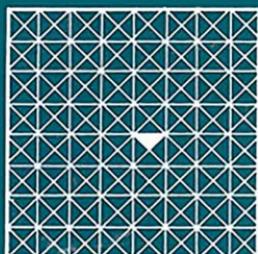
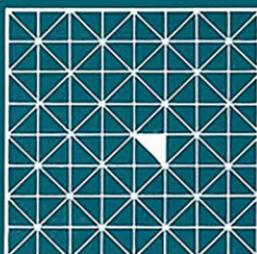
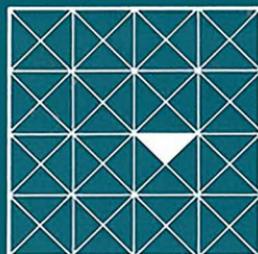
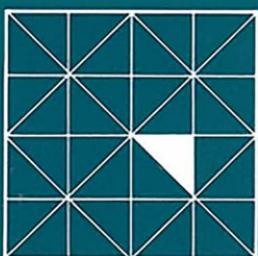
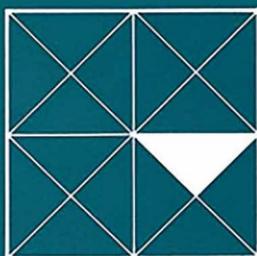
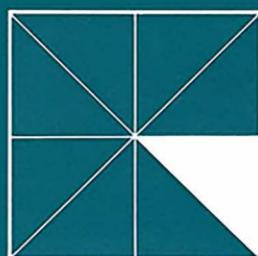
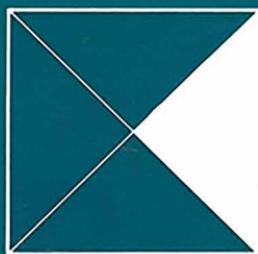


Ernst Basler

Strategie des Fortschritts

**Umweltbelastung
Lebensraumverknappung
und Zukunftsforschung**

Verlag Huber Frauenfeld



Ernst Basler
Strategie des Fortschritts

Ernst Basler

Strategie des Fortschritts

Umweltbelastung,
Lebensraumverknappung
und Zukunftsforschung

Verlag Huber
Frauenfeld und Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Die Darstellung auf dem Einband zeigt die Verknappung unseres irdischen Lebensraumes: Während 7000 Jahre vor Christus rund 15 km² Landoberfläche auf eine Person entfielen, sind es heute noch 0,043 km². Hierbei ist der für die Umweltbelastung und Verengung des Lebensraumes so wichtige, pro Person zunehmende Güter- und Raumbedarf nicht berücksichtigt.

Vorwort	7
1. Geschwindigkeit und Richtung unserer Entwicklung	13
1.1 Einleitung	13
1.2 Der Mensch und die Evolutionsgeschwindigkeit der natürlichen Umwelt	15
1.3 Die Geschwindigkeit der technischen Entwicklung	18
1.4 Das Bevölkerungswachstum	23
1.5 Das Wachstum der Umweltprobleme	30
2. Die Grenzen der Welt	39
2.1 Das Unerschöpfliche wird erschöpfbar	39
2.2 Ein Knappheitsindex für die freien Güter der Natur	43
2.3 Überbeanspruchung der natürlichen Regenerationsfähigkeit	50
2.4 Unser Land wird immer enger	56
3. Zukunftsforschung und Fortschrittsglaube	59
3.1 Formeln für den Fortschritt	59
3.2 Der Fortschritt ist maßlos und unersättlich	61
3.3 Das Näherliegende erscheint wichtiger als die Ferne	64
3.4 Die Zukunft ist «kürzer» als die Vergangenheit	67
4. Merkmale einer umweltgerechten Raumschiffökonomie	74
4.1 Mit Kurs in die Zukunft	74
4.2 Nachhaltigkeit (1. Merkmal)	78
4.3 Der geschlossene Kreislauf (2. Merkmal)	81
4.4 Ungiftige zivilisatorische Prozesse (3. Merkmal)	86
4.5 Erhaltung biologischer Gleichgewichte (4. Merkmal)	90
4.6 Langsamere Güterzufluß (5. Merkmal)	94
4.7 Eine stabile Bevölkerungszahl (6. Merkmal)	97

ISBN 3-7193-0441-8

© 1972 Verlag Huber & Co. AG, Frauenfeld

Satz: Orell Füssli AG, Zürich

Druck: Huber & Co. AG, Frauenfeld

Printed in Switzerland

5.	<i>Umbesinnung auf neue Fortschrittsziele</i>	104
5.1	Neue Wertvorstellungen	104
5.2	Mensch und Natur	112
5.3	Der Freiheitsbereich in der Zukunft	119
<i>Anhang: Mathematische Hilfsmittel</i> 125		
1.	Geometrische Reihe (Zinseszins) und Exponentialfunktion	125
2.	Herleitung des Verknappungsindex	126
3.	Extrapolation mittels Zinseszinsformel oder Exponentialfunktion?	129
4.	Eigenschaften des exponentiellen Wachstums	131
5.	Täuschungsfaktoren	132
6.	Zum unterschiedlichen Wachstum zwischen armen und reichen Ländern	134
7.	Differenz von Neubauten und Abbruch	134
8.	Das Wachstum des Raritätswertes von antiken Gegenständen	136
9.	Ungleicher Güterverbrauch	137
<i>Literaturverzeichnis</i>		139

Vorwort

Das vorliegende Werk versucht, die komplizierten Zusammenhänge des zivilisatorischen Fortschrittsprozesses faßbar zu machen und Teilbereiche wie Umweltbelastung, Wachstumsgrenzen und Raumordnung überblickbar miteinander zu verknüpfen. Dies mag als eine anmaßende Zielsetzung erscheinen, doch nimmt diese Arbeit nicht in Anspruch, das abschließende Wort zu diesen Fragen zu sprechen; vielmehr will sie die Probleme aus der Sicht des umweltgestaltenden Ingenieurs und Planers darstellen.

Mein Buch ist aus dem Manuskript einer Vorlesung mit dem Titel «Engineering Strategy» herausgewachsen, die ich als Gastprofessor am MIT (Massachusetts Institute of Technology) im akademischen Jahr 1969/70 gehalten habe. Unmittelbar danach hat sich am selben Institut die Arbeitsgruppe um Prof. Forrester (im Auftrag des «Club of Rome») des gleichen Problemkreises mit den Methoden der Industrial Dynamics angenommen. Sie hat ihre Computerberechnungen in der im Frühjahr 1972 erschienenen Schrift von D. Meadows und anderen «The Limits to Growth» (später in deutscher Ausgabe erschienen: «Die Grenzen des Wachstums») veröffentlicht. Die wesentlichen Resultate und Schlußfolgerungen, zu denen diese Arbeitsgruppe gelangt ist, decken sich weitgehend mit meinen eigenen Ergebnissen, obwohl Arbeitsmethode und Begründung verschieden sind.

Der Umstand, daß sich die hier durchgeführten Modellrechnungen lediglich auf Mittelschulmathematik stützen und kein komplexes statistisches Material wie der Computer zu verarbeiten vermögen, und die Tatsache, daß Rückkoppelungseffekte nicht mitberücksichtigt werden können, haben mich bis anhin veranlaßt, mit den gewonnenen Zukunftsaussagen etwas zurückhaltend zu bleiben. Seitdem nun aber die ähnlichen Resultate der unabhängig davon durchgeführten MIT-Studie vorliegen, erscheinen die einfacheren Rechnungen um so wertvoller: erstens können sie von jedem einzelnen selber nachvollzogen werden, und zweitens erhalten diese einfachen

mathematischen Modelle und Zusammenhänge den Charakter von einprägsamen Faustformeln, mit denen sich Größenordnungen abschätzen und die wichtigsten Einflußgrößen in überblickbare Beziehungen bringen lassen.

Das unmittelbare Vertrauen in diese Aussagen und der damit gewonnene Überblick sind entscheidende Voraussetzungen für ein Umdenken und für eine Neuorientierung der Fortschrittsziele, die mit den naturgegebenen Grenzen unseres Lebensraumes in Einklang stehen sollen. Solange unsere Wert- und Zielvorstellungen diesen neu erkannten Anforderungen nicht genügen, bleiben alle täglichen Handlungen, mögen sie in noch so guter Meinung geschehen, bloßes Flickwerk. Daher die Betonung auf Strategie, also auf den Zusammenhang mit höheren Zielsetzungen und auf Langfristigkeit.

Dieses Buch ist nicht nur als ein Beitrag zur Theorie der Umwelt- und Raumordnungsprobleme, sondern auch als Lehrbuch gedacht. Der methodische Aufbau ist so gewählt, daß der Leser zuerst einen Überblick erhält über Richtung, Geschwindigkeit und Beschleunigung des vergangenen und gegenwärtigen Wandels. Auf Grund dieser Erkenntnisse wird auf Zustände in der Zukunft aufmerksam gemacht, die entstehen werden, falls das gegenwärtige System keine wesentlichen Änderungsimpulse erhält. Aus dieser Schau können mehrere prägende Erkenntnisse gewonnen werden; Einsichten in Zusammenhänge, die unser bisheriges Bild von Fortschritt und Fortschrittsstreben und die damit verbundene Wertskala erschüttern, aber auch Wege aufzeigen für einen umweltverträglicheren und zwangloseren Kurs in die Zukunft.

Der kritische Leser wird sich am Ende vielleicht fragen, ob dem Menschen wirkliche und unüberwindliche Grenzen des Wachstums gegeben sind oder ob solche Schranken nur Einbildungen von fortschrittsfeindlichen Pessimisten sind? So wie ich als Ingenieur Mensch, Technik und Naturversteher, komme ich immer mehr zur Überzeugung,

daß überall dort, wo die von Menschen verursachte zivilisatorische Tätigkeit Kräfte freilegt oder Prozesse auslöst, die von der gleichen Größe sind wie die vergleichbaren Kräfte und Kreisläufe unserer Biosphäre, letzte Grenzen für das Überleben erreicht werden.

Wer sich anmaßt, über so große Probleme wie die Zielsetzung unserer technisch-wirtschaftlichen oder gar unserer zivilisatorischen Tätigkeit sich öffentlich zu äußern – Themen, die einem Regierungsprogramm wohl anstehen würden –, der muß auch damit rechnen, daß er öffentlich kritisiert wird. Ich begrüße die Auseinandersetzung, schon im Interesse der Sache. Nur vor jenen scheue ich zurück, die zu diesem Themenkreis bereits vorgefertigte Meinungen haben und sie vertreten, ohne sich eingehend mit dem ganzen Inhalt des Buches zu beschäftigen.

Zu Dank bin ich meinen Kollegen im Department of Civil Engineering am MIT verpflichtet, vor allem den Professoren M. J. Holley und B. Seifert für ihre Anregungen und Diskussionsbeiträge. Besonders wertvolle Impulse habe ich von Mitarbeitern in unserem Ingenieur- und Planungsbüro erhalten. Ohne die vielen Gespräche mit der Gruppe für Orts- und Regionalplanung sowie dem Ideengut der interdisziplinären Gruppe für Raum- und Langfristplanung wären manche Gedanken weniger realitätsbezogen und viele Zusammenhänge unbeleuchtet geblieben.

Zollikerberg bei Zürich, Juni 1972

Ernst Basler

Evelyn, Robert und Bruno gewidmet

Möge die Weitergabe eines unverdorbenen, stabilen und nachhaltig nutzbaren Lebensraumes an die nächste Generation zu einem hohen Anliegen unserer Kultur werden.

1. Geschwindigkeit und Richtung unserer Entwicklung

1.1 Einleitung

Shakespeare hat Hamlet die unvergängliche Frage in den Mund gelegt: «Was ist der Mensch, wenn seiner Zeit Gewinn, sein Höchstes Gut, nur Schlaf und Essen ist?» Er gab darauf selbst eine Antwort: «Ein Vieh, nichts weiter! Gewiß, der uns mit solcher Denkkraft schuf, voraus zu schauen und rückwärts, der gab uns nicht die Fähigkeit und göttliche Vernunft, um ungebraucht in uns zu schimmeln.»

Um diesen Sachverhalt geht es in diesem Büchlein. Wir wollen mit einfachen Überlegungen vorerst eine Modellvorstellung gewinnen über Richtung, Geschwindigkeit und Wucht unseres sogenannten zivilisatorischen Fortschrittes und anschließend untersuchen, was sich ereignen wird, wenn die Dinge ihrem bisherigen Lauf folgen. Der Leser wird dabei ernüchtert feststellen, daß sich die abzeichnenden Umweltprobleme und die damit zusammenhängende Abnahme der Lebensqualität auf erste Kollisionserscheinungen einer immer schneller wachsenden, expansiven menschlichen Tätigkeit auf beschränktem Lebensraum zurückführen lassen. Wir werden einige Zeit verwenden, um zu dokumentieren, daß diese Umweltprobleme in den nächsten Jahrzehnten zu eigentlichen Überlebensproblemen heranwachsen werden, denn der Mensch ist bereits so zahlreich und mächtig geworden, daß er immer häufiger in der Lage ist, Prozesse von der gleichen Größenordnung einzuleiten, wie sie in der Natur vorkommen.

Nach dieser Projektion der gegenwärtigen zivilisatorischen Entwicklung in die unmittelbare Zukunft werden wir uns fragen, welche Möglichkeiten uns offenstehen, das drohende Unheil abzuwenden. Wir werden dabei erkennen, daß dies nur möglich ist, wenn es uns gelingt, eine neue Weisheit kollektiven Verhaltens zu finden und zu befolgen. Im andern Fall würden wir uns wie eine Parasitengemeinschaft verhalten, die allmählich so zahlreich und gierig wird, daß sie den Wirt zerstört, auf dem sie lebt. Die Unvernunft der menschlichen Eingriffe

in die naturgegebene Umwelt wird erst dann erkennbar, wenn die Dynamik dieses Prozesses Gegenstand der Aufmerksamkeit wird; wenn es uns gelingt, Überblick zu gewinnen über die zunehmende Häufigkeit und das immer schneller wachsende Ausmaß unserer Umweltmanipulation mittels der Technik.

Daß die Macht der Technik sich beschleunigt entwickelt, illustriert uns beispielsweise die Kriegstechnik. Ein antikes oder mittelalterliches Waffen- oder Schutzsystem, bestehe es in Pfeilbogen, Schild, Speiß oder Hellebarde, hat im allgemeinen Jahrhunderte überdauert, bis es von einer überlegeneren Erfindung abgelöst wurde. Ein moderner Kampfflugzeugtyp hat aber kaum eine Chance, mehr als zwei Jahrzehnte im Dienst zu stehen, denn der Fortschritt wird ihn unweigerlich überholen. Aber auch in diesem Zweig des technischen Fortschrittes, dervon der Keule bis zur Atombombe oder vom Giftpfeil bis zur chemischen Massenvernichtungswaffe angewachsen ist, hat sich in der Mitte des 20. Jahrhunderts etwas Unerhörtes ereignet: Zum erstenmal in seiner vieltausendjährigen Geschichte hat sich der Mensch Zerstörungsinstrumente schaffen können, die mächtig genug sind, nicht nur den Nachbarn, sondern die ganze Menschheit und mit ihr die gesamte höhere Tierwelt auszurotten.

Gefahr und Tragik des kriegstechnischen Fortschrittes sind in den zweieinhalb Jahrzehnten seit dem Zweiten Weltkrieg vielfach erörtert und einem Großteil der Menschen bewußt geworden. Neu und für viele noch unbegreiflich ist jedoch die Tatsache, daß der Mensch nun auch mit seiner *zivilisatorischen* Tätigkeit, also mit dem Pflug und nicht mit dem Schwert, die Überlebenschancen zu bedrohen beginnt. Nun kündigt sich diese Gefahr allerdings nicht mit der Sturmglocke an, sondern viel unauffälliger, durch eine fast unmerkliche, unspektakuläre Veränderung unserer Umwelt. Darin liegt unsere größte Chance, aber auch unsere Gefahr. Die Chance: Daß wir die «Zeichen an der Wand» erkennen, lokale Überlastungserscheinungen richtig deuten und recht-

zeitig vorbeugende Maßnahmen ergreifen. Die Gefahr: Daß unser Streben nach kurzfristigem Gewinn, gepaart mit menschlicher Vergeßlichkeit, das Naheliegende und scheinbar Dringendere wichtiger erscheinen läßt als das auf weite Sicht gesehene Bessere, das strategisch Richtigerere. Aus diesem Grund wird niemand tiefschürfende und bleibende Aussagen über die Gefahr unserer Umweltbelastung und Lebensraumverknappung machen können, wenn er sich nicht gleichzeitig über die Dynamik, die Wucht und die Geschwindigkeit des sogenannten Fortschrittes und seiner Richtung Rechenschaft gibt.

1.2 Der Mensch und die Evolutionsgeschwindigkeit der natürlichen Umwelt

Daß ein unbeschränktes Wachstum auf beschränktem Raum auf die Dauer nicht möglich ist, leuchtet zwar den meisten ein, doch sind viele noch der irrigen Meinung, daß sich mit unserem Fortschritt automatisch auch der Lebensraum vergrößere; daß wir also in der Lage seien, der gemächlichen Geschwindigkeit der evolutionären Entwicklung etwas nachzuhelfen; ja, daß es unsere Pflicht sei, die träge Natur zur Eile anzutreiben, damit sie auch Schritt halte mit dem vom Menschen gesetzten Fortschrittstempo. Diese Auffassung entspringt noch unserer alten, recht egozentrischen Vorstellung vom Menschen als Herrscher über die Natur; sie sieht den Menschen gewissermaßen als Reiter, der seinem Pferd zur besseren Abrichtung nur Sporen und Peitsche zu geben braucht! Es ist diese geistige Haltung, die uns zum Verhängnis werden könnte. Die Gefahr soll an einem Modell illustriert werden.

Wenn wir – um einen Überblick über das Schrittempo des Pferdes, also über die Geschwindigkeit der natürlichen Evolution, zu gewinnen – die letzten 170 Millionen Jahre Erdgeschichte in ein einziges Jahr komprimieren würden, dann sähe ein solches Drehbuch des Fortschrit-

tes, beispielsweise aus der Perspektive des Mondes gesehen, etwa folgendermaßen aus

Im Januar unseres Modelljahres finden wir die irdischen Festlandkontinente bereits von einer dichten Vegetationsdecke überzogen, und es beginnt die Evolution der sogenannten Säugetiere. Im März treten die ersten Vogelarten auf, im Mai neue Laubbäume wie Feigen, Magnolien, Pappeln. Der Juli bringt den Höhepunkt in der Entfaltung der Riesenreptilien, aber gegen September sterben sie aus, auch die Dinosaurier. Im Oktober setzt die Entwicklung der Primaten ein und in der zweiten Novemberwoche diejenige der Menschenaffen. Zwischen Weihnachten und Neujahr erscheinen unsere aufrecht gehenden und Steinwerkzeuge benützenden Vorfahren. Am 31. Dezember, abends 22 Uhr, stirbt die Neandertalergemeinschaft aus.

30 Minuten vor Mitternacht beginnt etwas noch nie Dagewesenes, eine entscheidende Schwelle wird überschritten. Eine irdische Spezies, nämlich *Homo sapiens*, beginnt mittels Agrikultur die naturgegebene Erdoberfläche erstmals aktiv zu beeinflussen. Er befreit sich vom bloß jagenden, sammelnden, passiv erntenden Wesen.

Diesem Menschen erschien die Erde unendlich groß, unbeeinträchtigbar und gefährlich. In ihr zu überleben, sie weiter zu erobern, bepflanzen und «kultivieren», auf ihr beweglicher zu werden, war für die nachfolgenden Jahrtausende das unbestrittene Ziel seiner zivilisatorischen Anstrengungen. So folgen sich die technischen Leistungen, Entdeckungen, Erfindungen in immer schnellerem Rhythmus, alle mit dem Ziel, die Umwelt zu nutzen, die Natur in des Menschen Dienst zu stellen.

18 Minuten vor Mitternacht wird das hölzerne Wagenrad erfunden, 3 Minuten später die Bronzelegierung. Blitzableiter und Dampfmaschinen werden erstmals 36 Sekunden, Automotoren

bile 13 und Flugzeuge 12 Sekunden vor Mitternacht konstruiert. Das Schädlingsbekämpfungsmittel DDT wurde vor 5 Sekunden entdeckt, die phosphathaltigen Waschmittel sind vor 4 Sekunden auf den Markt gebracht worden, und heute, also punkt Mitternacht, am 31. Dezember unseres Modelljahres, haben wir eine Fortschrittsgeschwindigkeit erreicht, die alle 4 Sekunden die gesamte vom Menschen bisher geschaffene Menge von Zivilisationsgütern verdoppelt.

Der vom Menschen erzeugte Fortschritt vollzieht sich heute rund eine Million mal schneller als die Evolutionsgeschwindigkeit der Natur. Der industrialisierte Mensch ist im Begriff – um wieder in Einheiten des Modelljahres zu messen –, in 30 Sekunden alle fossilen flüssigen und gasförmigen Brennstoffe zu verbrauchen, die die Natur während über einem Jahr kontinuierlich angereichert hat. Er baut Erzlagerstätten mit einer Geschwindigkeit ab, die sich im Vergleich zu den geologischen Epochen ihrer Entstehung durch dieselbe Größenordnung unterscheidet. Er verdrängt Tiere und Pflanzen und rottet sie innerhalb von wenigen Sekunden aus, während es in der Entwicklungsgeschichte einiger Monate bedurfte, um diese Arten hervorzubringen.

Aus diesem Vergleich der natürlichen Evolutionsgeschwindigkeit mit den vom Menschen verursachten Veränderungen innerhalb unserer Biosphäre wird klar, wie wenig wir im Gleichschritt mit der natürlichen Umwelt gehen und wie sehr wir das Gleichgewicht zwischen Natur und Mensch gefährden. Auch in früheren Epochen unserer Zivilisation war diese Übereinstimmung nicht immer vorhanden. Aber es ist ein Unterschied, ob ein paar wenige Menschen, mit Speer, Axt und Hacke ausgerüstet, ihre unmittelbare Umgebung beeinflussen oder ob sehr viele sich mit Tonnen von Stahl umgeben, fünfzig Pferde starke Motoren zur persönlichen Fortbewegung benützen und mit Baggern, Bulldozern oder Förderbändern die bisherigen geographischen Zustände verändern.

1.3 Die Geschwindigkeit der technischen Entwicklung

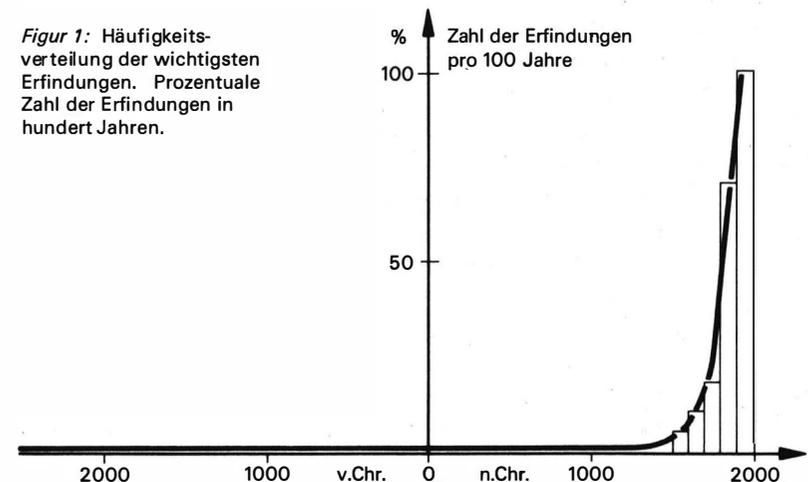
Homo faber, der schaffende, tätige Mensch, ist ein Spätkömm-ling in der Erdgeschichte. Innerhalb weniger Sekunden des Modell-jahres hat er die natürliche Umwelt mehr verändert als je ein anderes Lebewesen vor ihm. Diese Veränderungskraft liegt weit über dem, was sein Körperbau hergeben könnte. Sie hat ihre Voraussetzungen in seinem Denkvermögen, seiner Eigenschaft als Homo sapiens.

Der Aufschwung der Wissenschaften, wie er die Neuzeiten ge- prägt hat, begann mit dem Zeitalter der Aufklärung oder, wie G. Huber das genannt hat (1), mit der Hinwendung des abendländischen Men- schen zur Rationalität und Utilität. Die junge Wissenschaft von der Ge- schichte der Wissenschaften vermag dies eindrücklich zu illustrieren. Seit dem Erscheinen der «Philosophical Transactions» 1662 in London, in denen Newton kurz vor 1700 seine Gravitationsgesetze veröffent- lichte, hat sich die Zahl der wissenschaftlichen Zeitschriften im Mittel alle 15 Jahre verdoppelt (2). Es ergeben sich dieselben Zuwachsraten, wenn andere Maßzahlen für das Wachstum der Wissenschaften unter- sucht werden, beispielsweise die Zahl der Publikationen oder die mo- mentane Anzahl der in Forschung und Entwicklung tätigen Personen. Entsprechend haben sich unsere naturwissenschaftlichen Kenntnisse gemehrt. So zeigt die Zahl der vom Menschen registrierten Sterne (3) oder die Zahl der bekannten Tierarten (4) einen ähnlichen Verlauf mit Verdoppelungszeiten von 19 bzw. 21 Jahren. Beides sind Maßzahlen für das zunehmende Wissen des Menschen über seine Umwelt.

Aus der geistigen Wende der Aufklärung, die Vernunft und Rationalität höher einschätzt, als das früher der Fall war, ergibt sich notwendigerweise der Schritt zur rationalen Wissenschaft und inner- halb dieser die Betonung der Forschung. Indem die Forschung die Grenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis immer weiter hinaus- schiebt, schafft sie gleichzeitig auch die Voraussetzungen für den tech- nischen Fortschritt, der sich gleichsam in ihrem Kielwasser fortbewegt.

Der technische Fortschritt, der auf Erfindungen, Entdeckungen und Rationalisierungen beruht, hat seinerseits die unmittelbaren Vor- aussetzungen zu einem immer weiter gesteigerten Lebensstandard gegeben. Ja, eine umfassende Maßzahl für den technischen Fortschritt könnte geradezu definiert werden als die Summe aller erreichten Mittel und Möglichkeiten, mit denen der Mensch seine Umwelt gestaltet, die Natur in seinen Dienst stellt, nützt, ausnützt oder bezwingt. Wäh- rend die Naturwissenschaft die Mehrung der Kenntnisse und Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten unserer physischen Umwelt zum Ziel hat, eröffnet die Technik die Möglichkeiten zur Manipulation und Verän- derung der vorgegebenen Umwelt.

Die einfachste Form, sich hierüber ein Bild zu machen, liegt in der chronologischen Aufzählung von Erfindungen, Entdeckungen und technischen Entwicklungsleistungen, die «Geschichte» gemacht haben, d.h. als Voraussetzung für die heutige Dominanz des Menschen über die Natur gedient haben. Als Beispiele für solche Meilensteine in



der Geschichte der Technik seien erwähnt: das hölzerne Wagenrad (4000 v. Chr.), die Bronzelegierung (3000 v. Chr.), der Flaschenzug (250 v. Chr.), die Windmühle (1000 n. Chr.), das Schwarzpulver (1300 n. Chr.), das Fernrohr (1600 n. Chr.), der Blitzableiter (1750 n. Chr.), der mechanische Webstuhl (1785), das Aluminium (1827), das Dynamit (1867), das Motorflugzeug (1903), der Kunstkautschuk (1909), die Kunstfasern (1938), der Kernreaktor (1942), die Wasserstoffbombe (1952).

Figur 1 stellt das Resultat einer ersten statistischen Auswertung von rund 250 solcher Erfindungen oder Entwicklungen dar, die alle einen wesentlichen Machtzuwachs des Menschen über die Natur zur Folge hatten*. Diese Häufigkeitsverteilung vermag uns einen ersten Eindruck von der raschen Zunahme von Erfindungen seit der industriellen Revolution zu geben. Seit dem 19. Jahrhundert wird dieser technische Fortschritt nicht mehr dem Zufall überlassen, sondern durch unser Ingenieurwesen bzw. die Ausbildung an unseren technischen Hochschulen, ja durch unser Schulsystem überhaupt, zielbewußt an-erzogen (siehe auch Einschaltung: «Die Schule»). Wir haben keinen Grund anzunehmen, daß sich der hier aufgewiesene Trend zur zunehmenden Beschleunigung in den nächsten paar Generationen wesentlich ändern wird, es sei denn, daß wir bereit sind, unsere Fortschrittsziele zu ändern.

In Figur 2 sind dieselben Erfindungen über denselben Zeitraum noch einmal dargestellt, aber anstelle der Häufigkeit ist «die Summe des bisher Erreichten» aufgetragen. Dank der Fähigkeit des Menschen, Erlerntes zu speichern und Erfahrungen mittels Wort, Schrift und Computer auch nächsten Generationen weiterzugeben, stellt diese «Summe alles Erlernten» das eigentliche verfügbare technische Potential dar. Der mathematisch interessierte Leser wird erkennen, daß dieser

* Die in den Figuren 1 und 2 dargestellten Größen wurden in einem internen Seminar des Büros Basler und Hofmann (Ingenieure und Planer) ausgewertet. Angaben über die wichtigsten Ereignisse in der Geschichte der Zivilisation finden sich unter anderem in (5), (6) und (7).

Die Schule

Die Wissenschaftsgläubigkeit, wie sie Goethe in seiner Figur des Wagner schon recht ironisch dargestellt hat («Wenn du als Mann die Wissenschaft vermehrest, so kann dein Sohn zu höherem Ziel gelangen», Faust I), wurde seit Anfang des 19. Jahrhunderts zu einer Macht, die weiteste Bereiche durchdrang. Der nachfolgende Auszug aus dem Protokoll der Zivilgemeindeversammlung Wiesendangen vom 2. Januar 1835 zeigt auf amüsante und eindruckliche Weise, wie selbst Landgemeinden, die bis zu jener Zeit noch ohne öffentliche Schulen waren, plötzlich davon erfaßt wurden und die Überzeugung gewannen, daß Investitionen im Bildungswesen «segensreich für die Nachwelt» seien.

«Hat der Herr Präsident die Versammlung eröffnet und beliebt, daß die Gemeinde erkennen möchte, eine gewisse Summe aus dem Gemeindegut in das Schulgut zu übertragen; wie gut und Edel es wäre, wenn die Gemeinde für eine so nützliche Anstalt, die segensreich für die jetzige wie für die Nachwelt sey, gerne die Hand bieten wollte, und wie durch solche Opfer in Folge der Zeit große Zwecke erreicht werden könnten.

Nach mehreren ersten Vorstellungen über diesen Gegenstand nahm er den Herrn Friedensrichter in die Anfrage. Herr Friedensrichter trug an, die Gemeinde möchte für eine so nützliche Anstalt 1000 Gulden aus dem Gemeindegut in das Schulgut erkennen. Herr Präsident bemerkte, er würde es für Edel halten, diese Summe unbedingt zu erkennen (sofort und vollumfänglich als gutes Beispiel für die andern Beteiligten), obwohl es ihm auch Edel scheinen würde, wenn durch Subscriptionen auf freywilligen Wegen privat-Stühren gesammelt würden.

Nach mehreren, anderen Anträgen und wohl halbständiger Diskussion wurde endlich erkannt, daß die Gemeinde 1000 Gulden von dem Gemeindegut in das Schulgut übertragen wolle, insofern die andern Civilgemeinden der Schulgenossenschaft verhältnismäßige Beiträge leisten.»

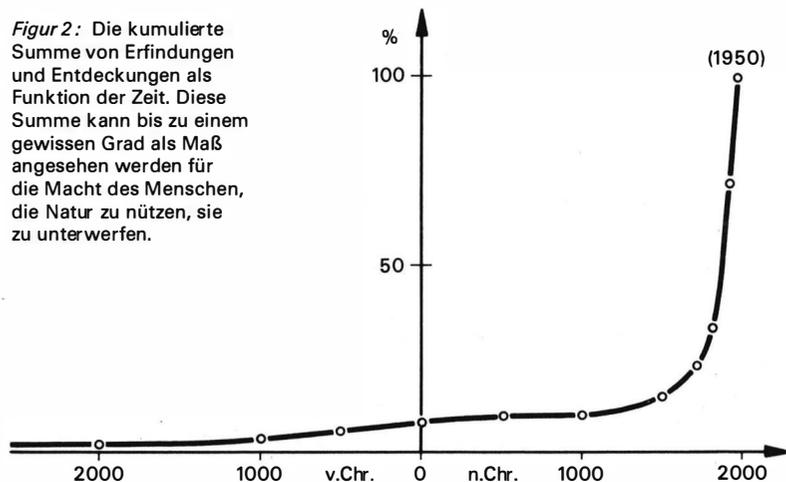
Funktionsverlauf (der das Integral über die Kurve in Figur 1 darstellt) naturgemäß wiederum auf ein exponentielles Wachstum hinweist. Je mehr wir von diesem geistigen Kapital haben, um so schneller und besser kann es vermehrt werden, vergleichbar etwa mit einer Kettenreaktion oder einer progressiven Zellteilung.

Ein kritischer Betrachter könnte einwenden, daß wir hier das Opfer einer optischen Täuschung seien, daß uns die näher liegenden Leistungen besser in Erinnerung blieben und auch wichtiger erschienen als die fernen. Werden aber andere objektiv erfaßbare Maßzahlen der «Macht des Menschen über seine natürliche Umwelt» aufgetragen,

z. B. die Energieerzeugung, die Reisegeschwindigkeit oder die Möglichkeiten, Bauvolumen zu erschaffen oder neue chemische Stoffe herzustellen, so haben die Kurven aller dieser Maßzahlen einen ähnlichen exponentiellen Verlauf wie diejenigen in den Figuren 1 und 2. Die Spitzenwerte technischer Einzelleistungen, z. B. die Maxima an möglicher Energieerzeugung durch eine Anlage, an erreichbarer Reisegeschwindigkeit oder Transportleistung einer Maschine oder an Komplexität synthetisch hergestellter Moleküle, gleichen – als Funktion aufgetragen – eher Figur 1; die für die Umweltbelastung maßgebenderen Werte, wie der gesamte Energieverbrauch, das Transportvolumen, die Menge der jährlichen Erdarbeiten oder aller synthetischen Produkte, ergeben in gleicher Anordnung eher die Kurve von Figur 2.

Dank seiner Geisteskraft ist es dem industrialisierten Menschen also gelungen, sich in mancher Beziehung von den Zufällen der Natur zu lösen. Ihn bedrohen keine wilden Tiere mehr, die Gefahren von Hunger

Figur 2: Die kumulierte Summe von Erfindungen und Entdeckungen als Funktion der Zeit. Diese Summe kann bis zu einem gewissen Grad als Maß angesehen werden für die Macht des Menschen, die Natur zu nützen, sie zu unterwerfen.



und Kälte sind weitgehend gebannt, trennende Gebirgsketten oder Ozeane können innert Stunden überwunden werden. Ist es angesichts dieser Triumphe nicht verständlich, daß er den technisch-wirtschaftlichen Fortschritt, der ihm all das erschlossen hat, bei der Frage nach dem Kurs in die Zukunft außer Diskussion stellen will?

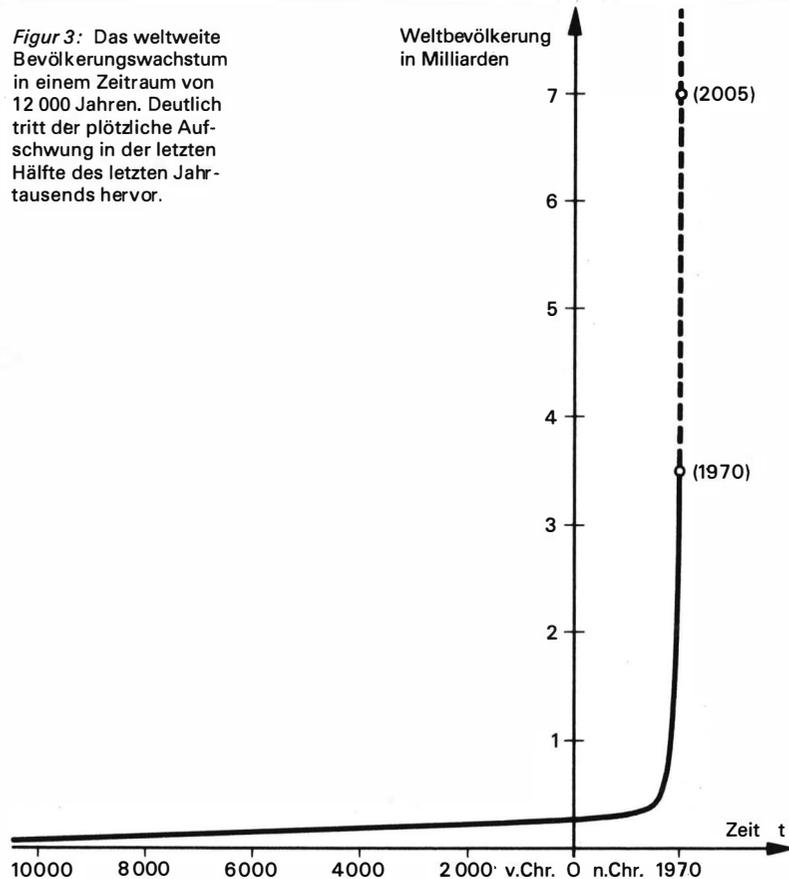
Aber in mancher Beziehung bleibt der Mensch, trotz all diesem Fortschritt, der Erde ebenso verhaftet wie das Tier. Die Tatsache, daß er über höhere Intelligenz verfügt, enthebt ihn nicht des vitalen Bedürfnisses nach reiner Luft, reinem Wasser und unvergifteter Nahrung. Hier sieht sich der Mensch, der bemüht war, sich von den Launen der Natur zu befreien, plötzlich vor neuen ungeahnten Zwängen; er muß erkennen, daß er die Gegebenheiten der Umwelt nicht beliebig «zu seinen Gunsten» verändern kann, ohne schließlich in neue Nöte zu geraten. An der Schwelle des dritten Jahrtausends seiner Zeitrechnung, nach der Erschließung der Kräfte des Atoms und der Überwindung der Erdanziehung, wird er sich plötzlich bewußt, daß nicht jeder Sieg über die Natur als Fortschritt angesehen werden kann, daß jede Verdrängung der Natur Rückwirkungen hat. Er sieht, welche Gefahr für ihn selbst besteht, wenn die menschliche Macht so groß wird, daß die stabilisierenden Kräfte der Erde gefährdet werden. Wird der hochzivilisierte Mensch, dem der Eroberungstrieb zur zweiten Natur geworden ist, nun auch die Vernunft aufbringen, seine angenommenen Gewohnheiten abzulegen, und einsehen, daß man in Zukunft auch im technisch-wirtschaftlichen Bereich immer weniger all das tun darf, was man tun könnte?

