

Grenzen des Wachstums. Ein Überblick

Mit Ausnahme einiger kürzerer oder längerer Unterbrechungen in Krisenzeiten wuchsen Warenproduktion und Kapital im gesamten bisherigen Verlauf der Kapitalismusgeschichte sowohl nominal als auch real exponentiell. Bereits die Beobachtung dieser Tatsache ist ein wichtiger Hinweis darauf, daß es sich hier nicht um einen zufälligen oder beliebigen, sondern um einen, unter bestimmten Bedingungen, gesetzmäßigen Entwicklungsprozeß handeln muß. (Die theoretischen Grundlagen des Wachstums der Warenproduktion wurden in "Das kapitalistische System, Bd.1.1, Norderstedt 2006, Abschnitt 3.6, von Wolfgang Hoss behandelt.)

Die Wachstumsverfechter behaupten gewöhnlich, daß exponentielles Wirtschaftswachstum unbegrenzt möglich sei, und daß die Probleme, die es mit sich bringt, beherrschbar seien. Unzählige konkrete Analysen zum Umweltschutz und den Umweltveränderungen wurden in der Vergangenheit erstellt, und insbesondere nach der Publikation von "Die Grenzen des Wachstums" des Club of Rome wurden die Forschungsarbeiten intensiviert und ausgeweitet, ein riesiges Wissen hierzu wurde angesammelt und umfangreiche Literatur steht uns heute zur Verfügung.

Der weitaus größte Teil der Forschungen zur Wirkung des Wachstums beschäftigt sich mit speziellen Wachstumsprozessen und speziellen Teilsystemen, und nur ein relativ kleiner Teil der Wachstumsanalysen basiert auf Abstraktionen und Verallgemeinerungen. Beide Methoden, also sowohl die konkreten und speziellen als auch die allgemeinen und abstrakten Methoden, haben im allgemeinen die gleiche Berechtigung, sie können sich gegenseitig ergänzen und befruchten. Erstens, können die Umweltprobleme möglichst konkret durch Spezialisten oder Spezialistengruppen und in diesem Teil möglichst gründlich und umfassend in den Einzelheiten erforscht werden, zweitens, kann den Forschern oder Forschergruppen die Aufgabe gestellt werden, die Gesamtprozesse der Umweltveränderungen unter Nichtbetrachtung aller mit Hinsicht auf die höchststufig allgemeinen Aussagen nicht betrachtungsnotigen Umstände und Einzelheiten zu analysieren. Die ersten Berechnungen zur Abschätzung der Grenzen des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts basierten auf dieser Methode der Nichtbetrachtung des in allgemeinsten Sicht nicht Betrachtungsnotigen oder des zunächst noch nicht Betrachtungsmöglichen. Der große Vorzug dieser Methode bestand darin, daß sich die Riesengefahr für das Leben der Gesellschaft sofort abzeichnete, wenn auch zunächst weitgehend ohne Einzelheiten. Die abstrakten Berechnungen weckten unseren Instinkt, unsere Fähigkeit Lebensgefahren bereits intuitiv zu erkennen, und sie initiierten in der Folgezeit zahlreiche Aktivitäten zur konkreten Erforschung der Gefahren in den Teilprozessen und Teilsystemen.

Die konkreten Prozesse der Umweltveränderung, darunter die Veränderungen in den ökonomischen und politischen Systemen, die Wirkungen auf einzelne Organismen, auf spezielle Ökosysteme und auf die Ökosysteme als Ganzes, die Veränderungen in der Biosphäre und die chemischen und physikalischen Veränderungen mit erdgeschichtlichen Dimensionen, sind unendlich vielfältig und ungeheuer kompliziert und komplex – die konkreten Forschungen

können deshalb endlos fortgesetzt werden, ohne daß die Frage jemals mit letzter Sicherheit beantwortet werden kann, wohin uns das exponentielle Wachstum der Weltproduktion führen muß - ob seine Wirkungen ohne gesellschaftliche Katastrophen beherrschbar sind oder nicht. Die konkreten Analysen sind natürlich unbedingt nötig, aber sie machen die abstrakten Analysen nicht überflüssig. Ohne Abstraktionskraft wäre die Gesellschaft heute nicht mehr lebensfähig, z.B. ohne die erste fundamentale mathematische Abstraktion, das heißt ohne Gleichsetzung eines beliebigen Ausschnitts aus der objektiven Realität oder dem Denken als gedanklich zusammengehörigem Ganzen mit der Zahl 1 unter Nichtbetrachtung aller anderen Merkmale und Eigenschaften des Ganzen oder der Teile des Ganzen. Ohne diese radikale Abstraktion gäbe es die heutige Mathematik nicht. Und ohne mathematische Berechnungen deren Grundlage bzw. erster Ausgangspunkt solche höchststufige Abstraktionen sind, würde das Wirtschaftsleben in unserer Zeit zusammenberechnen. Würde man also Abstraktionen als Erkenntnismethode grundsätzlich ablehnen und ausschließlich konkrete Analysen fordern, dann wäre dies eine Torheit. Oder aber man hat guten Grund Abstraktionen abzulehnen, weil man ihre Resultate nicht anerkennen will.

