die mit dem Ziel, eine optimale Akkumulationsrate zu finden, konstruiert wurden, sind dadurch charakterisiert, daß sie nicht alle wichtigen Faktoren

des Wachstums berücksichtigen. Das Problem in diesen Modellen ist etwas vereinfacht. Es geht um die Verteilung des Volkseinkommens zwischen den Investitionen - wobei hier oft nur Investitionen in die Produktionsmittel berücksichtigt sind - und Konsum, in dem nicht nur privater Konsum, sondern auch öffentlicher Konsum (Ausgaben für Bildung, Forschung, Gesundheitswesen u.s.w.) beinhaltet ist. Was in Konsum "investiert" wird, scheint als "verfallen" ohne Rückwirkung auf z.B. die Qualität der Arbeitskräfte, was offensichtlich die Ausgaben für Bildung, Forschung und Gesundheitswesen, aber auch Konsum (wie z.B. die Ausgaben für Erholung) haben. Dadurch ist einer der wichtigsten Faktoren des Wachstums - nämlich die Qualität der Arbeitskräfte - in diesen Modellen nicht berücksichtigt. Hier liegt auch die Begründung, warum diese Modelle mit neuesten mathematischen Methoden bei ihren Anwendungen unbefriedigende Resultate zeigen. Die optimalen Lösungen zeichnen sich durch hohe Investitionen in Produktionsmittel und niedrigen Konsum in den ersten Jahren des Planungszeitraumes aus, dann durch Senkung der Investitionen und starkes Wachstum des Konsums. (z.B. Stoleru Modell für Algerien, in dem die optimale Politik eine Senkung des Konsums in den ersten 15 Jahren auf 22 % des ursprünglichen Niveaus erfordert hat. Nach Einführung des Konsumminimums verlief der optimale Pfad gerade an dieser Grenze). Der Grund für die Nichtberücksichtigung

dieses Faktors dürfte in den Schwierigkeiten der quantitativen Meßbarkeit dieses Faktors liegen.

Das zweite Problem dieser Modelle der Wachstumstheorie liegt in der Bestimmung der Diskontrate oder der Zeitpräferenzrate und mit dem damit in Zusammenhang stehenden Problem der Nutzenfunktion, die als Zielfunktion in diesen Modellen dient. Die Diskontrate wird in diesen Modellen als konstante exogene Größe angenommen. Man kann zeigen (Inagaki, Optimal Economic Growth. Shifting Finite versus Infinite Time Horizon 1970), daß die konstante Diskontrate $i > i_0$ für relativ wichtige Gruppen von Modellen (Cobb-Douglas Produktionsfunktion, Bernoulli Nutzenfunktion mit technischem Fortschritt) eine notwendige Bedingung für die Existenz der Lösung ist. Diese Bedingung ist aber ökonomisch schwer interpretierbar, weil die Diskontrate während des ganzen Planungshorizonts konstant bleibt und andere ökonomische Größen, wie Kapital bzw. Konsum - mit denen die Diskontrate in Zusammenhang steht - sich im Zeitverlauf ändern. Kann man überhaupt die Diskontrate als exogene konstante Größe behandeln oder sollte vielleicht sogar umgekehrt vorgegangen werden? Koichi Mera benutzt diesen "umgekehrten" Ansatz; aus der bestehenden Investitionsquote leitet er über ein Modell des optimalen Wachstums die damit implizierte Diskontrate ab und kommt auf Werte von 3 bis 4 %.

Jedoch ändert das nicht viel an unserem Problem, da diese Diskontrate nur die Kehrseite der bestehenden Investitionsquote ist; eine Änderung dieser Größe führt zur Änderung der Diskontrate. Allgemein kann man sagen, daß die Diskontrate sinkt, wenn der Konsum sinkt. Die Schwierigkeiten mit der Diskontrate dürften in der Vereinfachung der Modelle oder der Nutzenfunktion liegen. Diese Probleme erfordern jedoch noch weitere Untersuchungen und es ist nicht Zweck dieser Studie, sich näher damit zu beschäftigen.

Diese genannten Kosten des Wirtschaftswachstums sind jedoch nur ein Teil. Die anderen, die leider in der ökonomischen Wachstumstheorie vernachlässigt werden, sind die Kosten der Umweltbelastung. Das Wirtschaftswachstum erfordert immer neue Fabriken, produktivere Maschinen und Einrichtungen, diese brauchen immer mehr und mehr Rohstoffe und Energie; die neuen Maschinen sind sehr leistungsfähig, erzeugen aber viel Lärm, u.s.w. Das Produkt dieses Wachstums besteht nicht nur aus gewünschten Gütern sondern auch aus verschmutzter Luft, aus verschmutzten Flüssen und Seen sowie Abfällen aller Art.

3. Das Umweltproblem - heute

Unter Umwelt versteht der **Ökologe** die Gesamtheit der äußeren Lebensbedingungen, die auf eine bestimmte Lebeweinheit, Individuum oder Lebensgemeinschaft, an dessen Lebensstätte einwirken.¹⁾ Auf die menschliche Gesellschaft bezogen ist die Umwelt zunächst einmal alles, was uns umgibt, das uns beeinflussen kann und auf das wir Einfluß nehmen können. Dabei können wir unterscheiden:²⁾

a) Natürliche Umwelt - das nicht vom Menschen Gemachte, aber häufig von ihm Beeinflusste und Genutzte. Es sind die Umweltelemente Wasser, Boden, Gestein, Luft, Pflanzendecke und Tierwelt und die von ihnen gebildeten Einheiten: die Landschaftsräume in ihrer Naturausstattung, die gesamte Erdoberfläche und schließlich der Kosmos, von dem das Leben der Erde in seinem Energiehaushalt abhängig ist.

b) Gebaute Umwelt - das vom Menschen Gemachte. Es sind unsere Wohnungen, Fabriken, Verkehrswege, Maschinen, u.s.w.

c) Soziale Umwelt - es sind die Gesellschaften, die Völker, in denen wir leben.

In unserer Studie werden wir weiter unter Umwelt die natürliche und gebaute Umwelt verstehen, obwohl wir uns darüber bewußt sind, daß die natürliche und gebaute Umwelt nicht unabhängig von der sozialen Umwelt ist. Dies würde aber eine komplexere Studie erfordern.

1) Zitiert nach Buchwald, Seite 147.

2) Diese Klassifikation ist ebenfalls von Buchwald übernommen.

Das Umweltproblem von heute können wir in zwei Problemkreisen darstellen:

- Die Ausbeutung der Ressourcen
- Qualität des Lebens.

3.1. Die Ausbeutung der Ressourcen

Die erste Frage, die sich bei der Prognose des exponentiellen Wachstums des BNP auch für die nächsten Jahre erhebt, ist folgende: Werden unsere Vorräte an Ressourcen diesem Wachstum genügen?

In der Dekade 1960 - 1970 hat die ganze Welt eine Menge an Energie verbraucht, die 55 Mrd. Tonnen Kohle entspricht. Gemäß der Prognose der Fachleute sollte das in dieser Dekade doppelt so viel sein. Bis zum Jahr 1985 sollte der Weltverbrauch an Energie - umgerechnet auf Erdöl - auf etwa 150 Mill. Barrel¹⁾ täglich steigen. Das ist zirke das zweifache des heutigen Verbrauches. Bei der internationalen Konferenz über Energetikin Bukarest im Juni 1972 haben die Wissenschaftler festgestellt, daß im Jahr 1980 für die Energieerzeugung etwa 10 Mrd. Tonnen der konventionellen Brennstoffe gebraucht wird. Davon zwei Drittel Erdöl und Erdgas. Neulich hat das Committee on Resources and Man of the Division of Earth Sciences der National Academy of Sciences/National Research Council (USA) einen sehr vor-

1) 1 Barrel = 160 l

sichtigen Bericht über die Ressourcensituation auf weltweiter Ebene veröffentlicht. Der Bericht dokumentiert den bedrohlichen Mangel an nichtbrennbaren Mineralien (z.B. Quecksilber, Zinn, Wolfram und Helium) und betont, daß neue Quellen oder Ersatzstoffe gefunden werden müssen, sogar wenn nur kurzfristige Bedürfnisse gedeckt werden sollen. Außerdem geht aus diesem Bericht hervor, daß die der Welt bekannten Erdöl- und Erdgasquellen nur mehr ein halbes Jahrhundert und die Kohlenreserven als Energiequelle nicht mehr als zwei oder drei Jahrhunderte ausreichen werden. Die Autoren betonen, "... we cannot simultaneously use the fossil fuels for fuels, petrochemicals, synthetic polymers, and bacterial conversion to food without going through them even more rapidly"¹⁾. Dieselben Ressourcen können nicht gleichzeitig für alles benützt werden. Häuser aus Kunststoff sparen Wälder, Erdgas und elektrische Energie ersetzen Benzin, die chemische Industrie erzeugt die erforderlichen Ersatzstoffe, aber dazu braucht sie Kohlen und Erdöl. Solche Beispiele kann man sich leicht vorstellen, aber alle hängen von denselben noch vorhandenen Brennstoffen ab und es kann sein, daß von diesen nicht genügend für alle vorhanden sind.

1) Barkley-Seckler, Seite 26.

Die Auswirkungen der Krise in der Energieversorgung zeigen sich schon heute. Z. B. zeigt sich in den USA ein besonderer Mangel an Erdgas und Heizöl, wobei diese ein Land mit großen Vorkommen an Erdöl und Kohle sowie anderen Rohstoffen sind. Noch schwieriger ist eine solche Situation für die Länder, die sehr auf den Import von Rohstoffen angewiesen sind, wie z.B. Japan. Die entwickelten Länder - mit höchster Wachstumsrate des BNP - decken einen wesentlichen Teil ihres Rohstoffbedarfes durch Importe aus unterentwickelten Ländern. Da diese Länder die Rohstoffe jedoch selbst für die eigene wirtschaftliche Entwicklung brauchen und brauchen werden, können sie der Nachfrage nicht nachkommen.

Technisch gesehen zeigen sich folgende Möglichkeiten, dieser drohenden Krise entgegenzuwirken:

- a) Die Entdeckungen neuer Vorkommen; ein Beispiel dafür sei die Ausbeutung von Bodenschätzen unter dem Meersboden.
- b) Die Entwicklung neuer Technologien zur Gewinnung von Energie und neuer Ersatzstoffe. Ein Beispiel dafür sei die Forschung über die Probleme der Kernsynthese der leichten Grundstoffe. Den neuen Kernbrennstoff - Deuterium - kann man unmittelbar aus Meerwasser gewinnen, wobei die Kosten dafür heute schon niedriger sind als die Kosten der Kohlenförderung.

Ein weiteres Beispiel ist die derzeitige Nutzung der Kernfissionsenergie.

c) "Recycling" oder Wiederverwertung von Abfällen. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit, die aus dem Verkehr ausgeschiedenen Automobile als Schrott zur Eisengewinnung zu verwenden. Die Abfälle der Papierfabriken - die Sulfitlauge - kann man als Rohstoff für die Erzeugung von Futtermittelweißstoffen verwenden und viele andere.

Im Zusammenhang mit hier angeführten Möglichkeiten stellt sich die wichtige Frage, ob man auch künftige Entdeckungen und die Entwicklung neuer Technologien - etwa auf Grund der bisherigen Entwicklung - prognostizieren könne. Wir müssen diesen Problemen große Aufmerksamkeit widmen, aber trotz den großen Fortschritten, die hier erzielt werden, darf man daraus nicht schließen, daß es auch bis in alle Zukunft so sein wird. Das wäre leichtsinnig und unverantwortlich gegenüber nach uns kommenden Generationen. Es geht um die Sicherstellung der Lebens- und Entfaltungsgrundlagen der Menschheit auf eine nicht begrenzte Zeit. Die Vorräte an natürlichen Ressourcen sind riesengroß, jedoch nicht unerschöpflich.