1.4 Das Bevölkerungswachstum

Nicht nur die Macht des einzelnen Menschen gegenüber der Natur hat sich vergrößert, es sind auch immer mehr Menschen, die diese technischen Errungenschaften in Anspruch nehmen. Figur 3

zeigt das weltweite Bevölkerungswachstum in einem Zeitraum von 12 000 Jahren oder innerhalb der letzten 37 Minuten im früher erwähnten Modelljahr. Die gestrichelte Linie ist die Prognose für die nächsten 35 Jahre, falls es nicht gelingt, die gegenwärtige jährliche Zuwachsrate von 2% zu verringern. Auch in dieser Kurve spiegelt sich das expo-

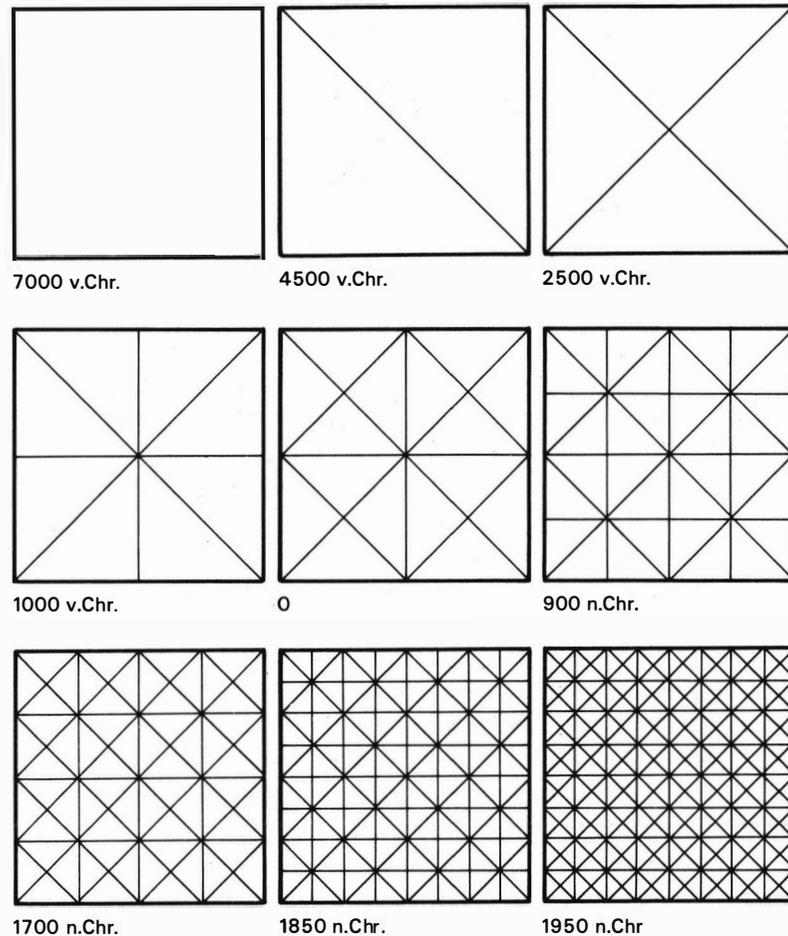
Figur 3: Das weltweite Bevölkerungswachstum in einem Zeitraum von 12 000 Jahren. Deutlich tritt der plötzliche Aufschwung in der letzten Hälfte des letzten Jahrtausends hervor.



sive Wachstum wider, das mit der industriellen Revolution eingesetzt hat. Die wesentlichen Ursachen für diese Entwicklung liegen in den Errungenschaften der Medizin und Pharmazie. Die moderne Medizin, ebenfalls eine Tochter des wissenschaftlichen Zeitalters, hat mit zunehmender Perfektion das frühere Verhältnis von Geburt und Tod verändert. Immer mehr frühe Todesfälle konnten verhindert werden, mehr Kinder erreichten das Erwachsenenalter und waren somit selber in der Lage, wieder Kinder zu zeugen. Im 20. Jahrhundert hat sich dieser Einfluß auch auf außereuropäische Bevölkerungen ausgedehnt.

Vielleicht noch eindrücklicher zeigt Figur 4 die zunehmende Verknappung des individuell verfügbaren Lebensraumes. Während 7000 Jahre v. Chr. noch eine Landfläche von 15 km² pro Person verfügbar war, sind es heute im Mittel nur noch 0,043 km² pro Person; Wüste, Gebirge, Eis, Urwald, Tundra und Steppen miteingerechnet. Diese Darstellung ist aber immer noch kein treffendes Maß für die Umweltbelastung oder Verengung des Lebensraumes, denn der zunehmende Raumbedarf des einzelnen Menschen ist hier noch nicht berücksichtigt. Er steigt aber in den Ländern der westlichen Zivilisation fast proportional mit der Produktivität. Es gibt also nicht nur immer *mehr* Menschen, sondern auch Menschen, die mehr wollen, mehr Güter konsumieren, mehr Lebensraum beanspruchen. Statistiken über den wachsenden Bedarf an Wohnflächen pro Kopf, an Raum für Straßen, Parkplätze, Garagen, Kiesgruben und Fabriken, Spitäler, Spiel- und Sportanlagen, für Erholungsräume und Zweitwohnungen verdeutlichen diesen Sachverhalt aufs eindrucklichste.

Wir lernen somit, daß die zunehmende Beanspruchung unserer Umwelt parallel mit dem Produkt von Bevölkerungszahl und ihrem Pro-Kopf-Umsatz an materiellen Gütern wächst, vorausgesetzt, daß die produzierten Güter nicht noch umweltschädlicher oder giftiger werden, was später untersucht wird. Ist es angesichts dieser Tatsache nicht vernünftig, auch vom Ziel eines weiteren Wachstums der Bevölkerung abzugehen? Es braucht immer wieder Überwindung, solche



Figur 4: Bildliche Darstellung der Verknappung unseres irdischen Lebensraumes. Während 7000 Jahre vor Christus noch rund 15 km^2 Landoberfläche pro Person entfiel, sind es heute noch $0,043 \text{ km}^2$. Hierbei ist der für die Umweltbelastung und Verengung des Lebensraumes so wichtige, pro Person zunehmende Güter- und Raumbedarf noch nicht berücksichtigt.

Schlußfolgerungen öffentlich darzulegen. Der Vorwurf unchristlicher oder gar menschenfeindlicher Gesinnung liegt auf der Hand. So nehmen wir dieses heiße Eisen lieber auf Umwegen in Angriff: einmal zitieren wir einen ausländischen Bericht, der die Sachlage beleuchtet (siehe Einschaltung: «Nie stirbt jemand wegen Überbevölkerung»), und zum zweiten bemühen wir uns um eine indirekte Beweisführung, um zu zeigen, daß die unbeschränkte Vermehrung der Menschen früher oder später unter Kontrolle gebracht werden muß:

Folgen wir für einen Moment der utopischen Hypothese, daß es dem Menschen, falls einmal zu viele auf dieser Welt sind, gelingen werde, unsern Sonnentrabanten zu verlassen, um sich auf dem Mond oder einem Planeten niederzulassen. Nehmen wir nun an, im Jahre X hätte das Raumschiff Erde seine Kapazität erreicht, und alsdann flögen alle Überzähligen auf den nächsten Planeten. Mit einem fort dauernden zweiprozentigen Wachstum – wie das heute der Fall ist – wäre ein gleich großer Planet in 35 Jahren ebenso dicht gefüllt wie die Erde, denn wir verdoppeln uns ja innerhalb dieser Zeitspanne. In weiteren 35 Jahren wären vier Planeten voll, und in dreimal 35 Jahren bereits alle acht, und damit wäre auch das Sonnensystem, im Zeitmaßstab unseres Modelljahres gesprochen, innerhalb 19 Sekunden zu eng geworden! Nun, wenn ein Astronaut mit Geschwindigkeiten, wie sie bei Mondreisen entwickelt wurden, also etwa 8 Kilometer pro Sekunde, außerhalb des Sonnensystems fliegen möchte, so würde es rund 80 000 Jahre dauern, bis er den nächsten Stern Proxima Centauris erreicht hätte. Wenn er sich bis zur Lichtgeschwindigkeit beschleunigen könnte, sich also in elektromagnetische Strahlung verwandeln ließe, dann würde er diesen Nachbarstern zugegebenermaßen schon in 4,3 Jahren erreichen!

Nun wird gerne eingewendet, «es werde schon irgendwie dafür gesorgt», daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Diesen ent waffnenden Schluß muß freilich jedermann anerkennen. Man kann den Gedankengang sogar weiterspinnen und mit mathematischer

Strenge nachweisen, daß die Balance zwischen Geburten- und Todeszahlen nur durch ein Wiederansteigen der Sterbeziffer hergestellt werden kann, solange der Mensch nicht gewillt ist, die Geburtenrate zu reduzieren! Ob dieses Ziel nun mittels Krankheit, Krieg, Hunger, Seuchen, Umweltvergiftungen oder Zivilisationsschäden erreicht wird, ist für diese Rechnung unwesentlich. Selbstverständlich würden wir uns gegen alle Formen auflehnen, wo jemand am Tod eines anderen schuldig wird.

Wenn die Menschen dieser Erde sich aber mit dem bescheidenen Ziel begnügen sollten, bis in 30 Jahren die jährliche Bevölkerungszunahme von den gegenwärtigen zwei auf ein Prozent zu reduzieren, dann müßten über eine Milliarde Geburten verhütet werden, wenn die Sterblichkeit nicht wieder ansteigen soll (8). Das ist ein fast unvorstellbares Unternehmen, denn es greift an die fundamentalsten Bezirke allen Lebens, an den Wunsch und die Notwendigkeit, sich selber zu reproduzieren. Selbst wenn es gelingen sollte, wäre aber die jährliche absolute Zunahme der Bevölkerung in 30 Jahren immer noch annähernd so groß wie heute. Daß man also bereits heute mit einer solchen Zielsetzung beginnen müßte, um einige Aussichten auf Erfolg zu haben, ergibt sich schon aus der Tatsache, daß die meisten Menschen, die in 30 Jahren Kinder haben werden, schon heute auf der Welt sind oder doch in den nächsten paar Jahren geboren werden.

Für unsere traditionellen Institutionen, seien es Staat, Schule oder Kirche, sind diese neuen Postulate ungewohnt. In der ganzen Evolutionsgeschichte, aber auch in der Geschichte der Menschheit war die Sorge um die Erhaltung der Art und damit einer möglichst zahlreichen Nachkommenschaft das zentrale Anliegen. Daß diese Ziele plötzlich nicht mehr gelten sollen, verlangt ein gewaltiges Umdenken.

Am Beispiel der weltweiten «Bevölkerungsexplosion» wollen wir nun einige typische Aspekte der Umweltbelastung und der Lebensraumverknappung rekapitulieren. Sie sind für unsere Zeit bedeutsam,

«Nie stirbt jemand wegen Überbevölkerung»

«Ich war in Kalkutta, als der Wirbelsturm im November 1970 Ostbengalen heimsuchte. Ungefähr 500 000 Menschen sind bei dieser Sturmflut ertrunken. Die pakistanische Bevölkerung hat aber innert 40 Tagen diesen Bevölkerungsverlust bereits wieder wettgemacht, und die Welt richtet ihre Aufmerksamkeit wieder andern Dingen zu.

Was verursachte dieses Elend? Der Wirbelsturm! so steht es in allen Zeitungen. Aber man könnte mit wohl besserem Recht sagen: Überbevölkerung tötete sie! Das Delta des Ganges ist praktisch auf Meeresniveau. Jedes Jahr kommen einige tausend Leute in den üblichen Stürmen um. Wenn Pakistan nicht überbevölkert wäre, würde kein vernünftiger Mann seine Familie hieher bringen. Ökologisch gesehen gehört das Delta dem Fluß und dem Meer, ihrer Tierwelt und Fauna. Der Mensch hat dort nichts zu suchen.

Es ist so bequem, dem Sturm die Schuld zuzuschreiben. Höhere Macht, Katastrophe, Schicksal hat sie getötet. Die Natur ist schuld am Unglück, nicht der Mensch.»

(G. Hardin: Editorial in «Science», Vol. 171, 12. Februar 1971)

und vorläufig sehen wir keinen Weg in eine hoffnungsvolle Zukunft, ohne ihnen gebührend Rechnung zu tragen.

1. Die für das langfristige Überleben entscheidenden Veränderungen erscheinen uns im Zusammenhang mit unseren täglichen Anliegen unbedeutend, unmaßgebend. Sie sind, wie der allmähliche Vorstoß eines Gletschers, für den vielbeschäftigten Zeitgenossen kaum merkbar.
2. Was während der ganzen bisherigen Menschheitsgeschichte als sinnvoll galt, wird plötzlich fragwürdig, oft unsinnig. Früherer Segen wird immer mehr auch als Plage empfunden.
3. Während es vieler Generationen bedurfte, einen Zustand zu erschaffen, muß nun offenbar innerhalb einer viel kürzeren Zeit Aufhebung oder Abhilfe gesucht werden.
4. Nur kollektive und koordinierte Maßnahmen können Unheil abwenden. Der frühere Grundsatz, wonach des Menschen Wohlfahrt dann am meisten gemehrt wird, wenn jede Institution (Haushalt, Unternehmung, Staat) auf ihren eigenen Vorteil oder Gewinn bedacht ist, gilt immer weniger.

5. Wir werden nicht nur im kriegerischen Sektor, sondern auch im zivilisatorischen Bereich nicht mehr alles tun dürfen, was technisch machbar wäre.

1.5 Das Wachstum der Umweltprobleme

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für eine kurzfassende Definition von Umweltproblemen. Je nach Blickrichtung des Autors und den anvisierten Gefahren und Schutzmaßnahmen wird die Formulierung wieder anders ausfallen. Für unsere Zwecke soll vorerst der folgende Abschnitt genügen. Er wird im 4. Teil dieses Buches durch einige präzisierende Aspekte ergänzt.

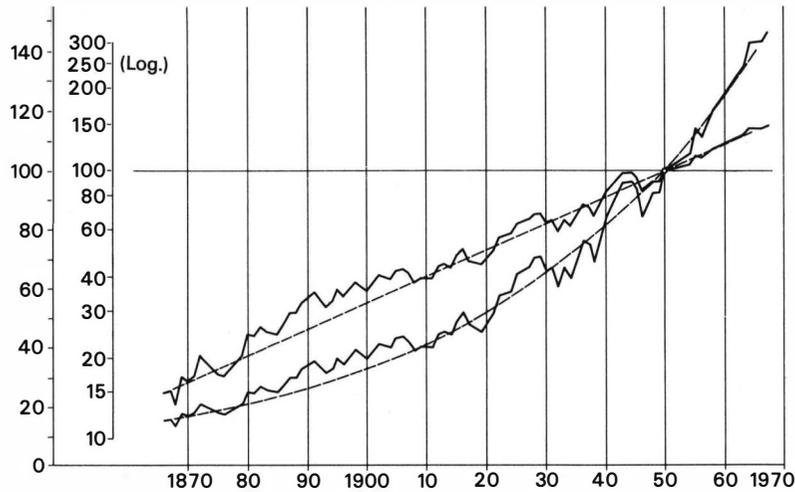
Als Umweltprobleme bezeichnen wir alle unerwünschten Veränderungen und Unstimmigkeiten im naturgegebenen Lebensraum (Luft, Wasser, Boden), die wir direkt oder indirekt, mit unseren Sinnesorganen oder Meßinstrumenten, wahrnehmen und die sich auf eine übermäßige Inanspruchnahme dieser vorgegebenen natürlichen Umwelt durch menschliche Tätigkeiten zurückführen lassen. Die übermäßige Inanspruchnahme setzt sich zusammen aus Vorgängen der Überlastung und solchen des Raubbaus. Die ersten sind Prozesse, die auf die Dauer die natürliche Regenerationsfähigkeit herabsetzen und somit nicht ohne Schaden aufrechterhalten werden können. Die letzteren führen zum Zerfall unseres Rohstoffreichtums, was dem Abbau von Kapitalgütern gleichkommt. Unter unerwünschten Veränderungen und Unstimmigkeiten möchten wir alle Vorgänge subsumieren, die, auf längere Dauer gesehen, die natürlichen Lebensbedingungen des Menschen, insbesondere seine physische und psychische Gesundheit, qualitativ beeinträchtigen. (Wenn die Erhaltung der Tier- und Pflanzenarten und ein ausgewogenes Verhältnis unter ihnen nicht ausdrücklich erwähnt sind, so nur deshalb, weil auch das als eine

Minderung der Qualität des menschlichen Lebens angesehen werden muß.

Die wachsende Gefährdung der Umwelt ist erst seit kurzem ins allgemeine Bewußtsein getreten. Hingegen kennen wir seit längerer Zeit recht gute Zahlenreihen, welche als ein Maß für die zivilisatorische Tätigkeit oder – etwas präziser – die wirtschaftliche und industrielle Aktivität gelten können. Seit gut 100 Jahren wird in den zivilisierten Ländern das jährliche Volkseinkommen gemessen. Man spricht dann vom sogenannten Bruttosozialprodukt eines Volkes und versteht darunter die monetär meßbare Menge aller erfaßbaren Güter und Dienstleistungen einer Nation. Wegen der Inflation dehnt sich das Meßband (die Währungseinheit) mit der Zeit, und eine Umrechnung auf das sogenannte reale Bruttosozialprodukt ist notwendig, um einen Überblick zu gewinnen, der in «Realien» vergleichbar ist.

Solche Statistiken, die in den USA mit Schätzungen bis auf die Zeit der Unabhängigkeitserklärung zurückgehen (9, 10, 11), zeigen eindrücklich, daß die realen Sozialprodukte in den industrialisierten Ländern im wesentlichen nach einem exponentiellen Gesetz anwachsen*. Die Produktivitätszunahme beträgt im Mittel über diese 200 Jahre 2¼% pro Jahr, d. h. jedes Jahr hat eine arbeitende Hand im Mittel rund 2¼% mehr verrichten können, dank den inzwischen angewachsenen Investitionen und vor allem wegen der technisch-wirtschaftlichen Erfindungen, Rationalisierungen und Mechanisierungen (Figur 5). Im Mittel über die letzten 100 Jahre ist die europäische Bevölkerung pro Jahr um 1 bis 1½% angestiegen, so daß die mittlere jährliche Wachstumsrate des realen Sozialproduktes bei 3 bis 4% lag. Im

* Exponentielles Wachstum ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zuwachsrate einer Größe proportional zum bereits erreichten Wert ist. Eine typische Form von exponentiellem Wachstum ist ein Kapital, das sich mittels Zins und Zinseszinsen vermehrt, oder die biologische Zellteilung im Frühstadium, wo aus zwei vier, acht, sechzehn usw. Zellen bzw. Lebewesen werden. Gewisse Gesetzmäßigkeiten der Exponentialfunktion sind im Anhang zusammengestellt.



Figur 5: Index der Produktivität in der Industrie, USA 1827 bis 1967 (1950 = 100). Durchschnittliche jährliche Zuwachsrates = 2,2%. Die obere Kurve ist nach logarithmischem Maßstab (rechte Skala) aufgetragen; die untere bringt das exponentielle Wachstum in unverzerrtem Maßstab zur Geltung.

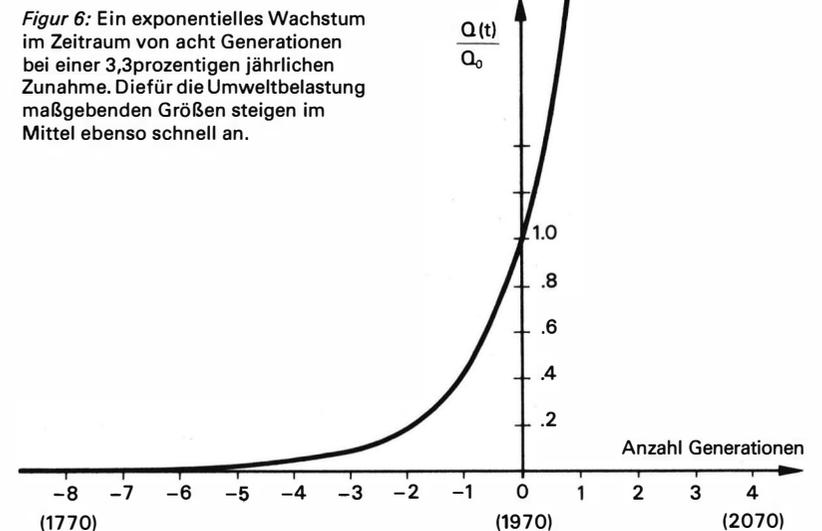
folgenden werden wir stets mit einem Mittelwert von $3\frac{1}{3}\%$ rechnen, was nach Gleichung 28 (Anhang) einer Verdoppelung alle 20 Jahre entspricht.

Figur 6 vergegenwärtigt uns, wie ein solches exponentielles Wachstum in einem Zeitraum von etwa acht Generationen oder 200 Jahren aussieht. Bis vor wenigen Jahren haben solche Kurven nur erhebende Gefühle zu wecken vermocht. Sie illustrieren für jede Industrienation, «wie herrlich weit» sie es gebracht hat; und eine Verlängerung in die Zukunft verrät, mit wieviel größerem Zuwachs an Reichtum und Produktivität Kinder und Kindeskinde noch rechnen dürfen.

Heute wird es immer mehr kritischen Zeitgenossen klar, daß die für die Umweltbelastung maßgebenden Größen mindestens so schnell

ansteigen wie der Güterumsatz einer Nation. Als Komponenten für einen solchen gemittelten Index der Umweltbelastung könnten beispielsweise dienen: die Energieproduktion, der Verbrauch von Wasser und Luft, Veränderungen der Bodenoberfläche, Ausbeutung von Erzen und fossilen Brennstoffen, das Volumen des Zivilisationslärms, die Gesamtmenge von Düngemitteln, von Schädlingsbekämpfungsmitteln oder von Detergentien. Die meisten dieser den Lebensraum beanspruchenden, vom Menschen verursachten Produkte und Tätigkeiten wachsen zurzeit noch stärker, als in Figur 6 illustriert. Nur die uns gegebene Biosphäre, in der sich alles Leben abspielt, bleibt konstant und bildet den naturgegebenen Rahmen, den keine Technologie wird ausweiten können.

Als ein Maß für die Umweltbelastung, und damit eine Art Gefährdungsfaktor, könnte in erster Näherung eine Größe U als Funktion der Zeit definiert werden, die sich proportional verhält zu der Bevölke-



Figur 6: Ein exponentielles Wachstum im Zeitraum von acht Generationen bei einer 3,3prozentigen jährlichen Zunahme. Diefür die Umweltbelastung maßgebenden Größen steigen im Mittel ebenso schnell an.

rungszahl und der Konsumkraft dieser Bevölkerung bezüglich materieller Güter, was vorläufig noch ein Maß ihres Lebensstandards ist. Die Maßzahl der Umweltbelastung* ist umgekehrt proportional zum verfügbaren Lebensraum und einem Wirkungsgrad, der zum Ausdruck bringen soll, wie weit es diese Bevölkerung verstanden hat, sich umweltgerecht zu verhalten.

$$U(t) = \frac{(\text{Bevölkerungszahl}) \times (\text{Güterproduktion})}{(\text{verfügbarer Lebensraum}) \times (\text{Wirkungsgrad})} \quad (\text{Gl. 1})$$

Da wir den verfügbaren Lebensraum nicht wesentlich erweitern können, bleiben uns nach dieser Formel noch drei Faktoren, um diese Maßzahl der Umweltbelastung in tragbaren Schranken zu halten:

Erstens ist die weitere weltweite Bevölkerungsvermehrung zum Stillstand zu bringen.

Zweitens ist die Güterproduktion zu drosseln; es sind also weniger materielle Güter zu verbrauchen, dafür ist mehr Gewicht auf Tätigkeiten zu legen, die für die Umwelt nicht belastend sind, wie Kunstschaffen und Kunstgenuß, Bildung, Sport, Freizeitgestaltung (allerdings ohne Motoren).

Drittens ist der Wirkungsgrad unserer zivilisatorischen Tätigkeit in bezug auf die Umweltbeanspruchung zu verbessern, beispielsweise durch Abbau oder Neutralisation der Abfälle (Kläranlagen, Müllverwertung), häuslicher Umgang mit Boden, Luft und Wasser, vorsichtigen Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln, ferner durch Entwicklung wirksamerer Verbrennungsmotoren und abbaubarer synthetischer Produkte, sowie durch planerische Maßnahmen in Bereichen der Besiedlung, der Industrialisierung, der Verkehrserschließung und der Energieerzeugung, schließlich durch aktivere Landschaftspflege, klügere Landschaftsnutzung und anderes mehr.

* Diese Maßzahl wurde vom Verfasser öffentlich vorgestellt anlässlich des Symposiums: «Schutz unseres Lebensraumes» (12).

Einen weiteren Zugang zur Aussagekraft dieser Formel erhält man, wenn je zwei der vier Größen gepaart werden.

Der *Zähler*, also das Produkt von Bevölkerungszahl und realer Güterproduktion pro Kopf, kann als primäre Umweltbelastungsgröße angesehen werden. Obwohl ein immer größerer Teil der Arbeit eines Volkes als sogenannte Dienstleistungen verrichtet wird und damit nicht mehr der landwirtschaftlichen und industriellen Produktion zur Verfügung steht, zeigen alle zusammenfassenden Statistiken über Güterproduktion ein Wachstum, das gleich oder größer als das reale Sozialprodukt ist. Wenn man – ökologisch noch zutreffender – nicht nur die produzierte Gütermenge messen würde, sondern als Maß für den Energiekonsum und die verursachte Unordnung* im Haushalt der Natur auch ihre Dislokationsdistanz in Betracht ziehen würde, so ergäbe sich im Vergleich zum Bruttosozialprodukt sogar ein überproportionales Anwachsen der primären Umweltbelastung. Eine Stadt hat früher ihre Nahrungsmittel aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet, das noch im Tagesmarsch erreicht werden konnte, bezogen. Heute wird ein Teil aus Übersee hergebracht, zum Teil sogar eingeflogen. Die lokalen Erzbergwerke sind verschwunden, und nicht wenige unserer Metalle reisen um die halbe Welt, bis sie ihren Endverbraucher gefunden haben.

Der *Nenner*, also das Produkt von Lebensraum mal Wirkungsgrad, kann als eine Maßzahl für die Kapazität oder das Tragvermögen des Lebensraumes angesehen werden, innerhalb dessen sich die Aktivität der untersuchten Bevölkerung abspielt. Nur der erste Faktor in diesem Produkt ist eine gegebene, geographisch zu beschreibende Größe. Die Art, wie die hier lebende Bevölkerung ihren naturgegebenen Lebensraum pflegt, unterhält, ausbaut, einteilt, wie sie ihn regenerieren, veröden oder gar vergiften läßt, drückt sich im Wirkungsgrad aus.

* Unseres Wissens ist der aus der Thermodynamik stammende Begriff der Entropie als ein «Maß für die Unordnung» im Haushalt der Natur erstmals von W. Stumm (13) vorgeschlagen worden.

Das erste Verhältnis von Bevölkerungszahl zu verfügbarem Lebensraum könnte als eine Art ökologische Bevölkerungsdichte oder lebensraumbezogene Biomasse aufgefaßt werden. Mit diesem verallgemeinerten Begriff wird die Dichte einer tierischen oder menschlichen Population definiert, wenn die Bezugsgröße nicht nur auf Quadratkilometer Festlandoberfläche, sondern auf denjenigen Teil der Biosphäre bezogen wird, den sie tatsächlich beansprucht. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß wir mit Ausnahme des Raumschiffes Erde keine scharf abgegrenzten Lebensräume haben. Je höher der Grad der Industrialisierung, je konzentrierter die Ballung, um so eher ist ein Land nur noch lebensfähig mit seinen Außenhandelsbeziehungen oder eine Stadt mit ihren landwirtschaftlichen Gebieten und den Erholungsräumen. In der Diskussion über die Frage, «wann das Boot voll ist», werden solche Türen im Lebensraum nur zu oft vergessen. Dies ist um so bedauerlicher, als jede noch unbewohnte natürliche Pufferzone, sei es Urwald oder Meer, immer nur unter dem Blickwinkel eines noch «unerschlossenen» Raumes und einer künftigen Ausnutzung angesehen wird statt als wesentlicher Anker für ökologische Stabilität und als notwendiges Regenerationsgebiet der lokal überbeanspruchten Teile unserer Biosphäre.

In diesem Zusammenhang hat W. Stumm mit seinen Mitarbeitern an der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung und Gewässerschutz (EAWAG) eine illustrative Überschlagsrechnung angestellt. Er hat in erster Näherung angenommen, daß der Wirkungsgrad in den industrialisierten Ländern überall ungefähr gleich groß sei und daß die primäre Umweltbelastungsgröße, also der Zähler in unserer Formel, proportional zum Bruttosozialprodukt einer Nation gesetzt werden dürfe. Als Näherung ließe sich dann Gleichung 1 in monetären Einheiten des jährlichen Sozialproduktes pro Hektare Landfläche ausdrücken. In einer «Weltrangliste» für das Jahr 1969 figurierte an oberster Stelle Holland mit \$ 750 pro ha, gefolgt von Japan (\$ 540) und der Schweiz (\$ 410). Der Vergleich des Verschmutzungsgrades mit den

übrigen Ländern zeigt, daß die gemessene Festlandoberfläche noch kein zutreffender Maßstab für den durch eine Bevölkerung beanspruchten Lebensraum ist. Die Zustände in Holland oder Japan wären schlimmer, wenn nicht das Meer als Ressource auch zur Verfügung stünde. In der Schweiz wäre die Umweltverschmutzung ebenfalls ausgeprägter, wenn nicht ein Großteil der Schwerindustrieprodukte und fast die Hälfte der Nahrungsmittel aus dem Ausland importiert und an ihrer Stelle die weniger umweltbelastenden Dienstleistungen (z. B. Banken, Forschung und Entwicklung) sowie die Verarbeitung zu Qualitätsprodukten (Uhren und Pharmazeutika) erbracht werden könnten.

Wenn ein hochentwickeltes Land, das über ein leistungsfähiges Transportsystem verfügt, eine relativ geringe Umweltverschmutzung trotz großer Bevölkerungsdichte aufweist, dann kann man daraus nicht notwendigerweise schließen, daß es diese Bevölkerung bereits verstanden hat, eine sehr umweltschonende Zivilisation aufzubauen. Die Erklärung könnte auch darin liegen, daß ein Großteil der ihm richtigerweise zugewiesenen Umweltbelastung im Ausland, im Weltmeer oder in der Atmosphäre stattfindet.

Das zweite Verhältnis, die Güterproduktion dividiert durch den Wirkungsgrad, kann je nach Blickrichtung als eine Art Giftigkeits- oder Verträglichkeitsindex angesehen werden. Im Zusammenhang mit der belebten Natur drängt sich der Vergleich mit der organischen Verdaubarkeit gewisser Speisen auf. Wird die Natur als belebter Organismus aufgefaßt, so könnte das erste Verhältnis mit der Dichte der aufgenommenen Speise und das zweite mit der spezifischen Verträglichkeit in den Verdauungsorganen verglichen werden. Um beispielsweise dem menschlichen Organismus ein bestimmtes Maß von Schaden zuzufügen, müßten mehrere Liter Wasser auf einmal aufgenommen werden, aber vielleicht nur wenige Deziliter reinen Alkohols und wenige Zentiliter einer Arznei. Etwas Analoges stellen wir im Umgang mit der natürlichen Umwelt fest. Es braucht massive Dosen von Wasser oder Kohlendioxyd, bis sich die Umwelt gefährlich verändert, auch größere

Frachten von organischen Abfällen sind noch tolerierbar, aber schon viel geringere Mengen von Phosphaten oder gar Quecksilber oder DTT vermögen ein Ökosystem zu verderben. In diesem Sinne wird der Güterumsatz in Gleichung 1 stark relativiert. Wir werden in den folgenden Kapiteln noch besser erkennen, daß auch für die belebte Umwelt das Paracelsus zugeschriebene Wort gilt: «Nichts ist Gift, alles ist Gift; es kommt nur auf die Menge an.» Ein Hauptanliegen jeder zukünftigen ökonomischen Strategie wird wohl sein, die zivilisatorische Tätigkeit des Menschen in bezug auf ihre Umweltgefährdung zu entgiften, sie «verdaubarer», verträglicher zu machen. Einstweilen müssen wir uns bewußt sein, daß die spezifische Giftigkeit dauernd zunimmt und damit der Wirkungsgrad in Gleichung 1 von Jahr zu Jahr kleiner wird. Wie schnell sich dieser Prozeß vollzieht, werden wir an einigen im 2. Teil angeführten Beispielen erkennen.

2. Die Grenzen der Welt

2.1 Das Unerschöpfliche wird erschöpfbar

Viele Probleme unserer kommenden Generationen werden sich auf Kollisionen wachsender menschlicher Tätigkeiten auf einem Planeten mit beschränkter Oberfläche bzw. beschränkter Biosphäre zurückführen lassen. Zu wenig Menschen sind sich bewußt, daß in einem endlichen Raum kein unendliches exponentielles Wachstum möglich ist. Diejenigen, welche dieses einfache mathematische Gesetz verstehen, haben sich meist noch zuwenig Rechenschaft darüber gegeben, welche gigantische Umerziehungsarbeit, welche soziale bzw. politische Leistung bei diesem Prozeß zu vollbringen sein wird, indem es sich um nichts Geringeres handeln wird als um eine Neuorientierung der westlichen Zivilisation.

Viele unterschätzen die Geschwindigkeit, mit welcher solche Probleme an uns herantreten werden. Man erkennt das an Kommentaren wie: «Wir haben ja weltweit noch keine fünf Prozent eines bestimmten Rohstoffes aufgebraucht, noch ist zwanzigmal mehr vorhanden!» Solche Ansichten verkennen die explosive Kraft eines exponentiellen Wachstums. Bevor wir in Kapitel 2.2 versuchen, diese Zusammenhänge in einem Knappheitsindex zu vereinigen und bewußter zu machen, soll vorgängig der Unterschied zwischen Umweltüberlastung und Raubbau noch etwas stärker profiliert werden.

Wasser und Luft, Tiere und Pflanzen können wir weitgehend als *regenerative Güter* der Natur ansehen. Wenn ein Wald nicht übernutzt wird, kann er für unbeschränkte Zeit dem Menschen eine jährliche Ernte von Holz, Pilzen, Beeren oder Wild liefern und außerdem als Ort der Erholung und Entspannung dienen. Bei *Überbenutzung* jedoch entsteht die Gefahr einer späteren Ertragsabnahme, einer allmählichen Veränderung, Verschmutzung und Instabilität, ja eines Zusammenbruchs, welcher nach dauernder Überforderung die Regenerationsfähigkeit zerstören kann. Diese Beschränkungen der natürlichen Er-

giebigkeit wird der Mensch mit immer massiveren Eingriffen zu überwinden suchen, z. B. durch vermehrte Zugabe von Düngemitteln, durch künstliche Bewässerung, Schädlingsbekämpfungsmittel, Treibhäuser und Monokulturen von besonders begehrten Pflanzen. Wie Stumm immer wieder betont, ist die Natur aber «ein vielseitig verwobenes Räderwerk» (13), und es lassen sich nicht willkürlich einzelne biologische Prozesse forcieren, ohne dadurch Nebenwirkungen auf andere zu erzeugen. Auch ist ein solcher Eingriff in die Natur stets mit vermehrtem Energieeinsatz verbunden, wodurch neue Gefahren für unbeabsichtigte Umweltveränderungen entstehen. Am rücksichtsvollsten und ökologisch am ehesten vertretbar sind technisch geschlossene Reinigungs- und Rezirkulationssysteme, die möglichst keine Kopplung mit der natürlichen Umwelt aufweisen. Solche Prozesse sind denkbar, allerdings immer noch mit dem einen Nachteil, daß mindestens Energie in Form von Wärme an die Umgebung abfließt.