Im folgenden versuchen wir in erster Linie bisherige abstrakte Analysen des exponentiellen Wachstums mit Hinsicht auf das komplexe Ganze auszubauen und zu vertiefen, d.h. konkrete Betrachtungen werden zunächst ganz oder zum größten Teil aus den Betrachtungen ausgeschlossen. Den Interessierten an konkreten Analysen steht heute Literatur in Riesenumfang zur Verfügung, auf die sie jederzeit zurückgreifen können, unser Anliegen aber ist es nicht, dazu einen Beitrag zu leisten.

Ausgangspunkt der folgenden abstrakten Betrachtungen ist ein radikal vereinfachtes Weltmodell, in welchem wir zunächst nur einen bestimmten Rohstoffverbrauch in einem Ausgangsjahr in einem bestimmten Massebetrag C_0 voraussetzen.

In **Szenario A** in der Modellwelt setzen wir zunächst voraus, daß der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit (pro Stück) historisch langfristig im Durchschnitt aller Produkttypen der Weltwirtschaft unverändert, also konstant bleibt. Unter dieser Annahme wächst der Weltgesamt-Rohstoffverbrauch mit der Rate der Weltproduktion real.

In **Szenario B** hingegen setzen wir voraus, daß der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit mit der gleichen Rate negativ wächst, wie die Produktion positiv wächst. Damit bleibt in Szenario B der Weltgesamt-Rohstoffverbrauch, trotz exponentiellem Wachstum der Produktion, konstant.

Vergleichen wir nun diese Verhältnisse in der Modellwelt mit den Möglichkeiten in der realen Welt.

Ein Wachstum des Weltrohstoffverbrauchs mit der Rate der Weltproduktion real entspricht näherungsweise dem bisherigen Verlauf des Wachstums in der Kapitalismusgeschichte. In der historischen Vergangenheit konnte das Wachstum der Rohstoffproduktion und des Rohstoffverbrauchs langfristig und im Durchschnitt aller Produkte nicht vom Wachstum der Gesamtproduktion abgekoppelt werden. Der Weltrohstoffverbrauch wuchs im Schlepptau der Produktion mit ähnlicher Rate exponentiell wie die Produktion, wenn man von kurzfristigen

Schwankungen bzw. Abweichungen von Produktion und Verbrauch zum Beispiel in Folge von Vorratsänderungen oder infolge von kurz- mittel- und langfristigen Rückgängen des Wachstums der Weltproduktion absieht.

Eine Reduzierung des Rohstoffverbrauchs **pro Produkteinheit** ist zwar in vielen Fällen in großem Umfang möglich, z.B. der Rohstoffverbrauch pro Flip-Flop, einem Grundbaustein der Elektronik, konnte in geschichtlich kurzer Zeit um den Faktor 1000 und sehr viel mehr verringert werden. Es gibt aber umgekehrt auch viele andere Produkte, bei welchen der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit im Zuge des wissenschaftlich-technischen Fortschritts steigt. Zum Beispiel beim Ersatz einer Wolframwendel-Allgebrauchslampe durch eine Leuchtstoff-Energiesparlampe steigt der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit etwa um das Vierfache. Der viermal kleinere Energieverbrauch pro Lampe wird durch einen etwa viermal größeren Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit erreicht. Oder z.B. beim Übergang vom Pferdewagen zum LKW steigt der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit. Oder z.B. der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit steigt bei der Ablösung des Waschbretts durch eine Waschmaschine, oder einer Geschirrspülgeschüssel durch einen Geschirrspülautomaten, oder eines kleinen LKW durch einen großen LKW, oder einer kleinen Turbine durch eine Großturbine, oder eines kleinen Tankers durch einen Großtanker, oder eines kleinen Kriegsschiffs durch ein großes Kriegsschiff, oder einer kleinen Jacht durch eine große Jacht, oder eines kleinen Verkehrsflugzeugs durch einen Jumbojet, oder einer kleinen Umformpresse durch eine Großpresse, usw. usw. Also bei einem Teil der Produkte sinkt zwar der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit im Zuge der technischen Entwicklung, aber bei einem anderen Teil steigt er. Nur dann, wenn überwiegend positiver Beispiele ausgewählt werden, kann eine allgemeine Möglichkeit zur Reduzierung des Rohstoffverbrauchs pro Produkteinheit im Durchschnitt aller Erzeugnisse des Weltwirtschaftssystems in der langfristigen Entwicklung "dokumentiert" werden. Es gibt einige Hundertmillionen Erzeugnistypen in der Weltwirtschaft, und es ist an sich unmittelbar einsichtig, daß für historisch langfristige Prognosen zur Entwicklung des Rohstoffverbrauchs pro Produkteinheit im weltweiten Durchschnitt bei einer solchen Riesenzahl von Produkten eine Summierung der zum Teil gegensätzlichen Resultate in Einzelfällen nicht sinnvoll ist. Die konkrete Analyse versagt also mit Hinsicht auf die Prognose der Entwicklung des Weltrohstoffverbrauchs pro Produkteinheit in der langen Frist.

Verzichtet man aber zunächst konsequent auf Betrachtungen der konkreten Fälle in ihrer riesigen Zahl und beschränkt man sich zunächst auf abstrakte Analysen, dann können wertvolle und sichere Resultate in sehr wichtigen Fällen erzielt werden. Die konkreten Einzelheiten hingegen werden durch die Abstraktion "unsichtbar".

