

Zeitschrift: Schweizer Monatshefte : Zeitschrift für Politik, Wirtschaft, Kultur
Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Monatshefte
Band: 72 (1992)
Heft: 12

Artikel: Umweltverträgliches Wirtschaftswachstum ist möglich
Autor: Fritsch, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-165056>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bruno Fritsch

Umweltverträgliches Wirtschaftswachstum ist möglich

Seit 1967 hat die Weltbevölkerung um 2 Milliarden Menschen zugenommen, es fanden 55 Kriege und Bürgerkriege statt; dabei verloren 9,6 Millionen Menschen ihr Leben. Im gleichen Zeitraum hat sich das Weltsozialprodukt verdoppelt, die Weltverschuldung ist real auf mehr als das Zehnfache angestiegen. Der Weltenergieverbrauch hat um das Zweieinhalbfache zugenommen. In den vergangenen 25 Jahren hatten wir zwei Ölkrisen, rund drei Dutzend Staatsstreichs und mindestens drei ernste Kernreaktorunfälle. 1967 gab es 122 UNO-Mitgliedstaaten; seither hat sich ihre Zahl um 56 auf 179 erhöht.

Die Welt ist nicht untergegangen

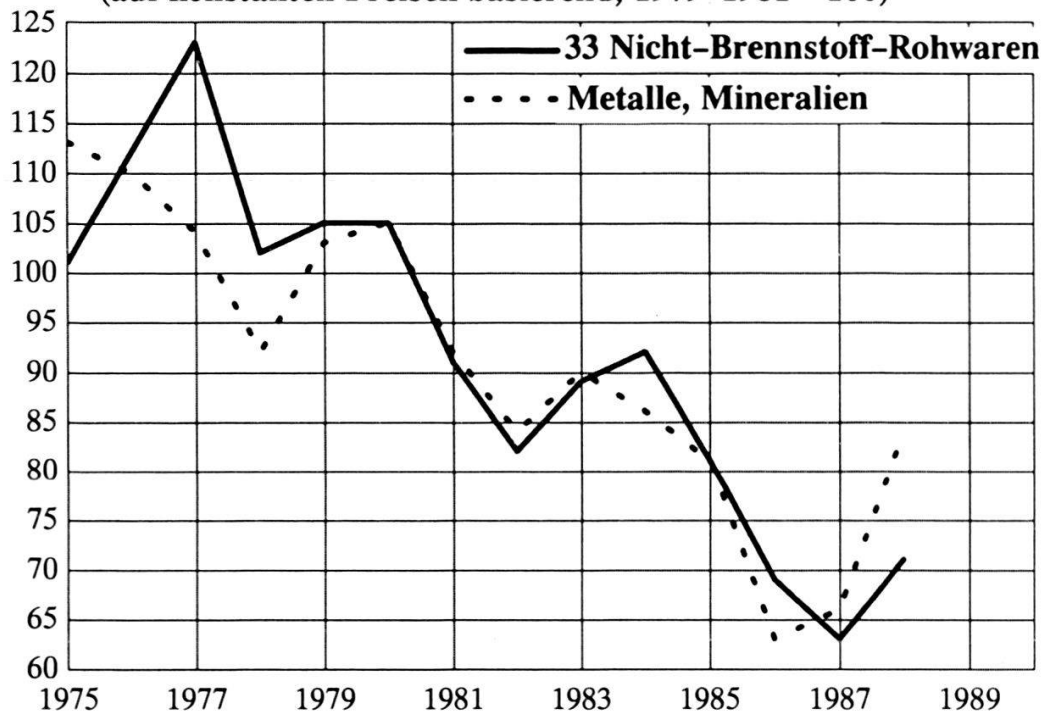
Im Gegensatz zu den bereits Ende der sechziger Jahre verbreiteten Katastrophenszenarien (*Meadows 1972, Heilbrunner 1975*) ist die Welt nicht untergegangen, die Rohstoffe sind nicht erschöpft. Im Gegenteil: Wegen der vielseitigen Substitutionen und Effizienzsteigerungen stagniert die Nachfrage, und dementsprechend liegen die Rohstoffpreise heute real etwa auf dem Niveau von 1973.

Das internationale Finanzsystem ist trotz der stark angestiegenen globalen Verschuldung nicht zusammengebrochen. Dank der grossen und oft unterschätzten Anpassungsfähigkeit entwickelter Marktwirtschaften ist es gelungen, durch Substitutionen und Effizienzsteigerungen den Ölverbrauch drastisch zu senken. Im Zeitraum von 1979 bis 1985 sank der Ölverbrauch der OECD-Staaten sogar absolut, nämlich um 23 Prozent. Er liegt heute auf dem Niveau von 1981. Real ist der Ölpreis seit der zweiten Ölkrise um die Hälfte – von 38 \$/b auf 19 \$/b (1991) gesunken.

Die Ernährungslage in der Dritten Welt hat sich trotz des starken Bevölkerungswachstums insgesamt verbessert. Das tägliche Kalorienangebot ist in den Ländern mit niedrigem Einkommen um 17 Prozent gestiegen und

Für wertvolle Hinweise und Anregungen danke ich besonders den Kollegen Prof. Heinz Arndt (Australian National University), ANU Canberra, Prof. Hermann Lübke, Universität Zürich, sowie Prof. Horst Mendershausen, Rand Corporation, Santa Monica, Cal., USA.

Internationale Preisindizes für verschiedene Rohstoffgruppen
(auf konstanten Preisen basierend, 1979–1981 = 100)



Im Preisindex der 33 Rohstoffe ohne Brennstoffe gehen Getränke, Getreide, Fette und Öle, sonstige Lebensmittel (Zucker, Rindfleisch, Bananen, Orangen), Non-food Agrarerzeugnisse (Baumwolle, Jute, Gummi, Tabak), Nutzholz, Metalle und Mineralien ein.

Quelle: World Resource Institute, *World Resources 1990–91*, Oxford University Press: New York und Oxford 1990, S. 250.

beträgt heute 2400 kcal pro Kopf. Indien exportiert bei einer Bevölkerung von mehr als 800 Millionen Menschen heute Getreide in die Länder der ehemaligen Sowjetunion, während es in den sechziger Jahren bei wesentlich geringerer Bevölkerung Nahrungsmittel importieren musste. Infolge der verbesserten Ernährungslage ist die Säuglingssterblichkeit in Ländern mit niedrigem Einkommen von 124 auf 70 Sterbefälle pro 1000 Lebendgeburten gesunken. Die Lebenserwartung in den Ländern der Dritten Welt ist gestiegen und beträgt heute 63 Jahre. Die Analphabetenquote ist sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern stark gesunken, weil die Grundschulausbildung heute praktisch in allen Ländern der Dritten Welt fast 100 Prozent beträgt. 1965 waren es gemäss Weltbank nur 80 Prozent.

Es ist nicht zuletzt diesen wirtschaftlichen Erfolgen zu verdanken, dass der Demokratisierungsprozess in der Dritten Welt grosse Fortschritte ge-

macht hat. Heute haben wir deutlich weniger Militärdiktaturen in den Ländern der Dritten Welt als vor 25 Jahren. Einige Bürgerkriege konnten nach langjährigen Auseinandersetzungen beigelegt werden: In Libanon, Afghanistan, Nicaragua, Angola. In Mosambic, Somalia und Kambodscha sind gegenwärtig Bemühungen im Gange, die Konflikte zu entschärfen. Südafrika befindet sich auf dem Weg, einem schwierigen Weg, zur Demokratie.