Erze, petrochemische Rohstoffe und fossile Brennstoffe sind typische *Kapitalgüter*, die sich nach unvorsichtigem Verbrauch nicht mehr leicht ersetzen lassen. Kohle, Erdöl und Erdgas sind während der letzten paar hundert Millionen Jahre der Erdgeschichte entstanden. Diese natürliche Anreicherung läuft wohl weiter, aber, verglichen mit der Abbaurate, fällt sie nicht mehr ins Gewicht; es ist, wie wenn ein Reservoir, das tropfenweise gespiesen wird, durch ein ständig wachsendes Loch entleert würde. Zurzeit fließt rund eine Million mehr weg, als neu hinzukommt.

Wegen der Erdanziehung können zwar keine Materialien unseren Planeten verlassen (die wenigen Geräte, die der Mensch auf dem Mond zurückgelassen oder in dem Weltraum verloren hat, dürfen wir in diesem Zusammenhang großzügig vergessen), doch werden durch Oxydation, Verdunstung, Reibung, Auflösung die meisten Metalle derart zerstört und verstreut, daß sie nur mit gigantischem Energieaufwand wiedergewonnen werden könnten. In den Weltmeeren, welche in diesem Zusammenhang als die größte zusammenhängende

menschliche Abfallgrube bezeichnet werden müssen, sind die Mineralien in Konzentrationen von einigen Teilen pro Million angereichert, gegen fast fünfzig pro hundert in den Erzbergwerken. Die Verarbeitung von hunderttausendmal mehr Materie, um ein verstreutes Material wiederzugewinnen, erfordert aber auch entsprechend mehr Energie. Nun darf auch der Energiehaushalt der Erde nicht beliebig manipuliert werden. Es ist zwar denkbar, daß die Energieerzeugung um das entsprechende Vielfache steigern können, dann aber würde das vom Menschen entfachte Feuer bald die Größenordnung der eingefangenen Sonnenenergie erreicht haben (14) und damit die Biosphäre entscheidend verändern.

In diesem Zusammenhang müssen wir uns auch bewußt sein, daß unsere gesamte Produktion von Zivilisationsgütern mit einer fortschreitenden Auflösung der natürlichen geographischen Ordnung einhergeht. Blei z. B. wird durch die Beimischung in Benzin längs den Straßenzügen abgelagert. Der Schwefel im Heizöl und die Halogene im Kunststoff ätzen – nachdem sie den Schornstein verlassen haben – die nähere und weitere Umgebung. Quecksilber und Phosphor – früher konzentriert gelagert – übersättigen unsere Gewässer und das Meer. Im Bauwesen handelt es sich zwar um chemisch weniger aktive Stoffe, dafür werden um so größere Quantitäten verschoben: Kies und Sand werden aus früheren geologischen Deponien, Zement aus Kalkstein- und Mergelgruben, Stahl aus Eisenerzbergwerken und Asbest aus noch entfernteren Orten in unsere Agglomerationen eingeführt.

Ob durch zunehmende Verknappung von Ressourcen eine Teuerungsbremse aktiv wird, die automatisch auch einen sparsameren Umgang mit knappen Gütern oder giftigen Aktivitäten nach sich zieht, ist sehr fraglich. H. C. Binswanger hat mit einleuchtenden Argumenten darauf hingewiesen (15), daß keine marktmäßig spürbare Verknappung und Preissteigerung bei den nicht erneuerbaren Ressourcen eintritt, solange das Angebot größer als die Nachfrage ist. In der Tat können wir uns als einfachstes Modell eine Kiesgrube oder eine Mine-

rallagerstätte vorstellen, deren Abbau im Verlaufe der Ausbeute nie schwieriger wird; das Angebot des Produzenten ist also jeder Nachfragesituation gewachsen, bis zum letzten Tag, von dem an das Förderband leer läuft. Wohl gibt es Modellvorstellungen, die von einer statistischen Verteilung der «Güter» oder der «Ergiebigkeit» verschiedener Fundstätten ausgehen. Konsequenterweise wird man sich vom idealen Fundort zu immer mageren, schwerer zugänglichen Abbauorten begeben, z. B. vom bewohnten Festland in die Wüste, auf den tieferen Meeresboden. Die wachsende Zahl von technischen Möglichkeiten, Erfindungen und Rationalisierungen kann aber mit diesen zunehmenden Schwierigkeiten oftmals spielend Schritt halten, wenn nicht ganz sie überrunden. Aus diesem Grunde ist es möglich, daß auch in diesem Modell keine wesentliche Verknappung eintritt, bis die Lagerstätten entweder sehr spärlich geworden sind oder bis deren Abbau einen Energiebedarf und Materialumsatz zur Folge hat, der ökologisch nicht mehr tragbar ist, d. h. bis die Unordnung, die wir auch als Verschmutzung empfinden, so groß ist, daß sie unbeabsichtigte gefährliche Sekundärwirkungen hervorruft.

Es wird also dem Menschen nicht erspart bleiben, die Konsequenzen seines Handelns abzuschätzen, sich selber gewisse Beschränkungen aufzuerlegen und sich an einen haushälterischen Umgang mit gewissen Gütern zu gewöhnen. Jegliche Selbstbeschränkung setzt aber ein Bewußtsein der «Knappheitssituation» voraus, und es stellt sich die Frage nach einem möglichst aussagekräftigen und allgemeinverständlichen Knappheitsindex. Im folgenden soll ein solcher Index entwickelt werden. Obwohl diese Maßzahl vorerst aus dem Raubbauproblem hergeleitet wird, kann sie auch für das Verschmutzungs- oder Regenerationsproblem verwendet werden. Je nach der Art des betrachteten Gegenstandes tritt das eine oder andere früher als begrenzender Faktor auf. Beim Erdölverbrauch z. B. wäre es denkbar, daß eine Drosselung des Verbrauchs unter dem Gesichtspunkt der Umweltbelastung noch dringlicher ist als demjenigen des Raubbaus.

2.2 Ein Knappheitsindex für die freien Güter der Natur

Wir gehen von der Annahme aus, daß nicht nur der gegenwärtige Jahreskonsum (q_0) sowie die bisher verbrauchte Menge (Q_0) einer natürlichen Ressource bekannt sind, sondern auch eine Vorstellung darüber besteht, welche Größenordnung die gesamte noch vorhandene oder kritische Menge (Q_k) aufweist. Der irreführendste Index, der aber als einziger gelegentlich angeführt wird, ist das bloße Verhältnis vom Vorhandenen bzw. den bekannten Reserven (Q_k) zum bisher Konsumierten (Q_0). Bei diesem Vergleich stellen wir fast immer fest, daß erst wenige Prozente oder gar Promille einer nicht erneuerbaren Ressource erschöpft sind oder eine kritische Grenze der Umweltbelastung noch um ein Vielfaches über dem gegenwärtigen Stand liegt. Wir schließen fälschlicherweise daraus, daß das Verknappungsproblem oder Verschmutzungsproblem noch in weiter Ferne liegt und damit nicht aktuell sei.

Eine etwas bessere Maßzahl ergäbe sich, wenn die noch verbleibende Reserve Q_k mit dem gegenwärtigen Jahreskonsum verglichen würde. Dieser Index gibt die Zeitspanne, in der, bei gleichförmigem weiterem Bedarf, die Ressource erschöpft ist:

$$t = \frac{Q_k}{q_0}$$

Aber auch diese Maßzahl führt zu einer falschen Einschätzung der Situation, denn das gegenwärtige und zukünftige Wachstum sind darin in keiner Art und Weise berücksichtigt.

Es scheint uns, daß der wohl aussagekräftigste Index in einer Zeitangabe zu suchen ist, die anzeigt, wie lange es noch geht, bis eine bestimmte Ressource bei den gegenwärtigen Zuwachsraten des Verbrauchs erschöpft sein wird. Wir müssen in dieser Maßzahl die gegenwärtigen Wachstumsraten berücksichtigen, denn je nach Aussage ist es gerade diese Wachstumsrate, die in erster Linie gedrosselt werden

muß. Auch stimmt das mit der typischen Aufgabestellung einer Prognose überein, die ihre Aussage über die Zukunft unter der Voraussetzung macht, daß das angenommene und zugrunde gelegte System keine Änderungen erfährt. Ferner scheint es uns, diese Zeitangaben seien nicht in Einheiten unserer wirtschaftsbezogenen Buchhaltung auszudrücken, sondern in Maßzahlen der natürlichen Erneuerung oder Regeneration. Als Vorschlag diene die Dauer einer menschlichen Generation, also ca. 25 Jahre; denn die Ablagerung oder Anreicherung der Ressourcen hat sich ebenfalls in Zeiträumen der irdischen Entwicklungsgeschichte abgespielt, und die Maßnahmen, die der industrialisierte Mensch angesichts einer drohenden Verknappung einleiten kann, sind vorerst nur über eine allgemeine Bewußtseinsbildung möglich, die meist auch eine oder zwei Generationen beansprucht. Außerdem ist jede Besorgnis über eine künftige Schmälerung der Vielfalt der irdischen Lebensgrundlagen nur dann angezeigt, wenn wir uns den kommenden Generationen gegenüber verpflichtet fühlen, oder anders formuliert: Wenn die Sicherung des Lebens in der vorgegebenen Ursprünglichkeit über Generationen hinweg zu einem öffentlichen Anliegen wird.

Mit der Annahme einer konstanten Wachstumsrate von p Prozenten pro Jahr und einer mittleren Generationsdauer von 25,6 Jahren errechnet sich dieser Verknappungsindex (16), der angibt, wie viele Generationen es noch dauert, bis der Vorrat Q_k einer Ressource verbraucht ist:

$$g = \frac{9}{p} \log \left\{ 1 + \frac{Q_k}{Q_0} \right\} \tag{Gl. 2a}$$

Eine Herleitung dieser Näherungsformel findet sich im Anhang. Sie stimmt um so genauer, je kleiner die Wachstumsrate bzw. die Zeiträume sind. Für unsere Betrachtungen genügt sie, solange

$$gp^2 < 400 \tag{Gl. 3}$$

wobei g in Anzahl Generationen und die jährliche Zuwachsrate p in Prozenten einzusetzen sind. Tabelle 1 ist eine Auswertung von Gleichung 2 für typische jährliche Zuwachsraten von $p = 1\%$ bis 9% und ein paar Verhältnissen der noch vorhandenen Gesamtmenge Q zur bereits verbrauchten Q im Bereich von 10 bis 1000.

$\frac{Q_k}{Q_0}$ bzw. $\frac{q_k}{q_0}$	Zuwachsrate p in Prozenten								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	9,4	4,7	3,1	2,3	1,9	1,6	1,3	1,2	1,0
20	11,9	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3
50	15,3	7,7	5,1	3,8	3,1	2,5	2,2	1,9	1,7
100	18,0	9,0	6,0	4,5	3,6	3,0	2,6	2,25	2,0
200	20,7	10,4	6,9	5,2	4,1	3,5	3,0	2,6	2,3
500	24,3	12,2	8,1	6,1	4,9	4,0	3,5	3,0	2,7
1000	27,0	13,5	9,0	6,7	5,4	4,5	3,8	3,4	3,0

Tab. 1: Verknappungsindex gemäß Gleichung 2. Anzahl Generationen zu etwa 25 Jahren, die es braucht, um bei einer konstanten jährlichen Wachstumsrate von p Prozent vom bisher konsumierten Quantum Q_0 einen Vorrat Q_k zu verbrauchen. Dieselbe Tabelle liefert auch die Zeitspanne (in Generationen), bis eine bestimmte Form der Umweltbelastung vom heutigen Wert q_0 um einen noch tolerierbaren Betrag q_k angewachsen ist.

Schon aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß der Index g , d. h. die Zahl der Generationen bis zur prognostizierten Erschöpfung der Ressource, nicht sehr empfindlich abhängt von der präzisen Kenntnis der «oberen Grenze». Schätzungen dieses Wertes Q_k genügen durchaus, um mit diesem Index eine zutreffende Vorstellung vom Grad der Knappheit bzw. des Raubbaues an einem bestimmten Gut zu erwecken.

Für ein umweltbewußtes Verhalten des Menschen wäre es freilich notwendig, daß sich nicht nur die Wissenschaft einer möglichst

vollständigen Katalogisierung der irdischen Güter und der Belastungsgrenzen unserer Umwelt annehmen würde, sondern daß solche Kennzahlen für den Wert und die Grenzen unserer Lebenselemente allen Schülern in ihrem Unterricht vermittelt würden. Sie scheinen uns für den Heranwachsenden mindestens ebenso wichtig wie etwa das spezifische Gewicht der Stoffe oder Maßzahlen über die Geographie unserer Erde oder die Geometrie der Himmelskörper. Ihre allgemeine Kenntnis könnte zu einem häuslicheren Umgang mit dem noch vorhandenen naturgegebenen Reichtum unserer Lebensräume wesentlich beitragen.

Wie im Anhang, Gleichungen 17 und 18, gezeigt wird, kann dieselbe Formel und damit auch Tabelle 1 benützt werden, wenn es sich nicht um ein Abbauproblem handelt, sondern um ein Umweltverschmutzungs- bzw. Umweltbelastungsproblem. Anstelle der bisher verbrauchten Menge Q_0 ist die heutige Belastungsintensität q_0 zu setzen und für die Reserve Q_k die noch zulässige Mehrbeanspruchung q_k . Es ergibt sich somit die Zeitdauer bis zu einer kritischen Umweltbelastung in Anzahl Generationen analog zu Gleichung 2a:

$$g = \frac{9}{p} \log \left\{ 1 + \frac{q_k}{q_0} \right\} \quad (\text{Gl. 2b})$$

Die Anwendung von Gleichung 2 bzw. Tabelle 1 soll an einigen Zahlenbeispielen illustriert werden:

Unter der Annahme, daß 4000 m² Kulturland zur Ernährung einer Person notwendig sind und daß rund die Hälfte der 150 Millionen km² der irdischen Festlandoberfläche für diese Nahrungsproduktion erschlossen werden könnte—aus klimatologischen Gründen sollen Gletscher, Seen und Wälder nicht in Kulturland umgewandelt werden—, errechnet sich das theoretische Tragvermögen der Erde zu 19 Milliarden Personen. Wie lange geht es, bis dieser angenommene theoretische Schwellenwert mit der gegenwärtigen Zuwachsrate der Welt-

bevölkerung von $p = 2\%$ erreicht ist? Aus Gleichung 2 ergibt sich mit $Q_k : Q_0 = 15,5 : 3,5$ eine Zeitdauer von 3,3 Generationen.

Der Erdölverbrauch bis 1970 liegt bei $33 \cdot 10^9$ Tonnen. Die weltweiten Reserven sind nach allen Schätzungen geringer als $1000 \cdot 10^9$ Tonnen (17). Die gegenwärtige Wachstumsrate ist rund $p = 7\%$ (ihr Mittel über die letzten 90 Jahre liegt bei 6,9%). Mit einem Verhältnis $Q_k : Q_0 = 30$ ergibt sich aus Tabelle 1 ein Verknappungsindex von $g = 1,9$ Generationen. Hätten wir die Reserven Q_k um 100% unterschätzt, so ergäbe sich ein Index von 2,3 anstelle von 1,9!

Die vom Menschen freigesetzte Energie beträgt heute mehr als den 20 000. Teil der vom Planeten eingefangenen Sonnenenergie und wächst jährlich um rund 5% (18). Nehmen wir nun zur Abschätzung der noch verfügbaren Zeiträume an, daß unsere Biosphäre erst dann ernsthaft gestört bzw. verändert würde, wenn die eigene Wärmeproduktion in die Größenordnung der solaren käme, z. B. 1% der absorbierten Sonnenenergie betrage. Damit errechnet sich mit der Tabelle 1 und einem Verhältnis von $q_k : q_0 = 200$ die Zahl der Generationen zu 4,1, also rund 100 Jahre. Hätten wir uns in der Einschätzung der oberen Grenze um einen Faktor 10 nach unten oder oben geirrt, so ergäben sich Indexzahlen von 2,3 bzw. 5,9 Generationen.

Die weltweite Sauerstoffproduktion durch Photosynthese der Pflanzen liegt bei $107 \cdot 10^9$ Tonnen (19) und sei konstant. Der Bedarf für Atmung und Verbrennung liegt bei $15 \cdot 10^9$ Tonnen, während die weltweite jährliche Zuwachsrate des Verbrauchs zwischen 3 und 4% liegt. Wann übersteigen wir auch diese Schwelle der natürlichen Regenerationsfähigkeit? Antwort: In 2 bis 2,7 Generationen.

Die Beispiele der nächsten Kapitel mögen zeigen, wie lange es noch dauern wird, bis wir auch auf anderen Gebieten die irdischen

Grenzen erreicht haben. Dabei muß immer wieder darauf hingewiesen werden, daß die Projektion des bisherigen Wachstums in die Zukunft ihre Gültigkeit nur behält, solange das Wachstum nach denselben Gesetzmäßigkeiten weitergeht, wie das in der Vergangenheit der Fall war. Für den Leser mag in all diesen Beispielen störend wirken, daß die «Grenzen der Welt» bzw. ihres Tragvermögens nicht genau angegeben werden können. Es sind verschiedene Gründe, die dazu beitragen.

Erstens: Diese Frage ist noch wenig erforscht worden. Bis vor wenigen Jahren war sie überhaupt kein Gegenstand ernsthafter wissenschaftlicher Untersuchung.

Zweitens: Die meisten Umweltprobleme zeigen sich als lokale Überlastungs- oder Übernutzungserscheinungen, also als lokale Wunden am Leib der Erde. Wann aber beginnt eine Verletzung von einer Bagatelle zu einer ernsthaften Gefährdung zu werden? Wie lange sind z. B. Klimaveränderungen tolerierbare lokale Erscheinungen, und wann beginnen sie, in ihrer Gesamtheit kontinentale oder weltweite Umstürze einzuleiten?

Drittens: Es ist schwierig, die Bedeutung deroch ungenützten, unberührten oder brachliegenden Pufferzonen der Natur zu ermessen. Sorgen sie auch in Zukunft dafür, daß schiefgelaufene menschliche Experimente mit unbeabsichtigten Nebenwirkungen, oder gar kriegerische Einwirkungen, so aufgefangen werden, daß geschlagene Wunden heilen?

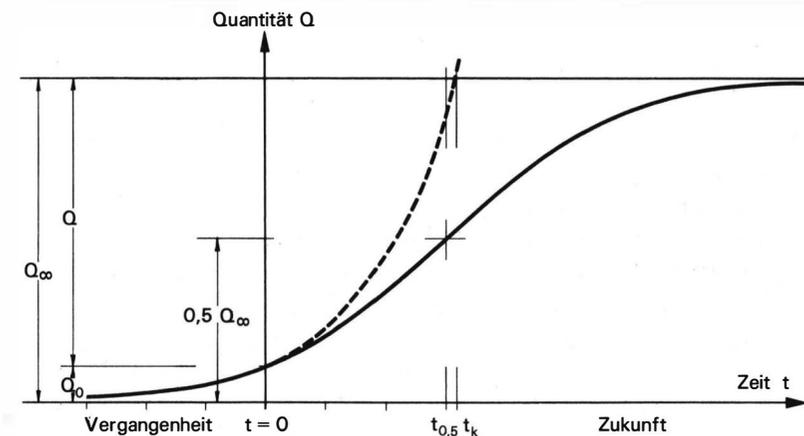
Viertens: Jede sektorielle Betrachtung ist für sich genommen unzureichend. Wir können beispielsweise unserem Organismus eine größere Kreislaufbelastung zumuten, wenn andere Organe geschont und entlastet werden. Gleichweise darf z. B. ein Gewässer mit einer größeren Abwärme belastet werden, wenn gleichzeitig nicht noch andere Verunreinigungen in das System gelangen.

Es ist das Verdienst der MIT-Studie (20), mehrere Wachstumsgrößen miteinander gekoppelt und die Extrapolation unter Berücksich-

tigung gewisser wichtiger Abhängigkeiten vorgenommen zu haben. Gerade diese Studie hat gezeigt, daß das wichtigste Resultat, nämlich die Frage, wie lange es noch dauern wird, bis es zu einem Zusammenbruch oder zu katastrophalen Zuständen kommt, fast mit den Zeitanangaben zusammenfällt, die wir aus der Anwendung unseres Verknappungsindex gewinnen können. Wenn wir auf Gleichung 10 oder 16 des Anhangs zurückgreifen, errechnet sich diese «Todesformel» bei gegebenem oberem Grenzwert Q_∞ (Q_∞ ist nach Definition in Figur 7 die Summe des Gegenwartswertes Q_0 und der kritischen Reserve Q_k) zu

$$t_{gr} = \log \left(\frac{Q_\infty}{Q_0} \right) \cdot \frac{230 \text{ [Jahre]}}{p \text{ [in \%]}} \quad (\text{Gl. 2c})$$

Diese Grenzzeit ergibt sich in Figur 7 aus dem Schnittpunkt der gestrichelten Exponentialkurve mit dem oberen Grenzwert Q_∞ und fällt ziem-



Figur 7: Wachstum zwischen einem unteren und oberen Grenzwert Q_∞ . Das anfängliche Wachstum folgt einer Exponentialkurve, bis eine Sättigung verspürt wird, und nimmt dann stetig ab und nähert sich einem Gleichgewichtszustand.

lich genau mit dem steilen Abfall des Bevölkerungswachstums in den Diagrammen der zitierten Studie zusammen. Auch Formel 2c läßt sich gebrauchen, um die Zeit abzuschätzen, die vergeht, bis eine untolerierbare Umweltbelastung eintritt. Es ist dann anstelle der gesamten Rohstoffmenge Q_∞ das letztmögliche Tragvermögen q_∞ , also eine Belastungsintensität zu setzen und statt der bisher verbrauchten Güter Q_0 der gegenwärtige Wert der Umweltbelastung (siehe auch Einschaltung: «Falsch eingeschätztes Tragvermögen»).

Somit erkennen wir, daß die genaue Kenntnis der oberen Werte die Aussagen um die Zukunft nur unwesentlich beeinflusst. Die Tatsache, ob ein katastrophaler Zustand eine Generation früher oder später eintreten wird, ist irrelevant im Hinblick auf die Tatsache, daß unser Fortschrittsstreben auf Kollisionskurs steht. Sie ist allerdings bedeutsam für die Zeit, die uns noch zur Verfügung steht, um eine Kursänderung einzuleiten.

2.3 Überbeanspruchung der natürlichen Regenerationsfähigkeit

Wir wollen am Beispiel der Gewässerverschmutzung ein paar überschlägige Rechnungen durchführen, die uns eine bessere Vorstellung davon vermitteln mögen, mit welcher Geschwindigkeit diese Umweltüberlastung fortgeschritten ist und welche Proportionen dieser typische Fall einer Überforderung der Natur noch erreichen wird.

Wasser ist vom Menschen zu allen Zeiten als ein nie versiegender Quell für all seine eigenen wie für die pflanzlichen und tierischen Lebensbedürfnisse angesehen worden, dazu als bequemes Transportmittel, aber auch als stets verfügbare Grube für alle Arten von Abfällen. Wie die Blutbahnen die löslichen Giftstoffe des menschlichen Organismus aufnehmen, die dann über die Niere aus dem System ausgeschieden werden, so sorgen Kanalisationen, Bäche und Flüsse dafür,

Falsch eingeschätztes Tragvermögen

Ein kleiner Exkurs für mathematisch interessierte Leser.

Gleichung 2c eignet sich ausgezeichnet für eine kurze Sensitivitätsanalyse. Wir nehmen an, daß wir die gegenwärtige Umweltbelastung q_0 kennen, z. B. die mittlere Staubmenge in der Luft oder den Phosphatgehalt eines Sees usw. Ebenso seien uns die gegenwärtigen jährlichen Zuwachsraten p dieser Größen bekannt. Unsicher sei aber die Einschätzung des «zulässigen oberen Grenzwertes q_∞ » dieser Belastungsgrößen. Der richtige Wert könne um einen Faktor f höher oder niedriger liegen. Wie groß ist damit die zeitliche Abweichung Δt des richtigen Wertes t_r vom geschätzten t_g ?

$$\text{Der geschätzte Wert ergibt } t_g = \log \left(\frac{q_\infty}{q_0} \right) \cdot \frac{1}{p \cdot \log e}$$

$$\text{Der richtige Wert ergibt } t_r = \log \left(\frac{q_\infty \cdot f}{q_0} \right) \cdot \frac{1}{p \cdot \log e} = \log \left(\frac{q_\infty}{q_0} \right) \cdot \frac{1}{p \cdot \log e} + \frac{\log f}{p \cdot \log e}$$

$$\text{Somit } \Delta t = t_r - t_g = \frac{1}{p} \log \left(\frac{f}{e} \right) = \log f \cdot \frac{230 \text{ [Jahre]}}{p \text{ [in \%]}}$$

Beispiel:

Bei 4prozentigem Wachstum p pro Jahr wird die zeitliche Abweichung: $\log f \cdot 58$ (Jahre). Wenn der Fehler im Einschätzen der Tragfähigkeitsgrenze einen Faktor 2 betrug, haben wir die «Zeit bis zur Katastrophe» um 17 Jahre falsch eingeschätzt; haben wir uns um eine ganze Größenordnung, also um einen Faktor 10 geirrt, so wird die zugehörige Zeit um 58 Jahre, etwas mehr als zwei Generationen, verschoben.

daß unsere Zivilisationslandschaft rein bleibt, alles Unerwünschte abgeschoben und dem Weltmeer zum Abbau übergeben wird.

Aber dieses natürliche, gut funktionierende System hat die unangenehme Eigenschaft, daß seine Aufnahmefähigkeit beschränkt ist und nicht mit dem Wirtschaftswachstum Schritt halten kann. Als Beispiel diene der Wasserhaushalt der Schweiz. Im Tagesmittel fallen ca. 170 Millionen Kubikmeter Regen oder Schnee auf ihre Oberfläche; ein Drittel hiervon verdunstet wieder, und der Rest, also ca. 110 Millionen Kubikmeter, fließt über die Grenzen in die Nachbarländer, den Weltmeeren zu. Wenn nun dieser Wasserdurchfluß, der für das Leben von Pflanze, Tier und Mensch so entscheidend ist, nur bis zu seiner natürlichen Selbstreinigungskraft beansprucht werden soll, so läßt sich die

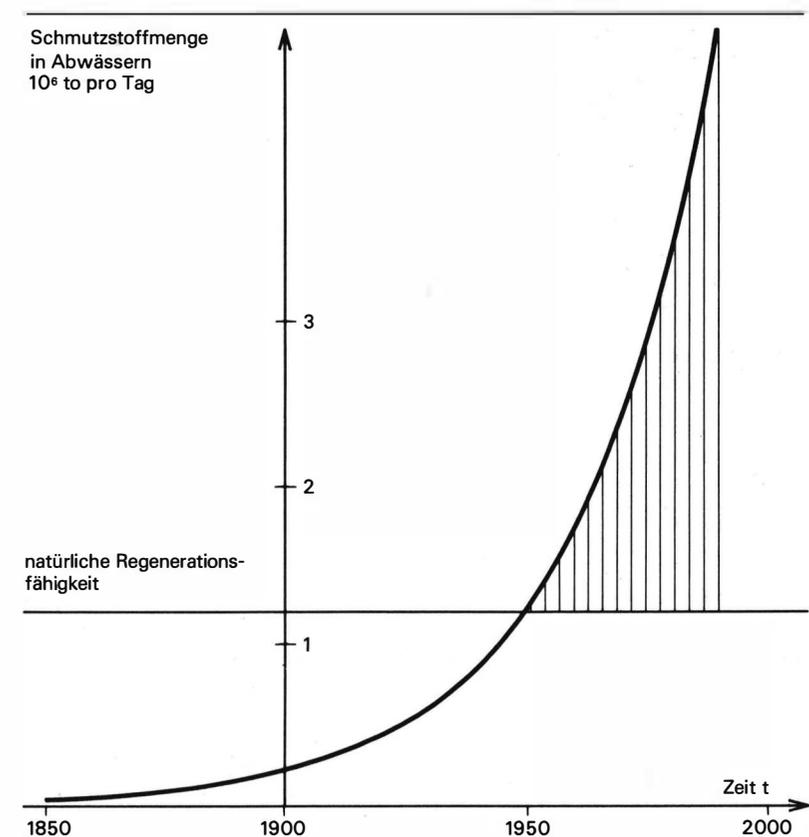
Größenordnung der zulässigen Tragfähigkeit an organischen Abfallprodukten etwa folgendermaßen abschätzen:

Natürliches Frischwasser enthält bei einer mittleren Jahrestemperatur von 10 °Celsius ca. 10 g Sauerstoff pro Kubikmeter Wasser. Für die Oxydation der organischen Schmutzstoffe sei ein täglicher Entzug von ca. 5 g Sauerstoff pro Kubikmeter Wasser tolerierbar. Das entspricht einer verfügbaren Sauerstoffmenge von etwa 500 Tonnen täglich. Für die Reduktion aller Schmutzstoffe werden aber pro Person und Tag ca. 150 g Sauerstoff benötigt, so daß das Gewässersystem nur drei bis vier Millionen Einwohnergleichwerte verkraften könnte.

Wenn wir uns nun nach dem Zuwachs der Schmutzstoff-Frachten im Laufe der Zeit fragen, dann werden die statistischen Unterlagen spärlicher. Über den Wasserkonsum wissen wir dafür um so besser Bescheid: Noch um das Jahr 1800 betrug der mittlere Wasserverbrauch pro Person nur ca. 10 Liter pro Tag (21). Damals floß das in steinernen Brunnenstuben gesammelte Quellwasser noch in hölzernen Röhren, Teucheln genannt, in die Dorfbrunnen und wurde von dort aus mit dem Holzzeimer in die Häuser getragen. Um 1900 betrug diese Zahl bereits das Fünffache und 1970 rund 480 Liter pro Person und Tag (22). Nach Gleichung 30 im Anhang ergibt sich daraus eine mittlere Zunahme von 2,25% pro Jahr und Person, was ziemlich gut der aus Figur 5 hervorgehenden mittleren Produktivitätszunahme entspricht.

Neuere Statistiken weisen in der Tat auch darauf hin, daß der Gesamtverbrauch von Wasser in Haushalt, Gewerbe und Industrie in guter Übereinstimmung mit dem realen Sozialprodukt angewachsen ist. Solange wir am bisherigen quantitativen Wachstumsdenken festhalten, dürfen wir kaum annehmen, daß die Zuwachsraten in den kommenden Jahrzehnten sich wesentlich ändern. Die Konsequenzen dieses Wachstums sind in Figur 8 dargestellt. Wenn die Schmutzwasserfrachten proportional zum Wasserverbrauch anwachsen, so hätte man mit einer solch perspektivstudie beispielsweise schon um das Jahr 1900 folgern können, daß ab ca. 1950 die Selbstreinigungs-

kraft der Gewässer überschritten sein würde. Die Kurve zeigt auch, welche Mengen von Schmutzstoffen in Zukunft künstlich abgebaut werden müssen, wenn die Gewässerverunreinigung nicht progressiv zunehmen soll.



Figur 8: Natürliche Regenerationsfähigkeit des Flußwassersystems der Schweiz und die eingeleitete Schmutzwassermenge als Funktion der Zeit. Die schraffierte Fläche gibt ein Maß derjenigen Schmutzwassermengen, die abgebaut werden müßten bei konstantem Selbstreinigungsvermögen der Gewässer.

Mit mehr Kläranlagen im konventionellen Sinn ist es auf weite Sicht aber nicht getan, denn viele der synthetischen, also chemisch hergestellten, sowie der anorganischen Stoffe werden in biologischen Prozessen nicht oxydiert bzw. ausgefällt. Es handelt sich dabei in der Schweiz um rund einen Drittel der gegenwärtigen Schmutzstoffmenge. Unsere biologischen Kläranlagen beschleunigen nur diejenigen Prozesse, die im Prinzip auch von der Natur übernommen werden können, wenn auch nicht in denselben Quantitäten. Die wirklich toxischen Substanzen, wie etwa DDT, Blei, Quecksilberverbindungen usw., mit denen sogar die Weltmeere bereits übersättigt sind, werden auch von den Kläranlagen nicht zurückbehalten.

Welche Probleme die Abwasserreinigung in Zukunft noch stellen könnte, mag eine überschlägige Projektion des bisherigen Wachstums in die Zukunft illustrieren. Bei weiterem Wachstum der Schmutzwasserfrachten mit einer Verdoppelung der Quantität alle 20 Jahre genügt es nach der Modellvorstellung von Figur 8, im Jahre 1970 einen Reinigungsgrad von 50% aller biologisch abbaubaren Gewässer zu erzielen – die anderen 50% vermag die Natur selbst zu bewältigen. 1990 müßte die Schweiz in der Lage sein, 75% künstlich abzubauen, 20 Jahre später 87,5%, in nochmals 20 Jahren, also zu einem Zeitpunkt, wo unsere Erstkläßler in den Ruhestand treten, bereits 94% usw. Hierzu kommt die schnell wachsende Notwendigkeit, auch Phosphate, Nitrate, Metallverbindungen, neue synthetische Verbindungen, kurz, die nicht fermentierbaren Stoffe, zurückzubehalten. Das bedingt aber eigentliche chemische Fabriken; keine der heute projektierten mechanisch-biologischen Anlagen wird jenen Anforderungen noch genügen, und die zu verarbeitende Schmutzwassermenge wird in 60 Jahren (bei einer voraussichtlichen weiteren einprozentigen jährlichen Bevölkerungszunahme und einer Produktivitätszunahme von weiterhin 2,25% pro Jahr) von heute 1 Million Kubikmeter auf 22 Millionen* pro Tag ansteigen.

Da ein großer Prozentsatz der Schmutzstoffe durch die immer intensiver betriebene Landwirtschaft über Äcker und Wiesen direkt in die Gewässer eindringt, müßten selbst kleinsten Bächen entlang links und rechts Sickerleitungen und Barrieren gelegt werden, um diesen Anteil abzufangen und künstlich zu reinigen. Ein anderer Notbehelf bestünde darin, daß man die Bächlein und Flüsse immer wieder mit Kläranlagen unterbräche, um sie zu reinigen. Ob diese dauernden und sich immer schneller mehrenden Eingriffe als technologisches Flickwerk oder als Fortschritt zu betrachten sind, muß der Leser selbst beurteilen. Wie viele Waldwiesen und Erholungsgebiete hierfür noch geopfert, welcher Baulärm erduldet, wie manche Badefreuden vergällt werden sollen und wie viele Krebse und Fische sterben müssen, kurz, welche Enttäuschungen ertragen werden müssen, weil das Wettrennen der Abwasserreinigung dem Fortschritt immer nachhinken wird, kann nur derjenige ermesen, der sich mit solchen Perspektivstudien ernsthaft auseinandersetzt.

Auch die unvorhergesehenen, plötzlich eintretenden Gewässervergiftungen werden sich mehren und an Ausmaß zunehmen. Denn Unglücksfälle, menschliches Versagen und technische Mängel können auch in Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Nun ist es aber ein Unterschied, ob «irrtümlicherweise» ein Eimer Schadstoff in den Bach gelangt oder der Inhalt eines Zehntausendlitertanks. Unsere Schöpfkellen wachsen mit dem technischen Fortschritt weiter an, größere Lastwagen, größere Schiffe, mehr Rohrleitungen und Tankanlagen werden benötigt, aber die naturgegebenen Gewässer bleiben gleich.

* Heute wird erst rund ein Drittel aller Abwässer geklärt; mit $p = 1\%$ für Bevölkerungsvermehrung und $p = 2,25\%$ für Produktivitätszuwachs pro Jahr ergibt sich innerhalb von 60 Jahren ein Multiplikator (Zinseszinsrechnung) von $3 : e^{0,0325 \cdot 60} = 22$.

2.4 Unser Land wird immer enger

Die Geschwindigkeit, mit der wir das Antlitz der Erde ändern, ist im Bauwesen – man denke an Hochbauten, Straßen, Treibhäuser, Flug- und Parkplätze und anderes mehr – am leichtesten überblickbar. Auch hier werden wir einen Zustand, bei dem zuviel überbaut sein wird, schneller erreichen als beabsichtigt: In allen westlichen Nationen beträgt die gesamte Bautätigkeit – seit es Statistiken gibt – einen fast konstanten Bruchteil des Bruttosozialproduktes. Dies weist darauf hin, daß das Bauvolumen langfristig gesehen dasselbe Wachstum aufweist wie die Gesamtleistung eines Volkes, also einen realen Zuwachs von mindestens 3% jährlich. Wenn wir heute auch erst einen Zwanzigstel der gesamten Landesoberfläche verbaut haben*, würde es mit dieser Zuwachsrates nach Tabelle 1 noch genau vier Generationen oder 100 Jahre dauern, bis kein Plätzchen mehr leer stünde.

Eine gewisse Dämpfung dieser düsteren Prognose mag im Umstand liegen, daß Wohn- und Bürobauten immer höher (also flächensparend) und Verkehrsbauten unterirdisch angelegt werden. Andererseits sind auch hier aus physiologischen, psychologischen und verkehrstechnischen Gründen bestimmte Grenzen gesteckt, und außerdem würde das Klima durch eine zunehmende Bepflasterung der Erdoberfläche mit Stein und Asphalt derart beeinflußt, daß eine Vollüberbauung aller Landesteile gar nicht in Erwägung gezogen werden kann, selbst wenn neue Nahrungsquellen erschlossen würden.