3.2. Qualität des Lebens

Unter Qualität des Lebens verstehen wir alles, was das körperliche, seelisch-geistige und soziale Wohlbefinden des Menschen ausmacht. Qualität des Lebens bedeutet nicht nur dieses Wohlbefinden heute, sondern auch die Chance menschlicher Entwicklung in der Zukunft. Diese Chance ist weitgehend abhängig von unserer natürlichen, gebauten und sozialen Umwelt. Was der Qualität unseres Lebens im Wege steht, sind gerade die starke Umweltbelastungen, die wir als begleitende Phänomene der heutigen Wirtschaftsentwicklung beobachten können. Zusammengefaßt sind das:

- die Verschlechterung der Qualität von Luft und Wasser
- die Beeinträchtigung der Landschaft und der Pflanzen- und Tierarten
- die unbedachte Veränderung des Klimas
- die Einbuße an Ruhe
- der Stress, der mit unserer Lebensweise verbunden ist mit allen Auswirkungen auf Morbidität und Mortalität, nicht nur unserer, sondern auch zukünftiger Generationen.

Wir können auf die Aufzählung von Fakten über Verschlechterung der Lebensqualität verzichten, da darüber eine umfangreiche populäre und wissenschaftliche Literatur vorhanden ist. Was aber für den Ökonomen wichtig ist, ist folgendes:

Die Umweltgüter sind keine freien Güter mehr und es ist notwendig, die Umweltprobleme in die ökonomische Theorie (so auch in die Wachstumstheorie) einzubeziehen. Saubere Luft,

reines Wasser sind nicht mehr in unbegrenztem Umfang erhältlich, sodaß notwendigerweise zwischen verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten gewählt werden muß.

Leider zeigen gerade diese Kosten des heutigen Wirtschaftswachstums in den letzten Jahren eine bedrohlich steigende Tendenz, sodaß sich bei der Kosten-Nutzen-Analyse des Wachstums immer häufiger die Frage erhebt - die eigentlich vor ein paar Jahren nur selten ausgesprochen worden war (Mishan, Galbraith) - warum wachsen? Sollen wir weiter ein exponentielles Wachstum gemessen an heutigen Indikatoren anstreben?

4. Ziele des Wachstums und Qualität des Lebens

Kehren wir noch einmal zu den Zielen oder "benefits" des Wachstums zurück, jedoch unter dem Aspekt der Qualität des Lebens. Entspricht das heutige Wirtschaftswachstum wirklich diesen Zielen?

a) Wirtschaftswachstum und Lebensstandard.

Ja, Lebensstandard, gemessen an Konsum oder Einkommen pro Kopf, an der Zahl der Autos, Fernsehgeräte usw. ist zweifellos das Ergebnis dieses Wachstums und kann wesentlich zur Qualität unseres Lebens positiv beitragen. Wenn wir aber unter höherem Lebensstandard nicht nur höheren materiellen Konsum - oft nur privaten Konsum - verstehen, jedoch viel mehr höhere Qualität des Lebens in unserem Sinne, ist es offensichtlich, daß zwischen dem heutigen Wirtschaftswachstum und Lebensstandard keine eindeutige positive Korrelation besteht.

b) Wachstum und Lebensstil.

Gerade an dieser Frage können wir sehen, wie die Maximierung der Wachstumsrate des privaten Konsums als wirtschaftspolitisches Ziel zur negativen Änderung des Lebensstils der Gesellschaft führt.

Diese Änderung kann man einerseits an dem sozialen Ungleichgewicht zwischen dem Angebot an privatwirtschaftlich und an gemeinwirtschaftlich erzeugten Gütern oder, wie Galbraith sagt,

zwischen dem "privaten Reichtum und der öffentlichen Armut",
sehen. Dieses Ungleichgewicht macht sich gerade in den Industrieländern mit dem höchsten technischen Niveau - oder mit dem höchsten Wachstum im Sinne unserer Indikatoren (v) und (vi) - wie den USA, der BRD und Japan, besonders deutlich. Einige der Probleme, die dieses soziale Ungleichgewicht charakterisieren: Armut inmitten von Überfluß, ungenügende medizinische Betreuung, ungenügendes Erziehungssystem, Mangel an sozialen Wohnungsmöglichkeiten, ungenügendes Transportwesen, Verfall der Stadtkerne, ungenügende Freizeit und Erholungsräume, Arbeitslosigkeit, Diskriminierung von Minderheiten und des Alters, wachsende soziale Spannungen.

Auf der anderen Seite kann man diese Änderung in Zusammenhang mit dem übersteigerten und einseitigen Leistungsbe-
griff sehen. Die Kritik an der "Leistungsgesellschaft" bedeutet nicht die Verneinung des erforderlichen Leistungswillens, sie richtet sich "... gegen lebensfeindliche, einseitige Entwicklungen und Übersteigerungen des Leistungsprinzips, in denen wesentliche Ursachen unserer menschlichen und Umweltmisere zu suchen sind. Diese führen zu ständigem Leistungsdruck, dem Stress, den permanenten Schuldgefühlen, dieses oder jenes noch erledigen zu müssen, oder zur Angst vor Müßiggang, die selbst die Freizeit zu einer pausenlosen Pflichterfüllung neurotisiert." (Buchwald Seite 164).

Eng mit unserer Wachstumspolitik verbunden ist der Nützlichkeitsstandpunkt, von dem aus alle Entscheidungen ge-

troffen werden. Nur was einen klar erkennbaren und kontrollierbaren Zweck verfolgt und erreichen wird, was rationell begründet ist, findet in Entscheidungsgremien und beim Bürger selbst in seinen persönlichen Planungen Zustimmung. "Eine totale Zweckbestimmung des Menschen, eine Verengung auf den homo faber einer profit- und prestigeorientierten Leistungsgesellschaft ist inhuman. Der Mensch muß auch homo ludens sein und sein Recht auf Freude, Lust und eigenverantwortete Freizeit wahrnehmen können." (Buchwald Seite 164).

Es ist die Frage nach der Einseitigkeit unseres Leistungswillens, die sich überwiegend in der Steigerung von Produktion und Konsum auswirken muß und die aufs engste gekoppelt ist mit der Einseitigkeit, mit der "Fortschritt" = Wachstum des Bruttonationalproduktes gesetzt wird. "Unser Leistungswille muß sich also insgesamt auf die Qualität künftigen menschlichen Lebens ausrichten, auf das körperliche, geistig-seelische und soziale Wohlbefinden des Menschen!" (Buchwald Seite 164).

c) Wachstum und Einkommensverteilung.

Das Wirtschaftswachstum ermöglicht zwar eine leichtere Durchführung der Einkommensumverteilung, jedoch bedeutet es noch nicht auch eine Reduzierung der Einkommensunterschiede. Heutige Wachstumsindikatoren sagen über Einkommensverteilung nichts aus.

d) Nationales Prestige.

"Last but not least" Ziel des Wachstums. Es kann sich jedoch

kaum das Prestige eines Landes haben, wenn starke Umweltverschmutzung, zerstörte Landschaft, nur wenig Freizeit und Erholungsräume sowie andere schon erwähnte begleitende Phänomene des heutigen Wachstums vorhanden sind.

Wir sehen, daß das Wirtschaftswachstum bemessen an heutigen Indikatoren nicht mehr eindeutig seinen Zielen entspricht. Daraus ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- (i) Die Korrektur der heutigen volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und der Wachstumsindikatoren;
- (ii) eine Reduktion des Wachstums, die für die Erhaltung der Umwelt notwendig ist.

5. Korrektur der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und der Wachstumsindikatoren

Als volkswirtschaftliche Gesamtrechnung bezeichnen wir eine makroökonomische Darstellung der am Ende einer Periode in einer Volkswirtschaft registrierten ökonomischen Transaktionen zwischen bestimmten Gruppen. Sie soll uns Auskunft über den Einsatz der Produktionsfaktoren, über das Produktionsergebnis und die Verteilung geben. Jedoch ist diese Auskunft nicht vollständig. Es sind vor allem die sozialen Kosten, die entweder gar nicht oder oft mit falschem Vorzeichen, als Ertrag statt als Aufwand, in Rechnung gestellt werden. Soziale Kosten sind Kosten, die ihr Verursacher nicht selbst trägt, sondern die von Dritten oder der Gesamtheit getragen werden müssen. Von diesen werden wir uns besonders mit jenen Kosten beschäftigen, die aus der Belastung der Umwelt entstehen. Hier können wir etwa drei Arten von sozialen Kosten unterscheiden. Erstens die Kosten, die als Beeinträchtigung von Kapital auftreten, zum Beispiel Fahrzeugschäden aus fremdverursachten Verkehrsunfällen, Korrosionen an Autos, weil auf den Straßen Salz gestreut wurde, Korrosionsschäden an Häusern infolge säurehaltiger Luft und vieles andere mehr. Die zweite Gruppe betrifft die Menschen und ihre Gesundheit. Es entstehen Schäden der Atmungs- und Verdauungsorgane infolge verschmutzter Luft und Schäden aus vergifteten Lebensmitteln, zum Beispiel durch Pestizide in Früchten und in Milchprodukten. Die Luft-

verunreinigung beeinflusst auch die vorgeburtliche Sterblichkeit. Die dritte Gruppe von ökologischen sozialen Kosten betrifft direkt die Natur, die Tier- und Pflanzenwelt. (Zum Beispiel infolge verschmutzten Wasser verendete Fische). Da wir schon gezeigt haben, daß die Umweltgüter keine freien Güter mehr sind, müssen wir die Abnutzung der Umwelt auch in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung berücksichtigen und zu Beginn jedes Produktionsprozesses genauso reproduzieren wie die anderen Produktionsfaktoren (Kapital und Arbeit). In der Praxis wird allerdings beträchtlich davon abgewichen, denn es werden nur jene Schäden als Abrechnungen verbucht, die am Realkapital auftreten, also an Maschinen, Häusern, Fahrzeugen u.s.w. Hingegen werden Schäden an Mensch und Natur entweder gar nicht berücksichtigt oder sie werden zum Nettoprodukt gezählt. Nicht berücksichtigt werden in der Regel Schäden an der Natur, insbesondere der Verbrauch an Boden für Bauzwecke, die Aufzehrung von unersetzbaren Bodenschätzen, aber auch die Luft- und Wasserverschmutzung, solange sie nicht zu Schäden an Menschen und Realkapital führen, die irgendwie wieder repariert werden. Erst wenn Reparaturen auftreten, z.B. in Form des Baues und Betriebes von Abwasserreinigungs- und Kehrlichtbeseitigungsanlagen durch den Staat oder als Arzt- und Spitalskosten bei den Menschen, so geht der dafür nötige Aufwand an Produktionsfaktoren in die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung ein, und zwar nicht nur in das Brutto- sondern auch in das Nettoprodukt - und das ist falsch. Alle diese Ausgaben, die praktisch Abschrei-

bungen infolge des Verzehrs an Umwelt darstellen, sollen - genauso wie die Abschreibungen des realen Kapitals nur in das Bruttonationalprodukt eingehen.

$$\text{NNP} = \text{BNP} - \text{A} - \text{U}$$

wobei A die Abschreibungen am realen Kapital und U an der Umwelt darstellen. Das bedeutet, daß die Abschreibungen z.B. im Jahr 1969 nicht 35,2 Mrd. sondern vielleicht 50 Mrd. ö.S. ausgemacht haben. Das Volkseinkommen beträgt dann nicht 249,2 Mrd. sondern 231,4 Mrd. ö.S. Das soll uns das Resultat unseres Wirtschaftens weniger verfälschen als bisher und läßt auch den wirtschaftlichen Wettlauf zwischen den Nationen in einem anderen Licht erscheinen.