Zusammenbruch des Ostblocks

Das weitreichendste Ereignis ist jedoch der Zusammenbruch des Kommunismus. Zweihundert Jahre nach der Französischen Revolution vollzog sich 1989 die eigentliche Befreiung der Menschen in Europa sowie in weiten Teilen der Welt. Erst jetzt wurde es möglich, die von der Sowjetunion finanzierten Stellvertreterkriege in Angola, Äthiopien, im Yemen und in Nicaragua zu beenden. Afghanistans Einverleibung in das Sowjetreich scheiterte. Der Kommunismus hinterliess ein furchtbares Erbe. Erst jetzt beginnen wir den ganzen Umfang der Zerstörung, die dieses System an Menschen, an der Wirtschaft und an der Umwelt angerichtet hat, voll zu erkennen. In historischer Perspektive darf heute füglich behauptet werden, dass die durch Stalin und seine Nachfolger in Realität umgesetzte Ideologie des Marxismus/Leninismus zur grössten Vernichtungsmaschine in weiten Teilen Asiens, Europas und der übrigen Welt geworden ist; einer Vernichtungsmaschine, die mehr Millionen Menschenopfer gekostet hat als der Zweite Weltkrieg. Der real gewesene Sozialismus hinterlässt Hunderte von Millionen entmündigter, zerbrochener und entscheidungsunfähiger Menschen. Unsere Hoffnung stützt sich auf die jungen und noch lernfähigen unter ihnen.

Nun wäre es gewiss einseitig, wollte man die Entwicklung der letzten 25 Jahre nur als eine Sequenz von Erfolgen charakterisieren. Wir wissen, dass die absolute Zahl der unter dem Existenzminimum lebenden Menschen zugenommen hat, wir wissen, dass in dem gesamten Zeitraum die Zahl der in Agglomerationen und damit auch in Slums lebenden Menschen um den Faktor vier angestiegen ist, und es ist auch eine Tatsache, dass es *regionale Hungersnöte unvorstellbaren Ausmasses gibt*. Wir wissen, dass die Umweltbelastung und zum Teil auch Umweltzerstörung beängstigende Ausmasse angenommen hat, und es ist leider auch eine Tatsache, dass mit dem Ende der ideologischen Globalkonfrontation die Zahl der Konflikte nicht zurückging, sondern zunahm und aller Voraussicht nach noch weiter zunehmen wird. Als die ideologisch bedingten Stellvertreterkriege aufhörten, brachen zahlreiche ethnisch-nationale und auch religiöse Lokalkonflikte aus. Mol-

dawien, Aserbeidschan, Jugoslawien wären da zu nennen. Und schliesslich darf man nicht übersehen, dass es immer noch kommunistische Regimes gibt, wie Kuba oder Nordkorea bzw. – mutatis mutandis – auch China; immerhin kein kleines Land.

Chancen für umweltverträgliches Wirtschaften

Insgesamt ist die Welt heute reichhaltiger, vielfältiger, aber auch komplizierter geworden. Wir verfügen – ganz im Gegensatz zu den immer wieder produzierten Szenarien – über *mehr* und nicht weniger Ressourcen als vor 25 Jahren, die Weltbevölkerung ist trotz ihres Anstiegs insgesamt vor allem in der Dritten Welt ökonomisch bessergestellt, sie ist gesünder, die Lebenserwartung ist gestiegen, die Lesekundigkeit auch. Das Umweltbewusstsein hat sich vor allem in den reichen Industriestaaten stark entfaltet, unser Wissen um die globalen ökologischen Prozesse ist dank der modernen Satellitentechnologie sehr viel grösser als noch vor 25 Jahren, und in weiten Teilen der Welt ist nun der Weg frei für den Auf- und Ausbau des effizientesten Informationsverarbeitungssystems das es gibt, nämlich des Marktes und der dazugehörigen rechtlichen und organisatorischen Randbedingungen, ohne die eine Marktwirtschaft nicht existieren kann. Hier stehen wir in Mittel-Osteuropa sowie in der GUS, aber auch in vielen Teilen Afrikas erst am Anfang.

Es lässt sich also feststellen, dass sich die Voraussetzungen für die Realisierung eines umweltverträglichen Wirtschaftswachstums in den vergangenen 25 Jahren nicht verschlechtert, sondern eher verbessert haben. Wenn man zu den wichtigsten Ressourcen auch die Chance für den Neuanfang von freien Gesellschaftsordnungen rechnet, dann hat sich die Situation vor allem für die vom Kommunismus befreiten Länder verbessert: allein die Tatsache, dass eine Unterjochung ganzer Völker und Weltregionen unter eine einheitliche, ideologisch ausgerichtete Zentralmacht, wie es bis vor gar noch nicht so langer Zeit die Machthaber der Sowjetunion – Stichwort Breschnew-Doktrin – tatsächlich wollten, nicht mehr möglich ist, hat die Welt im positiven Sinne verändert.

Um ein umweltverträgliches, ökologisch verstetigbares Wirtschaftswachstum, ein Wirtschaftswachstum, das den vielen hunderten Millionen von armen Menschen eine humane Existenz auch auf Dauer ermöglicht, zu realisieren, wird es jedoch sehr grosser Anstrengungen bedürfen sowie des Mutes, unser Verhalten wie auch die bisher entwickelten Produktionssysteme gründlich zu verändern.

Die drei Grundkonflikte

Innerhalb des Gültigkeitsbereichs physikalischer Gesetze spielen kulturelle, historische und politische Faktoren eine grosse Rolle. Betrachtet man die hier erörterte Problematik in diesem grösseren Rahmen, dann wird deutlich, dass der Mensch in drei zusammenhängende Konfliktbereiche eingebunden ist: im Konflikt mit der Natur (Umwelt), im Konflikt mit seinesgleichen (Krieg) und im Konflikt mit sich selbst (Identität, Verhältnis zwischen Innen- und Aussenwelt).

Diese drei Grundkonflikte hängen insofern eng zusammen, als die Beziehung des Menschen zur Umwelt auch seine innere Befindlichkeit widerspiegelt und umgekehrt: Menschen, die sich, aus welchen Gründen auch immer, in einer identitätsgefährdenden Lebenssituation befinden, werden auch zu ihrer natürlichen Umwelt ein gestörtes Verhältnis haben und weniger fähig und auch weniger in der Lage sein, Konflikte kooperativ beizulegen. Das Umweltproblem hat also mindestens drei Dimensionen: Eine evolutionshistorische, eine naturwissenschaftlich-technische und eine wirtschaftlich-politische Dimension.

Erdgeschichte und menschliche Umweltbeeinflussung

In der Diskussion über die vom Menschen ausgehenden Umweltbeeinflussungen wird häufig übersehen, dass auf unserem Planeten, lange bevor der Mensch die Bühne betrat, grosse Variationen der Oberflächentemperatur und des Meeresspiegels stattfanden. Damit einhergehend hat sowohl die Fauna als auch die Flora jeweils tiefgreifende Veränderungen erfahren. Betrachtet man die Temperaturschwankungen der letzten paar hunderttausend Jahre – man braucht nicht Millionen von Jahren zurückzugehen – wird man feststellen, dass allein während der letzten einhunderttausend Jahre die Oberflächentemperatur der Erde zwischen 12 und 16 Grad Celsius variiert hat.