Auch ließe sich einwenden, daß bei dieser Zuwachsrates des Bauwesens der Abbruch des Alten und der Ersatz durch das Neue nicht berücksichtigt wurde. Das stimmt. Nehmen wir aber zur Untersuchung dieses Einflusses eine mittlere Lebensdauer aller Bauten von je 70, 50

* Der Überbauungsgrad in der Schweiz beträgt zurzeit ca. 180 m²/Person oder 1100 km². Hierin sind Naherholungsgebiete noch nicht eingeschlossen, wohl aber öffentliche Spiel- und Sportplätze. Das sind rund 10 % der verfügbaren Kulturlandfläche oder 2,7 % der gesamten Fläche einschließlich Wald, Firn, Seen und Berge.

oder nur 30 Jahren an und errechnen den damit verbleibenden Nettowachstum an Bauten, so würde sich der Zeitraum bis zur Vollüberbauung von 100 bloß auf 104, 109 bzw. 117 Jahre erhöhen! (Gleichung 39 im Anhang.)

Welche Triebkraft sich verändernd im modernen Bauwesen auswirkt, mögen folgende Überlegungen verdeutlichen: In den USA beträgt die jährliche totale Kapitalbildung – alles in nichtinflationären Einheiten ausgedrückt – rund 10 % des Nettosozialproduktes (23). Mit dieser nationalen Sparquote errechnet sich der Wert der gesamten Zivilisationsgüter nach Gleichung 13 (Anhang) mit einem mittleren Jahreszuwachs von 3,3% zum dreifachen Wert des heutigen jährlichen Sozialproduktes! Das heißt, daß mit der gegenwärtigen Kapitalschöpfung innerhalb von 30 Jahren derselbe Reichtum erzeugt bzw. produziert werden könnte, den das Land seit seiner Gründung bis heute aufweist. Mit Zins- und Zinseszinsrechnung, also unter Annahme von progressivem Wachstum, reduziert sich diese Zeit auf 20 Jahre. Diese Zahl hätten wir auch direkt erhalten, weil wir nach Gleichung 28 wissen, daß eine 3,3% ige Wachstumsrate in 20 Jahren zur Verdoppelung der heute bestehenden totalen Gütermenge führt.

Daß der Mensch, oder im engeren Sinne das Baugewerbe, zu einer geologischen Kraft angewachsen ist, die innert drei Jahrzehnten die Erdoberfläche mehr verändert hat, als in den Jahrhunderten seit Christi Geburt, läßt sich mit obigen Zahlen noch auf andere Weise illustrieren: Nehmen wir an, daß alle Bauten, die in den nächsten 30 Jahren mit der heute vorhandenen Baukapazität geschaffen werden, nicht zu einer dichteren Bebauung im eigenen Land, sondern zur Neubebauung einer unbesiedelten Zone verwendet würden, dann ließe sich – abgesehen vom Transportproblem – in dieser Zeitspanne ein gleich großes Neuland ebenso dicht überbauen wie unser heutiges Industrieland. Auf konkrete Landflächen bezogen, ergäben sich folgende Mengenvergleiche: Der Voralpengürtel der Schweiz wäre in dieser Zeitspanne

gleich dicht besiedelt, wie das Mittelland es heute ist. Europas Bau-
produktion vermöchte ein Gebiet von der Größe der Sahara gleich dicht
zu überbauen, diejenige der Vereinigten Staaten ganz Kanada usw.

Noch einmal: diese ideellen Umlegflächen wären innerhalb
von 30 Jahren mit der heute vorhandenen Baukapazität erreichbar. Da
diese in Zukunft aber weiter wachsen wird, reduziert sich diese Zeit-
spanne auf rund 20 Jahre! Mit solchen Vergleichen wird auch klar, wes-
halb 25 Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg in «ausradierten» Teilen
Westeuropas der Wiederaufbau der Städte und Dörfer nicht nur abge-
schlossen ist, sondern wesentlich mehr Bauten vorhanden sind als
vor dem Krieg. Die noch verbliebene Infrastruktur und die Marshall-
planhilfe haben das nötige Ausgangskapital geliefert, um dieses
Wachstum zu ermöglichen. Wie aber sieht Europa in weiteren 25 Jahren
aus, wenn derselbe prozentuale Zuwachs, wie er sich von 1945 bis
heute präsentiert, auf die entsprechende Zeitspanne in der Zukunft
angewendet wird? In der Schweiz ist von 1945 bis 1970 das physische
Bauvolumen verdreifacht worden. Wenn unsere Neugeborenen hei-
raten, wird es dreimal mehr als heute betragen und neunmal mehr als
1945 – wenn alles nach derselben Gesetzmäßigkeit wächst wie bisher!

3. Zukunftsforschung und Fortschrittsglaube

3.1 Formeln für den Fortschritt

Wenn wir Menschen als winzige Schiffe im scheinbar lang-
samem Strom des Fortschritts uns Klarheit verschaffen möchten, wel-
ches die letzten Konsequenzen dieses stetigen und immer schnelleren
Wandels sind, so werden wir leicht das Opfer von zwei Täuschungen.

Erstens verwenden wir Maßstäbe, die – wie unser menschliches
Gedächtnis mit seinen Sinnesorganen – das Nächstliegende in Zeit und
Raum stärker bewerten als das Ferne. Man kann hier zwar einwenden,
daß es noch keine Generation gab, die des Menschen Pfad in der Ge-
schichte sorgfältiger dokumentiert hätte als die heutige. Eine umfas-
sende Kenntnis der Vergangenheit ist in der Tat eine wichtige Voraus-
setzung für verantwortungsbewußte Gegenwartsentscheidungen in Bezug
auf die Zukunft, aber in der intensiven Auseinandersetzung mit der
Vergangenheit liegt gleichzeitig der Grund für die zweite Täuschung:
Wir marschieren gleichsam rückwärts in die Zukunft. Zu welchen Trug-
schlüssen dies führt, wird später in Kapitel 3.4 illustriert.

Was wir brauchen, um diese standortbedingten Schwierig-
keiten zu überwinden, sind wissenschaftliche Analysen, die nicht so
sehr auf unser «Gefühl für den Fortschritt» abstellen, sondern gewisse
Indikatoren im Wandel der Umwelt systematisch messen, registrieren
und auswerten. Wird im quantifizierbaren Bereich das Wachstum
irgendeines natürlichen Systems als Funktion der Zeit aufgetragen –
z. B. die Größe des Menschen, einer Pflanze oder einer Wirtschafts-
gruppe in beschränkter Umwelt –, so kann dieser Sachverhalt in erster
Näherung mit einer sogenannten logistischen oder Bernoulli-Funktion
approximiert werden. Die Wachstumskurve erhält einen S-förmigen
Verlauf, der sich im unteren Teil durch eine Exponentialfunktion annä-
hern läßt, wie in Figur 7 illustriert. Da wir uns im bisherigen technisch-
wirtschaftlichen Wachstum durchaus noch im unteren Bereich dieser
Kurve befinden und es, wie mit dem Knappheitsindex gezeigt, noch
zwei bis fünf Generationen geht, bevor uns die endliche Begrenzung der

Welt unüberwindbare Wachstumsschranken auferlegt, ist die Exponentialfunktion in der Tat das beste Modell zur Illustration der Veränderung gewisser Aspekte unseres technisch-wissenschaftlichen Fortschritts.

Für alle nachfolgend abgeleiteten Zusammenhänge und Prognosen ist entweder ein Exponentialgesetz oder eine logistische Wachstumsfunktion verwendet worden. Für die Herleitung oder Darstellung der Formeln wird auf den Anhang verwiesen. Der Leser wird ermutigt, die eine oder andere Rechnung selber vorzunehmen. Die Mittelschulmathematik genügt vollauf, um die hier wiedergegebenen quantitativen Resultate nachzuprüfen und selber ein «Gefühl» für die Veränderungsgesetze zu erarbeiten. Außerdem kommt dadurch die beeindruckende Kraft der Mathematik zur Geltung: sie hilft uns hier mit zwingender Logik die Konsequenzen aus unserem Handeln in die Zukunft zu projizieren und Unverträglichkeiten frühzeitig zu erkennen. Sie übernimmt gewisse Funktionen des Echolotes oder des Fernrohres auf unserer Fahrt in die Zukunft.

Die in den nachfolgenden drei Kapiteln enthaltenen Thesen und Modelle sind einer einfachen Fragestellung entsprungen*. Wir fragen nach der Geschwindigkeit und der Beschleunigung eines bewegten Körpers (z. B. eines Schiffes), wenn die Standortveränderung als Funktion der Zeit einer Exponentialkurve folgt. Es läßt sich dann alsbald feststellen, daß unsere Sinne und unser intuitives Wahrnehmungsvermögen gar nicht in der Lage sind, hierüber zutreffende Aussagen zu machen. Wir brauchen also gewisse «Korrekturlinsen», um die Veränderungen lagegerecht überblicken zu können. Die ersten beiden Sätze, die in den Kapiteln 3.2 und 3.3 dargestellt sind, beziehen sich auf

* Die vier Gesetze sind vom Verfasser im Zusammenhang mit seiner Vorlesung «Engineering Strategy» am MIT 1969/70 entwickelt und im Aufsatz «Zukunftsforschung und Fortschrittsglaube» (14) im November 1970 erstmals veröffentlicht worden.

unser Unvermögen, die absolute Geschwindigkeit des Wandels richtig einzuschätzen, und die beiden nachfolgenden beziehen sich auf die Beschleunigung des Fortschritts.

3.2 Der Fortschritt ist maßlos und unersättlich

Der erste der Korrektursätze bezieht sich auf die Tatsache, daß wir mit unseren Empfindungen nur die relative Veränderung registrieren. Eine Wohlstandsveränderung messen wir immer nur in Prozenten von dem, was wir schon haben, nie in absoluten Einheiten. Wenn man jemanden fragt, wie groß sein Einkommen sein müßte, um gerade komfortabel leben zu können, so wird er eine Zahl angeben, die 10- oder 20% über demjenigen liegt, was der Befragte zurzeit verdient, dies ganz unabhängig davon, ob sein Einkommen jetzt eine vier-, fünf- oder sechsstellige Zahl beträgt. Dieser Sachverhalt wird auch ausgedrückt in der alten Volksweisheit: «Je mehr man hat, um so mehr hat man zuwenig.»

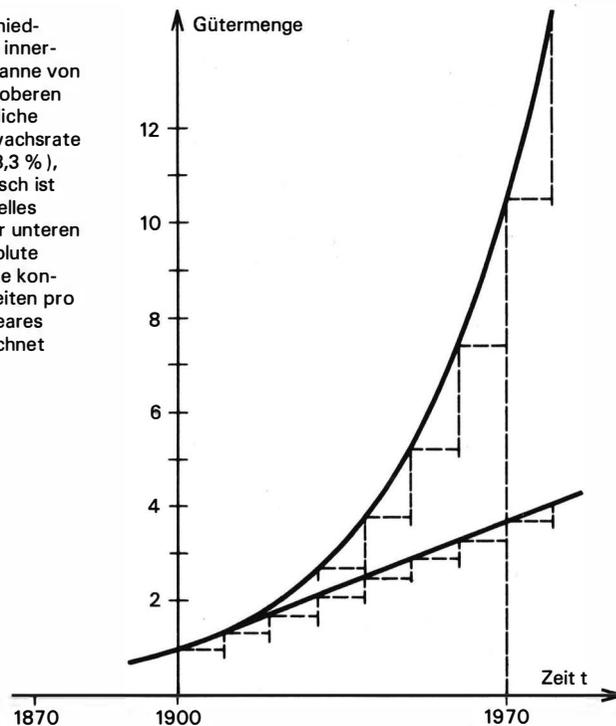
Das ist nicht nur auf den individuellen Wohlstand zutreffend, sondern ganze Nationen leben dieser Maxime nach, und selbst so ehrenwerte Bereiche wie die Wissenschaft sind davor nicht gefeit. Alle Wissenschaftler verhalten sich – wenigstens soweit der Erfahrungsbereich des Verfassers reicht – nach dem Satz: Je mehr wir wissen, um so mehr Fragen tauchen auf; je mehr erreicht und erkannt wird, um so mehr harret noch der Erschließung. Mit jeder neuen Entdeckung, die eine gestellte Frage beantwortet, ergeben sich zwei neue. Alle 15 bis 20 Jahre spaltet sich ein Wissensgebiet in zwei, wie bei der Zellteilung.

In Figur 9 ist der gesamte Reichtum an Kapitalgütern einer Industrienation mit einem mittleren Wachstum von $3\frac{1}{3}\%$ pro Jahr aufgetragen. Wenn wir hierbei den gesamten vorhandenen Güterreichtum vom Jahre 1900 als Einheit wählen, dann ist dieser im Jahre 1901 um einen Dreißigstel angewachsen. 1970 ist die Produktionskapazität

an Gütern aber zehnmal größer als im Jahre 1900. Der Jahreszuwachs – in der Figur sind die zehnjährigen Zuwachsraten eingetragen – ist auch zehnmal größer und beträgt 1970 bereits den dritten Teil der gesamten vorhandenen Gütermenge des Jahres 1900. Wir produzieren also in den drei Jahren von 1970 bis 1973 so viele Güter, wie vor einem Menschenalter überhaupt vorhanden waren (siehe auch Einschaltung: «Industrieländer ölhungriger denn je»).

Für die Natur ist aber eine zehnmal größere Menge von Abgasen, Schmutzwasserfrachten, Düngermengen, Verkehrsflächen, Erd-

Figur 9: Unterschiedliches Wachstum innerhalb einer Zeitspanne von 70 Jahren. In der oberen Kurve ist die jährliche prozentuale Zuwachsrate p konstant ($p = 3,3\%$), was charakteristisch ist für ein exponentielles Wachstum. In der unteren Kurve ist die absolute jährliche Zunahme konstant (0,033 Einheiten pro Jahr), was als lineares Wachstum bezeichnet wird.



Industrieländer ölhungriger denn je

Wenn wir unsere Zeitungen mit dem Korrekturglas Nummer 1 lesen, erkennen wir plötzlich unser fehlendes Bewußtsein von Veränderungsgeschwindigkeiten. Besonders anfällig sind Wirtschaftsnachrichten. Hier ein typisches Beispiel (TA, 9. November 1971, Seite 7), wo unter dem Titel «Industrieländer ölhungriger denn je» zu finden ist:

«... Petroleum Press Service berichtet, daß die Förderung Mitte dieses Jahres im Durchschnitt bereits auf umgerechnet 2,5 Milliarden Jahrestonnen gewachsen war. In den sechziger Jahren betrug die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate 7 %. 1970 machte sie über 9 % aus. In der ersten Hälfte 1971 wurde sie mit 8,7 % errechnet. Die Gesamtförderung aller nicht-kommunistischer Länder, so heißt es in dieser Fachzeitschrift, ist im 1. Halbjahr 1971 gegenüber der Vergleichszeit von 1970 um rund 86 Millionen, das sind 9,1 %, gestiegen, während das entsprechende Wachstum in den kommunistischen Ländern 12 Millionen Tonnen oder 6,7 % betrug. Diese Feststellungen bedeuten, daß die westliche Welt ölhungriger denn je zuvor ist.»

Hätte sich der langjährige Wachstumsprozentsatz nicht erhöht, wären wir also nach der hier verwendeten Ausdrucksweise nicht hungriger oder satter geworden. Wir registrieren also nur noch Veränderungen in der Wachstumsrate. Das ist, wie wenn wir in einem geschlossenen Zug oder in einer Raumrakete sitzen und nur noch die Änderung der Beschleunigung registrieren würden. Vorläufig sind wir aber noch auf die Umwelt angewiesen und können uns auf die Dauer nicht erlauben, mit geschlossenem Fenster zu fahren. Eine «normale» Wachstumsrate von 6,9 % jährlich, wie das für die Erdölindustrie der Welt seit 100 Jahren «typisch» ist, beinhaltet nicht weniger, als daß wir jährlich 6,9 % ölhungriger sind als im Vorjahr und unsern Appetit nach Erdöl alle 10 Jahre verdoppeln.

bewegungen usw. auch eine zehnmal größere Belastung. Es nützt ihr wenig, wenn wir den Zuwachs – mathematisch gesprochen – nur in der ersten Ableitung genießen und ihn deshalb auch nur im logarithmischen oder Prozentmaßstab messen, und darstellen!

Halten wir also fest, daß der Fortschritt, wie wir ihm bis vor wenigen Jahren kritiklos gehuldigt haben, in sich selbst maßlos und unersättlich ist. Er birgt in sich kein erreichbares Ziel.

3.3 Das Näherliegende erscheint wichtiger als die Ferne

Die Tatsache, daß uns das zeitlich und örtlich Naheliegende so viel wichtiger erscheint, liegt wohl wiederum in unserem relativen Wahrnehmungsvermögen begründet. Unsere Vergeßlichkeit macht uns der Tatsache gegenüber unempfindlich, daß vor 15 Jahren das erste große Fischsterben im Oberlauf des Rheins stattgefunden hat. Wen kümmert es, wenn tausend Kilometer weit weg die Luft mit Abgasen gesättigt ist? Diese Feststellungen sollen nicht polemisch wirken. Es liegt wohl ein großer Segen für unser irdisches Glück und Zusammenleben darin, daß wir den Seelenfrieden vor allem im kleinen, überblickbaren Bereich finden. Trost, Zuflucht, Hoffnung, Liebe, Entzücken und Enttäuschungen, kurz, der ganze Reichtum unserer seelischen Empfindungen, spielen sich meist in den kleinen zwischenmenschlichen Bereichen ab.

Auch unsere Sinnesorgane sind dementsprechend angelegt. Es mag ein Glück sein, daß wir den Lärm nur in beschränktem Umkreis in beschränktem Frequenzspektrum wahrnehmen und daß unser Blick nicht durch alle Körper und Häuser dringt, wie das Röntgenstrahlen zu tun vermögen. Selbst unsere Vergeßlichkeit kann wohltuend wirken; sie hilft der Versöhnung und scheidet das Schöne und Erinnerungswürdige vom Unangenehmen.

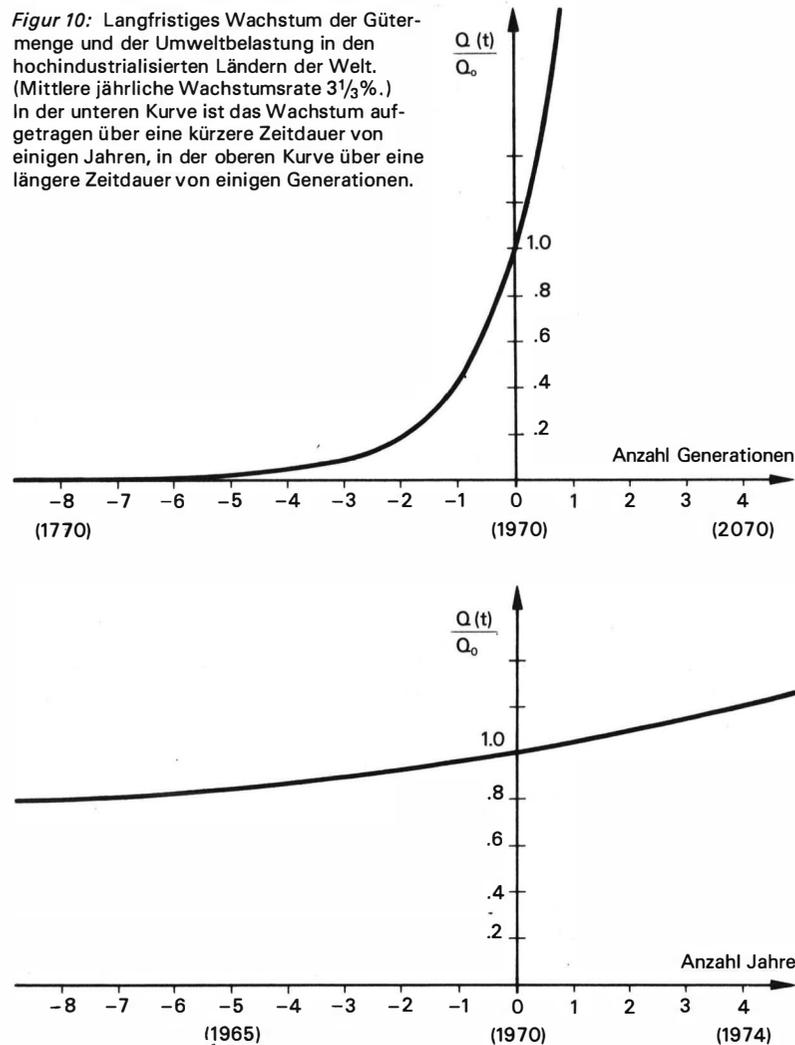
Das Lob der menschlichen Beschränktheit hört aber dort auf, wo wir unbekümmert in Raum und Zeit nach großen Dingen greifen. Wer sich anmaßt, Kräfte von der Größenordnung der Natur zu entfesseln, Länder und Völker in Bewegung zu bringen, die «ewigen» Gleichgewichte zu verändern, der darf das nur angehen, wenn er die Kraft der Vorausschau derart entwickelt hat, daß er alle Konsequenzen seines Handelns überblickt. Hierzu brauchen wir aber entsprechende Hilfsmittel oder optische Korrekturgläser. So ist es insbesondere unerläßlich, daß wir die zeitliche Dimension ausweiten und uns auch als Langfristplaner oder Strategen betätigen lernen.

Mit dem zweiten Korrektursatz verlangen wir – bildlich gesprochen – Scheinwerfer, die mit zunehmender Fortschrittsgeschwindigkeit auch immer weiter in die Zukunft leuchten. Ähnlich wie wir bei einem Auto, Schiff oder Flugzeug (sei es mit Licht, Echoloten oder Radar) die Sensoren entsprechend seiner Fahrgeschwindigkeit und seinem Reaktionsvermögen derart ausbauen, daß es einen Kollisionskurs frühzeitig erkennt, soll das auch für das Boot des zivilisatorischen Fortschrittes gefordert werden.

Eine bescheidene, aber elementare Anwendung dieser Forderung soll in Figur 10 illustriert werden: In diesem Bild ist das mittlere reale Wirtschaftswachstum als Funktion der Zeit eingetragen, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von $3\frac{1}{3}\%$. In der unteren Kurve werden die Zeiteinheiten als Jahre angenommen, in der oberen Kurve als Generationen, zu 25 Jahren pro Einheit. Nun beachte man den Unterschied. Je nach unserer Optik – man könnte auch sagen je nach der Verantwortung, die wir annehmen – kommen wir zu unterschiedlichen Schlußfolgerungen. Wer nur daran interessiert ist, was sich innerhalb einer Planungsphase oder Wahlperiode abspielt, wird das Wachstum bestenfalls als flache Kurve wahrnehmen und wird sich wenig Gedanken über die Konsequenzen des Fortschrittes machen. Sollten wir aber aus irgendwelchen Gründen besorgt sein über ein unkontrolliertes Wachstum während den nächsten Generationen, oder sollten wir den Standpunkt der gefährdeten Natur einnehmen, so gibt die gekrümmte Kurve einen Anhaltspunkt, wieviel mehr Belastungen, Verschiebungen und Veränderungen die Umwelt in Zukunft zu ertragen hat.

Was wir hiebei gemacht haben, ist lediglich eine Zeitraffung; d.h. wir bemühen uns, die Probleme nicht vom menschbezogenen Standpunkt aus anzugehen, sondern von demjenigen der sich viel langsamer verändernden natürlichen Umwelt. Aus dieser Sicht ist die Sukzession ganzer Geschlechter ein «natürlicheres» Maß, als es bei-

Figur 10: Langfristiges Wachstum der Gütermenge und der Umweltbelastung in den hochindustrialisierten Ländern der Welt. (Mittlere jährliche Wachstumsrate $3\frac{1}{3}\%$.) In der unteren Kurve ist das Wachstum aufgetragen über eine kürzere Zeitdauer von einigen Jahren, in der oberen Kurve über eine längere Zeitdauer von einigen Generationen.



spielsweise die Budgetperioden unserer Regierungen und Wirtschaftshaushalte sind.

So dürfen sich die heutigen Staatslenker, seien sie in Politik, Wirtschaft oder Wissenschaft tätig, nicht mehr erlauben, nur den kurzfristigen Gewinn im Auge zu haben. Denn heute verfügen sie, gerade dank dem Wachstum der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, auch über die notwendigen Daten, um Geschwindigkeit und Richtung des technisch-wirtschaftlichen Fortschrittes zu messen, die Wachstumsgesetze an der Vergangenheit zu eichen und die Konsequenzen wenigstens für die nächsten Generationen abzuschätzen. Eine Umgehung dieses Wissens und dieser Verantwortung müßte ihnen den berechtigten Protest einer Jugend eintragen, deren Schicksal sie weitgehend bestimmen.

3.4 Die Zukunft ist «kürzer» als die Vergangenheit

Der dritte und der vierte «Korrektursatz» beziehen sich auf die Beschleunigung des Fortschrittes oder, bildlich gesprochen, auf die Krümmung der Exponentialfunktion.

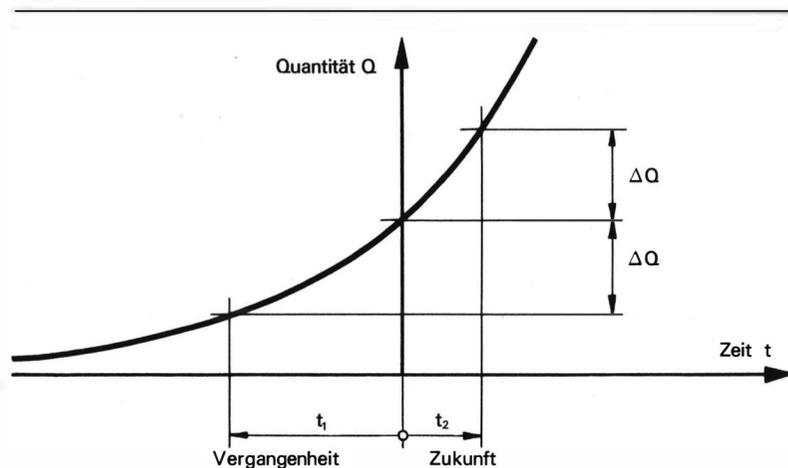
Wenn wir in einem exponentiell wachsenden System leben, braucht es weniger Zeit, um in Zukunft eine gegebene quantitative Veränderung – in Figur 11 mit ΔQ bezeichnet – herbeizuführen, als das in der Vergangenheit der Fall war. Es läßt sich eine methodische Relation zwischen den beiden entsprechenden Zeiträumen herstellen (Anhang, Gleichung 35). Mittels solcher Formeln kann man zeigen, daß beispielsweise der Zuwachs an Stahlverbrauch in den nächsten 10 Jahren so groß sein wird wie derjenige innerhalb der letzten 19 Jahre. Wird ein mittleres reales Wirtschaftswachstum von jährlich 3,3% angenommen, so muß sich ein älterer Staatsmann bewußt sein, daß die nächsten 16 Jahre das Maß an physischen Umweltveränderungen bringen werden, das er aus den vergangenen 40 Jahren kennt.

Was für den Laien aber noch viel verblüffender ist, sind die künftigen Zeiträume, die es braucht, um eine Verdoppelung derjenigen Quantitäten zu erzielen, die seit Beginn der Schöpfung bis heute erreicht worden sind. Immer unter Voraussetzung des weiteren exponentiellen Wachstums und mit Kenntnis der mittleren jährlichen Wachstumsraten p ergeben sich aus den Gleichungen 12, 13, 14 die folgenden Konsequenzen:

Die Weltbevölkerung wird sich innert 35 Jahren verdoppeln ($p = 2\%$).

Der Verbrauch von Energie wird sich innerhalb 20 Jahren in den Industriestaaten vervierfachen ($p = 7\%$). Die weltweit beförderte Luftfracht wird sich in 21 Jahren verzehnfacht haben ($p = 11\%$) usw.

Konsequenterweise sollten wir auch unsere Marksteine der Besinnung immer enger setzen, nicht nur das hunderttausendste Stück



Figur 11: Zur «Verkürzung» der Zukunft: Wenn in der Vergangenheit t_1 Jahre erforderlich waren, um einen Zuwachs ΔQ einer bestimmten Wachstumsgröße zu erzielen, wird derselbe Zuwachs in Zukunft in einer viel kürzeren Zeit t_2 erreicht werden.

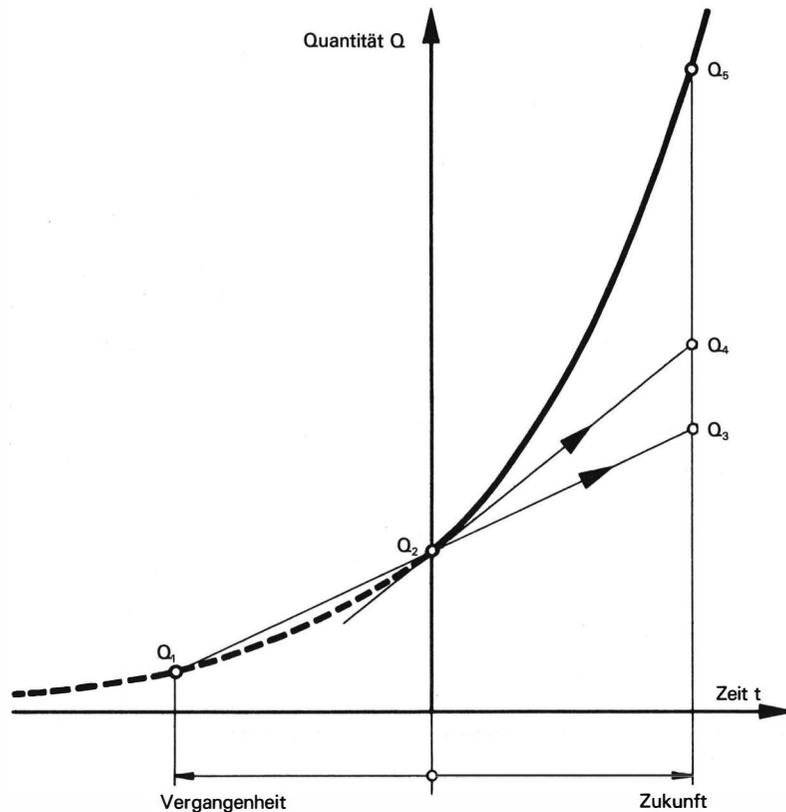
einer Produktionsserie oder den millionsten Passagiereiner Transportstrecke feiern. Würden wir auf andern Gebieten auch so rechnen, also mit absolutem und nicht prozentualem Zuwachs, erhielten wir eher ein Gefühl für die Beschleunigung des Fortschrittes, wie das beim Registrieren der Meilensteine aus einem fahrenden Zuge der Fall ist. Auch Landesausstellungen oder andere Institutionen, die einen Rückblick auf das Vergangene und Ausblick auf das Neue, also eine Standortbestimmung zum Zweck haben, sollten folgerichtig nicht in konstanten Zeitintervallen, sondern in «Zeiten gleicher Veränderung» abgehalten werden.

Wenn wir uns den Gehalt von Figur 11 mit dem lapidaren Satz «Die Zukunft ist kürzer als die Vergangenheit» klarmachen, so geht es bei diesem vierten und letzten Satz um die Extrapolation der menschlichen Erfahrung.

Dem Verfasser sind keine längerfristigen Prognosen bekannt, die nicht von Zeit zu Zeit eine Aufwärtsrevision erfahren mußten. Bei der Abschätzung des zukünftigen Transportvolumens, des Energiekonsums, des Bedarfs an Telekommunikation, des Bauvolumens, der Umweltverschmutzung, der Weltbevölkerung werden alle 10 oder 15 Jahre die Prognosen wieder «verbessert». All das kommt daher, daß wir mit rückwärtsgerichtetem Blick in die Zukunft schreiten. In Figur 12 sei die zeitliche Veränderung einer dieser typischen Wachstumsgrößen oder Indikatoren des «Fortschritts» dargestellt:

Der Mensch fixiert in seinem Gedächtnis oder in seinen Unterlagen einen früheren Zustand Q_1 . Er vergleicht ihn mit dem heutigen Wert Q_2 und erhält aus diesem Zuwachs und der verflossenen Zeit eine Vorstellung für die Veränderungsgeschwindigkeit, die er dann gefühlsmäßig linear in die Zukunft projiziert. So schließt er auf einen Wert Q_3 , der weit unterhalb des Wertes Q_5 liegt, der aufgrund einer mathematischen Modellierung der Veränderung zu erwarten wäre. Im besten Fall verfolgt er den Verlauf der Vergangenheit bis in die Gegenwart, stellt an diesem Punkt fest, daß die Zuwachsrates im ver-

gangenen Jahrzehnt besonders hoch war, und glaubt, daß er vorsichtigerweise nicht annehmen dürfe, daß die künftigen Zuwachsraten



Figur 12: Wir extrapolieren eine erfahrene Veränderung von Q_1 auf Q_2 linear in die Zukunft auf einen möglichen Wert von Q_3 . Je länger der Lebensabschnitt unserer Erfahrung ist, um so konservativer wird daher unsere Zukunftsprognose. Die Jugend vermag vielleicht gefühlsmäßig eher die Tangente an die Wachstumskurven im heutigen Zeitpunkt zu verspüren und extrapoliert auf einen künftigen Wert Q_4 . Der richtigere Wert eines exponentiellen Wachstums, Q_5 , läßt sich aber nur mittels mathematischer Modelle ermitteln, was den Nachteil hat, daß er als unglaublich aufgenommen wird.

ΔQ größer sein würden, als dies in jüngster Zeit der Fall war. Er legt somit die Tangente an die Wachstumskurve bei Q_2 , was ihn auf einen künftigen Wert Q_4 schließen läßt, der immer noch wesentlich unterhalb des korrekten Wertes Q_5 liegt, der sich aus einem Wachstumsgesetz mit konstanten prozentualen Zuwachsraten ergäbe.

Würde ein Anfangskapital nicht mit Zinseszins-Schritten, sondern in gleichen absoluten Zuwachsraten, also linear, wachsen, so würde es bei einer jährlichen Vermehrung von 5 % des Anfangswertes 20 Jahre dauern, bis es sich verdoppelt hat, bzw. 200 bis zur Verzehnfachung oder 2000 Jahre, bis es zum hundertfachen Wert angestiegen ist. Mit Zinseszins verkürzen sich die entsprechenden Zeiten auf 14, 46 bzw. 92 Jahre.

Im Anhang (Gleichung 34) ist auch der «Täuschungsfaktor» ermittelt worden, der dadurch entsteht, daß wir vergangenes exponentielles Wachstum gefühlsmäßig linear in die Zukunft projizieren. Wenn wir nur nach der zukünftigen Zeit t_2 fragen, bis die zehn-, hundert- oder tausendfache Menge eines Gutes verbraucht ist, bei Kenntnis der Tatsache, daß es t_1 Jahre gedauert hat, bis der Verbrauch vom halben auf den ganzen heutigen Wert angestiegen ist, so ergeben sich bei der «gefühlsmäßigen» linearen Extrapolation künftige Zeithorizonte, die 20-, 200- bzw. 2000mal soweit in der Zukunft liegen wie der Halbwertsbetrag in der Vergangenheit. Gehören aber die vorgegebenen Werte der Vergangenheit und Gegenwart zu einem exponentiellen Wachstumsmodell, so ergeben sich die zu erwartenden Zeithorizonte t_2 nach Gleichung 35 zum 3,3- bzw. 6,6- und 10fachen Betrag der vergangenen Zeitdauer t_1 .

Als ein klassisches Beispiel dieser gefühlsmäßigen Extrapolation sei ein Ausschnitt aus Thomas Jeffersons erster «State of the Union»-Rede zitiert, die er als neugewählter dritter Präsident der Vereinigten Staaten im Jahre 1800 vor dem Kongreß gehalten hat (24): «Wir sind gesegnet mit einem auserwählten Land, das Raum genug

hat für unsere Nachfahren bis zur tausendsten Generation . . . was mehr ist notwendig, um ein glückliches und prosperierendes Volk aus uns zu machen?»

Es geht nicht darum, den bedeutenden und visionären Präsidenten und Architekten lächerlich zu machen. Wer hätte sich damals vorstellen können, daß 170 Jahre später, also in etwa sechs bis sieben Generationen, bereits 200 Millionen Menschen diesen Raum bevölkern würden? Wenn Jefferson sich auf die verflossenen 200 Jahre Kolonisationszeit bezog und sich vergegenwärtigte, daß in dieser Zeitspanne die weiße Bevölkerung von Null auf vier Millionen Seelen angestiegen war, so führt eine lineare Extrapolation bei einer oberen angenommenen Grenze von 500 Millionen auf einen Zeitraum von 25 000 Jahren oder rund 1000 Generationen. Hätte er sich Rechenschaft gegeben, daß die Bevölkerungszunahme bis zum Jahre 1800 nicht linear anstieg, sondern exponentiell mit einer mittleren jährlichen Zuwachsrate von ungefähr 2 %, und hätte er eine Exponentialfunktion als mathematisches Extrapolationsmodell zugrunde gelegt, so wäre er auf das durchaus zutreffende Resultat gekommen, daß die USA schon vor Ablauf von sieben Generationen eine Bevölkerung von 200 Millionen aufweisen würden und ein angenommener Plafond von 500 Millionen schon nach neun Generationen erreicht wäre.