Aber auch dieses Bild ist noch nicht vollständig. Bis jetzt haben wir nämlich nur über die materiellen sozialen Kosten gesprochen. Es gibt aber daneben eine große und immer größer werdende Zahl von immateriellen Kosten. Dazu gehören die Einbuße an landschaftlicher Schönheit, an Ruhe, die Schmerzen der Unfallsopfer und Erkrankten, der Ärger auf den verstopften Straßen am Sonntagabend u.s.w. Dies läßt sich nicht in Geld ausdrücken. Man kann höchstens und man sollte versuchen, diese Dinge neben die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung hinzustellen, in Dimensionen, die ihnen angemessen sind. Etwa so, daß man die Zahl der Verunfallten und Erkrankten, die Art

ihrer Verletzungen und Krankheiten ermittelt, die Menge an vergifteten und ausgerotteten Tieren, weiters indem man Kataster der verlorenen und beeinträchtigten Erholungslandschaften aufstellt usw. Auf der anderen Seite sollte man - der Gerechtigkeit halber - auch die immateriellen Benefits erwähnen. Dazu gehören etwa die beseitigten Abfallhaufen und Autofriedhöfe, gerettete Landschaften, die Freude und Befriedigung nach einem schönen Wochenende, Entspannung und Erholung bei Sport und Hobby, künstlerisches Erlebnis im Theater usw. Auf diese Weise würden wir ein komplexeres Bild über unser Wirtschaften bekommen und auf Grund dieses könnten wir einen adäquateren Wachstumsindikator konstruieren. Gerade aus solchen Überlegungen gehen Barkley und Seckler bei ihrer Konstruktion des Wachstumsindikators - den sie als net social welfare (NSW) bezeichnen - aus. "... Although most of the nonmarket gains and losses resulting from economic growth cannot be readily counted or measured, they can be included in a conceptual equation such as the one developed below. The actual construction of such an index based on the equation is beyond the scope of this book. Hopefully, future research in the national income accounting area will result in an empirical approximation of the desired measure ..."¹⁾

Betrachten wir eine Wirtschaft mit Kapitalstock C (Fabriken,

1) Barkley-Seckler, Seite 42-43. Gerade in dieser Richtung geht die Forschung über ein System von Indikatoren menschlichen Wohlbefindens oder social indicators. Dieses Problem ist Gegenstand eines anderen Projekts am Institut für Höhere Studien.

Maschinen, Fahrzeuge, usw.) und einer gegebenen Anzahl von Annehmlichkeiten U (natürliche Umwelt, mit gegebener Qualität des Wassers, der Luft usw.) am Anfang der Produktionsperiode. Im Produktionsprozeß kommt es zur Abnutzung des Kapitals sowie auch der Annehmlichkeiten. Die Abnutzung des Kapitals wird als Abschreibung - in der heutigen volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung - vom BNP abgezogen und diese Größe wird als Nettonationalprodukt (NNP) oder Volkseinkommen bezeichnet.

$$\text{NNP} = \text{BNP} - A$$

Dabei gibt es aber Faktoren, die nicht im BNP eingerechnet sind, die aber positiv zum Wohlstand beitragen. Dazu gehören gerade die "nonmarket benefits" des Wirtschaftswachstums wie mehr Freizeit, höhere Ausbildung und Gesundheit. Diese benefits bezeichnen wir mit B. Auf der anderen Seite entstehen infolge des Wachstums Kosten, die aber nicht als Kosten in die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung eingehen. Dazu gehören zum Beispiel die zusätzlichen Kosten für Informationen und Kontrolle und die Kosten der Reduktion der Umweltverschmutzung. Diese Kosten bezeichnen wir mit GC und müssen sie vom NNP abziehen.

Auf diese Weise bekommen wir einen neuen Wachstumsindikator, den wir als net social welfare (NSW) bezeichnen.

$$\text{NSW} = \text{BNP} - A + B - \text{GC}$$

oder

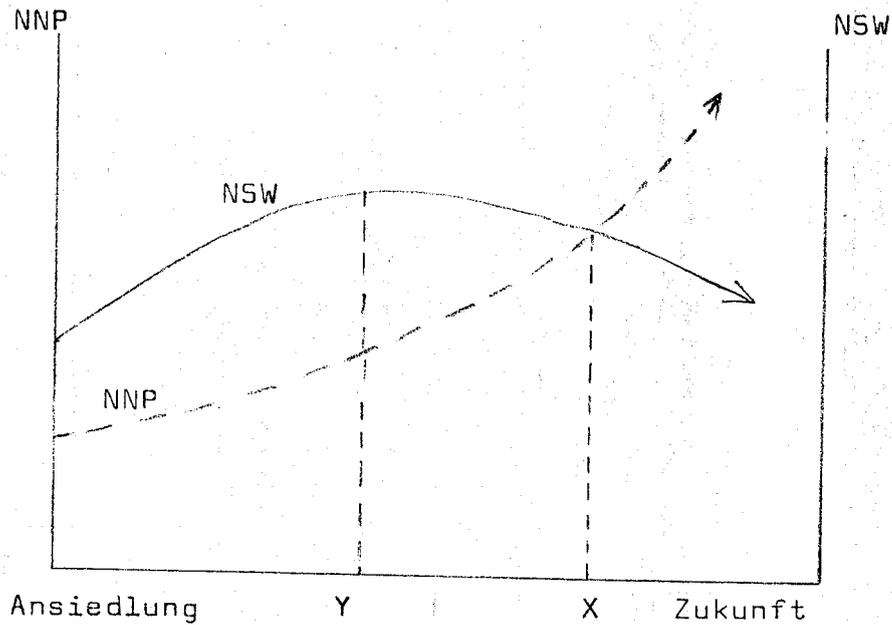
$$\text{NSW} = \text{NNP} + B - \text{GC}$$

Bis jetzt haben wir aber die Annehmlichkeiten noch nicht betrachtet. Wie wir schon gesagt haben, kommt es im Produktionsprozeß - besonders infolge des Wachstums- auch zur Abnützung oder Zerstörung der Annehmlichkeiten. Darunter verstehen wir steigende Luft- und Wasserverschmutzung, zerstörte Landschaft, steigenden Lärm usw. Es ist offensichtlich, daß ein enger Zusammenhang zwischen den Kosten des Wachstums GC und der Zerstörung der Annehmlichkeiten besteht. Wenn der Lärm vollkommen beseitigt und das Wasser wieder gereinigt ist, wird die Zerstörung der Annehmlichkeiten wesentlich niedriger, jedoch die Kosten GC sehr hoch sein. Wenn wir aber die Umweltverschmutzung nicht beseitigt haben, werden die Kosten GC niedrig, die Zerstörung der Umwelt sehr groß. So kann es passieren, daß die Qualität der Umwelt am Ende der Produktionsperiode niedriger ist als am Anfang. Der modifizierte NSW wird jetzt folgendermaßen definiert:

$$NSW = NNP + (B-GC) - UL$$

wobei mit UL die Abnützung oder Zerstörung der Umwelt bezeichnet wird.

Der Zusammenhang zwischen NNP und NSW - mit allem Vorbehalt und aller Vorsicht - können wir folgendermaßen graphisch illustrieren.



Diese Darstellung habe ich von Barkley und Seckler übernommen und sie bezieht sich auf die USA seit der Besiedlung. Da für den NSW keine genügenden Daten zur Verfügung stehen, ist diese Kurve nur hypothetisch und sehr spekulativ. Die Kurve für NNP habe ich als exponentiell angenommen und nicht linear wie Barkley-Seckler.

In den ersten Jahren nach der Ansiedlung dürften die Benefits (B) des Wachstums noch sehr groß sein und die Kosten (GC) niedrig. Es war genug unbesiedeltes Land da, das Wachstum hat mehr Freizeit, höhere Ausbildung und wirklich höheren Lebensstandard mit sich gebracht, sodaß

während einer relativ langen Periode der NSW viel stärker als das NNP gestiegen ist.

Etwa seit Anfang dieses Jahrhunderts (ab Punkt y) sind die Kosten des Wachstums (GC) - besonders infolge der Umweltbelastung - stärker gestiegen als die benefits, sodaß sich die Differenz zwische NSW und NNP zu reduzieren begann. NSW und NNP wachsen noch immer, aber der NSW mit niedrigerer Wachstumsrate als das NNP. Wenn wir dann diesen Trend verfolgen, kommen wir nach einer genügend langen Periode zum Punkt x - der schon eingetreten sein dürfte - bei dem die benefits gleich den Kosten des Wachstums sind. Ab diesem Punkt werden die Kosten des Wachstums die benefits übersteigen und bei weiterem Wachstum des NNP würde der NSW sinken. Auf der anderen Seite könnte es sein, daß ein sinkendes NNP zu einem höheren NSW - infolge Reduktion der Kosten des Wachstums GC - führt.

6. Reduktion des Wirtschaftswachstums

Ein Wachstumsmodell und die Erhaltung der Umwelt

Wir nehmen an, daß wir die gesamte Produktion einer Wirtschaft auf zwei Gruppen verteilen könnten. Die erste Gruppe umfaßt alle Güter, die für die Realisierung der erweiterten Reproduktion (Nettoinvestitionen) und für die Erhaltung der Umwelt (Umweltschutzinvestitionen) bestimmt sind. Die zweite Gruppe umfaßt alle Güter - Konsumgüter und Produktionsmittel - die für den gegenwärtigen Konsum oder für die einfache Reproduktion notwendig sind. Die Verteilung der Produktion erfolgt nicht nach Konsumgütern und Produktionsmitteln, sondern danach, ob die Güter für einfache oder erweiterte Reproduktion und Umweltschutz bestimmt sind.¹⁾ Die Produktionsfunktionen - in pro-Kopf-Form - sind in beiden Gruppen lineare Funktionen der Kapitalintensität (Kapital pro Mann).

Wir werden von folgenden Grundgleichungen

$$g_{y_2} = \frac{dy_2}{dt} \cdot \frac{1}{y_2} \quad (1)$$

$$y_2 = \tilde{\delta}_2 \cdot \frac{K_2}{L_2} = \tilde{\delta}_2 \cdot k_2 \quad (2)$$

1) Das Modell ist auf dem Modell von G.A. Feldman aufgebaut. Es ist durch die Umwelt ergänzt und die Produktionsfunktionen sind modifiziert. Das Modell von G.A. Feldman siehe in Domar: "Essays in the Theory of Economic Growth", Oxford University Press 1957.

$$y_1 = \tilde{\sigma}_1 \cdot \frac{K_1}{L_1} = \tilde{\sigma}_1 \cdot k_1 \quad (3)$$

$$Y_1 = \frac{dK_1}{dt} + \frac{dK_2}{dt} + \frac{dU_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} \quad (4)$$

und folgenden Definitionen ausgehen:

$$(a) \quad g_{Y_1} = \frac{dY_1}{dt} \cdot \frac{1}{Y_1}$$

$$(f) \quad g_{K_1} = \frac{dK_1}{dt} \cdot \frac{1}{K_1}$$

$$(b) \quad g_{y_1} = \frac{dy_1}{dt} \cdot \frac{1}{y_1}$$

$$(g) \quad g_{K_2} = \frac{dK_2}{dt} \cdot \frac{1}{K_2}$$

$$(c) \quad g_{Y_2} = \frac{dY_2}{dt} \cdot \frac{1}{Y_2}$$

$$(h) \quad g_{L_1} = \frac{dL_1}{dt} \cdot \frac{1}{L_1}$$

$$(d) \quad g_{\tilde{\sigma}_1} = \frac{d\tilde{\sigma}_1}{dt} \cdot \frac{1}{\tilde{\sigma}_1}$$

$$(i) \quad g_{L_2} = \frac{dL_2}{dt} \cdot \frac{1}{L_2}$$

$$(e) \quad g_{\tilde{\sigma}_2} = \frac{d\tilde{\sigma}_2}{dt} \cdot \frac{1}{\tilde{\sigma}_2}$$

$$(j) \quad g_{U_1} = \frac{dU_1}{dt} \cdot \frac{1}{U_1}$$

$$(k) \quad g_{U_2} = \frac{dU_2}{dt} \cdot \frac{1}{U_2}$$

wobei:

Y_1 und Y_2 - Volkseinkommen (Nettoprodukt), geschaffen in der 1. und 2. Gruppe;

K_1 , K_2 - Kapital in der 1. und 2. Gruppe, das unmittelbar in den Produktionsprozeß eingesetzt ist;

L_1 , L_2 - die Anzahl der Beschäftigten (Arbeiter) in der 1. und 2. Gruppe (eventuell gemessen in Mannstunden);

U_1 , U_2 - Umweltschutzkapital in der 1. und 2. Gruppe;

Kapital, das für die Erhaltung der Umwelt dient (z.B.: Kläranlage, Kehrichtbeseitigungsanlagen, Filtern, Förderung der Umweltforschung sowie auch Kapital, das für die gewisse Umstrukturierung des gegenwärtigen Konsums notwendig ist);

- σ_1, σ_2 - Kapitalproduktivität in der 1. und 2. Gruppe;
- $g_{\sigma_1}, g_{\sigma_2}$ - die Änderungsrate der Kapitalproduktivität in der 1. und 2. Gruppe;
- g_1, g_2 - die Wachstumsraten des Nettoprodukts in der 1. und 2. Gruppe;
- g_{y_1}, g_{y_2} - die Wachstumsrate des Nettoprodukts pro Arbeiter in der 1. und 2. Gruppe;
- g_{K_1}, g_{K_2} - die Zuwachsrate des Kapitals in der 1. und 2. Gruppe;
- g_{L_1}, g_{L_2} - die Änderungsrate der Beschäftigung in der 1. und 2. Gruppe;
- g_{U_1}, g_{U_2} - die Zuwachsrate des Umweltschutzkapitals in der 1. und 2. Gruppe.