Es ist zunächst klar, daß dann, wenn der Weltrohstoffverbrauch, trotz exponentiell wachsender Produktion, konstant bleiben soll, der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit im Durchschnitt aller Produkte mit der gleichen Rate negativ wachsen muß, wie die Produktion positiv wächst. Setzt man dies im Modell voraus, dann erhält man in der langfristigen Sicht z.B. folgende Resultate:

Wenn im gewählten Ausgangsjahr der Verbrauch an festen Rohstoffen pro Produkteinheit im Durchschnitt $\hat{C}_0 = 1\text{ME}$ betragen hat (ME bezeichnet die realisierte Menge pro Produkteinheit), und wenn die produzierte Gesamtmenge bzw. das Weltprodukt real um jährlich um 4% wächst,

und wenn der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit im Durchschnitt aller Produkte im langfristigen Mittel, also abgesehen von kurzfristigen Schwankungen, um 4% negativ wachsen soll, dann reduziert er sich nach 100 Jahren auf $\hat{C}_{100} = \hat{C}_0 \cdot (1 - 0,04)^{100} = 0,0169 = 1,69\%$ des Ausgangsbetrags. Die Masse eines PKW von ursprünglich 800kg würde, wenn seine Masse durchschnittlich, also im Beispiel um 4% jährlich sinken würde, nach 100 Jahren auf $800 \text{ kg} \cdot (1 - 0,04)^{100} = 13,5 \text{ kg}$ reduziert werden. Und nach 300 Jahren würde seine Masse auf $800 \text{ kg} \cdot (1 - 0,04)^{300} = 0,004 \text{ kg}$ und damit auf 0,00048%, also nahezu auf einen Null-Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit sinken.

Nach mehr als 1000 Jahren wäre, bei 4% Negativwachstum pro Produkteinheit, der durchschnittliche Verbrauch pro Produkteinheit in praktisch allen Fällen, selbst bei Ausgangsmassen von Tausenden Tonnen, kleiner als die Masse des leichtesten Wasserstoffatoms. **Es ist also offensichtlich unmöglich, daß der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit historisch langfristig und im Mittel aller Produkte mit einer ähnlich hohen Rate negativ wachsen kann, wie die Weltproduktion in den letzten 100 Jahren positiv gewachsen ist.**

Insbesondere mit der "Faktor-4-Regel" ist es der Apologetik gelungen, die Vorstellung zu suggerieren, daß es möglich ist, daß die Weltproduktion exponentiell weiter wachsen und der Rohstoff- und Energieverbrauch insgesamt dennoch reduziert werden kann. Eine Halbierung des Gesamtverbrauchs C_t bei Verdoppelung der produzierten Menge q_t durch Verringerung des Verbrauchs pro Produkteinheit \hat{C}_t um das Vierfache innerhalb der Wachstumszeit t soll nach einer Behauptung des Wuppertalinstituts möglich sein. Bei einer Rate des realen Produktionswachstums (Mengenwachstum bzw. Wachstum der Produktion real) von $q^* = 0,04 = 4\%$ und kontinuierlichem Wachstum wächst die produzierte Menge q in

$$t = \frac{\ln 2}{q^*} = \frac{\ln 2}{0,04} = 17,3287 \text{ Jahren vom Ausgangsbetrag } q_0 \text{ auf}$$

$q_t = q_0 \cdot e^{q^* \cdot t} = q_0 \cdot e^{0,04 \cdot 17,3287} = 2 \cdot q_0$, also auf das Doppelte. Wenn der Verbrauch pro

Produkteinheit $\hat{C}_t = \frac{C_t}{q_t}$ in der gleichen Zeit, also in 17,3287 Jahren, auf ein Viertel (Faktor 4), also

auf $\hat{C}_t = 0,25 \hat{C}_0$ sinken soll, dann muß er mit der Rate von -8% schrumpfen. Die Probe

$C_t = e^{-0,08 \cdot 17,3287} \cdot \hat{C}_0 = 0,25 \cdot \hat{C}_0$ bestätigt, daß in diesem Fall die Negativwachstumsrate des Verbrauchs pro Produkteinheit $-0,08 = -8\%$ betragen muß. Die produzierte Menge q_t kann

damit in 17,3287 Jahren auf das Doppelte $q_t = \frac{C_t}{\hat{C}_t} = \frac{0,5 \cdot C_0}{0,25 \cdot \hat{C}_0} = 2 \cdot q_0$ anwachsen, bei Halbierung

des Ausgangs-Gesamtverbrauchs C_0 .