Es wäre eine Anmaßung, wenn wir heute, rückblickend, den Gründungsvätern der amerikanischen Nation einen Vorwurf machen würden, weil sie nicht in der Lage waren, die Größenordnung des technisch-wirtschaftlichen Wandels abzuschätzen, eines Wandels, der sich innerhalb weniger als drei Menschenaltern vollziehen sollte. Es war für sie unvorstellbar, daß die neugegründeten Vereinigten Staaten von Amerika im Jahre 1970 jährlich 140 Millionen Tonnen schädliche Gase durch ihre Kamine und Auspuffrohre in die Atmosphäre entlassen würden (eine Menge, die zu ihrem Transport in verflüssigtem Zustand einer Armada von über hunderttausend Schiffen damaliger Bauart bedurft hätte); daß ihr Land im Jahre 1970 mehr Sauer-

stoff konsumieren würde, als innerhalb der eigenen Grenzen regeneriert werden kann; daß Seen von der Größe der Schweiz zu einer Menschen und Tiere gefährdenden Kloake werden könnten und daß die landeseigene Energieproduktion Größenordnungen erreichen würde, wo sie das Klima und das Wetter lokal zu beeinflussen beginnt.

Kann sich der Wissenschaftler angesichts der erreichten Gefahrenschwelle noch auf das früher anerkannte Prinzip berufen, wonach er lediglich die Wahrheit sucht und sich nicht um die Folgen seiner Arbeit zu kümmern braucht? Muß sich nicht vor allem der Geistesarbeiter vermehrt mit der Zukunft beschäftigen, mit den Grenzen, die unser beschränkter Lebensraum uns auferlegt? Damit könnte er die geistigen Fähigkeiten, die ihm in die Wiege gelegt worden sind, zum Schutze seiner Mitmenschen nutzen und sich auch für die Tier- und Pflanzenwelt einsetzen, die – im Gegensatz zum Homo sapiens – ohne die Kraft der Vorausschau ist.

4.1 Mit Kurs in die Zukunft

Daß das gegenwärtige Fortschrittsstreben der industrialisierten Länder auf Kollisionskurs mit der Endlichkeit der Welt steht, haben wir in den ersten drei Kapiteln darzustellen versucht. Es stellt sich nun die naheliegende Frage, was unternommen werden muß, um künftiges Unheil abzuwenden.

Wenn wir uns dabei noch einmal an den weltweiten, langfristigen Zielen orientieren und nichtsofortaufdieHandlungsmöglichkeiten des Alltags zu sprechen kommen, so ist das nicht als Flucht vor der Realität zu deuten. Denn die Not, die sich vor uns abzeichnet, entspringt nicht einem Mangel an pragmatischem Denken, Einsatzfreudigkeit und harter Leistung, sondern eben dem Fehlen langfristiger, strategischer Ziele, die im Einklang stehen mit den Randbedingungen, die uns ein beschränkter Lebensraum auferlegt. Wenn der Kompaß für das weitere Fortschreiten an so fernen Marken wie den Schranken der irdischen Biosphäre und an so langen Zeiten wie mehreren Menschenleben orientiert wird, geschieht dies also keineswegs, weil man in diesen großen Dimensionen unverbindlicher und spekulativer sein könnte.

Erst wenn wir die Evolution als ganzen Prozeß im Auge behalten, wenn uns dabei bewußt wird, daß der Mensch im Laufe des vergangenen Jahrhunderts größere Veränderungen in der Biosphäre verursacht hat als alle Vorfahren im Laufe von vielen zehntausend Jahren, wenn wir entdecken, wie sehr der Mensch als biologisches Wesen auf eine stabile, lebensspendende Umwelt angewiesen ist und wie jedes lebende Wesen sich den Gesetzen dieser Biosphäre ein- und unterordnen muß oder untergeht, erst dann denken wir wahrhaft realistisch. Dann tritt auch das Feilschen um die täglichen Vorteile in den Hintergrund, und der Blick wird frei für die Notwendigkeiten des langfristigen Überlebens.

Wir leiten deshalb die in den folgenden sechs Kapiteln (4.2 bis 4.7) erläuterten Merkmale einer sogenannten Raumschiffökonomie* aus folgenden drei Annahmen ab:

1. Der Lebensraum, auch Biosphäre genannt, über den die Menschheit verfügt, ist endlich, unvermehrbar und gegeben durch das, was sich im Laufe der viele hundert Millionen Jahre dauernden Evolution ergeben hat, samt den zugehörigen Bodenschätzen der Erdrinde.
2. Wir können die Biosphäre durch menschenverursachte Prozesse nicht beliebig verändern, die herrschenden biologischen Gleichgewichte sowie die physikalischen und chemischen Umweltbedingungen nicht wesentlich verschieben, ohne daß sie für den Menschen lebensfeindlich werden.
3. Wir möchten dauerndes, «ewiges» menschliches Leben auf diesem Raumschiff «Erde» ermöglichen, d. h. daß auch die zivilisatorische Tätigkeit des Menschen zeitlich nicht begrenzt sein soll. Wir möchten, daß auch unsere Nachfolgerein Anrecht auf einen natürlichen Existenz haben, möchten eine ebenso stabile Umwelt, eine ebenso große Vielfalt von Gütern, einen ebenso großen genetischen Reichtum an Pflanzen- und Tierarten, eine nicht weniger lebensfreundliche Umwelt hinterlassen, wie wir selbst sie vorgefunden haben.

Aus diesen Annahmen lassen sich eine Anzahl von «Verträglichkeitsbedingungen» ableiten. Zusammen mit den Annahmen umschreiben sie eine Art «asymptotischen Zustand», innerhalb dessen

* Der Begriff ist nicht selbsterklärend; neben dem wesentlichen Merkmal der Begrenztheit müßte vor allem auch derjenige der Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeit oder «Ewigkeit» enthalten sein. Als Alternative hat der Verfasser den erweiterten Begriff «stationäre Raumschiffökonomie» verwendet, dabei aber die Beobachtung gemacht, daß die negativen Vorurteile und Mißverständnisse noch größer werden, weil stationär wohl noch zu oft mit starr und «undynamisch» gleichgesetzt wird.

sich das zukünftige Leben einpassen muß. Denn wenn in beschränktem Raum, auf «ewige» Dauer, eine gewisse Tätigkeit stattfindet, die keine allzu große Veränderung hervorrufen soll, so darf diese Aktivität offenbar gewisse «obere Grenzen» nicht überschreiten.

Wenn wir nachfolgend nun auf die «Allgemeinen Merkmale der Raumschiffökonomie» zu sprechen kommen, so ist zu beachten, daß diese kein vollständiger Beschrieb der Zukunft sind. Wir werden ergänzend im 5. Teil dieses Buches andeuten, wie dem Menschen in der Ausgestaltung des verbleibenden Spielraumes noch große Freiheiten gegeben sind. In Analogie zur «unteren Grenze» der menschlichen Existenz, dem Existenzminimum, wären die Voraussagen etwa so einzustufen, wiewenn jemand – vor der Zeit von Adam und Eva – folgende Prognose über das zukünftige Leben der einzelnen Menschen geäußert hätte: Der Mensch wird Nahrung im Umfang von etwa ein bis zwei Kilogramm pro Tag konsumieren, mindestens zwei Liter Wasser benötigen, ein Klima bevorzugen bzw. schaffen, das seiner Körpertemperatur von 37°C behagt, und sich auf zwei seiner insgesamt vier Extremitäten fortbewegen. Diese Merkmale sind sicher allen menschlichen Kulturen gemeinsam; trotzdem können sie in ihrer Ausgestaltung sehr verschieden sein.

Wenn hier diese Analogie zum physiologischen Existenzminimum des Menschen gewählt wurde, so nicht ganz ohne Absicht. Diese Verträglichkeitsbedingungen mit der Endlichkeit der Welt weisen viele Parallelen auf, es ist, als ob sie eine obere Grenze für unser gegenwärtiges quantitatives Wachstum in Menschenzahl und Güterfluß darstellen würden. Der wesentlichste Unterschied liegt allerdings darin, daß das Existenzminimum von jedem einzelnen Individuum erreicht werden muß, sonst geht es zugrunde. Die Überbeanspruchung der oberen Grenzen ergibt sich aber nur durch ein Volk bzw. die Gesamtzahl der Spezies Mensch. Nicht das einzelne Individuum zählt also, sondern die Handlung aller. Somit geht es auch um ein kollektives Ziel. Das Überleben der Art wird hier angesprochen.

Es ist diese «obere Grenze», welche die neue Zeit signalisiert, die Zukunft charakterisiert. Aus der Kollision unseres Fortschrittes mit diesen naturgegebenen Grenzen werden große Rückwirkungen auf die Wertvorstellungen unserer Kinder und Kindeskiner erfolgen. Aus dieser Schau entwickeln und klären sich die neuen Spielregeln im menschlichen Zusammenleben.

So fremd und fast unvorstellbar uns Menschen der industrialisierten Welt ein Zustand ohne quantitatives Wachstum vorkommen mag, so sind doch einige Analogien zu bekannten Zuständen möglich. Die Waldwirtschaft in der Schweiz stellt eine solche Insel im Strom des Fortschrittes dar, die alle Merkmale einer Raumschiffökonomie weitgehend erfüllt. Ebenso die früheren Alpwirtschaften unserer Bergbauern bis weit in die Neuzeit hinein. Die stabilen Kulturen der alten Mesopotamier oder Ägypter stellen Zustände dar, wo Menschen auf beschränktem Lebensraum für 70 bis 100 Generationen ohne Umweltzerstörung gelebt haben. Von anderen, nomadisierenden Völkern wissen wir, daß sie von Land zu Land zogen, sobald sie die Erde nicht mehr genährt hat. Während es aber früher immer noch viele Möglichkeiten gab, in ein «gelobtes Land» auszuwandern, werden diese unerschlossenen Gebiete immer spärlicher bzw. als stabile Pufferzonen für die anderswo übernutzte Umwelt immer unantastbarer.

Auch die Kriegswirtschaften zeigten in vielen Ländern Merkmale einer Raumschiffökonomie. Diese Gedankenverbindung ist allerdings nicht besonders angenehm. Trotzdem könnten wir daraus viel Nützliches lernen. Die geschlossene Grenze um ein Land hat sehr viele Ähnlichkeiten mit der Begrenztheit der Biosphäre in der Zukunft. Hätte man einer belagerten Stadt im Mittelalter als Lebensraum eine Landfläche zur Verfügung gestellt, die in einem Tagesmarsch hätte durchschritten werden können, hätte sie wohl «ewig» leben können und ohne allzu große Umstellung. Heute ist es bereits sehr fraglich, ob Westeuropa, Japan oder die USA eine langjährige Blockade ohne dra-

stische Umstellungen überdauern könnten. Wie schon aus dem früheren Vergleich der zivilisatorischen Tätigkeit mit dem Kriegswesen hervorging, sind es auch hier nicht die feindlichen Absichten des Menschen gegen den Menschen, welche die Grenzen auferlegen. Es handelt sich um das Aufprallen der expansiven menschlichen Tätigkeit an den naturgegebenen Grenzen.

Aus diesen Analogien und aus den drei einleitend gesetzten Annahmen lassen sich die in den folgenden sechs Kapiteln aufgeführten «Allgemeinen Merkmale für die Raumschiffökonomie» der Zukunft herleiten.

4.2 Nachhaltigkeit (1. Merkmal)

Wie im Zusammenhang mit dem Knappheitsindex dargelegt worden ist, beruht ein Großteil unseres gegenwärtigen Wohlstandes auf dem einmaligen Abbau von Kapitalgütern. Das ist ein Zustand, der nicht ewig andauern kann. Anstelle des Raubbaues, also einer Wirtschaftsführung, die einen möglichst hohen Ertrag anstrebt, ohne auf die Erhaltung der Erzeugungsgrundlagen Rücksicht zu nehmen, müssen wir wieder lernen, von den Zinsen zu leben. Die Forstwirtschaft in Europa hat im Laufe der letzten Jahrhunderte diesen Gesinnungswandel bereits vollzogen und hat das sogenannte Prinzip der Nachhaltigkeit zum obersten Grundsatz forstwirtschaftlichen Denkens und Handelns gemacht. Nachhaltigkeit beinhaltet das Streben nach einem dauernden, steten und möglichst gleichmäßigen Holzterrag. Die Analogien zwischen Weltwirtschaft und Waldwirtschaft in bezug auf den einmaligen Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen sind so frappant, daß sich die Anlehnung an diesen Begriff gerade aufdrängt*

* Den Einblick in diese Zusammenhänge verdankt der Verfasser Gesprächen mit Dr. U. Zürcher und vor allem seiner Dissertation über den Begriff der Nachhaltigkeit (25).

Das Prinzip der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft

Es ist eine nützliche Übung, die hier in chronologischer Reihenfolge aufgeführten Zitate zum Prinzip der Nachhaltigkeit in der schweizerischen Forstwirtschaft sinngemäß auf die Raumschiffökonomie zu übertragen. (Alle Zitate sind der Arbeit von U. Zürcher entnommen (25), wo ihr Ursprung weiter dokumentiert ist.)

«Einer Waldung muß man so weislich und klüglich vorstehen, daß sie alle Jahre wieder ein gewisses und beträchtliches abwirft und einbringt.» (Beckmann, 1729)

«Das Holzen bald dieser, bald jener Gegend des Forstes, wo es vielleicht eben am bequemsten gelegen ist... ist der schönsten Wälder endliches Verderben.» (Zschokke, 1806)

«Daß Übernutzungen vorkommen, daß also die Gegenwart sich nicht mit den Zinsen begnüge, sondern mit denselben einen Theil des Kapitals aufzehre, die Befriedigung der Bedürfnisse unserer Nachkommen also gefährde, unterliegt gar keinem Zweifel.» (Landolt, 1861, in «Die wesentlichen Gebrechen des schweizerischen Forstwesens»; vor dem Erlaß der eidgenössischen Forstgesetze)

«Im Vordergrund aller waldwirtschaftlichen Aufgaben steht der vertiefte Begriff der Nachhaltigkeit. Wir verstehen darunter mehr, als die dem Wortlaut des Bundesgesetzes entsprechende Erhaltung des Waldareals. Er umfaßt auch nicht nur eine sichergestellte, jährlich gleichbleibende Holzernte oder gleichbleibenden Geldertrag. Der Begriff ‚nachhaltig‘ entspricht jener Waldgesinnung, aus der heraus die Befreiung von den Irrlehren des Kahlschlages möglich wurde und in welcher der Geist unseres Forstgesetzes verankert liegt. Die Nachhaltigkeit fordert dauernde Einhaltung der Produktionskraft und Schutzfähigkeit unserer Wälder, die Wahrung und wenn möglich Mehrung der Bodengüte, einen dauernd vollkommenen Aufbau der Lebenskampfgemeinschaft ‚Wald‘ mit bester Eignung und Erfüllung ihrer ungezählten Aufgaben im Leben des Menschen und seiner Wirtschaft.» (Leibundgut, 1945)

«Die gute Vorsorge für die Zukunft ist in der Forstwirtschaft ebenso wichtig wie die Lösung der Gegenwartsaufgaben.» (Zürcher, 1965)

(siehe auch Einschaltung: «Das Prinzip der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft»).

Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Gesinnungswandel, der sich gegenüber dem Wald im Laufe der Zeit vollzog: So wurde die Waldrodung, also der unwiderbringliche Abbau von Holz, bis ins späte Mittelalter – begrifflicherweise – als kulturelle Tat gewertet. Erst als sich unerwünschte Nebenerscheinungen, vor allem Lawinen-

niedergänge und Steinschlag und später dann auch Hochwasserkatastrophen, immer häufiger bemerkbar machten, hat man in der Schweiz einzelne Wälder, sogenannte Bannwälder, unter Schutz gestellt. Aber erst nachdem die gesamte Waldfläche auf rund ein Viertel der Landesfläche der Schweiz zurückgegangen war, ist es gelungen, mit den Forstgesetzen von 1874 und 1902 den weiteren Raubbau zu verhindern. Seither ist nicht nur der binnenländische Holztertrag, also die jährliche Verfügbarkeit dieser einen Ressource, sondern auch der Waldbestand zu einer «Randbedingung» geworden, der sich die übrigen Tätigkeiten bis zur Landesplanung weitgehend fügen müssen und fügen werden.

Etwas nachdenklich stimmt allerdings die Feststellung, daß diese schützenden Forstgesetze und der damit verbundene große Eingriff in die Eigentumsrechte damals wohl nicht zustande gekommen wären, wenn nur Sorge für die Sicherung des zukünftigen Holztertrages und der möglichen Sozialwirkungen des Waldes als einzige Gründe maßgebend gewesen wären. Es bedurfte der Schrecken von Hochwasserkatastrophen und der dadurch verursachten Opfer und Verwüstungen, um die Bereitschaft zur «Wendung der Not» zu wecken. Angst war wohl die größere Triebkraft als weise Vorausschau. Trotzdem sind wir heute dankbar für alle Vorsorge und den Gemeinsinn, den unsere Urgroßväter damals aufgebracht haben.

Vorläufig müssen wir erkennen, daß kein Weltpräsident, kein Kaiser oder König da ist, der die Abschreibungen in der öffentlichen Buchhaltung nachführt, die dauernd durch den einmaligen Verbrauch von Metallen oder Brennstoffen, durch die unwiederbringliche Zerstörung von Tropenwäldern, landschaftlichen Schönheiten und Ruhezonen, oder durch den Verlust von Tieren und Pflanzen entstehen. Nur das wachsende Bewußtsein möglichst vieler, daß der wahre Wert eines Lebensraumes für dessen Besitzer in der *Rente* liegt, die er erwirft, mag dem entgegenwirken. Je höher und sicherer diese Rente ist,

um so wertvoller und kostbarer der Lebensraum. Darüber hinaus ist es aber die sittliche Pflicht, ihn den Nachfahren und Erben in gesundem, dauerhaftem Zustand zu erhalten.

Sind solche Ziele der Raumschiffökonomie nicht ebenso herausfordernd wie der möglichst billige Abbau des Vorhandenen? Liegt in der sonst so bewundernswürdigen Tätigkeit des Geologen nicht eine große Tragik (der alte Zwiespalt der Wissenschaft), indem mit viel Erfindungsgabe, List und Fleiß nach allem geforscht wird, was in der Erdkruste auch noch abbaubar wäre, auch noch gefördert werden könnte? Zur Ehre des Berufsstandes muß allerdings auch erwähnt werden, daß es vor allem Geologen waren, die immer wieder auf die Endlichkeit der irdischen Rohstoffe hingewiesen haben. Eine hervorragende Arbeit hat in diesem Zusammenhang das Komitee zur Erforschung der Ressourcen der Menschheit geleistet (26).

4.3 Der geschlossene Kreislauf (2. Merkmal)

Das Prinzip der Nachhaltigkeit wäre kaum denkbar ohne eine beeindruckende Einrichtung der Natur, nämlich die Zirkulation von Stoffen in geschlossenen Kreisläufen. Erst damit kann aus dem einmaligen Verbrauch Wiederholung, Dauer, Ewigkeit werden. So ist es nicht verwunderlich, daß es in der Natur keine Abfälle, d. h. nichts Unverdaubares gibt. Alles Organische, ob pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, zerfällt wieder in mineralische Basisprodukte*. Ja, der Mensch selbst, «die Krone der Schöpfung», unterliegt dieser Ordnung.

* Als Widerspruch in dieser Behauptung könnten die fossilen Brennstoffe, also Erdöl, Naturgas und Kohle, angesehen werden. Hier handelt es sich um organische «Abfallprodukte», die aus der Biosphäre ausgeschieden und damit dem Kreislauf entzogen sind. Man beachte aber, mit welcher geduldigen, abgestimmten und schonungsvollen Art sie beseitigt werden, so daß dadurch keine Gefahr für das Leben entsteht. Außerdem können sie bei langsamem Wiedereindringen in die belebten Teile der Biosphäre, d. h. bei Zutritt von Sauerstoff, weiter abgebaut werden, sei es durch bakterielle Tätigkeit oder Verbrennung.

Auch er wird wieder zu Staub und Asche, und selbst die heroischen Anstrengungen der alten Ägypter, den Leib ihrer Toten diesem Lebensgesetz zu entziehen, haben den Kreislauf nur verzögert, nicht gebrochen.

Mehr Erfolg im Aufbrechen natürlicher Zyklen hat der moderne Mensch gezeigt. Immer mehr leben wir im Zeitalter einer «Ökonomie der Halbkreise». Der industrialisierte Mensch stellt Dinge her, «verbraucht» sie und läßt sie liegen oder übergibt sie der Natur ohne Gedanken an Wiederverwendung. Das ist auch nicht verwunderlich, denn solange ihn das Problem der Nachhaltigkeit nicht beschäftigt, sieht er die Rohstoffe als unerschöpflich an, und erfragt sich höchstens, ob es billiger kommt, Neues herzustellen als Altes zu reparieren oder wiederzuverwenden. Mit jedem Fortschritt der Produktivität wird diese Frage aber immer mehr zuungunsten der Wiederverwendung ausfallen, und es sind dann höchstens Kriegsereignisse, also Blockaden, die Länder von gewissen Rohstoffquellen abschneiden und zu solchen Maßnahmen zwingen. Also ein Beweis mehr, daß Wiederverwertung etwas Minderwertiges, Gestriges ist, das man nur noch in Tiefpunkten der Zivilisation anwendet?

Wiederum ist es die natürliche Umwelt, die dieser Art Fortschrittsstreben Grenzen setzt. All das, was wir gemeinhin mit Umweltverschmutzung bezeichnen, läßt sich weitgehend auf diese Erbsünde des industrialisierten Menschen zurückführen, nämlich darauf, daß er die Abfälle seiner Zivilisation in solchen Mengen und so unverdaubar (lies unabbaubar) in der natürlichen Umwelt zurückläßt, daß sie sich anhäufen. Dadurch werden Teilbereiche unserer Umwelt übersättigt, wodurch wieder Gleichgewichtsstörungen oder Vergiftungserscheinungen in der belebten Natur erscheinen können. Wir erkennen im Umweltverschmutzungsproblem somit eine Art Gegenpol zum Raubbauprobem: Was im einmaligen Abbau gefrevelt wurde (Frevel im Hinblick auf die Verminderung der Kapitalbasis), taucht hier als umweltbelastendes Gut wieder auf. Der industrielle Aspekt

Kultur, Zivilisation, Zivilisationsmaschine

Bemerkungen zum Begriffsinhalt, wie er in diesem Buch verwendet wird:

Unter Kultur verstehen wir die Gesamtheit aller Lebensäußerungen eines Volkes einschließlich der «zivilisatorischen Prozesse». Praktisch wird der Begriff aber in diesem Zusammenhang eher reserviert für alle vom Menschen geschaffenen oder mitgestalteten Werke und Einrichtungen, ausgenommen diejenigen von Wirtschaft und Technik. Zu den typischen Teilen eines Kultursystems gehören Erkenntnis, Sprache, Kunst, Bildung, soziale und politische Ordnungen usw.

Den Begriff der Zivilisation haben wir hier immer im Zusammenhang mit der umweltmanipulierenden Tätigkeit des Menschen verwendet. Er umfaßt vor allem die Bereiche von Gewerbe, Industrie und Technik und umfaßt die Summe der materiellen Nutzwerte.

Der Begriff der Zivilisationsmaschine ist eine gedankliche Hilfskonstruktion, die sich in diesem Zusammenhang allerdings geradezu aufdrängt. Gewisse Aspekte des «zivilisatorischen Prozesses» lassen sich vergleichen mit einer (komplizierten) Maschine, die Rohstoffe aus der natürlichen Umwelt aufnimmt und sie in verschiedenen Prozessen zu «Fertigprodukten» verwandelt. Im allgemeinen verläßt allerdings der größte Teil der Güter im Verlaufe der Bearbeitung die Maschine – über Kamin, Vorfluter oder Deponiefahrzeug – und wird der Natur als Abfall wieder zurückgegeben. Aber auch die Fertigprodukte verlassen früher oder später das Zivilisationssystem und werden ebenfalls wieder der Natur überantwortet.

Die Zivilisationsmaschine entspringt somit einer Modellvorstellung, wonach ein wesentlicher Teil der zivilisatorischen Tätigkeit des Menschen darin besteht, natürliche Stoffe in menschengemachte Bahnen zu leiten, umzuformen und wieder abzustößen. Während sich der Begriff Zivilisation eher auf die Einrichtungen (Fabriken, Häuser, Transportanlagen, Energiegewinnungs- und -verteilungssysteme) bezieht, soll die Maschine in erster Linie den vom Menschen geschaffenen Güterdurchfluß und dessen Verwandlung sowie die dazu nötige Energie (und ihre Verwandlung) zum Bewußtsein bringen.

unserer Zivilisation kann somit verglichen werden mit einer komplizierten Baggermaschine, die am einen Ende Material aus der naturgegebenen Umwelt schöpft und es am andern wieder ausstößt (siehe auch Einschaltung: «Kultur, Zivilisation, Zivilisationsmaschine»). Bevor dieser Kreislauf teilweise wieder geschlossen oder die Durchflußgeschwindigkeit gedrosselt wird, kann es keine Ruhe vor den Umweltsorgen geben. Im Gegenteil, sie verschärfen sich in vielerlei Hinsicht:

Erstens: Ihr Wachstum nimmt mit dem Produkt von Bevölkerungszahl und spezifischem Güterkonsum zu, wie das in Kapitel 1.5, Gleichung 1, formuliert wurde.

Zweitens: Die Extraktion auf der einen Seite und die Anreicherung auf der anderen ist teilweise kumulativ, d. h. beide Erscheinungen summieren sich, türmen sich auf; und für viele Probleme der Umweltbelastung ist nicht der Zufluß entscheidend, sondern die Gesamtmenge des Vorhandenen. Diesem Anreicherungsprozeß versucht der Mensch mit allerlei Verteilmechanismen zu entgehen, gemäß dem Motto: "The solution to pollution is dilution." (Die Lösung zum Umweltverschmutzungsproblem liegt in der Verdünnung.)

Drittens: Der Anteil der natürlichen Regeneration fällt auf beiden Seiten der Zivilisationsmaschine immer weniger in Betracht. (Vergleiche hierzu die Modellvorstellung, wie sie in Figur 8 zur Darstellung kommt.)

Viertens: Die Zivilisationsmaschine speit immer giftigere Substanzen aus und vermag sogar aus relativ harmlosen Rohstoffen recht schädliche oder zum mindesten schwer abbaubare Produkte herzustellen.

Wenn wir uns von der Natur inspirieren lassen wollen, wie sie ihre Kreisläufe formt, organisiert und antreibt, so müssen wir wieder bei den ersten Bildern der Natur- und Heimatkunde beginnen. Als Beispiel eines geophysikalischen Kreislaufes mögen wir uns an den Weg des Wassers erinnern: Durch Sonnenenergie wird Meerwasser verdampft, die feuchte Luft verschiebt sich über das Festland, läßt einen Teil des Wassers als Regen, Schnee oder Hagel fallen; durch die Schwerkraft fließt es über Bäche, Flüsse, Seen und als Grundwasser wieder dem Meere zu usw. Oder der Stoffwechsel der Pflanzen: Die grünen Pflanzen vermögen mit Hilfe des eingestrahelten Sonnenlichtes aus dem Kohlendioxyd der Luft und dem Wasser des Bodens Kohlehydrate (Zucker, Stärke, Zellulose) zu bilden und geben gleichzeitig

Sauerstoff an die Luft ab. Abgestorbene Pflanzen, aber auch pflanzenfressende Tiere oder ihr Kot werden als Abfallprodukte von den sogenannten Zerlegern (Bakterien und Pilze) wieder in die mineralischen Ausgangsprodukte zurückverwandelt.

Betrachten wir als Beispiel eines bestimmten chemischen Stoffes einmal den Kreislauf des Sauerstoffes: Er wird bei der sogenannten Photosynthese von grünen Pflanzen frei, wobei in der Schweiz jährlich schätzungsweise 30 Millionen Tonnen Sauerstoff abgegeben werden. Für die Zerlegung der organischen Abfälle, also bei Fäulnis, Verwesung, Gärung, wird er wieder benötigt, aber auch bei der Verbrennung. In beiden Fällen wird Energie frei. Aus der Verbrennungsenergie unserer Nahrungsmittel werden die Lebensprozesse angetrieben, die Muskelarbeit generiert und die Körpertemperatur hoch gehalten. Die Verbrennung von Holz, Erdöl, Kohle und Erdgas treibt weitgehend die Zivilisationsmaschine an. Während der biologische Sauerstoffbedarf aller Bewohner der Schweiz rund 2 Millionen Tonnen pro Jahr beträgt, liegt der Verbrauch durch technische Verbrennungsprozesse über 44 Millionen Tonnen pro Jahr (27). Die Zivilisationsmaschine greift also recht kräftig in diese Kreisläufe ein. Mit Ausnahme der Energiegewinnung aus Wasserkraftwerken handelt es sich hierbei aber nicht um Prozesse, die «ewig» betrieben werden können, sondern einmalig sind. Nur das Sonnenlicht dürfen wir vorläufig als ungefährlichen und «ewigen», nie versagenden Motor ansehen, der alle Kreislaufprozesse in der irdischen Biosphäre antreibt und in Gang hält.

Die Zivilisationsmaschine hat nur zwei grundsätzliche Möglichkeiten, das Kreislaufproblem zu lösen. Eine erste Alternative besteht darin, daß die in das menschengemachte technische System aufgenommenen Stoffe dort dauernd zirkulieren und gar nicht mehr ausgeschieden werden. In diesem Falle würden unsere Kamine, die Kanalisationssysteme und das Abfuhrwesen zu Sammel- und Ausgangspunkten von Rohstoffen für neue Produkte. Freilich erfordert dieses

Filtrieren, Trennen, Sortieren, Einschmelzen und Aufbereiten erneut viel Energie und zusätzliche Transporte, und es sind den Gütermengen für die Rezirkulation und ihrer Durchflußgeschwindigkeit dadurch auch Grenzen gesetzt.

Die zweite Alternative besteht darin, daß die Produkte noch innerhalb der Maschine so weit abgebaut und verteilt werden, daß sie bei ihrer Übergabe an die Natur keine Überlastungserscheinungen hervorrufen und daß sie so verfrachtet werden, daß sie sich später automatisch wieder in den natürlichen Strom der Rohstoffe eingliedern. Als Illustrationsbeispiel mögen die Autoabgase dienen. Wenn aus dem Auspuff nur «natürliche» Verbrennungsprodukte wie Wasser und Kohlendioxyd (eine Art halbverbrannter Kohlenstoff) oder Stickoxyde (eine Art «unnatürliche» Verbindung zwischen den beiden Hauptgasen der Luft, nämlich Stickstoff und Sauerstoff) strömten, dann wäre diesem Postulat weitgehend Rechnung getragen. Die Abbauprodukte Wasser und Kohlendioxyd, Stickstoff und Sauerstoff sind natürliche Bestandteile der Luft und gleichzeitig Rohmaterial für neue Prozesse und können relativ leicht in die Zirkulationssysteme der Gewässer oder der Atmosphäre eingegliedert werden.

4.4 Ungiftige zivilisatorische Prozesse (3. Merkmal)

Die Giftigkeit von Stoffen haben wir Menschen ebenso egozentrisch definiert wie die Wirtschaft als Prozeß. Was dem Menschen unmittelbar nützlich oder schädlich erscheint, dirigiert all unser Handeln. Aus ökonomischer Sicht wird die ganze Güterproduktion zu einem Prozesse, wo Stoffe in eine den menschlichen Wertmaßstäben entsprechend nützlich erscheinende Form umgewandelt werden. Das, was wir als Verbrauch von Gütern bezeichnen, bedeutet aus dieser Sicht aber lediglich, daß die Gegenstände an menschlichem Interesse verloren haben, daß sie dem Menschen gleichgültig, nutz-

los oder gar zum Ballast geworden sind. So kann die Abraumhalde für Kinder – die andere Wertmaßstäbe als Erwachsene haben – zur Schatzgrube werden. Dasselbe trifft zu für aassfressende Tiere oder Vögel. Für die übrigen Teile der Natur sind Produkte, die aus der Zivilisationsmaschine herausfallen, aber immer noch da und möglicherweise noch nicht in harmlose Basisprodukte zerlegt und in die natürlichen Kreisläufe integriert. Umgekehrt definieren wir als Gift all das, was schon in verhältnismäßig geringen Mengen der menschlichen Gesundheit abträglich ist und deshalb besondere Vorsicht in der Handhabung erfordert.

Nun müssen wir lernen, den Standpunkt der stummen Natur einzunehmen. Vielleicht ist das, was wir – gemäß unserem Empfinden – als «harmlosen Abfall in verhältnismäßig geringen Mengen» empfinden, für andere Teile der belebten Umwelt giftig. Unterscheiden wir hiebei noch zwischen giftigen und bloß «beschmutzenden» Stoffen und Prozessen. Gemäss unserer Definition von Umweltproblemen in Kapitel 1.5 verstehen wir unter Umweltverschmutzung alles, was aus der Zivilisationsmaschine ausgeschieden wird und von der natürlichen Umwelt nicht sofort assimiliert (abgebaut) bzw. in solche Basisprodukte zerlegt werden kann, die wieder Eingang in natürliche Kreisläufe finden. Unter diesen Stoffen, die sich anreichern, befinden sich nun auch solche, die in kleinen Mengen große biologische Veränderungen hervorrufen.

Es ist das Verdienst von B. Commoner, eindrücklich auf die zunehmende Gefährdung durch die moderne Technologie aufmerksam gemacht zu haben (28). Etwas simplifizierend, aber recht schlagkräftig, könnte man sagen, daß alle organischen (oder «natürlichen») Stoffe, also solche, die durch Lebensprozesse hergestellt werden, wie z. B. Fleisch, Knochen, Holz, Leder, Wolle, Wachs usw., sich auch wieder natürlich abbauen lassen. Das heißt, es gibt für alles Organische in der Natur auch die entsprechenden Enzyme und Fermente. Das sind komplizierte organische Verbindungen, eine Art chemische Werkzeuge,

welche die Verfallsreaktionen beschleunigen, den Abbau einleiten. Kann man umgekehrt folgern, daß alle synthetisch hergestellten Verbindungen abbaueindlich und damit umweltverschmutzend sind? Ja und nein. Es muß nicht unbedingt so sein, aber drei Entwicklungen sind es, die diese Tendenz beschleunigen und in der Tat dafür sorgen, daß das Künstliche, «Moderne» auch immer giftiger für die Umwelt wird.

Erstens: Der erfinderische Mensch erschließt für seine Zivilisationsmaschine chemische Stoffe, die gar nie in großen Mengen in der Biosphäre zirkuliert haben. Im Verlauf der evolutionären Entwicklung hat deshalb keine Anpassung an diese «versteckten» Substanzen stattfinden können. Viele Lagerstätten für Erze, aber auch Schwefel, Phosphor, Fluor, Bor und anderes haben sich bereits beim Abkühlungsvorgang der Erdkruste gebildet, durch stufenweise Auskristallisation (z. B. sogenannte Ganggesteine). Aber auch diejenigen Ablagerungen, die sich später durch Anreicherung gebildet haben, etwa durch Ausscheiden aus dem Gewässersystem, haben sich über Zeiträume erstreckt, die rund eine Million mal länger dauerten als der heutige «Rückgewinnungsprozeß». W. Stumm hat die Geschwindigkeit, mit der die Zivilisationsmaschine einzelne Elemente aus den natürlichen Lagerstätten extrahiert, mit der sogenannten Sedimentationsgeschwindigkeit der Meere verglichen (29). Das Verhältnis von Förderung zu Ablagerungsvermögen beträgt z. B. bei Chlor 0,5, bei Phosphor 6, bei Quecksilber 10, bei Kupfer 63, bei Blei 100. Wir sehen also, daß die Zivilisationsmaschine – ökologisch gesprochen – wahllos Substanzen baggert und in der Biosphäre zerstreut, die bis anhin in ihren geochemischen Kreisläufen nur in unwesentlichen Mengen freigesetzt wurden.

Zweitens: Im Bestreben, unsere Güter immer unabhängiger von den Launen der Natur zu machen, sie insbesondere den bakteriellen Angriffen, also dem Verwesen und der Fäulnis zu entziehen, sind ehemals organische Produkte durch viel widerstandsfähigere anorganische ersetzt worden. So sind beispielsweise Holz, Papier und Leder durch Plastikmaterial ersetzt worden; Kunstfasern haben Wolle,

Baumwolle, Zellwolle, Seide, Hanf und andere Naturfasern verdrängt; Detergentien die aus natürlichen Fettstoffen hergestellten Seifen usw. Diese Verdrängungsprozesse von Naturprodukten durch resistere, weniger gut abbaubare Kunstprodukte ließen sich vielleicht noch rechtfertigen, wenn dadurch die Lebensdauer dieser Güter entsprechend heraufgesetzt würde. Wie wir unter 4.6 sehen werden, ist das aber gar nicht der Fall.