Die Veränderungen des Ökosystems, welche während der vergleichsweise gegenwartsnahen Zeitperiode der erdgeschichtlichen Entwicklung stattgefunden haben, waren in jeder Hinsicht grösser und tiefgreifender als diejenigen Veränderungen, die der Mensch bisher verursacht hat. Das soll die Bedeutung des anthropogenen Faktors in keiner Weise herunterspielen. Im Gegenteil. Heute wissen wir, dass bereits vor dem Beginn der Industrialisierung nachhaltige Einflüsse vom Menschen auf die Umwelt ausgingen. In den heute überall stattfindenden umweltpolitischen Diskussionen ist man geneigt, die Umweltproblematik als die erste «Umweltsünde» des Men-

schen auf den Beginn der industriellen Revolution zu datieren, also mit der wirtschaftlichen Nutzung der technischen Erfindungen in Verbindung zu bringen. In der Tat scheint es einleuchtend, den Einsatz von Kohle zum Betrieb von Dampfmaschinen als den Beginn einer Ära zu betrachten, in welcher der zunächst unwissende Mensch von den Naturvorkommen und von allem, was ihm die jeweilige Umwelt bot, unbekümmert Gebrauch gemacht hat. Inzwischen wissen wir, dass dies so nicht ganz stimmt. *Remmert* – um nur einen prominenten Wissenschaftler zu nennen – weist überzeugend nach, dass Umweltzerstörungen bereits in frühgeschichtlichen Hochkulturen vorkamen und gelangt zum Schluss, dass die bisherige Annahme, der Niedergang der Hochkulturen in Indien, Nordafrika, Mesopotamien, in Kleinasien wäre eine Folge von exogenen Klimaveränderungen gewesen, nur teilweise richtig ist. Ebenso zutreffend sei, so Remmert, dass der Mensch schon damals durch unbedachte Nutzung der Umwelt seinen unmittelbaren Lebensraum und damit seine eigenen Existenzbedingungen negativ beeinflusst hat.

Ähnliches gilt für spätere Epochen. Bereits in der Bronzezeit wurde in Norddeutschland der Wald vernichtet. Dies war die eigentliche Ursache für die Entstehung der heute allgemein als schützenswert geltenden Lüneburger Heide. Zum Ausgang des Mittelalters wurden vom Menschen die Vogel-, Robben-, Wal- und Fischbestände zunächst in Europa, dann im Nordmeer dezimiert. Erst in heutiger Zeit erorbern europäische Meeresvögel Territorien zurück, in denen sie damals ausgerottet worden sind.

Diese Tatsachen sollen auf zwei Aspekte des Umweltproblems hinweisen, die heute oft übersehen werden: Zum einen auf die tiefgreifenden Veränderungen terrestrischer Ökosysteme, die *unabhängig vom Menschen* seit Jahrmillionen ablaufen und auch heute keineswegs aufgehört haben zu existieren. Zum andern soll in Erinnerung gerufen werden, dass die vom Menschen verursachte Veränderung der Umwelt nicht erst mit der Industrialisierung beginnt, sondern schon früher einsetzt.

Betrachtet man die Dinge aus dieser Perspektive, dann werden die Besonderheiten der heutigen durch Industrialisierung und Bevölkerungswachstum verursachten Umweltprobleme deutlicher sichtbar. Es sind dies:

Der Impulscharakter der Umweltzerstörung, die Globalisierung der Umweltwirkungen, das Erscheinen neuer, in der bisherigen Evolution nicht vorhandener Stoffe (neue chemische Verbindungen, neue, zu den natürlichen Isotopen hinzugekommene Isotope wie Plutonium, Cäsium usw.), das Ineinandergreifen natürlicher und vom Menschen verursachter Umweltveränderungen und schliesslich das neue Umweltbewusstsein – ein Phänomen der letzten 40 Jahre.

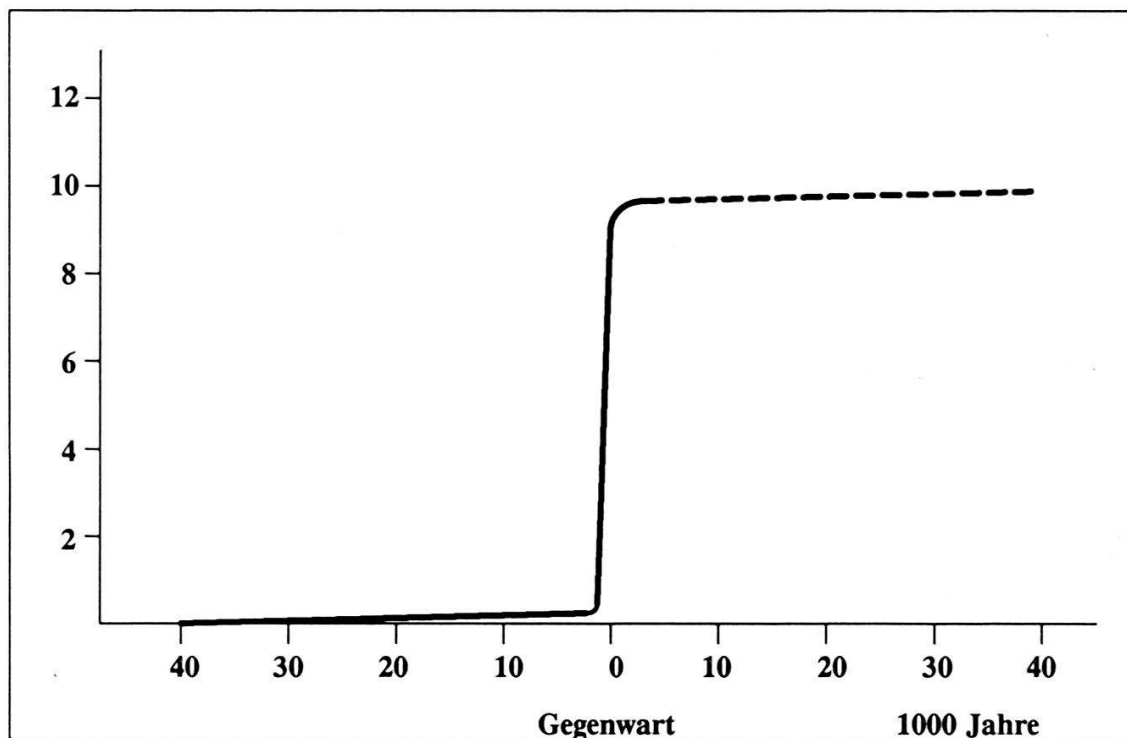
Evolutionsgeschichtlich vollzieht sich durch die vor rund zweihundert Jahren einsetzende starke Bevölkerungszunahme sowie durch den ebenfalls

schlagartig zunehmenden Energieverbrauch ein qualitativer Wandel des Gesamtsystems Mensch-Umwelt. Zur Illustration müssen wir uns nur vor Augen halten, dass der Mensch heute rund das Achtundfünfzigfache des durch Nahrungsaufnahme aufrechterhaltenen Energieflusses (seiner Muskelkraft) durch zusätzliche Energiequellen in Anspruch nimmt. Erst durch diese heute in erster Linie arbeitsteilig organisierte Erzeugung von frei verfügbarer extrasomatischer Energie ist der Mensch überhaupt zu einem kulturfähigen Wesen geworden, erst von da an, nachdem er über die Aufrechterhaltung der eigenen Körperfunktionen hinaus einen Energieüberschuss zu erzeugen und zu speichern in der Lage ist – z. B. in Form von Saatgut –, konnten Siedlungen und später Städte entstehen.