Wenn die Weltproduktion im diesem, also im 21. Jahrhundert, mit etwa der gleichen Rate wachsen soll wie im vorigen Jahrhundert, wenn sie um rund 4% jährlich wachsen soll, dann würde sie bis zum Jahr 2100 auf $q_t = q_0 \cdot e^{q^* \cdot t} = q_0 \cdot e^{0,04 \cdot 100} = 54,6 \cdot q_0$ anwachsen (mit q_0 als Ausgangsbetrag im Jahr 2000). Die Weltproduktion würde also auf etwa das 54-fache anwachsen. Wenn gleichzeitig der Weltrohstoffverbrauch auf die Hälfte sinken soll, dann müßte der

Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit im Durchschnitt auf $\hat{C}_t = \frac{C_t}{q_t} = \frac{0,5 \cdot C_0}{54,6} = 0,0092 = 0,92\%$,

also auf weniger als 1% des Jahres 2000 sinken. Der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit müßte also um den Faktor $\frac{1}{0,0092} \approx 107$ gesenkt werden. Der Faktor 4 des Wuppertal-Instituts

verwandelt sich also selbst bei dieser Beendigung des exponentiellen Wachstums in 100 Jahren unter der Hand in den Faktor 107. Gestattet man weitere 100 Jahre exponentielles Wachstum mit gleicher Rate und gleichem technischen Fortschritt beim Rohstoffsparen, dann wächst die Produktion auf $q_t = q_0 \cdot e^{q^* \cdot t} = q_0 \cdot e^{0,04 \cdot 200} = 2081 \cdot q_0$ und der Rohstoffverbrauch pro

Produkteinheit sinkt im Durchschnitt aller Produkte auf $\hat{C}_t = \frac{C_t}{q_t} = \frac{0,25 \cdot C_0}{2981} = 0,00008 = 0,008\%$.

Der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit müßte damit um den Faktor $\frac{1}{0,00008} \approx 12500$ sinken.

Zum Beispiel ein PKW von ursprünglich 800 Kilogramm müßte auf $\frac{800 \text{ kg}}{12500} = 0,064 \text{ kg}$ reduziert

werden, wenn der Verbrauch pro PKW durchschnittlich sinken soll. Und bei Millionen anderen Produkten müßte der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit ebenfalls um den Faktor 12500

sinken. **Natürlich - es ist richtig - diese Berechnungen führen ins Absurde, aber eben deshalb, weil die Behauptung der Möglichkeit des unbegrenzten exponentiellen Wachstums absurd ist.**

Die abstrakten Berechnungen beweisen also, daß der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit historisch langfristig und im Durchschnitt aller Produkte der Weltwirtschaft nicht mit der gleichen Rate negativ wachsen kann, wie die Weltproduktion real in der Kapitalismusgeschichte positiv gewachsen ist. Sie vermitteln ein Verständnis dafür, warum es den Ingenieuren, Erfindern und Unternehmern in der Vergangenheit nicht gelungen ist, das exponentielle Wachstum des Weltrohstoffverbrauchs zu verhindern. Natürlich standen die Ingenieure und Erfinder der kapitalistischen Unternehmen auch in der Vergangenheit unter starkem Druck zur Kostensenkung, darunter natürlich auch zur Senkung der Rohstoffkosten pro Stück, hauptsächlich weil dies durch den Konkurrenzkampf zwischen den Warenproduzenten erzwungen wird, und weil sich aus dem Grundziel der kapitalistischen Produktion, der Profitmaximierung, logisch zwingend und offensichtlich erkennbar das Ziel der Kostenminimierung ergibt. Die Möglichkeiten zur Reduzierung des Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit sind in vielen Fällen sicherlich noch nicht voll ausgeschöpft, aber ein ständiges, langfristiges Negativwachstum des Rohstoffverbrauchs pro Produkteinheit im allgemeinen bzw. im Mittel aller Produkte mit der Rate der Weltproduktion der letzten 100 Jahre ist doch offensichtlich unmöglich. **Bei realistischer Betrachtung muß daher vorausgesetzt werden, daß langfristig, bei exponentiell wachsender Weltproduktion wie bisher, der Weltrohstoffverbrauch auch in der Zukunft exponentiell wachsen wird.**

Der Weltrohstoffverbrauch betrage im Modell im Ausgangsjahr $C_0 = 5 \cdot 10^9 \text{ t}$ (große

Abweichungen von diesem Ausgangsbetrag ändern den Zeitrahmen nur relativ geringfügig. Zum Beispiel ein halb so großer Ausgangsbetrag verschiebt, bei 4% jährlichem Wachstum, das Erreichen des gleichen Resultats um etwa 18 Jahre in die Zukunft, oder ein doppelt so hoher Ausgangsbetrag verkürzt diese Zeit um etwa 18 Jahre. Bei einem Wachstum der Weltproduktion

um 4% jährlich und bei konstantem Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit steigt der Gesamtverbrauch im Modell in den folgenden 100 Jahren auf $C_{100} = 5 \cdot 10^9 \text{ t} \cdot 1,04^{100} = 252 \cdot 10^9 \text{ t}$, also um mehr als das 50-fache. Nach 720 Jahren steigt er auf

$C_{720} = 5 \cdot 10^9 \text{ t} \cdot 1,04^{720} = 9,18 \cdot 10^{21} \text{ t}$. Damit ist die Masse des Rohstoffverbrauchs bereits größer als die Masse der Erde. Und nach 2400 Jahren ist er größer als die Masse des heute optisch beobachtbaren Weltraums.

Es ist also klar, daß ein unbegrenztes exponentielles Wirtschaftswachstum in der realen Welt unmöglich ist. Sicher in dieser Hinsicht sind natürlich nicht die quantitativen Aussagen zu Zeiten und Mengen; die Fehler dieser Aussagen können sehr groß sein, wenn man sie mit den üblichen Fehlern der Meßwerte in Physik und Technik vergleicht, sondern sicher ist nur die allgemeine Aussage, daß das exponentielle Wachstum in menscheitsgeschichtlich kurzer Zeit beendet werden wird, was alles andere als nichtssagend ist, trotz des möglichen großen Fehlers in den quantitativen Beträgen der Berechnungen.