Drittens: Durch das dauernde Rationalisieren ist ein differenzierteres, abgestufteres Vorgehen bei der Behauptung der menschlichen Dominanz gegenüber der Natur weitgehend verlorengegangen. Ganz analog zu den neuen Massenvernichtungswaffen im Krieg schlägt der moderne Mensch mit überdimensionierten Waffen um sich. Als anfangs der vierziger Jahre ein neuer Kartoffelkäfer, der sogenannte Koloradokäfer, die Kulturen bedrohte, haben die Bauern in der Schweiz in mühsamer Handarbeit die Kartoffelstauden nach Käfern durchsucht und sie abgelesen. Dasselbe mit den Maikäfern. Heute benutzt man Pestizide und läßt im Zweifelsfalle gerade die ganze Ernte spritzen. Um die gefällten Waldbäume vor dem Borkenkäfer zu schützen, mußte man früher kurz nach dem Fällen eines Baumes seine Rinden wegschälen. Heute kann man sich das ersparen. Man kann die Stämme viel billiger «chemisch behandeln», d. h. in einen für tierisches Leben giftigen Zustand versetzen. Wenn man ausrechnet, wieviel Giftstoffe für diese unerwünschten Lebensprozesse aufgewendet werden, wie pauschal und undifferenziert sie eingesetzt werden, wie wenig ihre Weiterexistenz im Haushalt der Natur überdacht wird und wie oft sie durch Hervorrufung resistenter Schädlingsstämme oder durch Mitvernichtung ihrer natürlichen Gegner das Gegenteil des gewünschten Effektes erzielen, so ist dieser Form von Rationalisieren bald einmal eine Grenze zu setzen. Das Prinzip der bloßen Rationalisierung ist durch dasjenige der angemessenen, abgestuften Eingriffe zu ersetzen. (Es ergibt sich eine gewisse Analogie zum Prinzip des «flexible response» in der Kriegsstrategie.)

Es wird unumgänglich sein, die zunehmende Verschlechterung des Wirkungsgrades, insbesondere die zunehmende Giftigkeit der Abfallprodukte, die aus der Zivilisationsmaschine ausscheiden, zum Stillstand oder gar zur Umkehr zu bringen. Dabei stellt sich unwillkürlich die Frage, welche Materialien und Prozesse andere, «raumschiffgerechtere» Kulturen verwendet haben. Wo immer wir uns darüber orientieren, finden wir die hier gestellten Forderungen weitgehend erfüllt (siehe auch Einschaltung: «Der Güterumsatz der Mesopotamier»). Es soll damit nicht die Kulturstufe des Altertums glorifiziert werden. Auch nicht die «vergänglichen» Eigenschaften etwa von Holz, wie seine Anfälligkeit für Fäulnis oder Brand, als Tugenden gepriesen werden. Aber vielleicht ist es doch unerlässlich, daß wir den höheren Sinn dieser Vorgänge wieder begreifen. Aus ökologischer Sicht bzw. aus der Vision einer Raumschiffökonomie sind viele unserer haltbaren, unzersetzbaren Kunstprodukte der Chemie viel primitiver, noch unfertig, nicht zu Ende gedacht, und vorläufig noch untauglich für eine Zivilisation, die auf Dauer Bestand haben soll.

4.5 Erhaltung biologischer Gleichgewichte (4. Merkmal)

Unter Stabilität eines Ökosystems verstehen wir seine Fähigkeit, nach einer gewollten oder unbeabsichtigten Veränderung wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückzukehren. Der Vergleich mit einem schaukelnden bzw. schlagseitigen Boot möge zur Illustration dienen. Welche ungewollten Ereignisse können denn diese Gleichgewichte stören? Es mögen zufällige natürliche Ereignisse sein: ein Sturm, Hurrikan, Wolkenbruch, Vulkanausbruch, Erdbeben, Bergsturz, eine Trockenheit oder Eiszeit, tierische und pflanzliche Krankheiten oder Seuchen und anderes mehr. All das überlagert der Mensch mit zusätzlichen Beanspruchungen aus seiner zivilisatorischen Tätigkeit, die ebenso ungewollt sind, jedenfalls kaum als wissenschaftliches

Der Güterumsatz der Mesopotamier

*Die folgenden Auszüge
aus einer Beschreibung der mesopotamischen Kultur
(ca. 3000 bis 500 v. Chr.)
stammen aus «Zeitalter der Menschheit» (30).*

«Viele bäuerliche Gewerbe Mesopotamiens beschäftigten sich mit der Verarbeitung von Materialien, die bei der Viehzucht anfielen. Man gerbte Häute durch Einweichen in einer Lösung aus Alaun und Galläpfeln und machte sie durch Einreiben mit Fetten und Ölen geschmeidig. Aus dem Leder entstanden Schuhe, Sandalen, Zaumzeug und Sättel, Beutel und Wasserflaschen. Ziegenhaar diente zur Teppichherstellung, und Schafwolle war der Rohstoff des Textilgewerbes, einer Hauptstütze des Exporthandels. Die Wolle spann man zu Garn und verarbeitete sie auf Webstühlen, oder man machte Filz daraus.

Die Mesopotamier eigneten sich auch beträchtliche metallurgische Kenntnisse an, besonders in bezug auf Kupfer und Bronze. Der Schmied gehörte zu den wichtigsten Handwerkern Sumers. Er bezog sein Kupfererz aus Kleinasien und Zinn aus dem Kaukasus und schmolz aus beiden Erzen die begehrte Bronze. Später produzierte man durch Mischung von metallischem Kupfer und Zinn, das man aus getrennten Schmelzprozessen beider Erze gewonnen hatte, ein reineres Produkt. Zum Schmelzen und Gießen benutzte der Schmied einen Spezialofen, irdene oder metallene Tiegel und Blasebälge aus Leder.

Den Schmieden nahe standen die Gold- und Silberschmiede und die Handwerker, die Halbedelsteine verarbeiteten. Auch sie kannten den Metallguß in Formen, oft in Formen aus drei oder vier Einzelteilen. Außerdem waren hier Techniken zu Hause wie die Herstellung von Gold- und Silberfäden für Filigranarbeiten und das Prägen dünner Metallplatten. Man beherrschte sogar die Kunst, Metalle zu papierdünnen Folien zu hämmern, die man dann zu plastischen Gegenständen formte, indem man sie über Holzkerne schlug. Oft arbeiteten die Goldschmiede mit Edelschneidern zusammen, die Halsketten, Armreifen und Anhänger aus Perlen und Edelsteinen fertigten.

Mesopotamien verfügte auch noch über viele andere geschickte Handwerker und Zimmerleute, die mit Hammer, Meißel, Säge und Bohrer arbeiteten und die von Möbeln bis zu Schiffen alles mögliche herstellten, sowie über Korbflechter, die aus dem großen, kräftigen Schilf der Sümpfe Behälter jeder Größe wie auch Zäune und Pferche anfertigten.

Einer der wichtigsten Handwerker des alten Mesopotamien war indessen der Töpfer, welcher schon früh die Konstruktion und Befuerung seines Brennofens erfand, wie auch das Brennen und die farbige Dekoration seiner begehrten Ware. Um 3500 v. Chr. kam die Töpferscheibe in Gebrauch und ermöglichte die Aufnahme einer Massenproduktion. Gleichzeitig lieferten die Ziegelmacher das Material für monumentale Bauten, indem sie feuchten Ton in Holzformen füllten und ihn in der Sonne oder in besonderen Öfen trockneten. Um 3000 v. Chr. formten sie keilförmige Ziegel, die man zum Brunnenbau oder zur Herstellung der ersten primitiven Gewölbe benutzte.»

Experiment entworfen wurden, sondern viel eher als unbeabsichtigte Nebenwirkungen bezeichnet werden müssen. Umweltveränderungen durch Agrikultur, Industrie, Bauwerke, Verkehrswesen, Bergbau, Deponien, Kraftwerke usw.

Kenner der Evolution (27, 29, 31) weisen nun mit eindrücklichen Beispielen darauf hin, daß der Grad der Stabilität unserer Ökosysteme und damit auch der Biosphäre im Verlaufe der viele hundert Millionen-jährigen Entwicklung stetig zugenommen hat. Dieser Prozeß hat nicht aufgehört, bis der Mensch mit umweltfeindlichen Prozessen eingriff und Unordnung verursacht hat. Der Schöpfungsakt wird dadurch teilweise wieder rückgängig gemacht. Was fördert nun Stabilität, und was gefährdet sie? Alles, was beiträgt zur Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Anpassungsfähigkeit (oder Plastizität) eines Ökosystems, muß stabilisierend, ausgleichend, lebenserhaltend bezeichnet werden. Je verwobener die Kreisläufe, je mehr sie miteinander gekoppelt sind, je länger die Nahrungsketten, je vielfältiger die Tier- und Pflanzenarten, um so größer die Pufferwirkung, um so dauerhafter, stabiler ist das System. Dieser Reichtum an Tier- und Pflanzenarten, die Zahl der «ökologischen Nischen», und ihre Verflechtung haben mit der Evolution dauernd zugenommen.

Der industrialisierte Mensch reduziert nun – ahnungslos – dieses komplexe Gebilde der Schöpfung. Wie wenig er die Verluste bedenkt, zeigen folgende Beispiele.

- Die Produktivität der Landwirtschaft erfordert gleichartige Monokulturen, sonst können die Maschinen und Geräte zu wenig rationell eingesetzt werden. Die Folgen können nicht ausbleiben: Die Kulturen werden sehr anfällig auf Krankheiten, Insekten- und Pilzbefall. Die menschliche Dominanz wird aber weiter durchgesetzt: mittels Herbiziden, Pestiziden, Fungiziden wird versucht, Schädlinge auszurotten, die freilich oft in

stärkeren Formen wiederkehren. Immer mehr wird der Mensch dabei gezwungen, Kräfte und Prozesse einzuleiten, die von derselben Größenordnung sind wie diejenigen der Natur.

- Die Zivilisationsmaschine läßt Abfälle an Orten liegen, wo sie auf natürlichem Wege nie abgelagert würden. Nicht die ökologischen Bedingungen sind hierfür maßgebend, sondern die Transportdistanz bzw. der Standort von Fabriken und Städten.
- Wenn 30 Meter breite Asphaltbänder kreuz und quer durch das Land gezogen werden, bezeichnen wir das als zivilisatorischen Fortschritt. Ökologisch gesehen ist eine Autobahn aber eine Barriere, ein lebensfeindlicher Streifen. Der Bau von Straßen und Bahnen ist aus dieser Sicht eine Zerstückelung von zusammenhängenden Ökosystemen.
- Der industrialisierte Mensch kürzt die Nahrungsketten, zum Teil unabsichtlich (wie das beim Einsatz von Tier- und Pflanzengiften der Fall ist), zum Teil aus Absicht, weil er aus seiner Sicht zum Schluß kommt, daß eine gewisse Tierart schädlich ist, oft auch aus bloßem Spieltrieb, weil die Jägerei gar lustig ist, nicht selten auch aus Profitgier und Eigennutz, weil es billiger ist, nur große Fische zu fangen statt vieler kleiner oder verschiedener Arten.

Die Anprangerung der zivilisatorischen Tätigkeit ist hier etwas sarkastisch und bewußt einseitig erfolgt. Ohne Zweifel gibt es auch heute, etwa in der biologischen Landwirtschaft, im Fischerei- und Jagdwesen wie auch im Waldbau, schon mustergültige Ausnahmen. Es ist aber wichtig, daß die Schattenseiten der menschlichen Eingriffe rasch erforscht und bewußt werden, denn hier geht es um die Stabilität unseres Lebensraumes und damit um seine Fähigkeit, Katastrophen zu überdauern.

Einstweilen halten wir fest, daß eine Raumschiffökonomie die natürliche Umwelt nicht beliebig umändern kann. Sie muß Rücksicht

nehmen auf die biologischen Gleichgewichte und wird Veränderungen in unserer belebten Umwelt in Zukunft behutsamer, vorsichtiger und mit mehr Rücksichtnahme auf die Zusammenhänge vornehmen müssen.

4.6 Langsamerer Güterfluß (5. Merkmal)

In diesem und im nächsten und letzten der hier aufgezählten Merkmale einer Raumschiffökonomie nehmen wir noch einmal Bezug auf die Formel für die Umweltbelastung (Gleichung 1), Kapitel 1.5. Der Zähler, oder die Belastungsgröße, kann im Wachstum beeinflusst werden durch eine geringere Bevölkerungszunahme sowie einen geringeren Güterkonsum oder, präziser ausgedrückt, einen geringeren Durchfluß von materiellen Gütern durch den Zivilisationsprozeß. Die Rechnung ist einfach: Wenn wir für einen Augenblick von den Nahrungsmitteln und Betriebsstoffen absehen – die auch materielle Güter sind –, dann könnte z.B. eine Verlängerung der Lebensdauer um einen Faktor 2 den Durchfluß von gutem, bei gleichbleibendem Reichtum auf die Hälfte reduzieren. Wenn also unsere Autos oder Haushaltapparate im Mittel statt 8 Jahre 16 Jahre im Dienst stünden, die Flugplätze nicht alle 15 Jahre umgebaut würden und die Kleidermode nicht alle zwei bis drei Jahre wechselte, dann wäre das Ziel weitgehend erreicht.

Es gibt löbliche Ausnahmen, die das illustrieren, was wir hier meinen: Die Pflege und Renovation von alten Möbeln oder alten Häusern, also etwa das, womit sich der Heimat- und Kulturgüterschutz befaßt, oder die «Trachtenmode», die an die «alten Gewohnheiten» der Bekleidung anknüpft und ihre Kleidungsstücke wieder zum zeitlich stabilen Alltags- oder Festgewand erhebt.

Was verursacht die immer kürzere Lebensdauer unserer Güter? Es sind wohl drei Triebfedern für diesen Prozeß zu nennen. Nach

unserer ökologischen Definition, wonach die zivilisatorischen Güter dann zu Abfall werden, wenn sie dem Menschen gleichgültig werden, reiz- und wertlos erscheinen, fällt vieles aus der Maschine, was an sich noch brauchbar wäre. Man kann also durch zyklische Einflußnahme auf menschliche Wunschvorstellungen wie bei einem Schüttelsieb dafür sorgen, daß mehr herausfällt. Die moderne Reklametechnik besorgt diese Umpolarisation von Wünschenswertem zu Abstoßungswürdigem in immer virtuoserem Maße: kurze Röcke, lange Röcke, spitze Schuhe, breite Schuhe, Autos einmal mit viel, dann wieder mit wenig Chrom usw. Wenn der Reichtum an verschiedenen manipulierbaren Wertvorstellungen nicht ausreicht, kann man nach zwei oder drei Zyklen wieder auf die alten zurückkommen, das Ziel ist erreicht, die Güter sind inzwischen Abfall geworden!

Eine weitere Triebfeder liegt im technischen Fortschritt selbst versteckt. Verbessern heißt in unserer Konkurrenzwirtschaft Älteres durch «Modernes» verdrängen. Wenn neue Passagierflugzeuge mehr Reisende anziehen als alte, so hat das alte keine wirtschaftliche Existenzbasis mehr; es muß ausgeschieden werden, der Fortschritt hat es überholt. Dasselbe gilt für die Waschmaschine, für die Skier, für die Schreibmaschine usw. Wie trefflich paßt zu dieser Erscheinung das von Schumpeter in ganz anderem Zusammenhang geprägte Wort von der «schöpferischen Zerstörung»!

Eine letzte Begründung liegt im Zwang zum Rationalisieren. Neue Standardprodukte kann man maschinell in großen Serien billig herstellen. Reparaturen lassen sich zeitlich weniger gut einplanen, müssen individuell und dezentralisiert durchgeführt werden und erfordern somit viel mehr Handarbeit und Lohnaufwand.

Nebst den Gütern, die die Zivilisationsmaschine verwandelt und disloziert, braucht sie noch Energie und Betriebsstoffe. Auch diese sind umweltbelastend. Hiebei sind Abhilfen aber etwas weniger einfach als im Fall von dauerhaften Gütern. Die erforderliche Nah-

rungsmenge pro Kopf kann durch «Restensuppen» in den Überflußländern zwar etwas vermindert werden, ohne dadurch den Menschen hungern zu lassen. Es sind das aber bestenfalls einige Prozente, die sich hier einsparen ließen. Anders steht es mit den Betriebsmitteln der Zivilisationsmaschine, die noch alles andere als optimal oder ökologisch sinnvoll läuft. Wenn wir an die Distanzen denken, welche unsere arbeitsteilige und kolonial orientierte Wirtschaft den Güterströmen auferlegt, so erkennen wir bald, daß hier eine enorme Steigerung des Aufwandes stattgefunden hat. Von den Nahrungsmitteln wünschen wir, daß sie uns alle zu jeder Jahreszeit an jedem Ort zur Verfügung stehen sollen, selbst wenn das bedingt, daß sie von andern Kontinenten eingeflogen werden. Dasselbe trifft für Metalle und Brennstoffe zu. Gefährliche ökologische Experimente wie etwa der Bau des Suezkanals (der zwei ganz anders geartete Meere verbindet) können nur dann sinnvoll sein, wenn sie Transportaufwendungen reduzieren helfen. Immer aber ist zu bedenken, daß die infolge gesteigerter Mobilität notwendigen Straßen, Bahnen, Schifffahrtswege ökologische Barrieren sind; daß Häfen, Flug- und Parkplätze durch ihre Ausdehnung zu anorganischen Knoten im Gewebe der belebten Umwelt werden.

All dem kann nur Abhilfe geschaffen werden durch eine Reduktion bzw. den Einhalt des gedankenlosen Anwachsens der Mobilität und des Tempos der Güter- und Menschenverschiebungen. «Slow down», verlangsamen, wäre eine gerechtere Forderung für die Raumschiffökonomie als die nicht zu Ende gedachte Forderung: immer schneller, immer mehr, immer weiter. Ob eine Verlangsamung des Tempos unserer Zivilisationsprozesse notwendigerweise ein Einschlafen der geistigen Tätigkeit und eine Schmälerung des Reichtums an Empfindungen zur Voraussetzung hat, möge der Leser selbst beurteilen.

4.7 Eine stabile Bevölkerungszahl (6. Merkmal)

Dem mathematisch denkenden Leser besagt Gleichung 1, Kapitel 1.5, daß wir verschiedene Wege einschlagen können, um die Maßzahl der Umweltbeanspruchung bei gegebener Größe des Lebensraumes konstant zu halten. Es sind dies grob gesagt folgende drei Alternativen, die aus diesem funktionellen Zusammenhang hervorgehen:

- Bei gleichbleibendem Wirkungsgrad:
Entweder eine Abnahme der Bevölkerungszahl bei zunehmendem Pro-Kopf-Umsatz an materiellen Gütern, oder umgekehrt mehr Menschen bei geringerem Güterverbrauch.
- Bei gleichbleibendem spezifischem Güterdurchfluß:
Entweder eine Abnahme der Bevölkerung bei weiterer Erhöhung der «Giftigkeit» der zivilisatorischen Prozesse, oder umgekehrt mehr Menschen bei schonungsvollerem Umgang mit der Umwelt, also höherem Wirkungsgrad der Zivilisationsmaschine.
- Bei gleichbleibender Bevölkerungszahl:
Entweder eine Abnahme des Güterdurchflusses bei weiterem Anwachsen seiner «Giftigkeit» (Abnahme des Wirkungsgrades), oder eine Zunahme des Güterflusses bei gleichzeitiger Erhöhung des Wirkungsgrades.

Welche dieser drei grundsätzlichen Strategien sind zu verfolgen? Es wäre zu bedauerlich, wenn die Uneinigkeit über die möglichen Strategien zu Handlungsunfähigkeit führen sollte. Überlassen wir diese Frage lieber unseren Nachfahren, die sie beantworten mögen, nachdem sie es erst einmal verstanden haben, die Zunahme der Umweltbelastung zu drosseln, sie auf ein «Nullwachstum» absinken zu lassen. Vorläufig müssen wir alle Energie auf alle drei Faktoren, Bevölkerungszahl, Güterdurchfluß und zivilisatorischen Wirkungsgrad,

Die Hirsche und ihre Feinde

Auszug aus P. A. Tschumi: «Allgemeine Biologie» (30).

«Im Kaibab, einer Hochebene von 2800 km² im Norden Arizonas (USA), lebten im vergangenen Jahrhundert einige tausend Hirsche. Von diesen ernährten sich Wölfe, Pumas, Luchse und andere Raubtiere. Pflanzen, Hirsche und Raubtiere lebten miteinander und mit ihrem Biotop im Gleichgewicht.

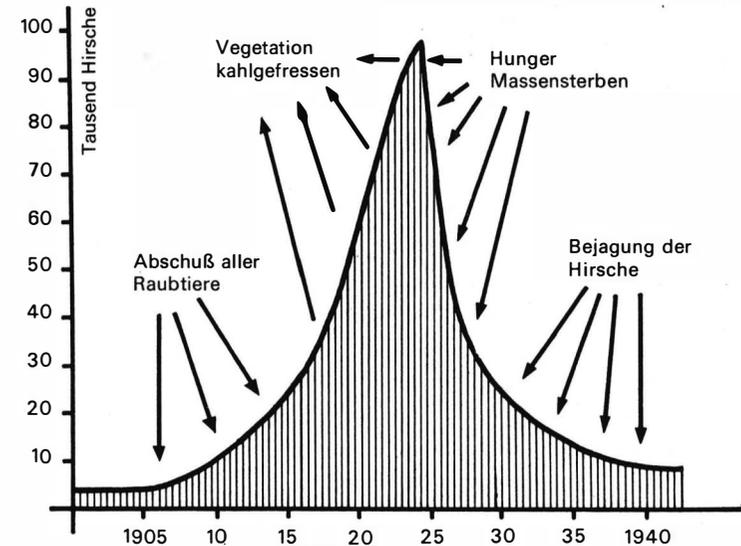
Im Jahre 1906 wurde das Kaibab-Plateau zum Reservat erklärt, und zum ‚Schutze‘ der Hirsche wurden sämtliche Raubtiere abgeschossen. 1906 betrug der Bestand an Hirschen 4000 bis 5000. Zur vollen Befriedigung aller Beteiligten stieg nun der Hirschbestand bis zum Jahre 1918 auf rund 40 000 Stück an. Schon damals wurden Wildschäden gemeldet, aber niemand dachte an die Möglichkeit einer Übervölkerung, und so stieg die Zahl der Hirsche weiter an. Im Jahre 1924 erreichte sie 100 000. Die Bestandesdichte betrug also 1 Stück auf 2,8 Hektaren. Das ganze Gebiet war kahlgefressen, und die Hirsche hungerten. Im Winter 1924/25 starben rund 60 000 Hirsche an den Folgen des Hungers, und im folgenden Winter wiederum über 30 000! Es brauchte viel, bis man endlich die Jagd freigab, um diesem Elend ein Ende zu bereiten, aber erst im Jahre 1939 war der Bestand wieder so tief (10 000, also eines auf 28 ha), daß sich die Vegetation erholen konnte.

Das Beispiel ist lehrreich. Die Menschen hatten, ohne es zu ahnen, in ein uraltes natürliches Gleichgewicht zwischen drei Produktionsebenen (Pflanzendecke als Produzenten – Hirsche als Konsumenten 1. Ordnung – Raubtiere als Konsumenten 2. Ordnung) eingegriffen, indem sie die oberste Ebene einfach beseitigten. In diesem ausgeglichenen Ökosystem hielten sich also Geburtenrate und Sterberate der Hirschpopulation genau die Waage. Die Beseitigung der natürlichen ‚Feinde‘ der Hirsche hatte zur Folge, daß bei gleichbleibender Fruchtbarkeit die Mortalität stark erniedrigt wurde. Ergebnis: Gebur-

richten, denn jeder einzelne von ihnen ist in sich auf Kollisionskurs eingestellt.

Daß der Mensch in aller Zukunft immer mit dem Bevölkerungswachstumsproblem wird kämpfen müssen, ergibt sich aus einem einfachen mathematischen Grundgesetz und einer ebenso einfachen psychologischen Situation. Zur Mathematik: In einem System mit endlichen Dimensionen gibt es nur Gleichgewicht, wenn auf die Dauer die Summe aller «Zugänge» gleich groß wird die diejenige der «Abgänge». Zum psychologischen Sachverhalt: Der Zuwachs ist ein freudiges, lustbetontes Ereignis, und außerdem war er für die «Erhaltung der Art» in der Vergangenheit sehr wichtig und deshalb in der Skala der

tenüberschuß, Zunahme der Bestandesdichte und Zerstörung des übervölkerten Lebensraumes durch eine hungernde Hirschpopulation, in welcher ein Massensterben herrschte.»



ethischen Werte hoch eingestuft. Den Abgang andererseits möchte der Mensch so lange wie möglich hinauszögern, und er hat dazu mit den Mitteln der modernen Medizin und Gesundheitspflege Wege gefunden, diesen zu beeinflussen. Daraus läßt sich doch schließen, daß es ohne willentliche Anstrengung, ohne Sieg der Vernunft über das bloß Triebhafte oder das bisher Gewohnte, keine «menschenwürdige» Lösung geben wird.

Gerade darin, daß Homo sapiens in der Lage ist vorauszu-denken, die Konsequenzen seines Handelns abzuschätzen, unterscheidet er sich wesentlich vom Tier. In allen physiologischen Belangen ist er durchaus vergleichbar mit dem Tier, und der Tierversuch hat denn

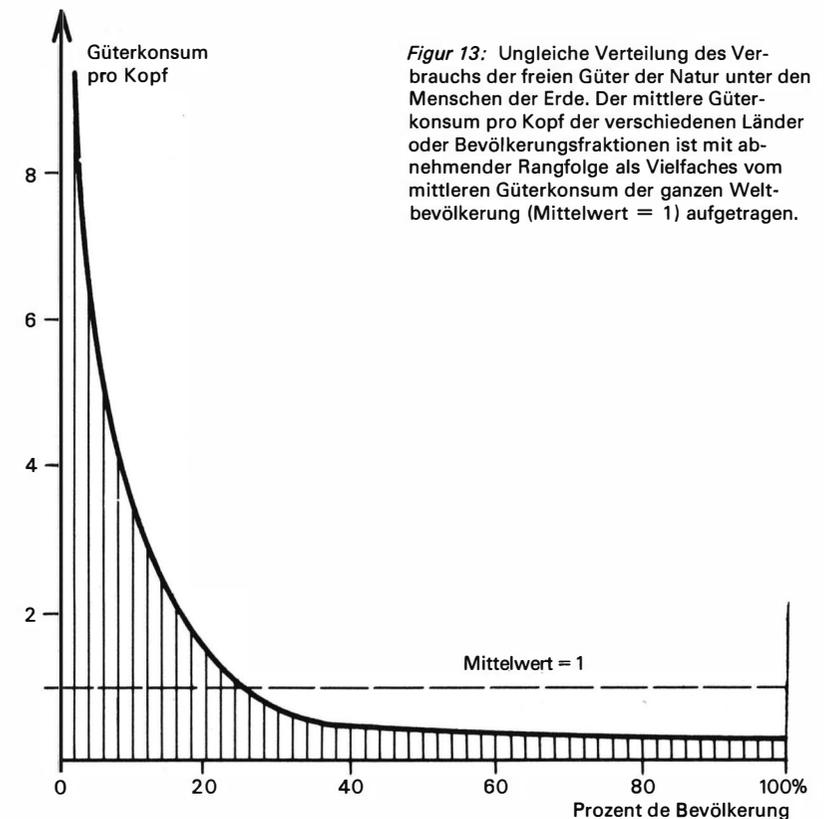
auch immer wieder seine Berechtigung in allen Fällen, wo diese Vorausschau nicht zum Spielen kommt oder wo getestet werden soll, wohin Handeln ohne Vorausschau führt. Nun haben wir genügend Tierversuche, die zeigen, welche Entwicklung eine Population nimmt, wenn sie sich auf beschränktem Raum ohne natürliche Feinde vermehrt. (Siehe hiezu Einschaltung: «Die Hirsche und ihre Feinde».)

Obwohl es nicht in der Absicht des Verfassers liegt, die Verteilungsprobleme der Raumschiffökonomie in diesem Buch zu besprechen, soll im Zusammenhang mit der Bevölkerungszahl doch ausnahmsweise darauf eingetreten werden. Wenn wir uns nämlich fragen, wieviel jeder Einzelne die Umwelt belastet bzw. die nicht erneuerbaren Güter abbaut, dann ist die Verteilung höchst ungleich. Innerhalb einer Stadt oder eines Landes ergeben sich ähnliche Unterschiede wie bei der Weltbevölkerung als Gesamtheit. In Figur 13 ist ein Versuch unternommen worden, den Pro-Kopf-Verbrauch von Gütern der industrialisierten, reichen und der armen Länder aufzutragen. Auf der Horizontalen ist die gesamte Weltbevölkerung von Null bis 100 % aufgetragen, aber in abnehmender Reihenfolge ihres Verbrauches. Wie man aus Einzelangaben (etwa: ein Land mit einem Bevölkerungsanteil von b Prozent verbraucht g Prozent eines Rohstoffes) zu der durchschnittlichen Pro-Kopf-Intensität eines Volkes gelangt, ist im Anhang (Gleichung 46) dargestellt. Es sind statistische Einzelangaben dieser Art, die uns die Punkte auf der Kurve ergeben. Die Hauptschwierigkeit liegt allerdings in der Auswahl bzw. der Gewichtung verschiedener Güter oder Betriebsmittel. Es zeigt sich aber bald, daß der Unterschied von wichtigen Ressourcen – z. B. der einmalige Verbrauch von fossilen Brennstoffen – zu demjenigen des in monetären Einheiten gemessenen Sozialproduktes* nicht stark voneinander abweicht. Die hier dargestellte Kurve – die zu verfeinern höchst verdienstvoll wäre – ist aus

* Die Wechselkurse für die Sozialprodukte wurden ja vor allem aus dem Vergleich von austauschbaren Güterquantitäten festgelegt.

Werten über Verbrauch von Erdöl, Stahl, Energie, und dem Lebensstandard, also dem pro Kopf bezogenen Bruttosozialprodukt, entstanden.

Die schraffierte Fläche in Figur 13 stellt ein Maß für den gesamten Güterverbrauch der Weltbevölkerung dar. Aus einem Vergleich von Teilflächen läßt sich unter anderem folgendes herauslesen:



- Rund 6 % der größten Verbraucher (USA) konsumieren 30 bis 40 % der Ressourcen. Alle Entwicklungsländer, also zwei Drittel der Weltbevölkerung, teilen sich in rund 12,5 % aller Güter.
- Wollte man bei gegebener Ungleichheit auch die Entwicklungsländer bis zum heutigen Stand der Industrieländer anheben, so würde das einem 13- bis 15mal größeren Umsatz an Gütern entsprechen. Dies wäre für die Biosphäre als Gesamtheit so belastend, wie wenn heute in jedem Land 13- bis 15mal mehr Menschen mit dem gegenwärtigen Standard leben würden.

Wenn sich ein industrialisiertes Land damit brüstet, daß seine Bevölkerung jährlich nur um einen Prozent zunehme, während gewisse unterentwickelte Völker ein dreiprozentiges Wachstum aufweisen, so muß man sich gleichzeitig bewußt werden, daß der Mensch eines hochindustrialisierten Landes in seinem Leben, unter Berücksichtigung der längeren Lebenserwartung, rund 25mal mehr von den nicht erneuerbaren Ressourcen konsumieren wird als ein Kind eines unterentwickelten Landes. Gesamthaft gelangen wir zur Erkenntnis, daß in der sogenannten Entwicklungshilfe, wie sie jetzt praktiziert wird (raschmöglichste Industrialisierung nach dem Muster der Industrieländer), die bisher «raumschiffgerechten», stabilen Kulturen in ein Ungleichgewicht versetzt werden und ein Prozeß eingeleitet wird, der notwendigerweise in eine Sackgasse führt.

Aber was können wir tun angesichts der sich weitenden Kluft zwischen Armut und verschwenderischem Reichtum? E. F. Schumacher hat hiezu eine recht eindrückliche Antwort gegeben (32): «Armut ist ein nichtssagender quantitativer Begriff. Man sollte dabei qualitative Stufen beachten. Es gibt Elend – materielles und geistiges –, das schrecklich und erniedrigend ist und mittels sinnvollen Produktionsstrebens ausgemerzt werden muß. Dann gibt es Armut, die noch niemandem geschadet hat. Und dann gibt es einen gewissen Wohlstand, und schließlich Reichtum. Aber auch hier sollte man differenzieren

lernen, sollte insbesondere die Grenzen beachten, jenseits derselben der übermäßige Verbrauch, die sinnlose Verschwendung beginnt.» Wir möchten hinzufügen, daß ein sinnvolles Ziel in der Perspektive der Raumschiffökonomie darin bestehen könnte, einerseits denjenigen, die im Elend leben, aus ihrer Not herauszuhelfen, und andererseits in den industrialisierten Ländern dafür zu sorgen, daß der Engpaß überwunden wird, in den wir uns selbst und auch die zu «Entwickelnden» begeben haben. Ein Verzicht auf weiteres Wachstum der Bevölkerung und ihres Umsatzes an materiellen Gütern sowie eine Steigerung unseres zivilisatorischen Wirkungsgrades können zur entscheidenden Voraussetzung werden, daß auch den sogenannten Unterentwickelten der Reichtum an natürlichen Gütern nicht unter ihren Füßen entzogen und ihr Lebensraum durch «exportierte» Umweltbelastungen nicht beeinträchtigt wird.

5.1 Neue Wertvorstellungen

Die im vorhergehenden Teil skizzierten Merkmale einer Raum-schiffökonomie sind strategische Fernziele für einen Staat, einen Kontinent oder für die Menschheit als Ganzes. Bis das Budget der privaten Haushalte, der Gemeinden, der Länder, kurz, das tägliche Handeln im Einklang steht mit diesen Zielen, ist eine ungeheure Arbeit zu leisten. Einig gehen wir mit all denjenigen, die der Auffassung sind, daß diese Kurskorrektur des Fortschrittes nicht ohne eine allgemeine Neubewertung der heute vorhandenen gesellschaftlichen Wertvorstellungen und Fortschrittsziele stattfinden wird. Ein Umdenken, Umschichten von Prioritäten wird vorerst Platz greifen müssen.

Wie aber kann der Mensch seine Wertvorstellungen ändern, welche die Richtung des Handelns wie eine Kompaßnadel festlegen? Salvador de Madariaga hat dazu in einem Aufsatz einmal folgende Gedanken geäußert: Eine menschliche Gesellschaft kann nicht ohne gewisse Bindungen und Verpflichtungen existieren. Daraus resultiert eine Kraft, welche die lebenden Menschen zusammenhält und ordnet, ähnlich wie die Schwerkraft das Universum. Jedes Objekt, das nicht unterstützt ist, fällt zur Erde hin. Und nun folgert er, daß die beiden treibenden Kräfte, welche dieses Schwerefeld in einer menschlichen Gesellschaft herstellen, ihre Quellen einerseits im Wunsch, in der Sehnsucht – Nietzsche würde sagen im «Zuckerbrot» – haben und andererseits in der harten Notwendigkeit, also in der Angst und der Gefährdung – der «Peitsche».

Die Geschichte bestätigt, daß Notzeiten die Menschen oftmals näher zusammengebracht und zu hohen Gemeinschaftsanstrengungen befähigt haben. Hölderlin faßt diesen Sachverhalt zusammen in dem so hoffnungsvollen und tröstlichen Wort: «In der Not wächst das Rettende auch!» Falls die sich abzeichnende ökologische Krise die Menschen wieder zu vermehrtem gemeinsamem Handeln bringen sollte, um in gemeinsamer Anstrengung dieser neuen Lebensbedro-

hung zu begegnen, wäre das wohl eine der hoffnungsvollsten Wendungen, die sich aus Umweltbelastung und Raumverknappung ergeben könnte. Leider steht diesem schönen Bild auch das andere gegenüber, wonach Umweltverschmutzung und Verknappung von Gütern zu neuen zwischenstaatlichen Spannungen und Streitigkeiten, zu einem darwinistischen Überlebenskampf führen könnten.

So schicksalhaft diese Fragen sind, möchten wir ihnen in diesem Stadium der Bewußtseinsbildung nicht weiter nachgehen, sondern uns fragen, welche Fortschrittsziele denn dem heutigen Streben der Industrienationen zugrunde liegen. Wie konnte es dazu kommen, daß das, was gestern noch gut war, morgen schädlich sein soll? Die naheliegendste Erklärung bietet uns die geschichtliche Erfahrung: Seit der industriellen Revolution, also seit gut 100 Jahren, ist es immer breiteren Bevölkerungsschichten und vor allem auch sehr viel mehr Menschen möglich geworden, über das Existenzminimum hinauszuwachsen. Solange uns Hunger, Krankheit und Kälte plagten, sind alle anderen Ziele zweitrangig, und die Freiheit und Wohlfahrt des Menschen sind stark eingeschränkt. Diese Form des «Zurück zur Natur» verlockt niemanden, und der zunehmende Abstand zu einem elenden Zustand des knappen Überlebens wurde wohl mit recht als «Fortschritt» bezeichnet und als öffentliches Anliegen anerkannt.

Inzwischen hat aber dieses ursprünglich sicher gerechtfertigte Fortschrittsstreben ein Eigenleben angenommen, so daß die Frage «Wieviel Wohlstand braucht der Mensch?» immer dringlicher wird. Von einigem Interesse für unsern Problemkreis ist nun die Tatsache, daß es der industrialisierte Mensch bei einem Wachstum über das Existenzminimum hinaus nicht bewenden ließ, sondern sich darüber hinaus immer neuen, erweiterten Zielen zuwandte. Einige Ursachen, die dazu beitragen, mögen in diesem Zusammenhang erwähnt werden, da Erkennen auch hier der erste Schritt zur Hilfe ist.