Nach Substitution (2) in die Gleichung (1) bekommen wir:

$$g_{y_2} = \frac{d\sigma_2 \cdot k_2}{dt} \cdot \frac{1}{y_2}$$

Nach Differenzierung:

$$\begin{aligned}
 g_{y_2} &= \left[\frac{K_2}{L_2} \frac{d\tilde{\sigma}_2}{dt} + \tilde{\sigma}_2 \left(\frac{\frac{dK_2}{dt} \cdot L_2 - K_2 \frac{dL_2}{dt}}{L_2^2} \right) \right] \cdot \frac{1}{y_2} \\
 &= \left[\frac{d}{dt} \cdot \frac{1}{\tilde{\sigma}_2} + \frac{L_2}{K_2} \left(\frac{\frac{dK_2}{dt} \cdot L_2 - K_2 \cdot \frac{dL_2}{dt}}{L_2^2} \right) \right] = \\
 &= g_{\tilde{\sigma}_2} + \left(\frac{dK_2}{dt} \cdot \frac{1}{K_2} - \frac{dL_2}{dt} \cdot \frac{1}{L_2} \right) = \\
 &= g_{\tilde{\sigma}_2} + g_{K_2} - g_{L_2}
 \end{aligned}$$

oder

$$g_{y_2} = g_{\tilde{\sigma}_2} + g_{k_2} \quad (5)$$

Ganz analog für die erste Gruppe:

$$g_{y_1} = g_{\tilde{\sigma}_1} + g_{K_1} - g_{L_1}$$

oder

$$g_{y_1} = g_{\tilde{\sigma}_1} + g_{k_1} \quad (6)$$

Daraus folgt, daß die Wachstumsrate des Volkseinkommens pro Arbeiter in den einzelnen Gruppen aus der Wachstumsrate der Kapitalproduktivität und der Wachstumsrate der Kapitalintensität zusammen-

gesetzt ist. Aus diesen Gleichungen sehen wir, daß bei sinkender Kapitalproduktivität - was einer steigenden Kapital-Output Relation equivalent ist - trotz steigender Kapitalakkumulation die Wachstumsrate des Volkseinkommens pro Arbeiter (oder bei konstanter Beschäftigung auch die Wachstumsrate des Volkseinkommens) sinken kann. Die Wachstumsrate des Volkseinkommens Y_2 oder des gegenwärtigen Konsums kann auch bei sinkendem g_{y_2} steigen, wenn die Anzahl der Beschäftigten stärker steigt als g_{y_2} sinkt. Das können wir folgendermaßen zeigen:

$$\begin{aligned} Y_2 &= y_2 \cdot L_2 \\ g_2 &= \frac{dy_2 \cdot L_2}{dt} \cdot \frac{1}{Y_2} = \left(L_2 \cdot \frac{dy_2}{dt} + y_2 \frac{dL_2}{dt} \right) \frac{1}{Y_2} \\ &= \frac{dy_2}{dt} \cdot \frac{1}{y_2} + \frac{dL_2}{dt} \cdot \frac{1}{dt} \cdot \frac{1}{L_2} = g_{y_2} + g_{L_2} \end{aligned} \quad (7)$$

Analog für die erste Gruppe oder für den Nettoinvestitions- und Umweltsektor:

$$g_1 = g_{y_1} + g_{L_1} \quad (8)$$

und für das Volkseinkommen als ganzes:

$$g = g_y + g_L \quad (9)$$

Wie wir aber sehen können, sind das Ergebnis des Produktionsprozesses und des Wirtschaftswachstums nicht nur gewünschte Güter

und Dienstleistungen, sondern auch Abfälle verschiedener Arten und Verschlechterung der Umwelt. Versuchen wir jetzt diesen Aspekt in unser Modell einzubeziehen. Wir definieren in jeder Gruppe eine Funktion der Umweltbelastung, die eine lineare Funktion des Outputs ist.¹⁾

$$W_1 = \psi_1 Y_1 \quad (10) \quad \text{und} \quad W_2 = \psi_2 Y_2 \quad (11)$$

$$\psi_1 = f(U_1) \quad \psi_2 = h(U_2) \quad \frac{d\psi_1}{dU_1} < 0, \quad \frac{d\psi_2}{dU_2} < 0$$

wobei ψ_1, ψ_2 die Koeffizienten der Umweltbelastung pro eine Einheit des Volkseinkommens in der 1. und 2. Gruppe sind.

W_1 und W_2 - die Umweltbelastung für die 1. und 2. Gruppe.²⁾

Wenn wir jetzt die Forderung nach Erhaltung der Umwelt oder keiner weiteren Verschlechterung der Umwelt als weiteres Ziel der Wirtschaftspolitik akzeptieren,³⁾ werden wir unser Modell

-
- 1) Das ist nur - einfachheitshalber - unsere Annahme. Es wären weitere empirische Untersuchungen erforderlich, um die Art dieser Funktion festzustellen.
 - 2) Die quantitative Meßbarkeit dieser Größen wird erhebliche Schwierigkeiten mit sich bringen und ebenfalls weitere Untersuchungen erfordern. Uns geht es hier mehr darum zu versuchen, die Zusammenhänge zwischen dem Wachstum und Umwelt darzustellen und weniger, irgendwelche quantitativen Ergebnisse zu bekommen.
 - 3) "Österreich scheint auf dem besten Wege zu sein, die hochentwickelten Industriestaaten einzuholen. Dieses Ziel ist aber nur dann erstrebenswert, wenn das Wachstum nicht um den Preis einer rapiden Verschlechterung unserer Umwelt erkauft wird." (F. Nemschak: Österreichs Wirtschaft an der Jahreswende 1972/73).

folgendermaßen ergänzen:

$$g_{W_1} = \frac{dW_1}{dt} \cdot \frac{1}{W_1} = 0 \quad (12)$$

$$g_{W_2} = \frac{dW_2}{dt} \cdot \frac{1}{W_2} = 0 \quad (13)$$

wobei g_{W_1} und g_{W_2} die Änderungsraten der Umweltbelastung für die 1. und 2. Gruppe sind.

Setzen wir jetzt (10) in (12) ein und differenzieren:

$$\begin{aligned} g_{W_1} &= \frac{d\psi_1 \cdot Y_1}{dt} \cdot \frac{1}{\psi_1 \cdot Y_1} = \left(Y_1 \frac{d\psi_1}{dt} + \psi_1 \frac{dY_1}{dt} \right) \frac{1}{\psi_1 \cdot Y_1} = \\ &= \frac{d\psi_1}{dt} \cdot \frac{1}{\psi_1} + \frac{dY_1}{dt} \cdot \frac{1}{Y_1} = g_{\psi_1} + g_{Y_1} = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

oder

$$g_{\psi_1} + g_{Y_1} + g_{L_1} = 0$$

$$g_{\psi_1} + g_{\tilde{G}_1} + g_{K_1} + g_{L_1} = 0$$

Ganz analog für die 2. Gruppe:

$$g_{W_2} = g_{\psi_2} + g_{Y_2} = 0 \quad (15)$$

Oder:

$$g_{\psi_2} + g_{Y_2} + g_{L_2} = 0 \quad (15a)$$

$$g_{\psi_2} + g_{\tilde{G}_2} + g_{K_2} + g_{L_2} = 0 \quad (15b)$$

Aus Gleichung (15) folgt, daß das Nettoprodukt in der 2. Gruppe oder der gegenwärtige Konsum nur mit solcher Rate wachsen kann, mit welcher die Umweltbelastung pro eine Einheit des Outputs sinkt. Diese Verringerung der Umweltbelastung pro eine Einheit des Outputs kann in zwei Formen verlaufen:

1. Umweltsparender technischer Fortschritt und Beseitigung von Umweltschäden (Kläranlagen, neue Technologie, "recycling"-Prozeß);
2. Umstrukturierung des Konsums (z.B. ein Übergang in den Haushalten von festen Brennstoffen zu flüssigen, Förderung des öffentlichen Verkehrs usw.).

Die Kläranlagen, Entwicklung einer neuen Technologie, Wiederverwertung von Abfällen sowie Umstrukturierung des Konsums erfordern neue Investitionen, die aber eine Verringerung der Investitionen in reales Kapital (siehe Gleichung (4)) bedeuten. Aus den Gleichungen (5) und (7) folgt - unter der Annahme konstanter Kapitalproduktivität und Beschäftigung - eine Verringerung der Wachstumsrate des gegenwärtigen Konsums.¹⁾ Jedoch eine positive - wenn auch reduzierte - Wachstumsrate wäre unter diesen Bedingungen noch möglich. Andererseits impliziert keine Investition in die Umwelterhaltung und daher keine Verringerung der Umweltbelastung pro eine Einheit des

1) Wir könnten zwar den gesamten gegenwärtigen Konsum durch Erhöhung der Beschäftigten erhöhen, was aber bei konstanter Kapitalproduktivität keine Erhöhung des Konsums pro Kopf bedeuten würde.

Outputs - siehe Gleichung (15) - eine Nullwachstumsrate des gegenwärtigen Konsums. Eine positive - wenn auch reduzierte - Wachstumsrate des gegenwärtigen Konsums erfordert gerade Investitionen in die Umwelterhaltung. Gerade eine umweltsparende Politik ermöglicht ein positives, jedoch reduziertes Wachstum. Diese Analyse gilt analog für die 1. Gruppe.