Nicht ob das exponentielle Wirtschaftswachstum beendet wird, sondern wie und wann es beendet wird ist die große Frage. Versuchen wir nun mit Hilfe abstrakter Analysen abzuschätzen, durch welche Umstände und in welchem Zeitrahmen das exponentielle Wirtschaftswachstum beendet werden wird. Allgemeine und abstrakte Betrachtungen sind hierfür zunächst noch notwendig, von Einzelheiten muß also zunächst noch abgesehen werden.

Folgende drei allgemeine Umstände könnten einzeln für sich oder in dieser oder jener Kombination das exponentielle Wirtschaftswachstum beenden:

1. Bedarfssättigung
2. Versiegen der Rohstoff- und/oder Energiequellen
3. Umweltkatastrophen

Der für unser Leben günstigste allgemeine Umstand der Beendigung des exponentiellen Wirtschaftswachstums wäre eine Bedarfssättigung in historisch kurzer Zeit. Ist es aber realistisch, daß sich durch eine naturwüchsige Sättigung des Bedarfs ein spontanes erträgliches Ende des exponentiellen Wirtschaftswachstums einstellen wird? Eine solche Ansicht vertritt z.B. Norbert Reuter¹. Wie kann nun abgeschätzt werden, ob eine Sättigung des Weltbedarfs an Konsumtionsmitteln in Sicht oder nicht in Sicht ist?

1. Bedarfssättigung

Offensichtlich ist der Bedarf der Milliarden Armen in den Entwicklungsländern nicht bis zur letzten Grenze gesättigt. Außerdem ist der Heißhunger der Reichen nach noch mehr Reichtum auch in den Industrieländern gegenwärtig nicht gesättigt. Auch der "Hunger" der Mittelschichten nach größerem Einkommen ist gegenwärtig nicht gestillt. Hat der Bürger mit

¹ Reuter, Norbert, Ökonomik der langen Frist, Marburg 2000

Durchschnittseinkommen die Möglichkeit Einkommensmillionär zu werden, dann gibt es keinen Grund für ihn darauf zu verzichten. Die Einkommensmillionäre möchten Multimillionäre und die Milliardäre Multimilliardäre werden. Eine Sättigung des Strebens nach höherem Einkommen ist unter kapitalistischen Verhältnissen, unter denen großer Reichtum als Erfolgsmaß gilt, für absehbare Zeit offensichtlich nicht in Sicht.

Wenn die Weltproduktion und damit auch das Welteinkommen wächst, dann wächst der Bedarf zunächst an Nahrungsmitteln, besserer Kleidung, an einem besseren und zusätzlichen Hausrat usw. Bei weiterem Einkommenswachstum soll der Kleinwagen durch eine große Limousine ersetzt werden, dann kann der Wunsch entstehen die Mietwohnung durch ein Eigenheim, dann das kleine Eigenheim durch eine Villa, dann eine Villa durch mehrere Villen an verschiedenen Orten, am Meer oder in den Bergen oder auf einer Sonneninsel zu ersetzen. Es kann mit wachsendem Einkommen der Wunsch entstehen, ein kleines Wasserfahrzeug durch eine Jacht, diese dann durch eine Luxusjacht zu ersetzen, oder sich zwei Luxus-Limousinen, oder ein kleines Privatflugzeug, dann einen privaten Luxussicherheitsjet anzuschaffen. Oder statt einem Diener im Haushalt der Reichen sollen zehn Diener, Butler, Köchin, Gärtner, Bodyguard eingestellt werden usw.

Mit wachsendem Einkommen und wachsendem Reichtum sättigt sich zwar der Bedarf an manchen Produkten, er wächst nicht in jedem Fall exponentiell ohne Ende. Es sicher richtig, daß der Bedarf an einem Teil der Produkte pro Kopf des Verbrauchers heute schon gedeckt ist, z.B. der Bedarf an Brot der reichen Haushalte dürfte gesättigt sein, oder der Bedarf an Streichhölzern, oder an Pferdewagen in manchen Industrieländern. Aber die Sättigung eines Teils des Bedarfs hat bei wachsenden Einkommen nur einen Bedarf an anderen Produkten zu Folge, die man sich bisher nicht leisten konnte, oder die es früher nicht gab. Zum Beispiel statt einem Waschbrett kauft man sich eine Waschmaschine, statt einer Pferdekutsche einen PKW usw. Die Sättigung des Pro-Kopf-Bedarfs an bestimmten ausgewählten Produkten ist daher kein Beleg für die Sättigung des gesamten Weltbedarfs an Konsumtionsmitteln und Luxusgütern. (Eine kurze Kritik an der Sättigungstheorie findet sich z.B. in ² .

Eine Bedarfsättigung ist also nicht in Sicht, Bedarfssättigung beendet das exponentielle Wachstum der Weltproduktion in absehbarer Zeit nicht.