Ohne Zweifel spielt die *Trägheit* eine gewisse Rolle. Denn die heutigen Zielsetzungen rechtfertigen sich allzu gerne aus ihren früheren echten Beiträgen für die Gesellschaft und bleiben in Gewohnheiten und Gedankenlosigkeiten so lange bestehen, bis Sinn zu Unsinn, Wohltat zur Plage wird. Die Tatsache, daß wir alle im Kleinen verankert sind, daß uns das Näherliegende wichtiger erscheint als das Ferne, das taktische Ziel von morgen wichtiger als das strategische von übermorgen, trägt wesentlich zu diesem schlechten Funktionieren der Steuerungsmechanismen bei. Wenn um uns herum die technisch beeinflusste Umwelt sich ändert, z. B. einfach alles «wächst», so glauben wir, das sei natürlich. Erst der Vergleich der menschengemachten Fortschrittsgeschwindigkeit mit derjenigen der natürlichen Evolution bringt uns zur Ernüchterung. Dazu kommt die Tatsache, daß frühere «dunkle Zeiten» Wandel und Wachstum in diesem Ausmaß gar nicht kannten und viele daraus schließen, daß darin das wesentliche Qualitätsmerkmal der neuen Zeit liege. Andererseits könnten wir aus der Geschichte lernen, daß wir Menschen immer geneigt sind, Tatsachen und Gedanken zu verdrängen, die unser Weltbild erschüttern oder die soziale Ordnung verändern. Vielleicht ist dies sogar ein gesundes, «stabilisierendes» Prinzip, nur muß es dort überwunden werden, wo uns die Vorausschau eines Besseren belehrt.

Die *Reklame* und die hinter ihr stehenden Kräfte tragen ebenfalls ihren Teil dazu bei, die ursprünglichen Sehnsüchte durch immer weitere «Bedürfnisse» auszuwechseln, und zwar zu einem solchen Grad, daß sie heute oftmals in keiner Beziehung mehr zu den eigentlichen Lebensnotwendigkeiten stehen. Galbraith formuliert diesen Sachverhalt treffend und sarkastisch zugleich (33): «Das Verbindungsglied zwischen Produktion und Wünschen wird durch die moderne Reklame und Verkaufstechnik hergestellt. Diese können nicht versöhnt werden mit der Auffassung von unabhängig entstandenen Wünschen, denn ihre zentrale Funktion besteht ja darin, neue Wünsche entstehen zu lassen, Verlangen zu schaffen, das bisher nicht existiert hat.»

(Siehe hierzu auch Einschaltung. «Die Wohlstandsgesellschaft gibt sich fortschrittlich».)

Als Ingenieur oder Planer, Stimmbürger oder Vater hätten wir vielleicht wenig Veranlassung, diese parkinsonschen Fortsätze eines ehemals gerechtfertigten Fortschrittsdenkens zu kritisieren – es sei denn aus weltanschaulichen oder religiösen Gründen –, wenn dieses Streben nach mehr und höheren Produkten nicht einherginge mit einer steigenden Belastung der natürlichen Umwelt. Von dieser Seite ist ein Plafond gesetzt, der bei zunehmendem Druck gegen diese Grenzen die Qualität des Lebens *ebenso sehr* beeinträchtigen kann wie ein Absinken des Lebensunterhaltes unter das Existenzminimum.

Entscheidend ist hierbei noch die Tatsache, daß Kinder und Ungeborene, also diejenigen, die heute noch nicht mitreden und mitbestimmen können, davon härter betroffen werden als wir, die wir heute als Erwachsene die Entwicklung bestimmen. Früher war das nicht der Fall. Da gab es nur eine «gefährliche Grenze», und alles, was dazu beitrug, Abstand davon zu gewinnen, konnte auch als Beitrag für die Nachfahren angesehen werden. Die Sorge um das Wohlergehen der Kinder mag sogar einen wesentlichen Impuls auf die bisherige Fortschrittsgeschwindigkeit ausgeübt haben, und das Versprechen, daß die Gesellschaft auf lange Frist zu «besseren» Lebensbedingungen kommen werde, hat für manche Regierungsentscheide als Stütze dienen müssen. Auf der Suche nach dem neuen Kurs, den das schwere, aber immer schneller werdende Schiff des menschlichen Fortschritts einschlagen soll, wird es somit immer klarer, daß das anzuvisierende Ziel zwischen den Abgründen des Existenzminimums und jenen der Umweltübernutzung, also zwischen Armut und Verschwendung liegen muss.

Wie schnell kann sich eine solche Kurskorrektur vollziehen? Es liegt weder in unserem Vermögen noch in unserem Interesse, das vorwärtsdrängende Gefährt des industriellen Wachstums und des Güterflusses ganz plötzlich und un stetig abzubrem sen bzw. umzu-

lenken. Die S-förmige Kurve von Figur 7 entspricht eher unseren Vorstellungen. Um diesen Prozeß aber sofort einzuleiten, genügt es, wenn – marktwirtschaftlich gesprochen – die sozialen Kosten vermehrt internalisiert werden*. Im Verkehrswesen bedeutet dies beispielsweise, daß nicht nur die Kosten des Straßen- oder Pistenbaus in Rechnung gestellt werden, sondern auch der Schaden, den die von den Emissionen des entstehenden Verkehrs Betroffenen erleiden.

Diese «umfassendere Definition des Systems», wie sich der Ökonom ausdrücken würde, hat seine Parallelen auf geistigem Gebiet: Wir müssen uns wieder vermehrt auf den umfassenden Begriff der Wohlfahrt oder der langfristigen Qualität des Lebens besinnen, anstelle des engen marktwirtschaftlichen Maßstabes, nämlich des sogenannten Wohlstandes. Die *Wohlfahrt* des Menschen umfaßt weit mehr als nur die ökonomische Maßzahl des Wohlstandes bzw. Lebensstandards. In diesen Begriffen werden nur Produktion und Konsum, also die Durchflußgeschwindigkeit der Zivilisationsmaschine, und der Reichtum an materiellen Gütern gemessen. Dieser scheinbare materielle Reichtum müßte richtigerweise erst einmal verrechnet werden mit der Verarmung der lebensunterstützenden Umwelt. Hier aber stoßen wir auf Schwierigkeiten. Einmal lassen sich Glück und Leid nicht so einfach messen wie die Zahl von Automobilen oder Fernsehgeräten. Außerdem ist es schwer zu quantifizieren, was uns und unsere Nachfahren eine Abnahme der Stabilität unserer Ökosysteme, z. B. durch den unwiederbringlichen Verlust von ausgerotteten Tieren und Pflanzen, wirklich kostet. Wir werden nicht darum herum kommen, so etwas wie Weisheit, Maß und menschliches Empfinden, gepaart mit Vernunft und Vorausschau, walten zu lassen. Aus dieser Schau gehören zur Wohlfahrt eben auch so scheinbar nebensächliche Dinge wie Freude an frischer Luft und reinem Wasser, unverschmutzte Landschaften,

* Eine umfassende Theorie und beeindruckende Ansätze hiezu hat K. W. Kapp bereits in den fünfziger Jahren geliefert, vor allem durch sein Werk: «Über die volkswirtschaftlichen Kosten der Privatwirtschaft» (34).

Die Wohlstandsgesellschaft gibt sich fortschrittlich

Mit dem nachfolgenden Text wirbt ein Reklamebüro für seine eigenen Dienste (NZZ, 20. September 1971). Wenn die hier öffentlich zum Ausdruck gebrachte «Lebensauffassung» weiterhin professionell gepflegt und nicht ernsthaft kritisiert wird, ist es schlimm um unsere Gesellschaft bestellt.

«Die Lebensauffassung des Menschen hat sich geändert. Er strebt nach Besitz. Nach Anerkennung. Die puritanischen Hemmungen sind abgestreift. Schönes Leben, Genießen, Konsumieren werden nicht mehr einem unmoralischen Lebenswandel gleichgesetzt. Das Leben ist kurz und verdient es, gelebt zu werden. Dazu verhelfen in vermehrtem Maß die materiellen Werte.

Der Mensch des 20. Jahrhunderts gibt sich fortschrittlich. Er befreit sich von Traditionen. Sein Drang nach Veränderung hat den psychologischen Alterungsprozeß der Produkte auf dem Markt stark beschleunigt. Das Wort ‚neu‘ hat in der Werbung noch nichts von seiner magischen Ausstrahlungskraft verloren. Im Gegenteil: Alte Konsumgewohnheiten werden radikal geändert. Markenartikel wechseln ihre Verpackungen nach dem jeweiligen Trend neuester graphischer Ausdrucksformen. Traditionelle Produkte sind weniger gefragt. Alles wird auf neu getrimmt.

Ich will nicht bestreiten, daß viele Unternehmer, gewollt oder ungewollt, eine geplante Obsolenz verfolgen. Dieser sind jedoch vom Markte her Grenzen gesetzt. Obsolenz (lateinisch Verödung) bedeutet Schrottreife. Tatsächliche, nämlich qualitativ bedingte, einerseits und vermeintliche, nämlich bewußt erzeugte psychologische, andererseits. Also: Ein Auto beispielsweise für qualitativ bedingte und modische Schuhe als bewußt erzeugte.

Die qualitative Obsolenz hat ihren Ursprung im berechtigten Versuch des Unternehmers, nahezu gesättigte Märkte durch die Reduktion der Verwendungszeit eines Produktes auszuweiten. Allzu lange huldigte der Produzent einem übertriebenen Materialperfektionismus, der dazu führte, daß für bestimmte Produkte zu hochwertiges, lies: zu dauerhaftes Material verwendet wurde. Die Preise waren entsprechend hoch. Die qualitative Obsolenz stimmt sämtliche Komponenten eines Produktes aufeinander ab; sie werden gleichzeitig schrottreif, und es entsteht ein Ersatzbedarf.

Die Lebensdauer eines Produktes ist natürlich für den Käufer nicht das einzige Entscheidungskriterium. Wesentlich erscheint mir aber, daß die ideelle Bindung zu den materiellen Gütern heute weniger intensiv ist als früher. Ganz ausgeprägt bei der jüngeren und jüngsten Generation. Der Mensch will ja möglichst viele der angebotenen Güter sein eigen nennen, die ihm helfen, das Leben lebenswerter zu gestalten. Teure Produkte aber absorbieren die Kaufkraft und verunmöglichen einen umfassenden Besitz.

In der heutigen Wohlstandsgesellschaft ist es praktisch jedem möglich, ein Einkommen zu erzielen, das wesentlich über dem Existenzminimum liegt. Eine Reihe von sozialen Einrichtungen befreit den Einzelnen von jeglichen Existenzsorgen. Dazu tritt der sich täglich erneuernde Glaube an die Zukunft. Es scheint, als würde der Fortschrittsglaube dank der technischen, wirtschaftlichen und sozialen Dynamik zum Motor wirtschaftlichen Wachstums schlechthin.»

Ruhe, natürliche Erholungsräume, Privatsphäre, Verbundenheit mit den Mitmenschen und der belebten Natur.

Ein weiterer Beitrag zu einer Lenkung des Fortschrittes in einen raumschiffgerechteren Zustand besteht in der Abwendung des Denkens von bloßen *Quantitäten* und seiner Hinwendung zu echten *Qualitäten*. Nur eine innere Bindung an die Dinge des Gebrauchs könnte die heutigen Konsumgewohnheiten ändern; diese «Anhänglichkeit» muß aber durch qualitative, das Gefühl ansprechende Werte erzeugt werden. Also beispielsweise besser gearbeitete, langdauernde Hauseinrichtungen und weniger Wegwerfgegenstände, mehr handwerkliche Erzeugnisse und weniger Industrieware, Silberbesteck statt Plastikgabeln! Wir sind uns bewußt, daß der Trend zurzeit in der entgegengesetzten Richtung läuft. Denn so dachte unsere Großmutter, aber nicht der moderne Mensch der Wohlstandsgesellschaft – es sei denn, er würdige auch die Kulturgegenstände der «Großmutter» zur modischen Staffage herab.

Wenn wir schon am Aufwerten des «Gestrigen» sind – weil es eben zukunftsgerechter ist als viele neue Errungenschaften –, so müßten an dieser Stelle auch die immateriellen oder geistigen Güter erwähnt werden. Geistige Leistungen, sei das im Bereich der Künste, der Religion, Philosophie oder bloß des freundschaftlichen Gespräches, sind wahrer Gewinn und belasten die Umwelt denkbar wenig. Gerade hier zeigt sich aber der Zusammenhang zwischen den neuen Wertvorstellungen und der sogenannten Wertschöpfung im ökonomischen Sinn recht übersichtlich. Als Arbeit bezeichnen wir alles, was Werte schafft. Wenn wir den Besitz von Dingen als Wert empfinden, werden eben auch nur Dinge erschaffen. Wenn wir das Immaterielle, also den geistigen Austausch, das Kunstschaffen, das Streben nach Erleuchtung, Bewußtsein, Erkenntnis, aber auch das Planen, Lernen, Experimentieren, Spielen, Unterhalten, hoch einstufen, werden mehr immaterielle Werte geschaffen. «Arbeit» bleibt trotzdem vorhanden. Die immer wieder zitierte Gefahr, daß das sogenannte Nullwachstum des

Güterflusses zu Arbeitslosigkeit führe, muß, mindestens mit diesen beiden Teilzielen der Wertumlagerung (Qualität statt Quantität und immaterielle Werte anstelle von materiellen), nicht befürchtet werden.

Lange genug haben wir all den Mitmenschen und Vorfahren unrecht getan, die sich mutig und unentwegt für jene Ziele und Werte eingesetzt haben, die uns heute aus der Sackgasse herausführen könnten. Dabei ist es unwesentlich, ob ihre Motivation eher einem intuitiven Gefühl für das Dauerhafte, Bleibende, Natürliche, Harmonische entsprang oder der Ehrfurcht vor der Schöpfung, gepaart mit einer ethischen Grundhaltung von Demut und Bescheidenheit. Alle diese Tugenden, diese Wertvorstellungen sind verankert in dem, was wir nun als wesentliche Voraussetzungen für ein raumschiffgerechtes Leben erkennen lernen.

Erst jetzt wird, gewissermaßen mit wissenschaftlicher Strenge, erkannt, daß das instinktive und gesunde Gefühl vieler Menschen gerechtfertigt ist, wonach eine Gewässer- und Luftverunreinigung nicht als ein bloßer Schönheitsfehler abgetan werden darf, sondern als Zeichen einer überlasteten Umwelt, einer Fehlentwicklung gewertet werden muß. Liebe zur Harmonie in der natürlichen Umwelt, Freude an der Vielfalt und Verflochtenheit, Abneigung gegenüber Raubbau und Verletzung der Landschaft, gegen Verdrängung von Tieren und Pflanzen und brutale technische Eingriffe erweisen sich je länger, je mehr als diejenigen gesunden Empfindungen, die erst ein dauerndes Leben ermöglichen. Wie zeitgemäß wird in diesem Zusammenhang erneut das große Wort des englischen Philosophen Francis Bacon, der nach seinem Bruch mit dem Buchstabenwissen der mittelalterlichen Scholastik und nach eigenem Studium der Natur seine Erkenntnis im Ausspruch zusammengefaßt hat: «Wir können die Natur nie beherrschen, es sei denn, daß wir ihr gehorchen.» Das führt uns zum Thema des nächsten Kapitels.

5.2 Mensch und Natur

Ohne daß das gestörte Verhältnis zwischen Mensch und Umwelt oder Mensch und Natur wieder auf eine Basis gestellt wird, die ein dauerndes Zusammenleben ermöglicht, gibt es keine Entlastung von Umweltproblemen oder von der Lebensraumverknappung. Kaum ein Berufsstand wäre berufener als derjenige des Ingenieurs, hier die neue zukunftsverträgliche Richtung anzudeuten. Er könnte zum Mittler zwischen der natürlichen Umwelt und den Einrichtungen der Zivilisation werden. Seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse ermöglichen ihm Einblick in die Gesetze der Natur; als Erfinder, als Mann der Technik ist er befähigt, die Natur zu bändigen, sie dem Menschen nutzbar zu machen. Als Mensch aber muß er sich selbst jederzeit auch als Bestandteil des naturgegebenen Lebensraumes verstehen, ist ihm physisch verbunden und weiß, daß er sich nur mit enormem Aufwand (etwa durch Raumschiffe) vorübergehend von ihm distanzieren kann.

Wenn die Menschheit auf diesem Planeten noch einige Jahrhunderte überlebt, so wird die Wende um das Jahr 2000 n. Chr. durch künftige Geschichtsschreiber ohne Zweifel als Wende im Verhältnis zwischen Mensch und Natur bezeichnet werden. Die Technik des 19. und 20. Jahrhunderts wird aus diesem Rückblick mit großer Wahrscheinlichkeit charakterisiert werden als eine zunehmend brutalere und gewalttätigere, als eine verdrängende, ungeduldige, zerstörerische Kraft. Die Wende wird dadurch gekennzeichnet sein, daß der Mensch erneut lernt, *mit* der Natur und nicht *wider* die Natur zu leben, zu bauen, zu pflanzen, zu gestalten. Das damit einhergehende Umdenken im Umgang mit der Natur wird ähnliche Züge aufweisen wie der Gesinnungswandel des rebellierenden Jünglings, wenn er erwachsen wird: Ganz wie dieser seine Kraft nicht mehr an den Eltern mißt, wenn er ins Mannesalter kommt, wie sich seine Reife gerade darin kund tut, daß er sie, im Vollbesitz seiner Kräfte, rücksichts- und liebevoll behandelt, so muß auch der Mensch des 20. Jahrhunderts lernen, daß

es heute – im Gegensatz zu früher – keine Herausforderung mehr ist, die Natur zu bändigen. Er ist der Stärkere. Er kann sie verdrängen, verändern, manipulieren, dominieren, wenn das in seiner Absicht liegt. Viel anspruchsvoller wird es sein, mit Rücksicht auf die verletzliche Umwelt fortzuschreiten und im Auge zu behalten, daß Mensch und Umwelt eine untrennbare Einheit darstellen.

Die Geisteshaltung, die dem Ingenieur und der Technik der Zukunft eigen sein muß, wenn *dauerndes* Leben das Ziel sein soll, liegt im gewaltlosen, organischen, behutsamen, umsichtigen, geduldigen Umgang mit der Natur. Wie weit entfernt wir heute noch von einer solchen Einstellung sind, welcher Umdenkungsprozeß noch notwendig sein wird, mögen die nachfolgenden Beispiele illustrieren. Beispiele, wie sie in jeder Zeitung heute noch weitgehend unwidersprochen zum Ausdruck kommen. Beispiele, die uns aber auch zeigen, wie anthropozentrisch unser Weltbild noch ist. Ähnlich wie der abendländische Mensch des 17. Jahrhunderts Mühe hatte zu begreifen, daß die Erde nicht das Zentrum des Universums ist, um das alle Gestirne kreisen, fällt es uns heute schwer zu erkennen, daß die Natur ihre Eigengesetzlichkeiten hat, die nicht auf die Wertmaßstäbe des industriellen, fortschrittsgläubigen Menschen unseres Jahrhunderts ausgerichtet sind.

«Die Reuß muß korrigiert werden», sagt ein Baudirektor, wenn der eigenwillige Fluß einer neu zu bauenden Autobahn im Wege steht. «Korrigieren?» Welche Anmaßung! Der Fluß war schließlich dort, bevor das Auto kam. «Der natürliche Flußlauf muß dem Automobil geopfert werden», wäre eine viel objektivere und weniger anthropozentrische Ausdrucksweise dieses Sachverhaltes.

Lesen wir den nachfolgenden Zeitungsartikel (35) einmal unter dem Gesichtspunkt einer Technik, die mit der Natur und nicht wider die Natur gestalten soll. Schon der Titel ist bezeichnend für die Zeit, in der

wir leben: «Beschädigung von Flugzeugen durch Vögel». (Daß Flugzeuge auch Vögel beschädigen, wird als Gedanke verdrängt.)

«Als die Flugzeuge noch mit kleinen Geschwindigkeiten flogen, hatten die Vögel, gewarnt durch die vom Flugzeug vor sich hergestoßene Druckwelle, eine Chance, rechtzeitig auszuweichen. Aber das Düsenflugzeug nähert sich mit so hohen Geschwindigkeiten, daß die Vögel im Moment, da sie die Gefahr wahrnehmen, keine Möglichkeit mehr haben, ihr auszuweichen. Nicht nur mit den zunehmenden Geschwindigkeiten, auch mit dem sprunghaften Anwachsen des Luftverkehrs und der Flugzeugausmaße vervielfachen sich die Kollisionsmöglichkeiten. Beträgt z. B. der Durchmesser eines Caravelle-Triebwerkes noch weniger als einen Meter, so mißt die Lufteintrittsöffnung bei der Boeing 747 fast das Dreifache, nämlich etwa zweieinhalb Meter. Wie gefährlich selbst kleine Vögel für diese Düsengiganten sein können, ergibt sich aus kanadischen Untersuchungen, bei denen festgestellt wurde, daß ein Düsentriebwerk zwei Stare durchaus verdauen kann, daß aber bereits vier Stare in der Mehrzahl der Fälle zu einem Triebwerkausfall führen.

Sehr eindrücklich veranschaulichen uns einige Zahlen, wie hart ‚weiche‘ Vögel sein können. Der Aufschlag einer zwei Kilo wiegenden Seemöwe auf ein mit 600 km/Std. fliegendes Flugzeug hat die Wirkung von etwa 14 Tonnen; bei 1000 km/Std., der Reisegeschwindigkeit der Düsenflugzeuge, entspricht er sogar 57 Tonnen! Für die Verhinderung und Verminderung von Vogelschäden wurden in Flughafenzonen verschiedene Maßnahmen entwickelt. Sie bestehen eigentlich darin, im Flughafengebiet die Vögel durch Entzug der Nahrungsgrundlage zu vergrämen oder durch technische Maßnahmen zu verscheuchen. Voraussetzung für erfolgreiche Maßnahmen dieser Art war eine eingehende synökologische Untersuchung einer großen Anzahl Flugplätze. Eine Gruppe von Ornithologen und Biologen wurde beauftragt, das Klima, Hydrologie, Bodenbeschaffung, Vegetation und die Vogelwelt der Flughafenzonen zu untersuchen. Aneinem Beispiel erläutert:

Durch eine mehrjährige Dauerbeobachtung von Vögeln auf Flugplätzen weiß man, daß z. B. Stare auf bestimmten Grasflächen immer wieder einfallen und dort nach Nahrung suchen. Hier kommt es also darauf an, durch entsprechende Behandlung der Grasnarbe mit Hilfe spezieller landwirtschaftlicher Arbeitsmethoden sowie durch Unkraut- und Insektenbekämpfung diesem Vogeleinfall zu begegnen. Die Anpflanzung von Mais ist z. B. nicht nur wegen der sichtbehindernden Höhe, sondern auch wegen des Anlockens von Vögeln zu unterlassen. Neben diesen landwirtschaftlichen Maßnahmen mußten frucht- und beeren tragende Sträucher und Hölzer entfernt werden.»

Früher war die schönste Vorbereitung auf den Winter ein gefüllter Speicher. Da durfte es dann ruhig schneien, bis alles zur Ruhe kam. Und wie friedlich, wie wohltuend still ist eine tiefverschneite Winterlandschaft! Heute bereitet man sich mit Streusalz auf den Winter vor, um ihn überall zu vertreiben, wo er unserer Geschäftigkeit im Wege steht. «Unser Streusalzlager ist Ende Jahr so groß wie noch nie», brüsten sich die Rheinsalinenwerke (30. Dezember 1970). «Nicht nur haben sich viele Konsumenten bereits im Sommer eingedeckt, so daß die Autobahnwerkhöfe über große Reserven verfügen, auch liegen 30 000 Tonnen in unseren großen Hallen zum Verkauf bereit. Alles in allem dürfte uns der Winter dieses Jahr keine Schwierigkeiten bringen; die schlechten Erfahrungen des letzten Jahres und unsere Propaganda haben dafür gesorgt, daß alle Konsumenten vorgesorgt haben.»

Die Einstellung, daß der Mensch die Natur bezwingen muß, um Fortschritt zu schaffen, wird den Kindern oftmals schon in der Schule auf die unmerklichste Art und Weise beigebracht. So subtil sogar, daß den wenigsten Eltern die Problematik bewußt wird. Ein Beispiel aus unseren Erlebnissen in den USA (1969): In der dritten Klasse wird in der Heimatkunde «die Straße» behandelt. Als Textbuch benützt die

Klasse ein Buch (36), das die Straße historisch (evolutionistisch) erklärt: «Zuerst war es nur ein Pfad, den nur Tiere und Indianer benutzen konnten. Als die Siedler kamen, mußten sie erst in mühsamer Arbeit Bäume fällen und den Pfad so ausweiten, daß er breit genug wurde für die von Pferden gezogenen Wagen. Aber diese Straße war noch dreckig und holperig. Als das Auto kam, wurde sie abermals erweitert, besser bepflastert und sicherer gemacht. Mit modernen Geräten und viel Geld machte man den gewundenen, eigenwilligen Weg endlich gerade, durchschnitt Hügel und füllte Täler, damit sie bequemer, sicherer und schneller wurde. Heute ist aus dem mühsamen Pfad die herrliche Autobahn geworden, die jedermann genießen kann.»

Im Zusammenhang mit dem Kampf um höhere Lastwagenmaße und Gewichte sowie der Geschwindigkeitsbegrenzung auf der Straße sind Zeitungsbeiträge erschienen, die es verdienen, als Zeitdokumente festgehalten zu werden, besonders diejenigen, die ihre Ziele mit dem «Fortschritt» begründen. «. . . Seit 15 Jahren wurden die zulässigen Lastwagengewichte nicht mehr erhöht . . . In der Zwischenzeit ist die Technik aber fortgeschritten. Weitblickende Nationalräte sind bereit, die Gesamtgewichte der Anhängerzüge von heute 26 auf 32 Tonnen zu erhöhen. Aber noch gibt es weite Kreise, die diesen Fortschritt auf zwei Tonnen, also bloße 28 Tonnen Gesamtgewicht, beschränken wollen . . . Ein neues Gesetz mit 32 Tonnen für den Anhängerzug ist schon seit einiger Zeit zu einer technischen und wirtschaftlichen Notwendigkeit geworden.» Fortschritt wohin? Was ist vorne, was hinten? Ist größer, schwerer, schneller immer Fortschritt? Ist derjenige, der die Einsicht und die Kraft hat, zu einer gedankenlosen Steigerung bisheriger Trends nein zu sagen, so viel rückständiger, gestriger?

Wie unkritisch der Begriff «Sport» heute noch verwendet wird, läßt sich aus einem Werbeprospekt eines (vorläufig noch) berühmten alpinen Bergkurortes entnehmen. Hier wird ganz folgerichtig aufge-

zeigt, daß Ferien an diesem Ort auch die sportliche Betätigung begünstigen. Die Liste der Möglichkeiten zeigt denn auch eine Art Steigerung, beginnend mit Bergwandern, Schwimmen, Tennis, Reiten usw., und endet bei Schießen, Motorbootfahren und Motorfliegen. Die Halter dieses Gebirgsflugplatzes werben denn auch auffällig für ihren Umsatz mit folgenden Worten: «Kein Sport kommt an kosmopolitischer Großartigkeit dem Luftsport gleich, keiner verlangt wie er in jeder Beziehung, wie man sagt, ‚ganze Kerle‘.» Hiezu gehört noch ein Bild, das einige Damen zeigt, die bewundernd ihren Helden beobachten, wie er im Fliegeranzug ins Cockpit steigt. Wieviel gewaltloser, natürlicher, rücksichtsvoller, organischer nimmt sich daneben ein Segelflugzeug (mit Seilwinde gestartet), ein Segel- oder Ruderboot aus! Ob Schwimmen, Kunstturnen, Leichtathletik, Ballspiele und Bergwandern nicht ebenso wertvolle Menschen zu begeistern vermögen wie diejenigen, die hinter Steuerrad und Gaspedal die höchste Herausforderung finden? Alles hängt mit unsern Wertmaßstäben und Wertvorstellungen zusammen, auch die Frage, wem mehr Prestige und Anerkennung gebührt. Unserer Jugend möchten wir es gönnen, daß ihre Helden und Vorbilder sich in Zukunft immer mehr durch eine Art Ritterlichkeit gegenüber der Natur auszeichnen. Das sind die Ideale, die in der Zukunft Bestand haben werden, für die einzusetzen es sich lohnt.

Diese Gedanken und Zitate führen uns wieder auf die ursprünglichen Auseinandersetzungen von Mensch und Natur zurück. Früher war die Natur mit ihren Zufälligkeiten und Launen noch allmächtig gegenüber dem hilflosen, nackten Menschen. Hungersnöte, Schneestürme, Wolkenbrüche, gefährliche Höhlenbären und lautlose Schlangen, pesttragende Insekten und giftige Pflanzen waren alle auch Bestandteile der natürlichen Umwelt! Aus dieser Sicht gesehen ist der zunehmende Schutz vor diesen Gefahren ein echter kultureller Fortschritt, und es fiel niemandem ein, diese Errungenschaften der Zivilisation wieder rückgängig machen zu wollen. Der Kornspeicher und die

Lawinerverbauung, die warme Hütte und die Haustiere, der Obstgarten und der Blitzableiter, sie alle sind verträglich mit einem dauernden Fortbestand des Menschen in einer stabilen natürlichen Umwelt. Es ist auch hier nur eine Frage des Maßes, der Verhältnismäßigkeit unserer Eingriffe in die Natur.

Daß wir aber Gefahr laufen, über das Angemessene hinauszuschließen, wird uns gerade angesichts der vielen Bedrohungen, denen unsere Vorfahren noch vor wenigen Menschenleben ausgesetzt waren, verständlich. Um so mehr ist es die Aufgabe unserer Generation, den Fortschritt, wie ihn etwa Goethes Faust gepriesen hat, zu relativieren, neu zu formulieren. Wenn der alternde Faust die sinnvollste irdische Tätigkeit darin sah, sich die Naturelemente zu unterwerfen und sie zu bändigen, Land urbar zu machen, zu kolonisieren, und wenn Philemon zu seiner Baucis sagen konnte:

«Kluger Herren kühne Knechte
Gruben Gräben, dämmten ein,
Schmälernten des Meeres Rechte,
Herrn an seiner Statt zu sein.» (Faust II, 5. Akt),

so wird uns Menschen an der Schwelle des dritten Jahrtausends die Aufgabe zufallen, des Meeres Rechte zu vertreten, als Anwalt der Natur zu amten und dafür zu sorgen, daß wir auf die Dauer in Harmonie mit ihr leben können.

Seit der Aufklärung war die Eroberung der Natur des europäischen Menschen höchstes Ziel. Können wir die archetypischen Vorbilder, die kulturellen Vorstellungen, die sich im Laufe der Zeit gebildet haben, den neuen Verhältnissen anpassen? Wenn wir die gleiche Schaffenskraft, Erfindungsgabe und Ausdauer, die uns diesen gewaltigen Triumph über die Kräfte der Natur ermöglicht haben, für die neuen Aufgaben einsetzen, so braucht auch die Zukunft nicht zu einer bedrückenden Vision zu werden, sondern viel eher zu einer hoffnungsvollen Herausforderung.

5.3 Der Freiheitsbereich in der Zukunft

In einer langfristigen Schau läßt sich mit zwingender Logik zeigen, daß das menschliche Überleben auf dem Raumschiff Erde nur möglich ist durch einen allmählichen Verzicht auf weiteres unkontrolliertes Wachstum, verbunden mit einem Übergang zu stationären geschlossenen Kreislaufprozessen. Eine solche Zielsetzung muß all jenen, deren einziger Maßstab für Fortschritt im nie endenden technisch-wirtschaftlichen Wachstum besteht, wie eine Hiobsbotschaft erscheinen. Diese Beschränkung bedeutet für sie vorerst Stagnation, Rückschritt («Stillstand ist Rückschritt»), Zerfall oder bestenfalls Langeweile. Dazu kommt noch, daß dieses «Abbremsen» einherginge mit neugesetzten Grenzen für die weitere materielle Expansion. Damit würde das Gespenst einer «untolerierbaren» Beschränkung der Freiheit – z. B. der Handels- und Gewerbefreiheit – heraufbeschworen. Dies stünde aber im Widerspruch zu unserer Verfassung, womit scheinbar bewiesen ist, daß das nicht sein darf.

Die Ausdrücke «Freiheit» und «Beschränkung der Freiheit» werden im Zusammenhang mit Umweltschutz und Raumplanung zu kurzfristig und oftmals ohne Kenntnis der größeren Zusammenhänge verwendet. Zwei Gedankengänge mögen uns die beiden Begriffe von Fortschritt und Freiheit aus der Sicht einer strategischen Betrachtungsweise näher bringen.

Als erstes zeigt sich das Problem des individuellen Reichtums und der daraus entstehenden kollektiven Armut. Überlegen wir uns, welche Zustände einmal im eigenen Land herrschen werden, wenn die bisherige Produktivität und damit der materielle Wohlstand und die Gütermenge ohne Freiheitsbegrenzung bleiben und nach denselben Wachstumsraten ansteigen, wie das in den letzten 170 Jahren der Fall gewesen ist (man vergegenwärtige sich noch einmal die Figuren 5 und 6 im Kapitel 1.5): Wir könnten in zwei Generationen über einen

Lebensstandard verfügen – selbstverständlich unter Benutzung ausländischer Ressourcen –, der es vom technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus ermöglichen würde, daß jeder Erwachsene über ein Auto verfügt (größer, stärker und schneller als die heutigen), jeder Familienvater einen Helikopter besitzt und auch alle Jugendlichen mindestens ein Motorrad und einen Motorschlitten oder ein Motorboot ihr eigen nennen. In jedem Haus könnte ein eigenes Schwimmbad eingebaut werden – vorerst noch offen, später in Halle, geheizt, noch später kombinierbar –. Jede Familie könnte sich ein eigenes Ferienhaus in den Bergen (selbstverständlich alle in «unverbaubarer Lage und landschaftlich unberührter Umgebung») und zusätzlich eine Eigentumswohnung im Süden leisten. Kurz, wir hätten so viele Möglichkeiten, um Bauten zu schaffen und von einem begehrten Ort zum andern zu eilen, daß die so verursachten Verkehrsbelastungen, die Energieproduktion, die Versorgungseinrichtungen und die Zersiedelung gar keine begehrenswerten Orte mehr zuließen. Die Analogie mit der übernutzten Weide drängt sich auf. Erst wenn diese Art der individuellen Freiheit eingedämmt wird zugunsten höherer Rechtsgüter der Gemeinschaft, wird es auch möglich sein, aus der Tyrannei des Wohlstandsdenkens – «je mehr Dinge wir besitzen, um so besser» – auszubrechen und den übergeordneten Zielen der gesellschaftlichen Wohlfahrt den Weg zu öffnen.

Zum zweiten kann uns eine strategische Überschau der technischen Entwicklung zu einem besseren Verständnis für die in Zukunft notwendigen Freiheitsbeschränkungen verhelfen. Die bisherige technische Entwicklung kann angesehen werden als Vorgang der Erschließung größerer Freiheiten für den Menschen. Es handelt sich dabei immer um Freiheiten gegenüber den von der Natur auferlegten Schranken. Die Fortbewegung auf dem Lande oder im Wasser zum Beispiel war ursprünglich so schnell und so weit, wie eine Person zu marschieren oder schwimmen vermochte. Der Luftraum blieb für den Menschen unzugänglich. Hütten, Burgen, Pyramiden waren so groß, wie sie in

einem Menschenleben bestenfalls erbaut werden konnten. In diesem Zustand von beschränkter Zahl von Menschen mit beschränkten technischen Möglichkeiten war es natürlich und sinnvoll, daß jede neu gewonnene Freiheit auch sofort ausgenützt und als Fortschritt gebucht wurde. Im Verlauf dieser technisch-wirtschaftlichen Entwicklung hat nun der Mensch des 20. Jahrhunderts erstmals Grenzen erreicht, wo Wissenschaft und Technik mehr Möglichkeiten und Wege aufdecken, als sinnvollerweise begangen werden dürfen. So geht es in Zukunft um eine bewußte Lenkung des Fortschrittes und nicht mehr um ein schicksalhaftes Drängen weg vom Existenzminimum, von Hunger und Kälte. Die strategische Wende, die sich hier im zivilisatorischen Bereich abzeichnet und hoffentlich den Unterschied zweier Epochen charakterisieren wird, liegt in der einfach auszudrückenden Situation, daß der technische Fortschritt bis anhin vor allem geprägt war durch das «know how» (gewußt wie), in Zukunft aber vermehrt durch das «know what» (gewußt was) gekennzeichnet sein sollte. «Schneller», «weiter», «höher», «größer», «billiger», «mehr» waren früher unangezweifelte Fortschrittsanzeiger. Derjenige Ingenieur, der wußte, wie man diese Grenzen ausweitet, und diejenige Unternehmung, die das wirtschaftlich ermöglichen konnte, waren die gefeierten Pioniere. «Erschließen» war früher eine unbezweifelbare Kulturtat wie Wald roden auch. In Zukunft werden diese Freiheiten begrenzt werden müssen, und die vordringliche Frage wird sein: was dürfen wir verändern, fördern, «entwickeln», ohne unseren beschränkten Lebensraum zu überlasten und die erreichte Wohlfahrt zu beeinträchtigen?