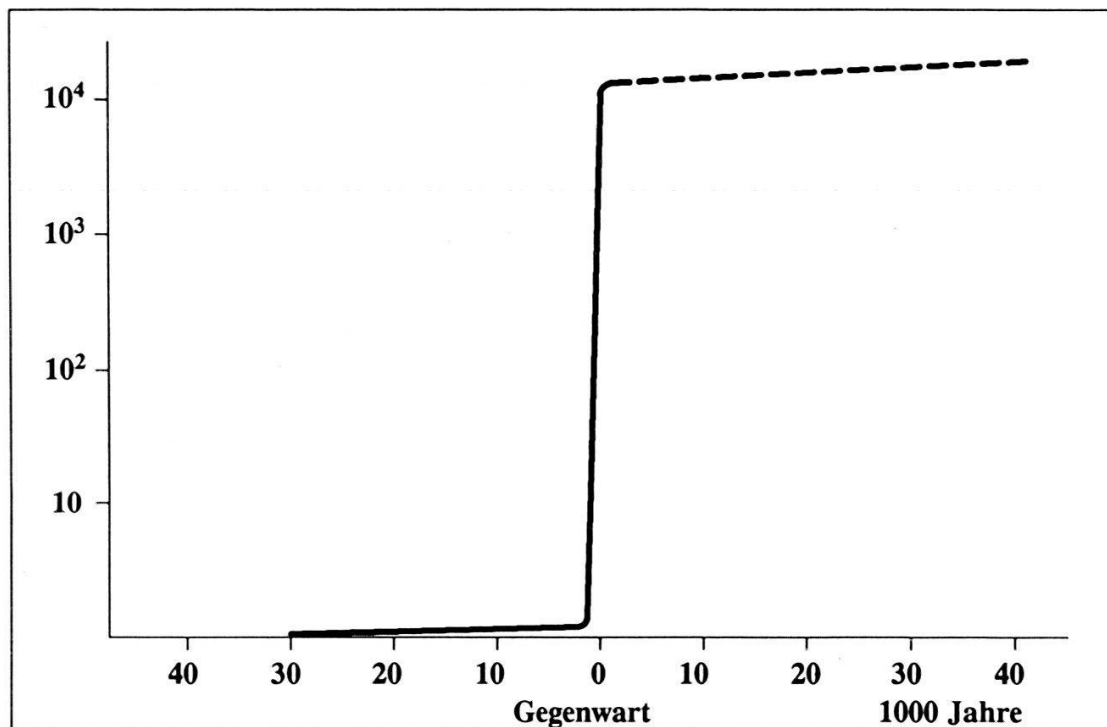
Dies alles geschah evolutionshistorisch in einer ausserordentlich kurzen Zeit. Wir sprechen deshalb heute zu Recht von der *Bevölkerungsexplosion*. Wir könnten ebenso von einer *Explosion des Energiekonsums* oder, noch mehr, von einer *Explosion der Informationsbereitstellung und -verarbeitung* sprechen.

Dieser Vorgang sei stellvertretend für viele ähnlich verlaufende Prozesse am Beispiel der erwähnten Bevölkerungszunahme sowie der Entwicklung des Energieflusses pro km² dargestellt.

Weltbevölkerung (in Milliarden)



Leistungsinanspruchnahme in kW/km²



Globalisierung – zwischen Dramatisierung und Verharmlosung

Die oben erwähnten Beeinträchtigungen oder gar Zerstörungen des Lebensraumes durch den Menschen waren lokaler bzw. regionaler Natur (Mittelmeer). Die heutigen anthropogen verursachten Umwelteinflüsse haben nicht nur lokalen und regionalen Charakter; sie sind, ähnlich wie die in der erdgeschichtlichen Entwicklung wirksamen Prozesse, auch globaler Natur. Die durch Ausbrüche von Vulkanen in die Erdatmosphäre immitierten Stoffmengen – Tambora in Indonesien (1815), Krakatau auf Java (1883), Mount St. Helens in Kalifornien (1980), Pinatubo, Philippinen (Juni 1991) – übertreffen die anthropogene Immission von Stoffen in die Atmosphäre um das 100- bis 1000fache. Die vom Pinatubo emittierten Aschenmengen umkreisen inzwischen, wie durch Satellitenbilder festgestellt worden ist, den ganzen Erdball und führten bereits in südlichen Breitengraden zu einem Abfall der Durchschnittstemperaturen von 1–1,5 °C.

Auch hier wäre es falsch, dieser Größenordnungen wegen die industriell bedingten Stoffimmissionen in die Atmosphäre zu bagatellisieren. Immerhin wird die von der Technosphäre in die Atmosphäre emittierte Staubmenge auf rund 5 Gigatonnen geschätzt. Wir wissen heute noch nicht genau, wie

dadurch die Reflektion des Systems Erde-Atmosphäre (Albedo) verändert wird, wie weit die vermutete grössere Reflexion der Sonneneinstrahlung die Oberflächentemperatur der Erde senken wird und in welchem Umfang erheblichen CO₂-Emissionen diesen Temperaturrückgang kompensieren werden.

Der Mensch hat in seiner industriell-technischen Entwicklung viele neue Stoffe hervorgebracht, die es vorher in der Natur nicht gab. Ohne diese neuen Stoffe – denken wir nur an die Pharmazeutika – wären wir als Menschen in dieser Zahl nicht lebensfähig. Es ist müssig danach zu fragen, ob der Bevölkerungsdruck die Hervorbringung neuer Stoffe bewirkt hat oder ob umgekehrt die Bevölkerungszunahme durch diese Entwicklung (denken wir nur an die erfolgreiche Bekämpfung der Infektionskrankheiten) überhaupt erst ermöglicht worden ist. Für beide Kausalrichtungen lassen sich Beispiele anführen. Ganz offensichtlich handelt es sich hier um einen gegenseitigen Aufschaukelungsprozess. Wo man ihn «beginnen» lässt, ist oft Sache unausgesprochener und nicht nachweisbarer Grundhypothesen. Sicher darf der Mensch als jene Spezies betrachtet werden, die dank ihres überlegenen Gehirns innerhalb evolutionsgeschichtlich kurzer Zeit bei weitem mehr neue Stoffe und Stoffverbindungen hervorgebracht hat als alle Arten auf der Welt zusammengenommen. Dass dies nicht immer problemlos und mit Vorteilen verbunden war, sehen wir am Dioxin und den FKCWs.

Der von der Technosphäre des Menschen ausgehende, global sich ausweitende Einfluss auf die natürlich ökologischen Prozesse hat als Folge der kombinierten Wirkung von zunehmender Bevölkerung und steigendem Pro-Kopf-Energieverbrauch heute Grössenordnungen erreicht, die in gewissen Umweltbereichen durchaus mit den natürlichen Prozessen vergleichbar sind. Das trifft sowohl für die bereits erwähnte Emission von Industriestaub in die Atmosphäre zu, als auch für die Emissionen von anderen Stoffen, wie Kohlendioxid, Methan, Stickstoff, Schwefeldioxid usw. In einigen Fällen, wie z. B. bei den erwähnten Staubemissionen verstärken sich natürliche und anthropogen verursachte Prozesse, in anderen Fällen, wie z. B. bei der seit den vierziger Jahren beobachteten Abkühlung und dem ebenfalls beobachteten Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre besteht zumindest die Möglichkeit einer teilweisen Kompensation von Abkühlungs- und Erwärmungseffekten.

Wachsendes Umweltbewusstsein

Die Situation ist durch das Ineinandergreifen anthropogener und natürlicher Stoffströme komplizierter geworden. Es kommt hinzu, dass – wie in

der gesamten Evolution – auch im Umweltbereich infolge der Nichtlinearitäten des Gesamtsystems plötzliche Phasenübergänge und Irreversibilitäten auftreten, die eine Berechenbarkeit des Systemverhaltens fast unmöglich machen.