2. Versiegen der Rohstoff- und Energiequellen

Man hat oben gesehen, daß der Rohstoffverbrauch nicht unbegrenzt exponentiell wachsen kann. Wenn es demnach keine anderen Umstände geben würde, die das exponentielle Wachstum beenden, dann würde es nach Erreichen der Grenzen des Rohstoffverbrauchs beendet werden. Wie lange aber könnte der Welt-Rohstoffverbrauch noch exponentiell wachsen?

Es gibt zahlreiche Analysen, durch welche aufgezeigt wurde, daß die Ressourcen an herkömmlichen nichterneuerbaren Rohstoffen in menschengeschichtlich kurzer Zeit versiegen

² Die Zukunft unseres Planeten, Leipzig, Mannheim, 2000, S.577

werden. Das Wachstum der erneuerbaren Rohstoffe wiederum ist auf Grund von Gesetzen des Pflanzenwachstums begrenzt. Bereits im 21. Jahrhundert könnte, bei weiterem exponentiellem Wachstum der Weltproduktion, unter Umständen eine drastische Verknappung vieler technisch wichtiger Rohstoffen eintreten, und bei einigen Rohstoffen zeichnet sich das vollständige Versiegen im 21. Jahrhundert bereits deutlich ab.

Zunächst ist es dankbar und auch zu erwarten, daß ein immer größerer Teil der Abfälle im Zuge von Erfindungen und immer besseren Verfahren der Wiederaufbereitung wiederverwendet werden kann. Wenn aber alle Abfälle zu 100% wiederverwendet werden könnten, und wenn die Produktion exponentiell weiterwachsen soll, dann müßte die Rohstoffproduktion trotzdem weiter exponentiell wachsen. Recycling streckt nur die Rohstoffvorräte, verschiebt nur ein wenig die zeitliche Grenze.

Aber es fragt sich, inwieweit durch den wissenschaftlich-technischen und technologischen Fortschritt in der Werkstoffforschung und Werkstoffproduktion Ersatz für versiegende herkömmliche Rohstoffe gefunden werden kann. Meines Erachtens gibt es in der Zukunft noch große Reserven für Umwandlungen von heute unscheinbar erscheinenden Stoffen in wertvolle Rohstoffe, und zwar mit ökonomisch akzeptablem Aufwand. Außerdem müssen höhere Preise für Ersatzwerkstoffe in Kauf genommen werden, wenn die ökonomisch und technisch günstigeren Rohstoffe nicht mehr zur Verfügung stehen, und damit können bisher nicht genutzte Rohstoffe nutzbar gemacht werden. Eine große Zukunft könnte unter Umständen den keramischen Werkstoffen offen stehen, die heute schon gebohrt, gefräst, gedreht und mit Eigenschaften nach Maß ausgestattet werden können. Es gibt Keramik-Verbundwerkstoffe die Eigenschaften von Keramiken und Metallen vereinen, z.B. Bleche und Federn aus solchen Werkstoffen. Und überraschende wissenschaftlich-technische Erfolge auf den verschiedensten Gebieten könnte es in Zukunft in Hülle und Fülle geben.

Auch das Ende des möglichen exponentiellen Wachstums der Energieproduktion könnte recht weit in der Ferne liegen – z.B. Sonnenenergie kann in viel größerem Umfang genutzt werden als heute, und wer kann beispielsweise mit Sicherheit sagen, welche Möglichkeiten der technischen Kernfusion oder heute nicht absehbaren Erfindungen in der Zukunft noch offen stehen?

In diesem zweiten allgemeinen Umstand, den Grenzen des Wachstums des Rohstoff- und Energieverbrauchs, durch welchen das exponentielle Wirtschaftswachstum beendet werden könnte, sind die Vorhersagen auch unter Inkaufnahme sehr allgemeiner Aussagen also weniger sicher, als beim ersten allgemeinen Umstand, also bei der Bedarfsättigung. **Meines Erachtens sind die Möglichkeiten der Entwicklung neuer Werkstoffe auf Basis bisher nicht oder wenig genutzter Rohstoffe noch sehr groß, und ich nehme an, daß auch dieser zweite Umstand, also der Rohstoffmangel, das exponentielle Wirtschaftswachstum nicht, oder nicht als Hauptfaktor beenden wird.**

3. Umweltkatastrophen

Die größten Gefahren für unser Leben gehen offenbar von den Wirkungen des exponentiellen Wirtschaftswachstums auf unsere natürliche Umwelt aus. Die natürlichen Strukturen und Prozesse, die das Leben der menschlichen Gesellschaft auf der Erde ermöglichen, sind zwar so vielfältig, kompliziert und komplex, daß auch keine noch so gründliche und umfassende konkrete Analysen die Frage sicher beantworten können, wohin das exponentielle Wirtschaftswachstum führen muß, aber meines Erachtens ist es mit Hilfe abstrakter Analysen, also unter Verzicht auf konkrete Aussagen, möglich zu zeigen, wohin dies führen würde.

Um sicher zu gehen, daß die Einschätzungen der künftigen Wirkungen des exponentiellen Wirtschaftswachstums im Modell, im Vergleich zur realen Welt, nicht zu pessimistisch eingeschätzt werden, setzen wir ultrapositive Annahmen voraus, wir nehmen z.B. an, daß in historisch kurzer Zeit alle festen Abfälle von Produktion und Konsumtion zu 100% wiederverwendet werden können, und daß daher letztlich kein Müll abgelagert werden muß. Ein Müllproblem entsteht damit in der abstrakten Welt nicht.