Der Zusammenhang zwischen den Wachstumsraten dieser zwei Gruppen können wir folgendermaßen analysieren:

$$Y_1 = \frac{dK_2}{dt} + \frac{dK_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} + \frac{dU_1}{dt}$$

$$L_1 \cdot y_1 = \frac{dK_2}{dt} + \frac{dK_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} + \frac{dU_1}{dt}$$

$$L_1 \cdot \tilde{\sigma}_1 \cdot \frac{K_1}{L_1} = \frac{dK_2}{dt} + \frac{dK_1}{dt} + \frac{dU_2}{dt} + \frac{dU_1}{dt}$$

Nach weiteren Umformungen bekommen wir:

$$\tilde{\sigma}_1 \cdot K_1 = g_{K_2} \cdot K_2 + g_{K_1} \cdot K_1 + g_{U_2} \cdot U_2 + g_{U_1} \cdot U_1 \quad (16)$$

Nach Substitutionen:

$$g_{K_1} = \tilde{\sigma}_1 - \left(g_{K_2} \frac{K_2}{K_1} + g_{U_2} \frac{U_2}{U_1} + g_{U_1} \frac{U_1}{K_1} \right)$$

$$g_1 - g_{\tilde{\sigma}_1} = \tilde{\sigma}_1 - \frac{K_2}{K_1} g_{K_2} - g_{U_2} \frac{U_2}{K_1} - g_{U_1} \frac{U_1}{K_1}$$

$$g_1 - g_{\tilde{\sigma}_1} = \tilde{\sigma}_1 - \frac{K_2}{K_1} (g_2 - g_{\tilde{\sigma}_2}) - g_{U_2} \frac{U_2}{K_1} - g_{U_1} \frac{U_1}{K_1}$$

$$g_1 = g_{\tilde{s}_1} + \tilde{s}_1 - \frac{K_2}{K_1}(g_2 - g_{\tilde{s}_2}) - g_{U_2} \frac{U_2}{K_1} - g_{U_1} \frac{U_1}{K_1} \quad (17)$$

Diese Gleichung stellt uns den Zusammenhang zwischen den Wachstumsraten des gegenwärtigen Konsums g_2 und der Nettoinvestitionen g_1 dar.

$$g_1 - g_{\tilde{s}_1} - \tilde{s}_1 + g_{U_2} \frac{U_2}{K_1} + g_{U_1} \frac{U_1}{K_1} = - \frac{K_2}{K_1} (g_2 - g_{\tilde{s}_2})$$

$$- g_1 + g_{\tilde{s}_1} + \tilde{s}_1 - g_{U_2} \frac{U_2}{K_1} - g_{U_1} \frac{U_1}{K_1} = \frac{K_2}{K_1} (g_2 - g_{\tilde{s}_2})$$

$$\frac{K_1}{K_2} g_{\tilde{s}_1} + \frac{K_1}{K_2} \tilde{s}_1 - \frac{K_1}{K_2} g_1 - \frac{U_2}{K_2} g_{U_2} - \frac{U_1}{K_2} g_{U_1} + g_{\tilde{s}_2} = g_2 \quad (18)$$

Aus diesen Gleichungen sehen wir, daß die Investitionen für den Umweltschutz ($g_{U_1} > 0$, $g_{U_2} > 0$) zwar eine Verringerung der Wachstumsraten g_1 und g_2 implizieren, jedoch nur auf diese Weise ein positives Wachstum ohne weitere Umweltverschlechterung möglich ist. Aus diesen Gründen ist die Argumentation der Vertreter des hohen Wirtschaftswachstums nicht haltbar. Diese Argumentation können wir folgendermaßen zusammenfassen: "Ein relativ hohes Wirtschaftswachstum von mehreren Prozent ist erforderlich zur Finanzierung dringender gesellschaftspolitischer Aufgaben der Gesundheits- und Bildungspolitik, der Entwicklungshilfe

wie der Umweltpflege und -vorsorge." (Zitiert nach K. Buchwald, Seite 159). Ein relativ hohes Wirtschaftswachstum bedeutet aber auch entsprechend höhere Umweltbelastung und damit höhere Kosten der Beseitigung. Wie aus unserer Analyse hervorgeht (siehe Gleichung (18)), impliziert das eine Reduktion des Wachstums. Wenn wir die Erhaltung der Umwelt als weiteres Ziel der Wirtschaftspolitik akzeptieren, ist nichts anderes als eine Reduktion des Wachstums möglich.¹⁾

Vom langfristigen Standpunkt scheint mir auch die andere Lösung - die Forderung nach Nullwachstum - nicht richtig. Sie wäre angesichts einer gewissen Eigendynamik der wirtschaftlichen Entwicklung schwer durchzusetzen und ergibt sich meistens als Lösung solcher Untersuchungen, die eine konstante Struktur und Technologie in der Wirtschaft voraussehen und gerade bezüglich der Umwelt-Technologie nur einmalige Verbesserungsmöglichkeiten voraussetzen (Forrester, Meadows). Es sollte mehr um eine Umstrukturierung der Produktion und des Wirtschaftswachstums gehen.

Das wird noch deutlicher, wenn wir diese Analyse nicht nur in so einer aggregierten Form durchführen, sondern auch die Struktur der Wirtschaft mit sowohl den direkten als auch den indirekten Auswirkungen des Endverbrauches berücksichtigen. Ein solches Instrument stellt die Input-Output Analyse dar.

1) Das gilt unter der Annahme konstanter Kapitalproduktivität. Die steigende Produktivität könnte diese Differenz wieder reduzieren, wenn die neue Technologie - die umweltkonform ist - auch effektiver als die alte Technologie wäre.

7. Umweltprobleme in der Input-Output Analyse

Die Input-Output Analyse ermöglicht es uns, die strukturellen Zusammenhänge der Volkswirtschaft zu analysieren und stellt heute ein wichtiges Instrument der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und Planung dar. Die Grundzüge der Input-Output Analyse können wir folgendermaßen beschreiben. Die Volkswirtschaft besteht aus n Sektoren (Landwirtschaft, Bauwirtschaft, Chemische Industrie, Energiewirtschaft, Eisen- und Stahlindustrie, usw.). Das Produkt jedes Sektors (Output jedes Sektors) - nach Deckung seines eigenen Bedarfes - kann entweder als Input für jeden anderen Sektor oder als Gut für die Endnachfrage verwendet werden. Unter der Endnachfrage verstehen wir den Teil des Bruttoprodukts, der nicht mehr in der gegebenen Periode als Input im Produktionsprozeß verwendet wird, d.h. privater und öffentlicher Konsum, Bruttoinvestitionen, Exporte und Vorratsänderung. Die intersektorellen Ströme werden wir mit x_{ij} bezeichnen, d.h. das ist der Teil des Bruttoproduktes des i -ten Sektors, der im j -ten Sektor verwendet wird. Es ist offensichtlich, daß $x_{ij} \geq 0$ für $i, j = 1, 2, \dots, n$ und daß für manche Ströme $x_{ij} = 0$ ist. Die Endnachfrage des i -ten Sektors werden wir mit Y_i und das Bruttoprodukt mit X_i bezeichnen. Das Input-Output Schema läßt sich folgendermaßen darstellen:

von \ an	Sektoren				End- nachfrage	Brutto- produkt	
	1	2	...	n			
Sektoren	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	Y_1	X_1
	2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	Y_2	X_2

	n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	Y_n	X_n

Jetzt können wir die Bilanzgleichungen der Produktion aufschreiben:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Das Bruttoproduct in jedem Sektor ist gleich der Summe aller intersektorellen Ströme und der Endnachfrage. Diese Gleichungen können in Natural- sowie auch in Werteinheiten dargestellt werden.

Für unsere weitere Analyse werden wir in unser Modell sogenannte Inputkoeffizienten einführen. Diese Koeffizienten können wir aus der gegebenen Input-Output Tabelle folgendermaßen berechnen:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Sie geben uns den Anteil des Inputs des i-ten Sektors pro Einheit der Bruttoproduktion im Sektor j an. Die Matrix der

Inputkoeffizienten bezeichnen wir mit A . Dann gilt für die intersektorellen Ströme:

$$x_{ij} = a_{ij} \cdot X_j$$

Unsere Bilanzgleichungen können wir jetzt folgendermaßen umschreiben:

$$AX + Y = X$$

$$Y = (E-A) \cdot X$$

$$X = (E-A)^{-1} \cdot Y$$

Weiters werden wir die Matrix $(E-A)^{-1}$ mit B bezeichnen und die Koeffizienten dieser Matrix totale Inputkoeffizienten nennen. Sie geben uns den Anteil der Produktion des i -ten Sektors pro Einheit der Endnachfrage in Sektor j an, d.h. sie charakterisieren -zum Unterschied zu den Koeffizienten a_{ij} - den direkten und indirekten Verbrauch der Produktion des i -ten Sektors pro Einheit der Endnachfrage des Sektors j . Aus der Gleichung können wir folgendes Problem analysieren: Wie ändert sich die Bruttoproduktion in den einzelnen Sektoren infolge der Änderung der Endnachfrage?

Wie wir jedoch gesehen haben, besteht das Produkt des Produktionsprozesses nicht nur aus gewünschten Gütern und Dienstleistungen, sondern auch aus verschmutzter Luft, Wasser sowie Abfällen aller Art. Daher können wir sagen, daß jeder Output, der als Input für einen anderen Sektor dient, auch mit gewissen Abfällen und Umweltverschmutzung gekoppelt

ist. Daraus folgt, daß die Inputs in unserer Input-Output Tabelle aus zwei Teilen bestehen:

- x_{ij} - ist der Teil des Bruttoproduktes des i -ten Sektors, der im j -ten Sektor verwendet wird;
- w_{ij} - ist die Abfallmenge (oder die Umweltverschmutzung), die mit dem Input x_{ij} gekoppelt ist.

Aber auch die Endnachfrage oder der Endverbrauch werden von gewissen Abfällen und von Umweltverschmutzung begleitet.

Den gesamten Endverbrauch können wir daher auch in zwei Teile gliedern:

- Y_i - Teil des Endverbrauches des Sektors i , der verbraucht wird, oder die gewünschte Endnachfrage des Sektors i ;
- Y_i^w - Teil des Endverbrauches des Sektors i , der als Abfall (oder Umweltverschmutzung) bleibt, oder die ungewünschte Endnachfrage des Sektors i .

Die Input-Output Tabelle sollten wir in folgender ergänzter Form schreiben:

von \ an		Sektoren				End-nachfrage	Brutto-produkt
		1	2	...	n		
Sektor	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	Y_1	X_1
		w_{11}	w_{12}	...	w_{1n}	Y_1^w	W_1
	2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	Y_2	X_2
		w_{21}	w_{22}	...	w_{2n}	Y_2^w	W_2

	
	n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	Y_n	X_n
		w_{n1}	w_{n2}	...	w_{nn}	Y_n^w	W_n

Unsere Bilanzgleichungen werden jetzt folgendermaßen ergänzt:

$$X_i + W_i = (x_{i1} + w_{i1}) + (x_{i2} + w_{i2}) + \dots + \\ + (x_{ij} + w_{ij}) + \dots + (x_{in} + w_{in}) + Y_i + Y_i^w \quad 1)$$

für $i = 1, 2, \dots, n$

wobei $X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i$ und X_i das gewünschte Bruttoproduct des Sektors i ,

$W_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} + Y_i^w$ und W_i der Abfall des Sektors i ist.

Für die weitere Analyse ist es zweckmäßig, neben den Inputkoeffizienten a_{ij} auch die Verschmutzungskoeffizienten - die wir mit a_{ij}^w bezeichnen - in unser Modell einzuführen. Diese Koeffizienten können wir aus unserer ergänzten Input-Output Tabelle berechnen:

$$a_{ij}^w = \frac{w_{ij}}{X_j} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

wobei a_{ij}^w uns den Anteil des Abfalls (oder der Verschmutzung) im i -ten Sektor pro Einheit des Bruttoproductes des Sektors j angibt. Wie kann man aber diese Koeffizienten empirisch ermitteln? Wir gehen davon aus, daß die Inputs oder die interindustriellen Ströme x_{ij} sowie die entsprechenden Inputkoeffizienten a_{ij} bekannt sind. Diese lassen sich empirisch ermitteln.

1) Dies soll aber nicht bedeuten, daß wir die verschiedenen Komponenten (Produktion und Verschmutzung) einfach addieren. Das Plus bedeutet hier Beiproduct.

Jetzt definieren wir folgende Koeffizienten:

$$z_i = \frac{w_i}{X_i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

wobei w_i die mit der Bruttonproduktion X_i gekoppelte Abfallmenge (oder Verschmutzung) in Sektor i ist. Diese Koeffizienten geben uns den Anteil des Abfalls (oder der Verschmutzung) im i -ten Sektor an. Derartige Koeffizienten lassen sich für jede einzelne Verschmutzungskomponente (z.B. Schwefeldioxyd, Kohlenmonoxyd im Falle der Luftverschmutzung) zumindest im Prinzip empirisch ermitteln. Ist das relative Ausmaß an Schädlichkeit (z.B. für die menschliche Gesundheit) bekannt, lassen sich unter bestimmten Annahmen diese Verschmutzungsarten zu einer gemeinsamen Verschmutzungseinheit zusammenfassen. Die zweite Möglichkeit wäre, den Abfall mit den Kosten seiner Beseitigung zu bewerten (siehe M. Baltensperger). Dies sei im folgenden angenommen.