Infolge der kombinierten Wirkung von zunehmender Messgenauigkeit, zunehmendem Wissen über bisher unbekannte Zusammenhänge und intensiver Wahrnehmung des Umweltproblems durch die Öffentlichkeit – nicht zuletzt dank der breiten Wirkung von Printmedien und Fernsehen – ist ein *neues Umweltbewusstsein* entstanden. Von *William Kapp* (*Social Costs of Private Enterprise* – erste Auflage 1950) über *Dennis Meadows'* 1972 veröffentlichtes Buch *«Grenzen des Wachstums»* bis zum jüngsten Bericht des *Club of Rome* *«Die erste Globale Revolution»* (1992) entfaltet sich diese zunehmende Sensitivierung seit nunmehr 40 Jahren. Das neue Umweltbewusstsein findet seinen Niederschlag auch in zahlreichen offiziellen und offiziellen Papieren. Zu nennen wären da z. B. *«A Blueprint for Survival»* (1972), veröffentlicht von einer Arbeitsgruppe im *Ecologist*, ferner *Global 2000*, einer grossen Studie, angeregt durch Präsident *Carter* und *last but not least* der *Brundtland-Report*, so benannt nach der norwegischen Ministerpräsidentin *Harlem Brundlandt*. Zahlreich sind die Publikationen (allein im Rahmen des Club of Rome wurden in 20 Jahren 17 Studien veröffentlicht); ebenso zahlreich sind aber auch die Empfehlungen. Sie reichen vom Konzept der *«Grenzen des Wachstums»* bis hin zu dem bereits 1985 von der *Groupe de Talloires* formulierten Gegenkonzept *«Wachstum der Grenzen»*. Heute kann kein Politiker, keine Partei vor dem Wähler bestehen, ohne diese Kontroversen ernst zu nehmen und Stellung dazu zu beziehen.

Versucht man, sich ein Bild zu machen von den Perzeptionen und Konzepten, die während der vergangenen vier Jahrzehnte in der Wissenschaft und mit jeweils zwanzigjähriger Verspätung auch in der Politik hinsichtlich der Umweltproblematik im Vordergrund standen, ergibt sich folgendes: Vermutlich als Reaktion auf die stürmischen Aufbau- und Wachstumsjahre der Nachkriegszeit entstand zunächst im Bewusstsein einzelner Menschen – denken wir an Meadows' Buch *«Grenzen des Wachstums»* (1972) – das Gefühl: So kann es nicht weitergehen. Denn wie sonst könnte man sich diesen grossen Erfolg erklären? *Meadows* sprach etwas aus, was viele fühlten und dachten. Was machte es da schon aus, dass sich in seinem Simulationsmodell keine Preisanpassungen finden und auch keine Aufteilung in Weltregionen? Trotz aller Mängel des Modells und trotz aller Fehlprognosen (oder gerade ihretwegen) bewirkte das Buch *«Grenzen des Wachstums»* einen weltweiten Bewusstseinswandel, den vermutlich auch die Autoren des Buches damals nicht für möglich gehalten hätten.

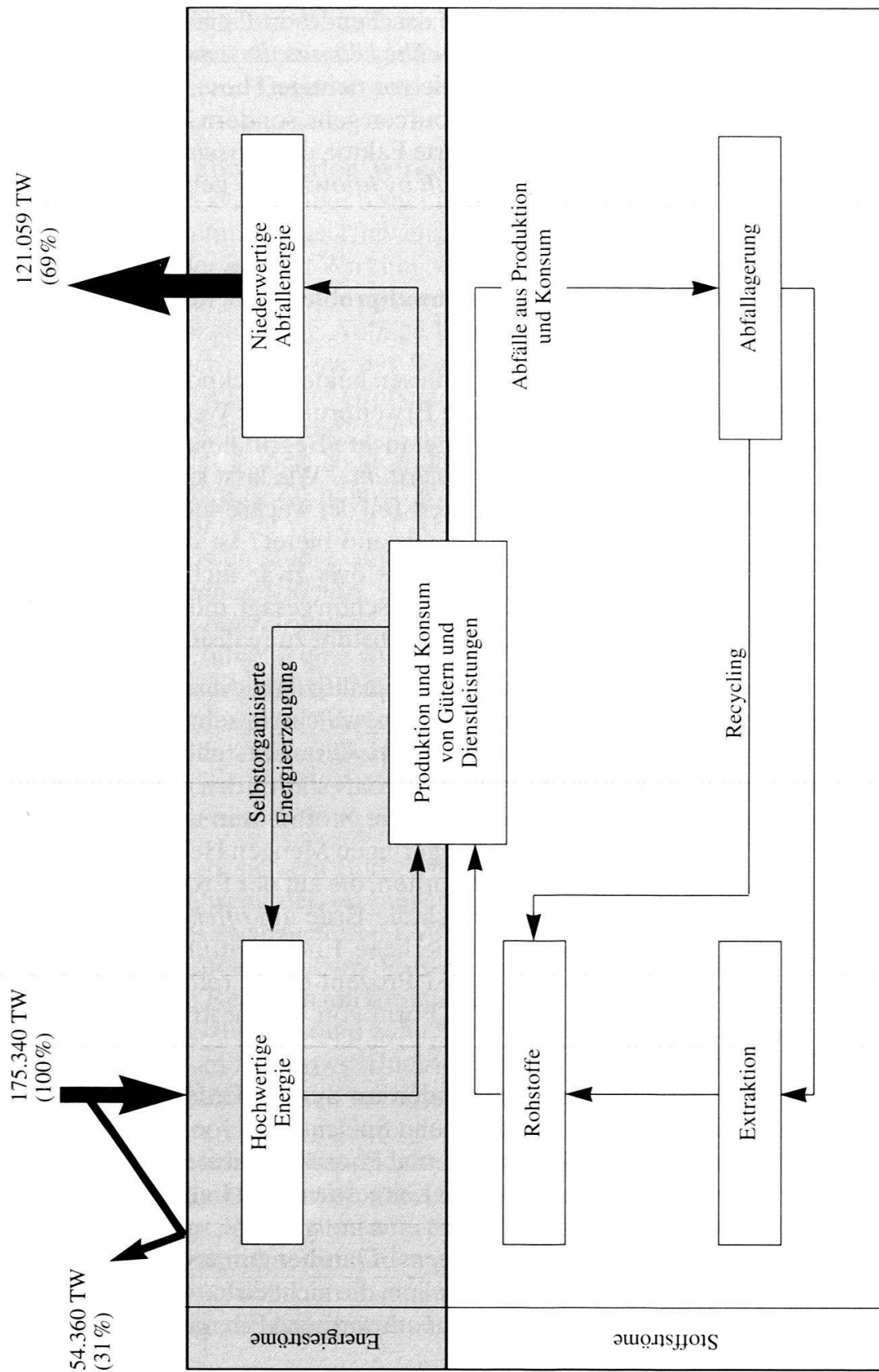
Als Reaktion darauf schwang dann das Pendel in Gegenrichtung aus: Julian L. Simon vertrat in seinem Buch «*The Ultimate Resource*» (Princeton University Press 1981) die m. E. nach wie vor richtige These, dass es «*in the final analysis*» nicht um materielle Ressourcen geht, sondern, dass der einzig relevante, seinem Wesen nach unlimitierte Faktor, das *Wissen* des Menschen sei. Damit war das Konzept des «*Growth by knowledge*» geboren.