Aber auch dann, wenn alle Abfälle wiederverwendet werden und die Weltproduktion exponentiell weiter wächst, muß der Rohstoffverbrauch langfristig exponentiell weiter wachsen, weil, wie man oben gesehen hat, der Rohstoffverbrauch pro Produkteinheit langfristig und im Durchschnitt nicht mit gleicher Rate negativ wachsen kann. Die einmal vorhandenen Rohstoffe können im allgemeinen Prinzip zwar wiederverwendet werden, und zwar in der abstrakten Annahme zu 100%, aber es müssen neue Rohstoffe hinzukommen, wenn die Produktion nach Erreichen der 100%-igen Wiederverwendung exponentiell weiter wachsen soll. Damit wachsen die Rohstoffproduktion, die restliche Güterproduktion, die Abfälle und die wiederaufbereiteten Mengen exponentiell. Die Rohstoffe müssen von den Quellen zu den Produzenten transportiert werden, und die neuen Güter müssen von Produzenten zu anderen Produzenten und zum Teil zu den Konsumenten transportiert werden, und auch die Abfälle und die wiederaufbereiteten Mengen müssen transportiert werden, und damit wachsen die transportierten Mengen exponentiell, wenn die Weltproduktion exponentiell wächst.

Stellen wir uns nun die Frage, wie lange die transportierten Mengen exponentiell wachsen könnten, und welche Folgen dieses Wachstum auf die Naturumwelt in jedem Fall haben würde, auch bei vorausgesetztem "fahrlässigem" Optimismus mit Hinsicht auf die restlichen Wirkungen des Verkehrswachstums auf die Umwelt.

Der Transport auf dem Land wird zu einem großen Teil durch LKWs abgewickelt, und hierfür sind Straßen oder Autobahnen erforderlich, die Platz beanspruchen, und die Pflanzenwachstum bzw. Landwirtschaft auf diesen Flächen verhindern. Möglichst große Gütermengen können auf einer Straße bzw. einer Fahrbahn transportiert werden, wenn die LKWs möglichst dicht hintereinander fahren. Bei einem Sicherheitsabstand von 50m für einen 60km/h fahrenden LKW wäre demnach ein Fahrbahnabschnitt von größer als 50m Länge nötig. Optimistisch wie wir sind, gehen wir aber nur von einem Fahrbahnabschnitt von 16m Länge aus (ein möglicher technischer

Fortschritt in dieser Hinsicht soll nicht außer acht gelassen werden). Mit Abstand auf beiden Fahrbahnseiten veranschlagen wir im Modell eine Fahrbahnbreite von 5m. Ein LKW benötigt damit eine Fahrbahnfläche von $16 \cdot 5 = 80 \text{ m}^2$. Der nächste LKW auf der Fahrbahn ebenfalls usw.

Ferner veranschlagen wir eine transportierte Menge von durchschnittlich 5t pro LKW und Tag über eine längere Fahrstrecke (diese Zahl muß nicht genau sein, denn eine viel größere oder kleinere Zahl ändert den Zeitrahmen des Wachstums nur unwesentlich). Ein LKW transportiert also im Modell 5t pro Tag. Für den Transport der Masse m pro Tag benötigt man damit $n = \frac{m}{5t}$

Lastkraftwagen.

Die im Ausgangsjahr transportierte Menge sei $m_0 = 300 \cdot 10^9 \text{ t/Jahr}$. Bei 300 Transporttagen pro Jahr ergibt sich pro Tag die Menge von $m_0 = 1 \cdot 10^9 \text{ t/Tg}$. Dafür benötigt man

$$n = \frac{1 \cdot 10^9 \text{ t}}{5t} = 200 \text{ Mill. LKW. Die Straßenfläche für diesen Transport beträgt}$$

$200 \text{ Mill. LKW} \cdot 80 \text{ m}^2 / \text{LKW} = 16 \cdot 10^9 \text{ m}^2$ (bei 80 m^2 Straßenfläche pro LKW). Das wären etwa 0,01% der Landoberfläche der Erde unter Annahme der extremsten Verkehrsdichte auf den Straßen. (Zum Beispiel die tatsächliche Straßenverkehrsfläche der BRD betrug im Jahr 2001 etwa 4,3% der Gesamtfläche des Landes³).

Wenn nun die Weltproduktion 4% jährlich wächst, und wenn die transportierten Mengen im Durchschnitt, also abgesehen von vorübergehenden Abweichungen in kurz- und langwelligen Krisenzyklen und in einzelnen Ländern, mit etwa gleicher Rate wachsen, dann steigt diese Menge in 240 Jahren auf $m_{240} = m_0 \cdot 1,04^{240} = 1 \cdot 10^9 \text{ t/Tg} \cdot 1,04^{240} = 1,22 \cdot 10^{13} \text{ t/Tg}$. Unter sonst gleichen Umständen werden für diesen Transport $n = \frac{1,22 \cdot 10^{13} \text{ t/Tg}}{5t/\text{Tg}} = 2,44 \cdot 10^{12}$ LKW benötigt.