Die neuen Grenzen, die uns eine umweltgerechte Raumschiffökonomie auferlegt, haben wir im 4. Teil darzulegen versucht. So einschneidend uns der Übergang aus unserem eingleisigen Fortschrittsstreben in das stetige System der geschlossenen Kreisläufe vorerst erscheinen mag, so stehen uns, bei einiger Besinnung, gerade dadurch ganz neue und unendlich weite Freiheitsbereiche offen. Denn gerade

der ökologische Druck könnte den industrialisierten Menschen aus seinem einseitigen Streben nach Leistung, Fortschritt und Wachstum befreien und die Voraussetzungen schaffen für die Wiederentdeckung jener geistigen, gesellschaftlichen, künstlerischen und sportlichen Aktivitäten, die es erst rechtfertigen, von Kultur zu sprechen. Nirgends tritt die Einseitigkeit, ja Lebensfeindlichkeit des gedankenlosen wirtschaftlichen Wettrennens deutlicher zutage als in der Art, wie die moderne Wohlstandsgesellschaft die Aspekte des Älterwerdens und des Reifens, aber auch der Krankheit und des Todes verdrängt, die in ihrem der meßbaren Leistung ergebenden System keinen Raum finden. Ohne Einblick in die das Leben bestimmenden ewigen Zyklen, ohne Anerkennung der Werte des Reifens und ohne Einbezug auch des Lebensabends muß sich aber die bloße Leistungsgesellschaft samt ihrer Fähigkeit zur physischen Lebensverlängerung in öder Sinnlosigkeit erschöpfen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal, daß Überbeanspruchung der Umwelt und Raumverknappung nicht so sehr von den metabolischen Bedürfnissen des Menschen herrühren, sondern durch übersteigerten Güterumsatz und technisch oder individuell bedingte Raumansprüche erzeugt werden. Die bedenkenlose Umwelt- und Lebensraumbeanspruchung für Arbeit und Freizeit ist heute oft zehn- bis hundertmal so groß, als sie es bei einer weniger aufwendigen und ökologisch rücksichtsvolleren Lebensführung zu sein brauchte. Wandern, Bergsteigen, Schwimmen und Fischen, Malen, Basteln oder Fotografieren, Lernen und Lesen, Schreiben, Diskutieren, Spielen und Träumen, Pflege von Küche und Garten können dem Menschen oft sinnvollere und befriedigendere Erlebnisse verschaffen als die mit motorischer Energie und entsprechendem Naturverschleiß verbundenen Tätigkeiten, denen der heutige Arbeits- und Freizeitmensch vielfach unterliegt. Man wird hier einwenden, daß der europäische Mensch oder allgemeiner der Homo faber, der rastlos schaffende Mensch, nicht

so leicht und plötzlich zur vermehrten und sinnvollen Freizeitgestaltung oder gar zur «Faulheit» erzogen werden könne. Für den puritanischen Menschen macht eben erst die Arbeit das Leben süß. Auf Arbeit soll und kann auch gar nicht verzichtet werden – jedenfalls braucht mit diesem Übergang zu umweltgerechteren Zuständen keine Arbeitslosigkeit einherzugehen –, doch muß eine Verlagerung stattfinden. Es würden z. B. weniger Leute in den Basisindustrien tätig sein, aber für Gärtner und Landschaftspfleger, für Lehrer aller Art, für Pflegeaufgaben und Verschönerungsberufe vom Kunsthandwerker bis zum Architekten und Planer könnten viele neue Stellen geschaffen werden. Eine ähnliche, ebenso bedeutsame Umlagerung hätte in der wissenschaftlichen Forschung und im Feld der angewandten Technik zu geschehen. Dadurch daß sie sich nicht mehr der bloßen Beherrschung des Menschen und der Natur, sondern ihrer Erhaltung dienstbar machten, könnten sie neue Inhalte gewinnen und ihren Tätigkeitsbereich zum Wohl der menschlichen Gemeinschaft noch erweitern.

Allgemein läßt sich sagen, daß der bloße Übergang vom rein quantitativen zum qualitativen Wachstum bereits ein beachtlicher Schritt zu einem umweltgerechteren Zustand wäre. Wenn jedem Produkt mehr Lebensdauer und mehr Rückgewinnungseigenschaften beigelegt würden, jeder Reise mehr Sinn und Inhalt anstelle von bloßen Kilometern, jedem Bauwerk mehr Schönheit als nur Funktion oder jeder Mahlzeit mehr Vergnügen als Kalorienzufuhr, dann ließe sich der Wandel in eine umweltgerechtere Zukunft vollziehen ohne daß damit eine Erniedrigung der Qualität des Lebens einherginge. Die Wertmaßstäbe, die dabei anzuwenden sind, sollten sich auf den glücklichen Menschen ausrichten und nicht nur auf den materiell erfolgreichen, wie das heute der Fall ist. Denn es besteht berechtigte Hoffnung, daß gerade jene Beschränkungen, die wir aus Postulaten des Umweltschutzes und der Lebensraumverknappung herleiten, auch Anlaß geben könnten für neue Weiten in anderen Lebensbereichen.

Auch in diesen zukunftsgerichteteren Wirtschaftsformen werden Strukturveränderungen nicht ausgeschlossen sein. Möglicherweise wird sich der äußere Wandel wieder langsamer vollziehen, als das heute der Fall ist. Aber auch darin sehen wir nicht nur Nachteile. Wenn man beobachtet, wie Menschen verkrüppelt werden können, die in dauernder Veränderung und in einer unnatürlichen Umwelt leben, und sieht, welche Desorientierung und Verhaltensstörung eine Gesellschaft erfährt, die zu viele Veränderungen, man möchte sagen zuviel Fortschritt, über sich ergehen lassen muß, so erscheint ein langsamer Wandel wie eine Wohltat. Es besteht mindestens die Hoffnung, daß das, was wir gezwungenermaßen tun müssen, um überleben zu können, zur Voraussetzung werden kann für eine Bereicherung des Lebens und eine neue Harmonie mit der natürlichen Umwelt, mit der wir physisch verbunden und in der wir geistig beheimatet sind.

1. Geometrische Reihe (Zinseszins) und Exponentialfunktion

Das Modell des exponentiellen Wachstums läßt sich aus zwei verschiedenen Ansätzen herleiten. Beide sind nützlich für ein besseres Verständnis unseres Fortschrittsstrebens. Der erste Ansatz ergibt sich aus der Definition der dem Exponentialgesetz zugrunde liegenden Differentialgleichung: Wenn eine (Wachstums-) Funktion $q = q(t)$ die Bedingung erfüllt, daß ihre zeitbezogene Zuwachsrates proportional ist zum bereits erreichten Wert, also $q' = \alpha q$, wobei α konstant ist, dann ist $q(t)$ eine Exponentialfunktion von der Form

$$q(t) = q_0 e^{\alpha t} \quad \text{wobei } q(t=0) = q_0 \quad (\text{Gl. 4})$$

Eine zweite Herleitung, die dem Ökonomen vielleicht vertrauter ist, ergibt sich aus einem Zinseszins-Ansatz. Es sei q_0 der gegenwärtige Jahreskonsum einer bestimmten Ressource und p die Zunahme dieses Konsums in Teilen des jeweils aktuellen Betrages. Nach n Jahren wächst diese Konsumintensität an auf einen Wert

$$q_n = q_0 (1 + p)^n \quad (\text{Gl. 5})$$

Der totale Konsum in den nächsten n Jahren ergibt sich als die Summe einer geometrischen Reihe:

$$Q(n) = q_0 + q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1} \quad (\text{Gl. 6})$$

wobei jedes nachfolgende Glied um einen Faktor $(1+p)$ mal größer ist als das vorangehende. Nach der bekannten Summenformel für geometrische Reihen errechnet sich

$$Q(n) = q_0 \frac{(1+p)^n - 1}{(1+p) - 1} = \frac{q_0}{p} [(1+p)^n - 1] \quad (\text{Gl. 7})$$

2. Herleitung des Verknappungsindex

(Zur Definition der Symbole siehe auch Figur 7)

Bezeichnen wir die kritische Zeitspanne, nach der die Vorräte Q_k erschöpft sein werden, mit t_k (in Jahren), so läßt sich aus der Summenformel, Gleichung 7, folgende Bestimmungsgleichung für t_k anschreiben:

$$Q_k = \frac{q_0}{p} [(1+p)^{t_k} - 1] \quad (\text{Gl. 8})$$

Durch Umformen ergibt sich

$$(1+p)^{t_k} = \frac{p \cdot Q_k}{q_0} + 1 \quad (\text{Gl. 9})$$

Durch Logarithmieren dieser Gleichung errechnet sich die Zeitdauer t_k (in Jahren) zu

$$t_k = \frac{\log \left[1 + \frac{p \cdot Q_k}{q_0} \right]}{\log (1+p)} \quad (\text{Gl. 10})$$

Wir wollen nun dieselben Größen Q_k und t_k noch bestimmen unter der Annahme eines kontinuierlichen Wachstumsmodells. Wenn der Zuwachs des Konsums nun statt einmal jährlich in immer kürzeren Intervallen zum bereits vorhandenen Wert geschlagen wird, beispielsweise m mal während eines Jahres, dann wächst die zu Gleichung 5 analog definierte Konsumintensität auf einen Wert

$$q_n = q_0 \left(1 + \frac{p}{m} \right)^{mn} \quad (\text{Gl. 11})$$

Mit einem Grenzübergang läßt sich zeigen, daß für unendlich kleine Intervalle bzw. wenn m gegen unendlich strebt, diese diskrete

geometrische Reihe in eine Exponentialfunktion übergeht von der Form

$$q_n = q_0 e^{pn} \quad (\text{Gl. 12})$$

Die Zahl e ist hierbei wie in Gleichung 4 wiederum die Basis des natürlichen Logarithmus, $e = 2,718$. Gleichung 12 ist identisch mit Gleichung 4, wenn anstelle von n die kontinuierliche Zeitvariable t gesetzt und der Exponent α durch die Zuwachsrate p substituiert wird.

Entsprechend Gleichung 6 gibt sich mit diesem Modell der totale Konsum aus der Integration der Verbrauchsintensität q über eine gewisse Zeitspanne t . Insbesondere errechnet sich der bis heute ($t = 0$) akkumulierte Verbrauch zu

$$Q_0 = q_0 \int_{-\infty}^0 e^{pt} dt = \frac{q_0}{p} \quad (\text{Gl. 13})$$

In t weiteren Jahren wird eine Menge $Q(t)$ verbraucht:

$$Q(t) = q_0 \int_0^t e^{pt} dt = \frac{q_0}{p} [e^{pt} - 1] \quad (\text{Gl. 14})$$

Bezeichnen wir analog Gleichung 8 die kritische Zeitspanne bis zum Erschöpfen der Vorräte Q_k mit t_k , so ergibt sich in Analogie zu Gleichung 9

$$e^{pt_k} = 1 + \frac{p \cdot Q_k}{q_0} = 1 + \frac{Q_k}{Q_0} \quad (\text{Gl. 15})$$

und entsprechend Gleichung 10 errechnet sich die kritische Zeitdauer t_k zu

$$t_k = \frac{\log \left[1 + \frac{p Q_k}{q_0} \right]}{p \log e} \quad (\text{Gl. 16})$$

Setzen wir für die jährliche Zuwachsrate p ihren 100fachen Wert ein, also in einer Prozentangabe statt in Bruchteilen der Einheit, für $\log e$ den Wert 0,434 und als mittlere Generationsdauer 25,6 Jahre – um in der Formel 2 runde Zahlen zu erhalten, dann ergibt sich aus Gleichung 16 der Verknappungsindex

$$g_k = \frac{9}{p} \log \left(1 + \frac{Q_k}{Q_0} \right) \quad (\text{Gl. 2a})$$

wobei Q_0 gemäß Gleichung 13 auch durch $q_0 : p$ ersetzt worden ist. Korrekterweise sollte der in Gleichung 2a eingesetzte Wert für die «bisher verbrauchte Menge» Q_0 immer aus einem Mittelwert der momentanen Verbrauchsintensität q_0 , also mittels Gleichung 13 bestimmt werden. Der Grund dafür liegt darin, daß die für die Prognose relevante Aussage sich immer auf das «heutige» Wachstum bezieht und die Ur-Geschichte des Konsums nur insofern von Bedeutung ist, als dadurch die noch vorhandenen Reserven Q_k beeinflußt werden.

Wenn es sich nun anstelle eines Verbrauchs von Kapitalgütern um die Annäherung an eine Grenze der Umweltbeanspruchung handelt, z. B. die natürliche Regenerationsfähigkeit eines Sees oder die Toleranzgrenze von abbaubaren Giftstoffen, dann spielt nur die pro Zeiteinheit bezogene Umsatzintensität $q(t)$ eine Rolle. Wiederum nehmen wir an, daß der heutige Jahresumsatz q_0 bekannt sei sowie eine Vorstellung besteht über die noch tolerierbare Intensitätssteigerung q_k , bis zu einem kritischen Wert $q_0 + q_k$, dann errechnet sich die kritische Zeitdauer aus dem Ansatz

$$q(t_k) = q_0 + q_k = q_0 e^{pt_k} \quad (\text{Gl. 17})$$

Durch Umgliedern ergibt sich ein zu Gleichung 15 analoger Ansatz:

$$e^{pt_k} = 1 + \frac{q_k}{q_0} \quad (\text{Gl. 18})$$

Dieselben Umwandlungen und Zahlenwerte, die zu Gleichung 2a geführt haben, ergeben die kritische prognostizierte Zeitspanne bis zu einer untolerierbaren Umweltbelastung in Generationen

$$g_k = \frac{9}{p} \log \left(1 + \frac{q_k}{q_0} \right) \quad (\text{Gl. 2b})$$

3. Extrapolation mittels Zinseszinsformel oder Exponentialfunktion?

Es stellt sich in diesem Zusammenhang noch die Frage, bis zu welchem Zeithorizont wird die bequemere zu handhabenden Formeln des exponentiellen Wachstumsmodells verwenden dürfen, obwohl wir die Zuwachsraten aus Buchhaltungen entnehmen, die – wie bei der Kapitalverzinsung – nur die Jahreszuschüsse messen.

Der dafür eingehandelte Fehler ist für die hier dargelegten Bedürfnisse klein oder gar vernachlässigbar. Wohl wird der Unterschied in der extrapolierten Konsummenge nach Gleichung 7 bzw. 14 immer größer mit wachsendem Zeithorizont t und vor allem mit größeren Wachstumsraten p . Das nach dem Exponentialgesetz errechnete Quantum, Gleichung 14, ist bereits rund 60 % größer als der nach einer Zinseszinsformel bestimmte Wert, Gleichung 7, wenn

$$tp^2 = 1 \quad (\text{Gl. 19})$$

Das heißt, die Abweichung bleibt in diesen Grenzen, wenn z. B. $p \leq 0,05$, also 5 %, und der Zeithorizont $t \leq 400$ Jahre. Wird die Zeit in Generationen zu 25 Jahren ausgedrückt und die Zuwachsrate in Prozent, so läßt sich Gleichung 19 in Gleichung 3 umwandeln (siehe Kapitel 2.2).

Sind wir aber nur an der kritischen Zeitdauer t interessiert, so läßt sich aus den Gleichungen 16 und 10 das Verhältnis der mit dem Exponentialgesetz ermittelten Zeit t_{exp} zu dem aus der geometrischen Reihe bestimmten Wert t_{geom} anschreiben zu

$$\frac{t_{\text{exp}}}{t_{\text{geom}}} = \frac{\log(1+p)}{p \log e} = \frac{\ln(1+p)}{p} \quad (\text{Gl. 20})$$

Aus einer Reihenentwicklung des natürlichen Logarithmus $1+p$ und Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung ergibt sich

$$\frac{t_{\text{exp}}}{t_{\text{geom}}} \leq 1 - \frac{p}{2} \quad \text{oder} \quad p \leq 2 \left(1 - \frac{t_{\text{exp}}}{t_{\text{geom}}}\right) \quad (\text{Gl. 21})$$

Wir schließen daraus, daß die Differenz im Resultat und damit im gesuchten Index nur von der Größe der jährlichen Zuwachsrates p abhängt und nicht von den Quantitäten Q_0 oder Q_k beeinflusst wird. Je größer diese Zuwachsrates, um so größer die Differenz. Für $p = 0,10$ oder 10 % beträgt das Verhältnis $t_{\text{exp}}:t_{\text{geom}} = 0,95$, was einer 5prozentigen Abweichung entspricht und somit für unsere Belange noch tolerierbar ist. Bei noch größeren Wachstumsraten sollte aber Gleichung 2a durch Gleichung 10 substituiert werden, welche im ganzen Bereich genau stimmt. In der Gleichung 2a, welche den Vorteil hat, daß sie einfacher als Gleichung 10 ist, wird fälschlicherweise mit einer jährlichen Zuwachsrates gerechnet, die etwas größer ist als p . Das sehen wir leicht, wenn wir die Zunahme im ersten Jahr nach Gleichung 12 ermitteln und e^p in eine Reihe entwickeln:

$$q_1 = q_0 e^p = q_0 \left(1 + p + \frac{p^2}{2!} + \frac{p^3}{3!} + \dots\right) \quad (\text{Gl. 22})$$

Damit wir auch mit dem Exponentialgesetz exakte Ergebnisse erhalten, müssen wir in den Formeln 12 und folgenden p durch p_{exp} ersetzen, welches sich durch Logarithmieren von Gleichung 22 berechnen läßt:

$$q_1 = q_0 e^{p_{\text{exp}}} = q_0 (1+p) \quad (\text{Gl. 23})$$

$$p_{\text{exp}} = \frac{\log(1+p)}{\log e} = \ln(1+p) \quad (\text{Gl. 24})$$

Mit p_{exp} statt p in der Exponentialfunktion verschwindet die Differenz zwischen dieser und der geometrischen Reihe; Gleichungen 10 und 16 werden identisch, d. h. $t_{\text{exp}} = t_{\text{geom}}$, was auch in Gleichung 20 überprüft werden kann.

4. Eigenschaften des exponentiellen Wachstums

Nach den Ausführungen des vorangehenden Abschnittes werden wir uns fortan mit der einfacher zu handhabenden Exponentialfunktion begnügen, selbst wenn die Wachstumsraten aus Statistiken entnommen werden, für die eine Zinseszinsrechnung und damit eine geometrische Reihe korrekter wäre.

Eine erste eindruckliche Eigenschaft des exponentiellen Wachstums besteht darin, daß sich die Wachstumsgröße in *konstanten Zeitintervallen vervielfacht*.

Die Zeit t_v , die es braucht, bis sich die Wachstumsgröße $q(t)$ um einen Faktor v vervielfacht hat, errechnet sich aus Gleichung 4 bzw. 12.

$$v = \frac{q(t_v)}{q(t=0)} = \frac{q_0 e^{p t_v}}{q_0} = e^{p t_v} \quad (\text{Gl. 26})$$

Daraus folgt die konstante Vervielfachungszeit

$$t_v = \frac{1}{p} \cdot \frac{\log v}{\log z} = \frac{2,30}{p} \log v \quad (\text{Gl. 27})$$

Für den speziellen Fall der Verdoppelung, also $v = 2$, ergibt sich der bekannte Zusammenhang

$$t_{(2)} = \frac{0,69}{p} = \frac{69 \text{ [Jahre]}}{p \text{ [in \%]}} \quad (\text{Gl. 28})$$

Für eine Verzehnfachung beträgt die entsprechende Formel

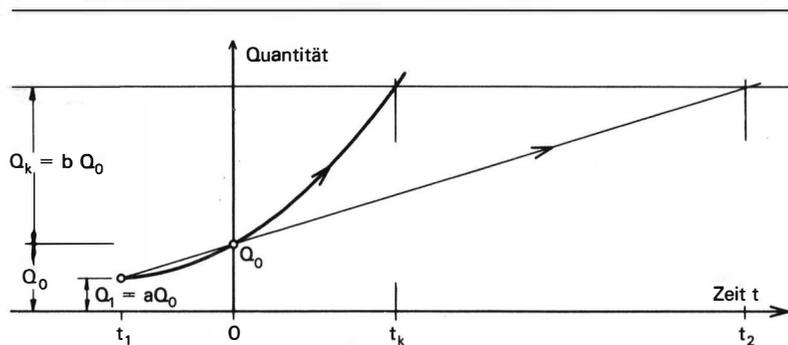
$$t_{(10)} = \frac{230 \text{ [Jahre]}}{p \text{ [in \%]}} \quad (\text{Gl. 29})$$

Für die Ermittlung von *mittleren jährlichen Zuwachsraten* p aus zwei gegebenen Werten Q_2 und Q_1 und einem dazwischenliegenden Zeitintervall t ergibt sich analog die Formel

$$p \text{ [in \%]} = \frac{230 \text{ [Jahre]}}{t \text{ [Jahre]}} \cdot \log \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right) \quad (\text{Gl. 30})$$

5. Täuschungsfaktoren

Der Täuschungsfaktor, der entsteht, falls in einem exponentiellen Wachstumsmodell die «Vergangenheit» linear in die Zukunft extrapoliert wird, lässt sich mit der Notation von Figur 14 wie folgt berechnen:



Figur 14: Modell zur Bestimmung des Täuschungsfaktors, der sich ergibt, wenn aus dem gegenwärtigen Wert Q_0 und vergangenem Q_1 auf die zukünftige Zeitdauer bis zum Erreichen eines kritischen Grenzwertes geschlossen wird. Die «gefühlsmäßige», lineare Extrapolation führt immer auf viel größere Zeiträume als die mathematisch richtige. Der frühere Wert Q_1 und der noch vorhandene Wert Q_k werden als vielfaches a bzw. b des gegenwärtigen Betrages Q_0 ausgedrückt.

Die mutmaßliche Zeit t_2 , die es braucht, bis eine kritische Wachstumsgröße erreicht ist, ergibt sich aus einer einfachen geometrischen Beziehung zu

$$t_2 = - \frac{b}{1-a} t_1 \quad (\text{Gl. 31})$$

Aus den beiden Werten für Q_1 und Q_0 errechnet sich der Exponent p mittels Gleichung 30 zu

$$p = \frac{1}{t_1} \cdot \frac{\log a}{\log e} \quad (\text{Gl. 32})$$

Durch Substitution von Gleichung 32 in Gleichung 15 erhalten wir eine Bestimmungsgleichung für die richtige Zeit t bis zur kritischen Grenze

$$t_k = t_1 \frac{\log(1+b)}{\log a} \quad (\text{Gl. 33})$$

Entsprechend gibt sich der «Täuschungsfaktor» als Vielfaches der geschätzten linearen Extrapolationszeit t_2 zur vorhandenen Zeit t_k zu

$$\frac{t_2}{t_k} = \frac{b}{(1-a)} \cdot \frac{\log a}{\log(1+b)} \quad (\text{Gl. 34})$$

Die «Verkürzung der Zukunft» nach Figur 11 errechnet sich aus den beiden gleichen Zuwachsraten ΔQ

$$\Delta Q = Q_0 - Q_0 e^{pt_1} = Q_0 e^{pt_2} - Q_0$$

daraus folgt $2 - e^{pt_1} = e^{pt_2}$ und somit

$$t_2 = \frac{2,3}{p} \cdot \log(2 - e^{pt_1}) \quad (\text{Gl. 35})$$

6. Zum unterschiedlichen Wachstum zwischen armen und reichen Ländern

Seit dem berühmten – und für die Umweltprobleme so tragischen – Disput über «growthmanship» zwischen den Supermächten zu Beginn der 1960er Jahre ist es den meisten Beobachtern klargeworden, daß die Differenz von zwei exponentiellen Wachstumsgrößen auch immer größer wird. Genaugenommen wächst sie auch exponentiell, vorausgesetzt, daß beide Wachstumsmodelle die gleichen jährlichen Zuwachsraten aufweisen. Wenn heute beispielsweise je ein unterentwickeltes Land mit einem Sozialprodukt Q_1 und ein industrialisiertes Land mit einem entsprechenden Wert Q_2 sich «weiterentwickeln» mit denselben jährlichen Wachstumsraten p , so beträgt die Differenz ΔQ in der Zukunft nicht mehr nur den gegenwärtigen Wert $Q_2 - Q_1$, sondern ein Mehrfaches davon, denn

$$\Delta Q(t) = Q_2(t) - Q_1(t) = (Q_2 - Q_1) e^{pt} = \Delta Q_0 e^{pt} \quad (\text{Gl. 36})$$

7. Differenz von Neubauten und Abbruch

Beim Ersatz von Altem durch Neues ist – bei exponentiellem Wachstum – auch keine Sättigung des Vorhandenen erreichbar. Wenn sich beispielsweise das vorhandene Bauvolumen Q_v als Differenz einer Neubauproduktion $q_n(t)$ und einer Abbruchrate $q_a(t)$ von Altbauten ergibt, so errechnet sich diese Differenz als Funktion des durchschnittlichen Gebäudealters t_a wie folgt (für Notation siehe Figur 15):

Die bisherige und zukünftige jährliche Produktion an Neubauten $q_n(t) = q_0 e^{pt}$ wächst nach Gleichung 14 in t Jahren an zu

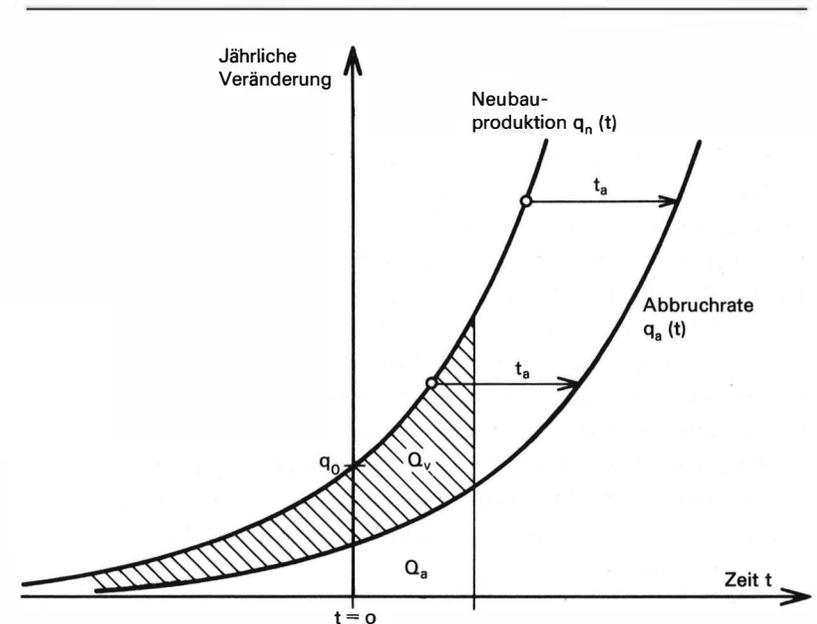
$$Q_n(t) = \frac{q_0}{p} e^{pt} \quad (\text{Gl. 37})$$

Im gleichen Zeitraum wurden jährlich die z. B. 70 Jahre alten (t_a alten) Bauten abgebrochen:

$$Q_a(t) = \frac{q_0}{p} e^{p(t-t_a)} \quad (\text{Gl. 38})$$

Daraus entsteht ein Nettobauvolumen $Q_v = Q_n - Q_a$ als Funktion der Zeit zu:

$$Q_v(t) = \frac{q_0}{p} e^{pt} \{1 - e^{-pt_a}\} \quad (\text{Gl. 39})$$



Figur 15: Das vorhandene Bauvolumen Q_v als Differenz einer aufsummierten Neubauproduktion und einer Abbruchrate unter Annahme einer konstanten mittleren Lebensdauer t_a .

Der erste Teil dieser Gleichung stellt das Neubauvolumen (Gleichung 37) dar, während der zweite einem – konstanten – Reduktionsfaktor gleichkommt. Für ein Wachstum von $p = 3,0\%$ ergeben sich Reduktionsfaktoren von 0,88, 0,78, 0,60 für mittlere Lebensdauern t_a von 70, 50 oder 30 Jahren. Aus Gleichung 37 errechnet sich der entsprechend längere Zeitbedarf, bis ein kritisches Bauvolumen erreicht ist, zu 104, 109, und 117 Jahren anstelle der 100 Jahre, die sich ohne Abbruch von Altbauten ergäbe, wenn zurzeit ein Zwanzigstel der überbaubaren Fläche belegt ist.

8. Das Wachstum des Raritätswertes von antiken Gegenständen

Die Tatsache, daß die Menge von Gütern exponentiell anwächst, auch wenn nach einer vorgegebenen Zeit t_a die alten verfallen sind, gibt einen wertvollen Hinweis für den Zuwachs an Raritätswert all derjenigen Güter, welche die übliche Phase verminderten Interesses überdauern. Wir nehmen an, ein Bruchteil c aller «Abbruchgüter» verharre bis zu ihrer Zeit des erneuten Wertgewinnes als Antiquität bzw. Rarität. Es wird ferner postuliert, daß der Raritätswert proportional zum Raritätsindex ansteige. Als Raritätsindex sei das Verhältnis der vorhandenen Menge von antiken Gütern in der Zeitspanne einer «Normallebensdauer» t_a , zu der zurzeit im Gebrauch stehenden Gütermenge definiert. Mit einem mittleren Alter t_c der Antiquität, bezogen auf die Gegenwart und unter der – für ferne Zeiten nicht ganz zutreffenden – Annahme, daß die Menge der antiken Güter ebenfalls dem exponentiellen Wachstumsmodell gehorche, ergibt sich die antike Gütermenge in der Zeitspanne t_a zu:

$$Q_c = c \cdot q_0 e^{-pt_c} \cdot t_a \tag{Gl. 41}$$

Das Verhältnis von Q_c zur gegenwärtig im Gebrauch stehenden Gesamtgütermenge gemäß Gleichung 39 ergibt den Raritätsindex r :

$$r = c \cdot t_a \cdot p \frac{e^{-pt_c}}{[1 - e^{-pt_a}]} \tag{Gl. 42}$$

Als Beispiel mögen antike Automobile dienen. Mit der Annahme, daß jedes hundertste die Schrottreife überdauere, einer mittleren Lebensdauer von $t_a = 8$ Jahre und Zuwachsraten von $p = 7\%$ ergibt sich mit steigendem Alter t_c ein Raritätsindex

$$r = 0,013 e^{-pt_c} \tag{Gl. 43}$$

Wird angenommen, daß der mittlere jährliche Wertzuwachs umgekehrt proportional zum Raritätsindex anwächst, so ergibt sich eine exponentielle Wertsteigerung ganz analog zur Verzinsung eines Kapitals.

9. Ungleicher Güterverbrauch

(Zur Ermittlung der Zahlenwerte in Figur 13)

Bekannt seien die Bevölkerungszahl B_1 eines Landes oder einer Ländergruppe sowie die Weltbevölkerung B . Ebenso der Rohstoffverbrauch G_1 dieses Landes – oder Ländergruppe – und der weltweite Verbrauch in gleichen Einheiten. Wir fragen uns nun nach dem mittleren Pro-Kopf-Konsum m_1 der zu untersuchenden Bevölkerungsgruppe, bezogen auf den weltweiten mittleren Konsum m .

Mit diesen Annahmen beträgt

$$\text{der mittlere Konsum des Landes} \quad m_1 = \frac{G_1}{B_1} \tag{Gl. 44}$$

$$\text{der mittlere weltweite Konsum} \quad m = \frac{G}{B} \tag{Gl. 45}$$

der Landesmittelwert, bezogen auf den weltweiten Mittelwert

$$\frac{m_1}{m} = \frac{G_1 B}{B_1 G} = \frac{g}{b} \quad (\text{Gl. 46})$$

Hiebei ist g der prozentuale Verbrauchsanteil des Landes, gemessen am weltweiten Konsum eines Gutes, und b der prozentuale Anteil der Bevölkerung, gemessen an der Weltbevölkerung.

- (1) G. Huber: «Geistige Implikationen der Umweltveränderung», in Symposiumsbericht «Schutz unseres Lebensraumes», Verlag Huber, Frauenfeld, 1971.
- (2) De Salla Price: «Little Science, big Science», Columbia University Press, 1963.
- (3) G. Bertaux: «Mutation der Menschheit», Scherz Verlag, 1963.
- (4) dtv-Atlas zur Biologie, Band 1, Deutscher Taschenbuch-Verlag, München, 1967.
- (5) Singer, Holmyard, Hall and Williams: «A History of Technology», University Press, 1958.
- (6) Great Ages of Man. Time-Life Book Series.
- (7) U. Eco and G. B. Zorzolli: «The Picture History of Inventions», MacMillan, New York, 1963.
- (8) «Rapid Population Growth, Consequences and Policy Implications», Volume I, Summary and Recommendations, a Committee Report of the US National Academy of Sciences. The John Hopkins Press, 1971.
- (9) U.S. Census Bureau, Historical Statistics of the U.S.: Colonial Times to 1957, Washington D. C., 1960.
- (10) Kahn und Wiener: «The Year 2000», The MacMillan Co., 1967.
- (11) F. Kneschaurek: «Entwicklungsperspektiven der schweizerischen Volkswirtschaft bis zum Jahre 2000», II. Teil. Handelshochschule St. Gallen, 1970.
- (12) E. Basler: «Umweltprobleme aus der Sicht der technischen Entwicklung», in Symposiumsbericht «Schutz unseres Lebensraumes», Verlag Huber, Frauenfeld, 1971.
- (13) W. Stumm: «Manipulation der Umwelt durch den Menschen», Einführungsvorlesung, Neue Zürcher Zeitung, 22. September 1971.
- (14) E. Basler: «Zukunftsforschung und Fortschrittsglaube», Tages-Anzeiger-Magazin Nr. 44, 5. Dezember 1970.
- (15) H. C. Binswanger: «Eine umweltkonforme Wirtschaftsordnung», in Symposiumsbericht «Umweltschutz und Wirtschaftswachstum», Verlag Huber, Frauenfeld und Stuttgart, 1972.
- (16) E. Basler: «Knappheitsindex. Ein Beitrag zum Thema der Lebensraumverknappung», in Wirtschaft und Recht, Heft 1, 1972, 24. Jahrgang, Orell Füssli, Zürich.
- (17) M. King Hubbert: «Energy Resources», in «Resources and Man», NAS Committee on Resources and Man, W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1969.
- (18) E. Basler: «Umweltsprobleme aus der Sicht der technischen Entwicklung», Schweiz. Bauzeitung, Heft 13, 89. Jahrgang, 1. April 1971.
- (19) P. A. Tschumi: «Umwelt als beschränkender Faktor für Bevölkerung und Wirtschaft», Symposium für wirtschaftliche und rechtliche Fragen des Umweltschutzes an der Hochschule St. Gallen, Oktober 1971, Verlag Huber, Frauenfeld.
- (20) D. Meadows et al.: «The Limits to growth», A Potomac Associates Book, London, 1972.
- (21) R. Meyer-von Gonzenbach: «Die Beanspruchung der Umwelt durch die Besiedlung», in Symposiumsbericht «Schutz unseres Lebensraumes», Verlag Huber, Frauenfeld, 1971.
- (22) F. Baldinger: «Ziele des Gewässerschutzes in der Schweiz», in Symposiumsbericht «Schutz unseres Lebensraumes», Verlag Huber, Frauenfeld, 1971.
- (23) P. A. Samuelson: «Economics», 7th Edition, McGraw Hill, 1967.
- (24) R. Copeland and L. Lamm (ed.): «The world's great speeches», Dover Publications Inc., New York, 1958, S. 259.
- (25) U. Zürcher: «Die Idee der Nachhaltigkeit unter spezieller Berücksichtigung der Gesichtspunkte der Forsteinrichtung», Promotionsarbeit der ETH, veröffentlicht in

- Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Band 41, Heft 4, 1965.
- (26) P. Cloud: NAS Committee on «Resources and Man», W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1969.
- (27) P. A. Tschumi: «Allgemeine Biologie», Lehrbuch für schweizerische Mittelschulen, Verlag Sauerländer, 1970.
- (28) B. Commoner: «The Closing Circle», Alfred A. Knopf, New York, 1971.
- (29) W. Stumm: «Einfache Modelle im Umweltschutz: Der Mensch und die hydrogeochemischen Kreisläufe», Jahrbuch «Vom Wasser», Band 38, S. 1–16, Verlag Chemie GmbH, Weinheim, BRD, 1971.
- (30) S. N. Kramer und Red. der Time-Life Bücher: «Zeitalter der Menschheit. Die Wiege der Kultur», 1969, Time-Inc.
- (31) E. Goldsmith, Editor: «A Blueprint for Survival», The Ecologist, Vol. 2, No. 1, Januar 1972.
- (32) E. F. Schumacher: «Sinn und Unsinn im heutigen Produktivitätsstreben», Vereinigung für freies Unternehmertum, Bulletin Nr. 81, Oktober 1970, Zürich.
- (33) J. K.: Galbraith: «The Affluent Society», Mentor book MT 534, S. 126, published by The New American Library of World Literature Inc., New York, 1963.
- (34) K. W. Kapp: «Volkswirtschaftliche Kosten der Privatwirtschaft» (Übersetzung des englischen Werkes: Social Costs of Business Enterprise). Tübingen/Zürich, 1958.
- (35) D. Lehmann: «Beschädigung von Flugzeugen durch Vögel», Neue Zürcher Zeitung, 5. Januar 1971.
- (36) P. Curren: «This is a Road», Follett Publishing Co., Chicago, 1959.