Unter der Annahme der Linearität können wir dann schreiben:

$$w_{ij} = z_i \cdot x_{ij} = z_i a_{ij} \cdot X_j$$

$$w_{ij} = z_i a_{ij} X_j / \frac{1}{X_j}$$

$$\frac{w_{ij}}{X_j} = z_i \cdot a_{ij}$$

$$a_{ij}^w = z_i \cdot a_{ij}$$

Für die gesamte Matrix:

$$A^W = \hat{Z} \cdot A$$

wobei \hat{Z} eine diagonale Matrix der Verschmutzungskoeffizienten der einzelnen Sektoren ist.

Die Bilanzgleichungen werden wir jetzt in folgender Form schreiben:

$$X_i + W_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} + a_{ij}^w) X_j + Y_i + Y_i^w \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$X_i + W_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + \sum_{j=1}^n a_{ij}^w X_j + Y_i + Y_i^w \quad i = 1, 2, \dots, n$$

und

$$X_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = Y_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$W_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}^w X_j = Y_i^w$$

In Matrixschreibweise:

$$X - A \cdot X = Y$$

$$W - A^w \cdot X = Y^w$$

Die erste Gleichung ist die Bilanzgleichung der gewünschten Produktion und die zweite Gleichung ist die Bilanzgleichung der Umweltverschmutzung (oder die Bilanzgleichung der Abfälle).

Wir sehen, daß die Verschmutzung aus zwei Teilen besteht:

$A^w \cdot X$ - Vektor der Verschmutzung in der Produktionssphäre;

Y^W - Vektor der Verschmutzung, die mit der gewünschten Endnachfrage unmittelbar verbunden ist, oder Vektor der Verschmutzung in der Endverbrauchersphäre.

Wenn die gewünschte Endnachfrage Y als exogene Größe - die wir z.B. prognostizieren könnten - angenommen wird, läßt sich das entsprechende Bruttoprodukt berechnen. Nach einigen Umformungen werden wir bekommen:

$$X = (E-A)^{-1} \cdot Y$$

Dann kann man aus unserer Bilanzgleichung die Verschmutzung, die diesem Bruttoprodukt in der Produktionssphäre entspricht, bestimmen:

Als Gesamtverschmutzung ergibt sich:

$$W = A^W \cdot X + Y^W$$

Da das Bruttoprodukt eine Funktion der gewünschten Endnachfrage ist, kann man die Gesamtverschmutzung auch als eine Funktion der Endnachfrage darstellen.

$$W = A^W \cdot (E-A)^{-1} \cdot Y + Y^W = A^W \cdot B \cdot Y + Y^W$$

$$W = G \cdot Y + Y^W \quad \text{wobei} \quad G = A^W \cdot B$$

Aus dieser Gleichung sehen wir, wie sich die Änderungen im Endverbrauch auf die Gesamtverschmutzung auswirken. In diesem Zusammenhang ist die Matrix G besonders wichtig. Die Ele-

mente dieser Matrix g_{ij} geben uns die Menge an Verschmutzung im Sektor i pro Einheit der gewünschten Endnachfrage des Sektors j an.

Wir werden jetzt diese Analyse an einem Beispiel illustrieren. Wir betrachten eine Wirtschaft mit drei Sektoren und mit folgender Inputstruktur:

$$A = \begin{pmatrix} 0,250 & 0,071 & 0,079 \\ 0,125 & 0,143 & 0,317 \\ 0,125 & 0,286 & 0,159 \end{pmatrix}$$

$$A^w = \begin{pmatrix} 0,050 & 0,014 & 0,048 \\ 0,025 & 0 & 0,032 \\ 0,050 & 0,115 & 0 \end{pmatrix}$$

Die Struktur des Endverbrauches ist folgende:

<u>Y</u>
20 + 4
35 + 2
28 + 5

Der Endverbrauch von 20 Einheiten im 1. Sektor impliziert 4 Einheiten der Umweltverschmutzung, der Endverbrauch von 35 Einheiten im 2. Sektor ist mit einer Umweltverschmutzung von 2 Einheiten verbunden und so analog für den dritten Sektor.

Die Matrix $B = (E-A)^{-1}$ ist dann folgende:

$$B = \begin{pmatrix} 1,400 & 0,184 & 0,202 \\ 0,322 & 1,380 & 0,551 \\ 0,318 & 0,498 & 1,409 \end{pmatrix}$$

Aus diesen letzten zwei Matrizen läßt sich die Matrix G errechnen:

$$G = A^W \cdot B = \begin{pmatrix} 0,090 & 0,052 & 0,086 \\ 0,045 & 0,021 & 0,050 \\ 0,107 & 0,168 & 0,073 \end{pmatrix}$$

Die Koeffizienten dieser Matrix - die wir analog zu den totalen Inputkoeffizienten totale Verschmutzungskoeffizienten nennen werden - geben uns die Menge an Verschmutzung im Sektor i für eine Einheit des gewünschten Endverbrauches des Sektors j an. z.B. bedeutet $g_{23} = 0,050$, daß eine Einheit des gewünschten Endverbrauches des Sektors 3 eine Verschmutzung von 0,050 Einheiten im Sektor 2 verursacht.

Jetzt könnten wir die Frage stellen, wie sich eine Änderung des Endverbrauches auf die Gesamtverschmutzung auswirken wird. Wir nehmen an, daß der gewünschte Endverbrauch im dritten Sektor um 10 Einheiten steigt, im zweiten Sektor um 5 Einheiten und im ersten konstant bleibt. Der ungewünschte

Endverbrauch oder die Verschmutzung in der Endverbrauchs-
sphäre steigt damit im zweiten und dritten Sektor je um
eine Einheit und bleibt im ersten konstant. Die Auswir-
kung auf die Gesamtverschmutzung ΔW ergibt sich aus
folgender Rechnung:

$$\Delta W = G \cdot \Delta Y + \Delta Y^W$$

$$\Delta W = \begin{pmatrix} 0,090 & 0,052 & 0,086 \\ 0,045 & 0,021 & 0,050 \\ 0,107 & 0,168 & 0,073 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 10 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\Delta W = \begin{pmatrix} 1,12 \\ 0,605 \\ 1,57 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,12 \\ 1,605 \\ 2,57 \end{pmatrix}$$

Wir sehen, daß die Verschmutzung im 1. Sektor um 1,12
Einheiten steigt (obwohl der Endverbrauch hier konstant
bleibt; jedoch infolge der Verflechtung mit den anderen
zwei Sektoren, in denen der Endverbrauch steigt, erhöht
sich die Verschmutzung auch in diesem Sektor), im 2.
Sektor um 1,605 Einheiten und im 3. Sektor um 2,57 Ein-
heiten.

Betrachten wir ein anderes Beispiel mit wesentlich anderer Struktur des Endverbrauches und zwar:

$$\Delta Y^f = \begin{pmatrix} 10 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \Delta Y^w = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

In diesem Fall ergibt sich folgendes ΔW :

$$\Delta W = \begin{pmatrix} 0,090 & 0,052 & 0,086 \\ 0,045 & 0,021 & 0,050 \\ 0,107 & 0,168 & 0,073 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 10 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\Delta W = \begin{pmatrix} 1,16 \\ 0,555 \\ 1,910 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,16 \\ 1,555 \\ 1,910 \end{pmatrix}$$

Aus diesen Beispielen sieht man, daß die Struktur des gewünschten Endverbrauches wesentlich die Gesamtverschmutzung beeinflusst.

Der gesamte Endverbrauch stieg zwar in beiden Fällen gleich - um 25 Einheiten - aber die Gesamtverschmutzung ($\sum_{i=1}^3 \Delta W_i$) stieg im ersten Beispiel um 5,3 Einheiten und im zweiten um

5,6 Einheiten. Der zweite Faktor, der die Gesamtverschmutzung stark beeinflußt, sind die Verschmutzungskoeffizienten a_{ij}^w , die durch die Technologie bestimmt sind. Durch die Änderung dieser Koeffizienten (umweltsparender technischer Fortschritt) oder des gewünschten Endverbrauches - die zwei Formen, die wir schon erwähnt haben - könnten wir die Umweltverschmutzung reduzieren. Daraus erheben sich zwei Fragen. Die erste, wie sollen wir den Endverbrauch umstrukturieren, daß diese Umstrukturierung wirklich eine Reduktion der Umweltverschmutzung impliziert. Der oft gehörte Vorschlag etwa der Einführung eines elektrischen Automobils zur Bekämpfung der Luftverschmutzung erweist sich nicht als a priori überzeugend, da ja auch die Produktion von Elektrizität teilweise beträchtliche Umweltschäden (z.B. Verunreinigung der Luft bei mit Kohle betriebenen Kraftwerken, grundlegende Veränderung des Landschaftsbildes bei Wasserkraftwerken) bewirken kann. Die zweite Frage, welche Sektoren der Wirtschaft am meisten zur Umweltverschmutzung beitragen bzw. in welchen Sektoren vor allem eine Änderung der Technologie und umweltsparende Maßnahmen notwendig wären. Versuchen wir jetzt diese Probleme näher zu analysieren. Der Zusammenhang zwischen dem gewünschten Endverbrauch und der Verschmutzung wird durch die Matrix G dargestellt. Summieren wir jetzt die Elemente in jeder Zeile dieser Matrix, d.h. $\sum_{j=1}^n g_{ij}$ für $i = 1, 2, \dots, n$. Diese Summe sagt

uns, um wieviel die Verschmutzung im Sektor i steigen wird, wenn sich der gewünschte Endverbrauch in allen Sektoren um eine Einheit erhöht. Summieren wir jetzt auch die Elemente in jeder Spalte dieser Matrix, d.h. $\sum_{i=1}^n g_{ij}$ für $j = 1, 2, \dots, n$. Sie sagt uns, um wieviel die Gesamtverschmutzung ($\sum_{i=1}^n \Delta W_i$) steigen wird, wenn der gewünschte Endverbrauch des Sektors j sich um eine Einheit erhöht. Wenn wir jetzt die erste Summe durch n (Anzahl der Sektoren in der Wirtschaft) dividieren, bekommen wir eine Abschätzung der Erhöhung an Umweltverschmutzung im Sektor i , wenn der gewünschte Endverbrauch in einem - zufällig gewählten - Sektor der Wirtschaft um eine Einheit steigt. Die zweite Summe durch n dividiert gibt uns eine Abschätzung der Erhöhung an Umweltverschmutzung für einen - zufällig gewählten - Sektor der Wirtschaft an, wenn der gewünschte Endverbrauch im Sektor j um eine Einheit steigt. Jetzt können wir - analog zu Rasmussen in seiner Analyse der Schlüsselsektoren der Wirtschaft - folgende Koeffizienten konstruieren:

$$\text{Für die Spalten: } Z_j = \frac{\sum_{i=1}^n g_{ij}}{\sum_i \sum_j g_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$Z_j > 1$ bedeutet dann, daß eine Erhöhung des gewünschten Endverbrauches im Sektor j eine mehr als durchschnittliche Erhöhung an Umweltverschmutzung in anderen Sektoren der Wirtschaft bewirkt. Die Gesamtverschmutzung wird nach Erhöhung des gewünschten Endverbrauches in solchen Sektoren stärker zunehmen als nach

Erhöhung des gewünschten Endverbrauches in anderen Sektoren. Daher könnte eine Umstrukturierung des gewünschten Endverbrauches von Sektoren mit $Z_j > 1$ zu Sektoren mit $Z_j < 1$ eine Reduktion der Umweltverschmutzung bewirken.

Für die Zeilen:
$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^n g_{ij}}{\sum_i \sum_j g_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$Z_i > 1$ impliziert, daß die Verschmutzung im i -ten Sektor infolge einer Erhöhung des gewünschten Endverbrauches überdurchschnittlich steigt. Da sind die Sektoren, die bei der konstanten Struktur des gewünschten Endverbrauches am meisten zur Umweltverschmutzung beitragen. Besonders in solchen Sektoren sollten wir umweltsparende Maßnahmen einführen und eine neue Technologie entwickeln. Das soll jetzt nicht bedeuten, daß wir die anderen Sektoren vernachlässigen. Diese Koeffizienten sagen uns, in welchen Sektoren der Wirtschaft sich die Erhöhung des gewünschten Endverbrauches an der Umweltverschmutzung stärker auswirken wird und in welchen weniger. Solche Informationen können uns helfen, die Konsequenzen unserer wirtschaftlichen Tätigkeit vorzusehen und besser zu kontrollieren.