Prinzipielle Lösbarkeit des Energie-Umweltproblems

Nun stellte sich sozusagen zwischen diesen beiden «Eckpositionen» bald die konkrete Frage, wie man denn diese Erweiterung der Wachstumsgrenzen verwirklichen könnte. Der nun aufgetauchte Begriff heisst «*sustainable growth*», auf deutsch: «*Nachhaltiges Wachstum*». Wie lässt sich ein Prozess verwirklichen, der vor allem dem ärmeren Teil der wachsenden Menschheit auf umweltverträgliche Weise mehr Wohlstand bietet? Ist dies überhaupt möglich? Ich vertrete die Auffassung, dass dies zwar nicht automatisch geschehen wird, dass es jedoch, wie eingangs schon gesagt, möglich ist, durch umsichtige Politik umweltverträgliches Wachstum zu realisieren.

Diese möglicherweise als zu optimistisch qualifizierte Aussage soll durch eine graphische Darstellung gestützt werden, welche in sehr vereinfachter Form die wichtigsten *Stoffströme und Energieflüsse* darstellt, die zwischen dem System Umwelt und dem System Wirtschaft stattfinden. Dabei müssen wir beachten, dass die Erde in bezug auf die Stoffströme weitgehend ein *geschlossenes System* ist, abgesehen von geringen Mengen Helium, das noch in den Weltraum entweicht sowie Meteoriten, die auf der Erde einschlagen. In bezug auf den Energiefluss ist jedoch die Erde ein *offenes System*. Sie empfängt von der Sonne eine kontinuierliche Energiezufuhr im Umfang von 175.000 TW. Davon werden rund 31 Prozent direkt reflektiert und 69 Prozent verlassen unseren Planeten in Form von Wärmestrahlung (Infrarotbereich) und gehen ins Weltall.

Zwischen Ein- und Ausstrahlung finden im System Erde–Atmosphäre komplizierte Prozesse wie Konvektion und Speicherung von Wasserdampf statt, ferner Wind, Wellen, Strömungen und Photosynthese. Ohne die kontinuierliche Energiezufuhr von unserem Leitgestirn wäre Leben auf diesem Planeten nicht möglich. Energiezufuhr ist eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Voraussetzung allen Lebens. Darüber hinaus gibt es noch andere, weniger bedeutende Energiequellen, die nicht direkt von der Sonne herrühren: dazu gehören die Gezeiten, geothermische Energie und die vom Menschen erschlossene Kernenergie.



Quelle: modifiziert nach W. Seifritz (1986) und M. Taube (1988)

1 TW = 10^{12} W = tausend Milliarden Watt

Im Vergleich zu der von aussen empfangenen Energie ist der anthropogene Energieverbrauch verschwindend gering. Beziehen wir den heutigen Weltenergieverbrauch von 14 Terawatt auf die nichtreflektierte Einstrahlung von rund 121 000 Terawatt, dann entspricht dies einem Anteil von nur etwas mehr als einem *Hundertstel eines Prozents*. Der Erhaltungssatz von Masse und Energie besagt, dass keine Masse und/oder Energie verschwinden kann. Unabhängig davon gilt aber auch, dass die auf der Erde vorhandenen Stoffe – nicht notwendigerweise ihre Zustandsweisen – hier bleiben, weil, wie bereits erwähnt, die Erde (von den genannten geringfügigen Ausnahmen abgesehen) ein geschlossenes System ist. Das einmal aus den Erzbergwerken gewonnene Metall kann zwar verschiedene Verbindungen eingehen, als Element bleibt es jedoch erhalten. Wenn wir also davon sprechen, dass ein «Rohstoff» zur Neige geht, dann gilt dies nicht absolut, sondern nur für Stoffe und Stoffkombinationen, die man sich zu den jeweiligen Kosten nicht leisten kann. Um eine den jeweiligen Bedürfnissen entsprechende Kombination von Elementen zu ermöglichen, bedarf es der Energie.

Im Prinzip ist mit der heute verfügbaren Technik sowohl eine befriedigende Lösung des Energie- wie des Umweltproblems möglich. Der technische Aspekt des Umweltproblems besteht in der *Schliessung von Stoffströmen*. *Dazu bedarf es der Verfügbarkeit von Energie und der Entwicklung solcher Energiequellen, deren Nutzung nicht ihrerseits Stoffströme öffnet*. Das auf der Nutzung *fossiler* Energieträger beruhende Energiesystem trägt sehr wohl zur Öffnung von Stoffströmen bei – schafft also Dissipationen, die aus physikalischen Gründen entstehen (CO₂) und die mit der heute verfügbaren Technik noch nicht rückgängig gemacht werden können. Ob es jemals möglich sein wird, das in die Atmosphäre immittierte CO₂, z. B. durch Aufforstungen wieder aus der Atmosphäre herauszuholen, ist fraglich. Insofern besteht *bei der heutigen Struktur des auf fossilen Stoffen beruhenden Energiesystems* in der Tat ein Widerspruch zwischen «mehr Energieverbrauch» und «weniger Umweltbelastung». Es ist jedoch wichtig hervorzuheben, dass dieser Widerspruch nicht grundsätzlicher Art im Sinne einer Naturgesetzlichkeit ist, sondern nur so lange besteht, als wir fossile Energieträger verwenden.

Das Ziel der Schliessung von Stoffströmen besteht darin, den recycelbaren Teil der Stoffumwandlung wieder der Nutzung zuzuführen und den nichtrecycelbaren Teil in *nichtdissipierende Senken* zu deponieren (Endabfall). Nichtdissipierende Senken sind solche, die mit der Umwelt nicht im Austausch stehen. Es ist technisch durchaus möglich, *Teile* eines Systems, von dessen Umgebung in dem Sinne zu isolieren, dass keine Funktionsbeeinträchtigung des Systems stattfindet.

Abwärme bedeutet nicht Treibhauseffekt

Die durch jeden Einsatz von Energie entstehende Abwärme darf nicht mit dem Treibhauseffekt verwechselt werden. Der Treibhauseffekt wird bekanntlich durch eine Veränderung in der Zusammensetzung der Atmosphäre, insbesondere infolge einer Anreicherung mit CO₂, verursacht und geht auf andere physikalische Eigenschaften zurück. Der Energieverbrauch im Sinne der Leistungsanspruchnahme geht von der Nutzung höherer Energiedichten in Richtung niederwertiger Energien und endet letztlich in nicht mehr nutzbarer Abwärme. Die Relation zwischen der in Watt messbaren Leistungsanspruchnahme und der abwärmebedingten Erhöhung der Oberflächentemperatur der Erde beträgt im Gleichgewicht etwa 3000 Terawatt (TW) zu 1 °C. Gegenwärtig verbrauchen wir aber nur knapp 14 Terawatt, d. h., wir haben physikalische Möglichkeiten, unsere Stoff- und Energieströme der Wirtschaft so zu regeln, dass bei einem nur mässigen oder sogar auch konstanten Energieverbrauch durch entsprechende organisatorische und technische Massnahmen wirtschaftliches Wachstum ohne Umweltzerstörungen möglich bleibt. Eine durch Überführung hochwertige in niederwertige Energie (Abwärme) bewirkte Erhöhung der Lufttemperatur um 1 °C würde erst bei einer Zunahme des heutigen Weltenergieverbrauches um das 214fache(!) eintreten – eine Entwicklung, die kaum zu erwarten ist.