Illustrieren wir jetzt diese Analyse an unserem Beispiel. Der gewünschte Endverbrauch und die Verschmutzung sind durch die Matrix der totalen Verschmutzungskoeffizienten G verknüpft. In unserem Beispiel ist diese Matrix folgende:

$$G = \begin{pmatrix} 0,090 & 0,052 & 0,086 \\ 0,045 & 0,021 & 0,050 \\ 0,107 & 0,168 & 0,073 \end{pmatrix}$$

Summieren wir jetzt in jeder Zeile und Spalte:

$$\sum_{j=1}^3 g_{1j} = 0,228$$

$$\sum_{j=1}^3 g_{2j} = 0,116$$

$$\sum_{j=1}^3 g_{3j} = 0,348$$

$$\sum_{i=1}^3 g_{i1} = 0,242$$

$$\sum_{i=1}^3 g_{i2} = 0,241$$

$$\sum_{i=1}^3 g_{i3} = 0,209$$

$$\text{und } \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 g_{ij} = 0,692$$

Die Koeffizienten für die Spalten:

$$Z_1 = \frac{3 \cdot 0,242}{0,692} = 1,05$$

$$Z_2 = \frac{3 \cdot 0,241}{0,692} = 1,04$$

$$Z_3 = \frac{3 \cdot 0,209}{0,692} = 0,90$$

und für die Zeilen:

$$Z_1 = \frac{3 \cdot 0,228}{0,692} = 0,99$$

$$Z_2 = \frac{3 \cdot 0,116}{0,692} = 0,50$$

$$Z_3 = \frac{3.0,348}{0,692} = 1,48$$

Daraus folgt, daß eine Erhöhung des gewünschten Endverbrauches im 1. Sektor eine stärkere Umweltverschmutzung in anderen Sektoren bewirkt als eine Erhöhung des gewünschten Endverbrauches im Sektor 3 (siehe unsere schon angeführten Beispiele). Unter der Annahme, daß die verschiedenen Verschmutzungsarten sich zu einer gemeinsamen adäquaten Verschmutzungseinheit zusammenzufassen lassen, könnten wir sagen, wie sollte man den Endverbrauch umstrukturieren, daß die Umstrukturierung eine Reduktion der Gesamtverschmutzung bewirkt. In unserem Beispiel wäre das eine Umstrukturierung von Sektor 1 zu Sektor 3. Ich möchte jetzt nicht behaupten, daß eine solche Umstrukturierung immer wirtschaftspolitisch möglich ist. Ich möchte nur zeigen, daß unsere Wachstumsindikatoren Bruttonationalprodukt oder Nettoprodukt sehr aggregierte Größen sind und daß die Umweltverschmutzung sehr viel von der Struktur dieser Indikatoren abhängt und nicht nur von der absoluten Größe des BNP oder NNP. Unter diesen Umständen könnte man sogar zeigen, daß der Endverbrauch bei gewissen Strukturen absolut steigen könnte, ohne daß sich die Gesamtverschmutzung erhöht. Das läßt sich an unserem fiktiven Beispiel illustrieren. Wir nehmen an - unter Berücksichtigung unserer Koeffizienten - daß der gewünschte Endverbrauch in Sektor 1 um 4,5 Einheiten sinkt und in Sektor 3 um 5 Einheiten steigt. Der gesamte gewünschte Endverbrauch steigt damit um 0,5 Einheiten. Unter der Annahme, daß die Änderung in dem gewünschten Endverbrauch keine Erhöhung der Umweltverschmutzung

in der Endverbrauchsphäre bewirkt, läßt die Änderung in der Gesamtverschmutzung folgendermaßen berechnen:

$$\Delta W = G \cdot \Delta Y = \begin{pmatrix} 0,090 & 0,052 & 0,086 \\ 0,045 & 0,021 & 0,050 \\ 0,107 & 0,168 & 0,073 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -4,5 \\ 0 \\ 5 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 0,025 \\ 0,0475 \\ -0,1165 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \sum_{i=1}^3 \Delta W_i = -0,044$$

Wir sehen, daß die Gesamtverschmutzung ¹⁾ - trotz Erhöhung des gesamten Endverbrauches - um 0.044 Einheiten sinkt, wobei gerade im Sektor 3 bei steigendem Endverbrauch die Umweltverschmutzung sinkt. In den Sektoren 1 und 2, in denen der Endverbrauch sinkt bzw. konstant bleibt, nimmt die Umweltverschmutzung zu. Es wäre interessant, die Schlüsselsektoren - definiert bei Rasmussen ²⁾ -

1) Wenn wir in unserer Analyse mit einem Indikator "Gesamtverschmutzung" oder "Verschmutzung in einzelnen Sektoren" arbeiten, immer unter der Voraussetzung, daß wir keine Substitution zulassen, die zur Erhöhung der einzelnen Verschmutzungskomponenten oder zur Erhöhung gewisser Verschmutzungskomponenten in bestimmten Städten oder Gebieten über die gesundheitlich tragbare Grenze führen würde. Die "Gesamtverschmutzung" als aggregierte Größe hat auch ihre Nachteile wie BNP oder NNP und in keinem Fall sollen die Verschiebungen innerhalb dieser Größe die gesundheitlich noch tragbare Grenze überschreiten.

2) Sie sind folgendermaßen definiert:

$$\text{für die Spalten } S_j = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_i \sum_j b_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

mit den hier berechneten Schlüsselsektoren zu untersuchen und zu vergleichen. Ein solcher Vergleich würde uns zeigen, wie weit die heutige Umweltverschmutzung nicht nur eine Folge des absoluten Wachstums sondern auch seiner Struktur bzw. der gegenwärtigen Struktur der einzelnen Volkswirtschaft ist.

Die Zeilenkoeffizienten sagen uns, wie stark eine proportionale Erhöhung des Endverbrauches die Verschmutzung in einzelnen Sektoren der Wirtschaft beeinflussen wird. In unserem Beispiel würde eine solche Erhöhung des Endverbrauches am meisten die Umweltverschmutzung im 3. Sektor und am wenigsten im 2. Sektor erhöhen. Es zeigt sich, daß der dritte Sektor - bei gegebener Struktur des Endverbrauches - am meisten zur Umweltverschmutzung beiträgt.

Die Input-Output Modelle werden gegenwärtig in verschiedenen Ländern mit empirischen Daten gefüllt. Die Ermittlung der Verschmutzungskoeffizienten bereitet große Mühe, da nur wenig Daten vorliegen. Aus diesem Grund kann gegenwärtig nur über eine Input-Output-Analyse der Luftverschmutzung in den USA berichtet werden. Die Studie unterscheidet folgende fünf

2) (Fortsetzung von Seite 63)

für $S_j > 1$ $j \in \{1, 2, \dots, n\}$

und für die Zeilen $S_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i,j} b_{ij}}$ $i = 1, 2, \dots, n$

für $S_i > 1$ $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Die Schlüsselsektoren sind Sektoren mit Koeffizienten größer als 1.

Faktoren, die die Luftqualität bestimmen: Partikel, Schwefel-
oxyde, Kohlenwasserstoff, Kohlenmonoxyde und Stickstoffoxyde.
Die Verschmutzungskoeffizienten für die einzelnen Komponenten
und den Output der 90 Sektoren wurden durch Stichproben ermittelt.
Die Studie erlaubt z.B. folgende Aussage: Eine zusätzliche
Million Dollar Endverbrauch an Möbeln bewirkt (direkt und indi-
rekt) 31,3 t Schwefeldioxyd als Luftverschmutzung. Da im Jahre
1963 für 3.276 Mio \$ Möbel hergestellt wurden, war die Möbel-
nachfrage für die Abgabe von etwa 101.607 t Schwefeldioxyd
verantwortlich.

Aus diesen Überlegungen zeigt sich, daß die Input-Output Analyse
nicht nur ein wichtiges Instrument der volkswirtschaftlichen
Gesamtrechnung und Planung ist, sondern auch ein nützliches
Instrument der Umweltforschung. (Wenn auch daneben andere
Ansätze notwendig sind.) Was uns die Input-Output Analyse
besonders verdeutlicht, ist, daß die Erhaltung der Qualität
der Umwelt nicht notwendigerweise einen Stillstand des Wirt-
schaftswachstums bedingt, vielmehr seine Umstrukturierung.

8. Reduktion des Wirtschaftswachstums und die Arbeits-
losigkeit?

Eines der Argumente der Vertreter des weiteren Wachstums ist, daß eine Reduktion des Wirtschaftswachstums eine Arbeitslosigkeit zur Folge hätte. Unter der Annahme konstanter Kapitalproduktivität und Kapitalintensität würde dies auch aus unserem Wachstumsmodell (siehe Gleichung (7)) folgen. Wenn wir noch annehmen (siehe Barkley und Seckler), daß die Arbeitsproduktivität in den nächsten 10 Jahren etwa mit 2 % jährlicher Rate wachsen wird und die Arbeitskräfte etwa mit derselben Rate - bei gegebener Struktur der Beschäftigung - müßte die Wirtschaft mit einer jährlichen Rate von 4 % wachsen. Es scheint, daß wir wachsen müßten, weil wir arbeiten müssen. Jedoch lassen sich zwei Gegenargumente bringen.

a) Eine Verkürzung der Arbeitszeit. Die Anzahl der Beschäftigten haben wir in Mann-Stunden gemessen, so daß wir bei kürzerer Arbeitszeit die gleiche Anzahl der Arbeitskräfte beschäftigen können. Wenn z.B. die Arbeitszeit um 4 % verkürzt wäre, könnten wir bei einem Nullwachstum die Beschäftigung am gleichen Niveau halten. Es würde das zwar eine Verringerung des Einkommens pro Kopf implizieren, jedoch auf der anderen Seite mehr Freizeit. Diese Verschiebung entspricht auch der - bereits erwähnten - Umstrukturierung des Konsums von materiellen zum immateriellen Konsum (Sport, Kultur, Hobby, usw.). In diesem Zusammenhang erhebt sich gleich die Frage, ob mehr Freizeit mit allen ihren Komponenten nicht eine

stärkere Belastung der Umwelt bewirken würde. Wie aus den Überlegungen von Barkley und Seckler hervorgeht, müßte das nicht notwendigerweise sein. Sie setzen eine dreieinhalb Tage-Arbeitswoche voraus, wobei die Arbeitszeit gleichmäßig auf die ganze Woche verteilt ist. Unter diesen Bedingungen würde ein großer Teil der Bevölkerung möglicherweise ein zweites Haus am Land besitzen. Dieses Haus könnte man abwechselnd mit Freunden oder einer anderen Familie benutzen, die die andere Hälfte der Woche arbeiten. Die Benutzung der Erholungsgebiete würde daher gleichmäßiger sein, die "peak load"-Preispolitik ¹⁾ wäre gemildert, weniger Verkehrsstauungen usw. Auf der anderen Seite wären auch die Städte nicht so überfüllt und das fixe Kapital in den Fabriken besser ausgenutzt. ²⁾

1) Über "peak load pricing" sprechen wir dann, wenn die Preise gewisser Güter - besonders limitierter öffentlicher Güter - und Dienstleistungen bei voller Kapazitätsauslastung höher sind als bei nicht voller Kapazitätsauslastung (z.B. Schilifte am Wochenende oder Telefongebühren in der Nacht sind niedriger usw.)

2) We are not so naive as to think that these changes would come easily. Drastic changes in habits of education to reestablish these institutions on a seven-day basis. (Barkley-Seckler, Seite 193.)

b) Änderung der Beschäftigungsstruktur. Die bisherigen Überlegungen haben wir unter der Annahme konstanter Struktur der Beschäftigung geführt. Unser Wachstumsmodell war ein sehr aggregiertes Modell, das uns keine strukturelle Analyse ermöglicht. Wenn wir jetzt von dieser Annahme abgehen und auch die Struktur der Beschäftigung in unsere Überlegungen hineinbeziehen, kann man zeigen, daß eine Reduktion der Wachstumsrate nicht notwendigerweise zur Arbeitslosigkeit führen müßte.

Bezeichnen wir mit x_{oj} die Anzahl der Beschäftigten im j-ten Sektor der Wirtschaft. Dann können wir die Arbeitskoeffizienten oder die Inputkoeffizienten für Arbeit folgendermaßen definieren:

$$a_{oj} = \frac{x_{oj}}{X_j} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

wobei X_j die Bruttoproduktion des Sektors j und n die Zahl der Sektoren ist.

Da die Bruttoproduktion eine Funktion des Endverbrauches ist

$$X = (E-A)^{-1} \cdot Y$$

kann man auch die Anzahl der Beschäftigten als Funktion des Endverbrauches darstellen:

$$x_o = a_o \cdot X = a_o \cdot B \cdot Y = b_o \cdot Y$$

wobei x_o ein Zeilenvektor der Beschäftigten, a_o ein Zeilenvektor der direkten Arbeitskoeffizienten und X und Y Spaltenvektoren

der Bruttoproduktion bzw. des Endverbrauches ist.

b_o ist ein Zeilenvektor der totalen Inputkoeffizienten für Arbeit, d.h., b_{oj} gibt uns die Anzahl der Arbeitskräfte pro Einheit des Endverbrauches des Sektors j an.

Aus dieser Bilanzgleichung kann man jetzt die Auswirkungen der Änderungen im Endverbrauch auf die Anzahl der Beschäftigten analysieren.

Das läßt sich an folgendem fiktiven Beispiel illustrieren.

Betrachten wir jetzt eine Wirtschaft mit drei Sektoren und folgender Input-Output Tabelle (in Millionen Schilling):

an von	Sektoren			End- verbrauch	Import	Brutto- produktion
	1	2	3			
1	900	1200	-	1045	145	3000
2	450	2400	400	3100	350	6000
3	150	600	100	155	5	1000
	1500	4200	500	4300	500	10000
Abschreibungen	150	300	100			
Löhne und Geh.	1200	900	200			
Übr.Einkommen Steuern, Subvent.	150	600	200			
Bruttoproduktion	3.000	6000	1000			

Die Anzahl der Beschäftigten: im 1. Sektor 80.000, im 2. Sektor 50.000 und im 3. Sektor 12.500.

Die Inputkoeffizienten für die Arbeit:

$$a_{o1} = \frac{80000}{3000} = 26,6 \quad a_{o2} = \frac{50000}{6000} = 8,3$$

$$a_{o3} = \frac{12500}{1000} = 12,5$$

d.h. pro Million Schilling der Bruttoproduktion würden wir im 1. Sektor 26,6, im 2. Sektor 8,3 und im 3. Sektor 12,5 Beschäftigte brauchen. Die totalen Arbeitskoeffizienten:

$$b_o = a_o \cdot B = (26,6; 8,3; 12,5) \begin{pmatrix} 1,56 & 0,56 & 0,25 \\ 0,48 & 1,97 & 0,87 \\ 0,14 & 0,25 & 1,22 \end{pmatrix}$$
$$= (47,6; 34,6; 29,3)$$

d.h. pro Million Schilling des Endverbrauches des 1. Sektors würden 47,6 Beschäftigte in der ganzen Wirtschaft gebraucht; pro Million Schilling des Endverbrauches des 2. Sektors 34,6 Beschäftigte und pro Million Schilling des Endverbrauches des 3. Sektors 29,3 Beschäftigte.

Daraus folgt, daß eine Verschiebung in der Struktur des Endverbrauches vom 3. zum 1. Sektor eine Erhöhung der Beschäftigten implizieren würde.

Z.B.:

$$\Delta Y_1 = \begin{pmatrix} 50 \\ 30 \\ 80 \end{pmatrix}$$

würde 5.758 neue Beschäftigte erfordern.

Jedoch

$$\Delta Y_2 = \begin{pmatrix} 70 \\ 30 \\ 50 \end{pmatrix}$$

würde noch um 73 Beschäftigte mehr erfordern, obwohl im zweiten Fall der gesamte Endverbrauch um etwas weniger gestiegen ist als im ersten Fall.

Es ist offensichtlich, daß wir die Struktur des Endverbrauches nicht beliebig oder nur unter der Berücksichtigung der Beschäftigung ändern könnten.¹⁾ Sie bleibt aber auch nicht konstant. Was aus diesen Überlegungen und aus diesem Beispiel folgt ist, daß eine Verringerung des Endverbrauches nicht notwendigerweise eine Arbeitslosigkeit implizieren müßte.

1) Der zweite Aspekt - den wir schon behandelt haben - war die Erhaltung der Umwelt. Wir können diese Analyse mit unserem ergänzten Input-Output Modell genauso durchführen. Es könnte dabei sein, daß die Forderungen nach Strukturveränderung des Endverbrauches bezüglich diesen zwei Aspekten nicht konsistent wären. Jedoch der Input-Output Ansatz ermöglicht uns die Konsequenzen solcher Änderungen vorauszusehen und die verschiedenen Alternativen zu vergleichen.

E. Schwödiauer zeigt in einer Studie, daß in Österreich sowie auch in anderen Ländern eine Verschiebung in der Beschäftigungsstruktur von sekundären zum tertiären Sektor zu beobachten ist. Es ist anzunehmen, daß gerade der Dienstleistungssektor und die Erhaltung der Umwelt immer mehr Arbeitskräfte benötigen werden.

9. Schlußbemerkungen

Das Problem des Wirtschaftswachstums und der Umwelt ist ein komplexes und diese Studie kann nur einen Beitrag zu dieser Problematik liefern. Sie könnte als Teilstudie oder Vorstufe zu einer interdisziplinären Studie dieses Problems dienen. Wir haben hier versucht, vom Standpunkt der Ökonomie gewisse Aspekte dieses Problems auszuarbeiten. Aber auch von diesem Standpunkt haben wir noch viele Fragen nicht behandelt. Vor allem das Bevölkerungsproblem und die Frage der Instrumente des Umweltschutzes. Das bedeutet keineswegs, daß wir diesen Problemen weniger Bedeutung beimessen als den anderen. In der Literatur kann man mehrere Aufsätze zu diesen Problemen finden und eine genauere Analyse dieser Probleme wäre im Rahmen unserer Studie nicht möglich.

Referenzen:

- R.C. d'Arge: "Essay on Economic Growth and Environmental Quality", The Swedish Journal of Economics, Vol. 73, No. 1, 1971.
- R.C. d'Arge: "Economic Growth, Recycling, and the Natural Environment", in A.V. Kneese, editor, Environmental Quality Analysis: Research in the Social Sciences, Baltimore, Johns Hopkins Press 1970.
- M. Baltensperger: "Die volkswirtschaftliche Quantifizierung des Umweltverzehrs", Report bei der Jahresversammlung der Schweiz, Gesellschaft für Volkswirtschaft und Statistik, 2.-3. Juni 1972, Davos.
- R.A. Bauer (ed.): "Social indicators", Cambridge (Mass.), 1966.
- H.J. Barnett & C. Morse: "Scarcity and Growth", Baltimore, Johns Hopkins Press 1963.
- P.W. Barkley & D.W. Seckler: "Economic Growth and Environmental Decay", Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1972.
- J.W. Baumol: "Economic Dynamics: An Introduction", New York, 1970.
- K. Buchwald: "Umwelt und Gesellschaft zwischen Wachstum und Gleichgewicht", Raumforschung und Raumordnung, Heft 4/5 1972.
- O. Burt & R. Cummings: "Production and Investment in Natural Resource Industries", American Economic Review, Band 60, 1970.
- J.W. Forrester: "World Dynamics", Cambridge, Mass., 1971.
- W. Frank: "Mathematische Grundlagen der Optimierung", München und Wien, 1969.
- B.S. Frey: "Optimales Wachstum: Übersicht und Kritik". Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik, Band 184, 1970.

- B.S. Frey: "Unweltökonomie", Kleine Vandenhoeck-Reihe, 1972 (mit reichen Literaturreferenzen).
- B.S. Frey & G. Schwödiauer: "Über die zeitliche Nutzung der Natur", Nr. 93 der Schriftenreihe des Instituts für Sozialwissenschaften, Universität Basel.
- H. Frisch: "Gestaltete Zukunft durch moderne Planung", Vortrag bei dem IX. Internationalen Kongreß der Gemeinwirtschaft, 23.-25. Mai 1972, Wien.
- J.K. Galbraith: "Wirtschaftliches Wachstum", Europäische Verlagsanstalt, 1967.
- W. Heller: "Perspectives on Economic Growth", New York, Random House, 1968.
- J. Husár: "Input-Output Model of Environmental Repercussions", Czechoslovak Research and Development Centre for Environmental Pollution Control-Programme UNO/WHO, May 1971.
- M. Inagaki: "Optimal Economic Growth. Shifting Finite versus Infinite Time Horizon". Amsterdam 1970.
- W. Isard: "Some Notes on the Linkage of the Ecologic and Economic Systems", Paper delivered to the Regional Science and Landscape Analysis Project, Department of Landscape Architecture, Harvard, 1969.
- H. Jarrett (ed.): "Environmental Quality in a Growing Economy". The Johns Hopkins Press 1968.
- S. Kuznets: "Modern Economic Growth: Rate Structure and Spread", Yale University Press, 1966.
- A. Laščiak & M. Luptáčik (eds.): "Pokroky operačnej analýzy, II. diel (Advances in Operations Research, Vol. II)", Hochschule für Ökonomie, Bratislava, 1968.
- W. Leontief: "Input-Output Economics", Oxford University Press, N.Y. 1966.

- W. Leontief: "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach", Review of Economics and Statistics, 1970.
- W. Leontief: "Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Computations", Vervielfältigtes Manuskript, Jänner 1971.
- R. Lipsey & P. Steiner: "Economics", Harper International Edition, 3rd ed., 1972.
- D. Meadows: "Die Grenze des Wachstums", Stuttgart 1972.
- K. Mera: "An Empirical Determination of a Dynamic Utility Function", Review of Economics and Statistics, Band 50, 1968.
- E.J. Mishan: "The Costs of Economic Growth", Staples Press 1968.
- F. Nemschak: "Österreichs Wirtschaft an der Jahreswende 1972/73", Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Vorträge und Aufsätze Nr. 32.
- C.G. Plourde: "A Simple Model of Replenishable Natural Resource Exploitation", The American Economic Review, No. 3, 1970.
- E. Schwödiauer: "Der tertiäre Sektor in Österreich", Monatsberichte des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung, 2/1971.
- J. Sojka: "Ekonomická dynamika a rovnováha", (Ökonomische Dynamik und Gleichgewicht), Bratislava 1970.
- S. Strom: "Dynamics of Pollution and Waste Treatment Activities", Winter Symposium of the Econometric Society, Le Bréau, Jan. 11.-13., 1972.
- J. Tinbergen: "Economic Policy: Principles and Design", 1956.
- P.A. Victor: "Pollution Economy and Environment", London 1972.
- P.A. Vitor & D. Donaldson: "On the Dynamics of Air Pollution Control", The Canadian Journal of Economics, III, Aug. 1970.

- H.J. Vosgerau: "Boden und wirtschaftliches Wachstum", Kyklos, Vol. XXV, 1972.
- M. von Walterskirchen: (Hrsg.), "Umweltschutz und Wirtschaftswachstum", Symposium für wirtschaftliche und rechtliche Fragen des Umweltschutzes an der Hochschule St. Gallen, Oktober 1971.
- "Životné prostredie a naša civilizácia" (Umwelt und unsere Zivilisation), Czechoslovak Research and Development Center for Environmental Pollution Control Programme UNO/WHO, Bratislava 1972.
- P. Rasmussen, "Studies in Intersectoral Relations", Amsterdam, 1957.