Der kalte Weltraum ist also eine ideale Senke. Daraus erfolgt, dass das Wirtschaftswachstum nicht durch die unbestrittene Gültigkeit des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik begrenzt wird, sondern in erster Linie durch unsere Fähigkeit, die Stoffströme so zu handhaben, dass sie die irdischen Lebensbedingungen des Menschen nicht negativ beeinflussen. Grundsätzlich gilt, dass unter der Bedingung geschlossener Stoffströme jede Stoffumwandlung ohne umweltstörende Stoffdissipation erfolgen kann. Am Ende des Prozesses entsteht im Idealfall lediglich die in den Weltraum abstrahlende Abwärme.

Ökoeffizienz versus Ökoakzeptanz

Das ist technisch machbar, wenn auch schwierig, physikalisch möglich, aber ökonomisch nur dann durchführbar, wenn die richtigen Anreize zur Internalisierung jener Effekte führen, die für den Verursacher Abfallcharakter haben. Mit anderen Worten: Die Umwelt muss einen ökologisch effizienten Preis haben, damit das verwirklicht werden kann, was in dem von *Stephan Schmidheiny* herausgegebenen Buch «Kurswechsel» *Ökoeffizienz* genannt wird. Da sich dieser Preis aber nicht auf dem Markt bildet, sondern

in einer Demokratie von allen Betroffenen sozusagen «ausgehandelt» werden muss, kommt es sehr auf die Akzeptanz von Erkenntnissen an, die zu allgemeingültigen und auch durchsetzbaren Regelungen führen. Das kann zu Verzögerungen führen, die Irreversibilitäten zur Folge haben. Die *Zeitstruktur ökologischer Prozesse* unterscheidet sich grundlegend von der *Zeitstruktur der politischen Prozesse*. Dadurch kann sich der ökologisch mögliche Optionsspielraum einengen. Wir müssen uns deshalb nicht nur um stets mehr Wissen über die ökologischen Zusammenhänge bemühen, sondern auch um mehr Wissen darüber, wie die Gesellschaft mit ihrem Wissen umgeht. Dies ist ein Feld, das an jenen Stätten, die Primärwissen über ökologische Zusammenhänge erzeugen – wie z. B. unsere ETH – auf die Länge nicht ausgeklammert werden darf, denn sonst findet die eine Art von Wissen, nämlich das Wissen darüber, wie man etwas tut und anwendet an einer Stelle statt, und die andere Art, nämlich das Wissen darüber, wie man die Anwendung des erstgenannten Wissens verhindert, an einer anderen Stelle (sprich Umwelttechnik da, Technikfolgeabschätzung dort). Dies gilt es zu vermeiden. Konkret bedeute dies, dass wir in Zukunft der Akzeptanz- und Legitimitätsproblematik von angewandter Wissenschaft grössere Beachtung schenken müssen.

Zusammenfassung

Erstens: Wir verbrauchen keine Ressourcen, sondern Ordnungszustände. Wenn eine Ressource «erschöpft» ist, dann sind ihre stofflichen Bestandteile nicht inexistent geworden (Erhaltungssatz!). Vielmehr befindet sich in einem solchen Falle die betreffende Ressource bzw. deren Komponenten nicht in der *richtigen Konzentration* am richtigen *Ort* und *zur richtigen Zeit*. Alle drei Erfordernisse – die richtige Konzentration, die Verfügbarkeit am richtigen Ort sowie zur richtigen Zeit – können beim heutigen Stand des Wissens für praktisch alle Elemente des Periodensystems erfüllt werden. Dafür braucht man allerdings Energie. Aus diesem Grund «reduziert» sich das Ressourcen- bzw. Rohstoffproblem auf das Energieproblem – «*the ultimate resource*», wie *Goeller* und *Weinberg* in ihrem bahnbrechenden Aufsatz «*The Age of Substitutability*» schon vor 16 Jahren richtig festgestellt haben.

Zweitens: Da sowohl die Bereitstellung (Produktion) als auch der Einsatz (Verbrauch, bzw. die Leistungsanspruchnahme) von Energie unter den heutigen Gegebenheiten mit stofflichen Dissipationen verknüpft sind, ist Energie das Kernproblem des Umweltproblems. Im Gegensatz zur Dissipation von Energie, die durch jede Leistungsanspruchnahme in Form der Umwandlung hochwertiger in niederwertige Energie (Abwärme) entsteht,

können stoffliche Dissipationen bzw. Konzentrationen durch die Einrichtung von terrestrischen Senken bzw. durch Verdünnung in jene Konzentrationsgrade gebracht werden, die mit den Lebensbedingungen des Menschen und seiner gesellschaftlichen Existenz kompatibel sind. Im Idealfall bleibt dann nur noch die Abwärme übrig, die in die unendliche Senke «Weltraum» abstrahlt.

Drittens: Die existenzhaltende Beherrschung der Stoffströme ist schwierig: Zum einen kommt es nicht nur auf die jeweilige Konzentration eines Schadstoffes an, sondern auch auf die Geschwindigkeit, mit welcher er produziert, d. h. eingebracht und abgebaut wird (Verweilzeiten).

Zum andern kann wegen der Nichtlinearität ökologischer Systeme eine Konzentration von Schadstoffen in den einzelnen Straten des Ökosystems (der Hydrosphäre, der Atmosphäre. Solche Phasenübergänge sind in der Regel irreversibel und begründen eine neue Qualität des Gesamtsystems.

Schliesslich kennen wir die Langzeitwirkungen bestimmter Umwelteinflüsse auf den Menschen, z. B. die Langzeitwirkung schwacher Strahlen nicht und wissen deshalb nicht, ob und nach welchen gesundheitliche Schäden auftreten.

Man könnte noch weitere Gründe anführen, die ein umweltoptimales Management von Stoffströmen erschweren. Unmöglich ist ein solches Management jedoch nicht. So ist es heute nicht nur technisch, sondern auch ökonomisch möglich, *integrale Produktzyklen* zu realisieren. Dabei werden schon die Vorprodukte, die Produktkomponenten sowie die Produktionsmittel wie Maschinen, bis hin zum Fertigprodukt so angeordnet, dass nach Gebrauch ihre stoffliche Umwandlung in Ausgangsmaterialien zu minimalen Energie- und Dissipationskosten (Endabfall) gewährleistet ist.

Wir sind heute schon auf dem Wege der Verwirklichung dieses integrierten Stoffumwandlungszyklus. Darin ist die Verwendung einer ganz bestimmten Stoffanordnung als Investitions- oder Konsumgut, also die eigentliche Dienstleistungserbringung für Investitions-, bzw. Konsumzwecke, *nur eine Phase* im gesamten Stoffumwandlungszyklus.

Um eine solche Integration des gesamten Stoffumwandlungsvorgangs mit der dazugehörigen Dienstleistungsphase zu realisieren, bedarf es ökonomischer Anreize. Sie müssen ihrerseits gewissen Gesetzmässigkeiten genügen. So dürfen sie nicht den Charakter parametrischer Lenkungen haben, sondern in erster Linie als allgemeingültige Randbedingungen konzipiert sein, die idealerweise keine Marktverzerrungen bewirken. In der Regel haben sich Grenzwertsetzungen für Emissionen diesbezüglich bewährt, sofern sie innerhalb des technisch Möglichen liegen und beim jeweiligen Stand der

Technik finanziell verkraftbar sind. Hier eröffnet sich dann auch auf der Betriebsebene die Chance zur Realisierung der «Ökoeffizienz», einer Produktionsweise mit möglichst hohen Wirkungsgraden und geringen Materialverlusten. Nichtverwertbare Stoffe, die beim jeweiligen Stand der Technik sowie unter den jeweiligen ökonomischen Randbedingungen Abfallcharakter haben, werden vollständig in nichtdissipierende Senken deponiert.

Viertens: Eine entscheidene Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Schnelligkeit der individuellen und *gesellschaftlichen Wissensmehrung*. Der Wissenserwerb ist grundsätzlich ein offener und seiner Natur nach unendlicher Prozess. Das Neue an der heutigen Situation liegt im Ineinandergreifen natürlicher und anthropogen verursachter Prozesse. Dabei nimmt der anthropogene Einfluss auf die natürlichen Abläufe des stets vorsichgehenden Wandels zu. In einzelnen Bereichen wie z. B. bei den Aerosolen, hat er bereits eine Größenordnung von 40 bis 50 Prozent der natürlichen, durch Wüstenstürme dauernd in die Atmosphäre gelangenden Aerosole erreicht. Darüber hinaus gelangen Stoffe in die einzelnen Straten des Ökosystems, die es vorher in der Natur nicht gab, z. B. die FCKWs oder Plutonium.

Fünftens: Zwei grundsätzlich verschiedene Weisen der Wissensentäusserung treten nun gemeinsam auf: zum einen, die klassische Weise des naturwissenschaftlich orientierten Wissenserwerbs, und zum anderen die praktische, d. h. politische Art des Umgangs mit diesem Wissen. Am deutlichsten zu erkennen im Umgang mit der *Kernenergie* und der *Gentechnologie*. Dem Ineinandergreifen natürlicher und anthropogen verursachter Prozesse entspricht auf der Ebene des Umgangs mit Wissen das Ineinandergreifen von Systemen unterschiedlicher Zeitkonstanten. Anders ausgedrückt: Die Zeitstruktur der anthropogen beeinflussten ökologischen Prozesse ist verschieden von der Zeitstruktur der politischen Entscheidungsprozesse.

Sechstens: In dieser Situation geht es vorerst darum, Zeit und Orientierungen zu gewinnen:

- durch Intensivierung der naturwissenschaftlichen Forschung auf allen umweltrelevanten Gebieten,
- durch die kombinierte Weiterentwicklung von Umwelt-Ressourcen und Energieökonomie und
- durch eine vorsorgliche De-Akzeleration der Energie- und Stoffdurchsätze mittels erhöhter Effizienzen.

Auf dem politischen Feld steht die beständige Suche nach ökologisch sinnvollen, d. h. mit dem jeweiligen Stand der Umweltnaturwissenschaften begründbaren, technisch realisierbaren Grenzwerten. Dadurch entstehen

Preise für Umweltgüter, die für alle gleichermassen verbindlich sein müssen. Erst auf dieser Basis ist eine *kalkulierbare Ökoeffizienz* möglich.

Siebtens: Politisch bewegen wir uns im Zwischenbereich von «*random walk*» auf der einen, und parametrischer Steuerung auf der anderen Seite. Eine Kombination von weiterentwickelter Wachstumstheorie, in welcher auch das Wachstum des Wissens eingebaut ist, nichtlinearer Dynamik und Institutionstheorie wird die Brücke zwischen Naturwissenschaft, Ökonomie und Politik herstellen. So werden wir das momentan knappste Gut, die knappste Ressource, nämlich unsere Fähigkeit, Erkenntnisse durch Verinnerlichung politisch umzusetzen, mehren. Darin liegt die Chance einer Konvergenz von Ökonomie und Ökologie: Die Natur wird, wie *Lübbe* zu recht feststellt, nicht durch Ökonomisierung, sondern durch Romantisierung gefährdet. Wirtschaftlicher Umgang mit Natur und Ökologie schadet der Umwelt nicht, sondern schafft erst die Voraussetzungen für ein umweltverträgliches Wirtschaftswachstum.

Der Weg bis zu diesem Ziel ist noch lang. Ich vermute, dass eine spürbare Besserung der regionalen und globalen Umweltsituation erst dann zu erwarten ist, wenn sich die Weltbevölkerung stabilisiert hat. Vorher dürfte es eher noch schlimmer werden. Dabei ist das *Niveau*, auf welchem diese Stabilisierung erfolgt, weniger wichtig als der *Zeitpunkt* zu dem sie erfolgt. Je früher dies geschieht, um so grössere Chancen haben wir, die Lebenssituation der Menschen in der Dritten Welt ohne weitere Schädigungen der Umwelt zu verbessern und global ein umweltverträgliches Wirtschaftswachstum zu verwirklichen. Erst dann dürfen wir hoffen, dass sich der Mensch aus den eingangs genannten drei Konflikten, dem Konflikt mit der Natur, dem Konflikt mit seinesgleichen und dem Konflikt mit sich selbst schrittweise befreien und in eine neue Phase seiner kulturellen Evolution eintreten wird.

Der vorliegende Text ist die schriftliche Fassung der am 15. Juli an der ETH gehaltenen Abschiedsvorlesung. Der Verfasser dankt den Repräsentanten der Hochschule an der er über 25 Jahre lehren und forschen durfte für die gewährte Freiheit. Ein besonderer Dank geht auch an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie – last but not least – an die Familie für Unterstützung und Verständnis.

Literaturhinweise:

- Altenpohl, D. G. (Ed.) (1985) *Informatization: The Growth of Limits*. Conference of the Groupe de Talloires 1985. Aluminium-Verlag, Düsseldorf.
 Blueprint for Survival (1972) *The Ecologist*, Vol. 2, No. 1, January 1972.
 Brundland Commission (1987) *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, New York, London.
 Budyko, M. I. (1980) *Global Energy*. Progress Publishers, Moscow.
 Carson, R. (1962) *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston.

- Fritsch, B. (1991) Mensch – Umwelt – Wissen. Evolutionsgeschichtliche Aspekte des Umweltproblems. 2., erw. Auflage. Verlag der Fachvereine, Zürich.
- Goeller, H. E. and Weinberg, A. M. (1978) The Age of Substitutability. In: The American Economic Review. Vol. 68, No. 6.
- Heilbrunner, R. L. (1975) An Inquiry into the Human Prospect. Calder Boyards, London.
- Kapp, W. (1950, ²1963) Social Costs of Business Enterprise. Universe Books, New York.
- King, A. and Schneider, B. (1992) The First Global Revolution. Report of the Club of Rome. Simon and Shuster, London. Dt. Übersetzung: Die erste globale Revolution. Ein Bericht des Rates des Club of Rome. Horizonte Verlag. Frankfurt am Main..
- Lübbe, H. (1992) Im Zuge der Zeit. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- Meadows, D. L. et. al. (1972) The Limits to Growth. Universe Book or New American Library, New York.
- Remmert, H. (1978) Ökologie – Ein Lehrbuch, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Schmidheiny, St. with the Business Council for sustainable development (1992) Changing Course. A Global Business Perspective on Development and the Environment. MIT-Press, Cambridge, London, dt. Übers., Kurswechsel, Artemis und Winkler, München usw. 1992.
- Seifritz, W. (1986) «Schlittern wir in die Entropiefalle?», in: Kappel, R. (ed.) (1986) Im Spannungsfeld von Wirtschaft, Technik und Politik. Olzog Verlag, München.
- Simon, L. (1989) The Ultimate Resource. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- UNDP (1991) Human Development Report. Oxford University Press. New York.
- World Bank (1992) World Development Report. Development and the Environment. Oxford University Press. New York.
- World Resources Institute (ed.) (1990) World Resources 1990–91. Oxford University Press, Oxford, New York.

UNSERE "FEU" jetzt auch im 5er Etui erhältlich!



Cigarrenfabrik A. Wuhrmann & Cie. AG, 4310 Rheinfelden
Tel. 061/831 54 33 - Fax 061/831 24 54