Bei 80 m^2 Verkehrsfläche pro LKW ergibt sich die Fläche von

$$A_{240} = 2,44 \cdot 10^{12} \text{ LKW} \cdot 80 \text{ m}^2 / \text{LKW} = 1,952 \cdot 10^{14} \text{ m}^2. \text{ Diese "Straßenverkehrsfläche" wäre größer als die Landoberfläche der Erde.}$$

Außerdem ist Platz für den Personenverkehr und für Parkplätze erforderlich. Zwischen 1948 und 1990 wuchs der Weltbestand an Kraftfahrzeugen (Personenkraftwagen und Nutzkraftwagen) durchschnittlich um 5,7%. Die durchschnittliche Wachstumsrate der Bestände zwischen 1970 und 1990 war 4,4%. 1990 betrug der Weltbestand etwa $578 \cdot 10^6$ Fahrzeuge⁴. Rechnet man mit 4% Wachstum in der Zukunft und einer Abstellfläche von etwa 10 m^2 pro Fahrzeug, dann wächst die Fläche in 260 Jahren auf $578 \cdot 10^6 \text{ KFZ} \cdot 10 \text{ m}^2 / \text{KFZ} \cdot 1,04^{260} = 1,55 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$. Die Landfläche der Erde beträgt $1,49 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$. Wenn die Kraftfahrzeugbestände also durchschnittlich um 4% weiter

³ Siehe Statistisches Jahrbuch der BRD 2003, S. 721 und S. 32

⁴ Quelle der KFZ-Bestände: Ernst Lüdemann, Die Weltwirtschaft im 20. Jahrhundert, S. 202, Frankfurt am Main 1996

wachsen könnten, dann wäre die Abstellfläche in 260 Jahren etwa so groß wie die gesamte Landfläche der Erde. Es ist zwar zu erwarten, daß der Bedarf an PKW sich, auch bei unbegrenzter Fortsetzung des exponentiellen Wirtschaftswachstums, irgendwann in der Zukunft sättigen wird. Wenn die Weltbevölkerung auf maximal 10 Milliarden Menschen anwachsen würde, und wenn eine Sättigung bei einem PKW pro Erdenbürger erreicht wäre, dann wäre eine Abstellfläche erforderlich, die etwa 1% der Landoberfläche der Erde entsprechen würde. Die nötige Verkehrsfläche wäre sehr viel größer, aber die Erde wäre auch dann, wenn dies möglich wäre, nicht allein durch PKWs zuge deckt. Aber damit ist der Bedarf an LKW und/oder anderen Gütertransportmitteln nicht gesättigt. Und zum Wachstum der Verkehrsfläche für PKW und LKW kommt die Fläche für die restlichen Infrastrukturbauten und für Wohnbauten und Industriebauten hinzu. Und es gibt außer PKWs und LKWs Millionen andere Erzeugnisse, für die bei fortgesetztem Wachstum immer mehr Platz während ihrer Produktion und ihrem Verbrauch erforderlich wäre. Gäbe es keine anderen Umstände, die das Wachstum beenden, dann gäbe es also lange vor Ablauf der 240 Jahre keine Fläche für die Landwirtschaft und für großflächiges anderes Pflanzenwachstum mehr. Zur Vermeidung eines Zusammenbruchs der landwirtschaftlichen Produktion müßte daher das exponentielle Wirtschaftswachstum lange vorher beendet werden.

In der Realität in Deutschland zum Beispiel wuchs die Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 1993 und 2001 durchschnittlich um 1,1%. (Quelle der Flächenzahlen: Statistisches Jahrbuch 2003, S. 720). Die Siedlungs- und Verkehrsfläche hatte im Jahr 2001 in Deutschland den Betrag 43934 km², bei etwa 357 000 km² Gesamtfläche. Also etwa 12% der Fläche Deutschlands war 2001 bebaut. Würde die Siedlungs- und Verkehrsfläche mit der gleichen Rate von 1,1% weiter wachsen, dann wäre in 192 Jahren die Gesamtfläche Deutschlands mit Bauten bedeckt. Zu bedenken ist, daß die Bauproduktion in der Konjunktur nach dem 2. Weltkrieg bis 1973 stark wuchs, daß aber während des Abschwungs ab etwa 1975 die Produktion des Baugewerbes sogar leicht negativ gewachsen ist. Es ist möglich, daß der lange Abschwung ab 1975 in der Zukunft durch einen langen Aufschwung abgelöst wird, und daß dann die Bauproduktion wieder positiv wächst. Die bebaute Fläche könnte dann erheblich schneller als 1,1% wachsen. **Bei 2% Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsfläche würde Deutschland nach 106 Jahren**

($A = 43934 \text{ km}^2 \cdot 1,02^{106} = 358\,442 \text{ km}^2$) **vollständig mit Bauten bedeckt sein.** Aber auch beim sehr viel langsameren Wachstum der Fläche um etwa 1% droht bereits im 21. Jahrhundert ein dramatischer Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche.

"Von der Landfläche der Erde sind:

20% Berge

20% Wüsten oder Steppe

20% Gletscher, Permafrost, Tundra

10% anderes unbrauchbares Land

30% potentiell für Landwirtschaft geeignet" ⁵

⁵ Bossel, Hartmut, Umweltwissen, S. 84, Berlin, New York und andere, 1990

"Durch Bauten und Verkehrswege geht in allen Ländern ständig landwirtschaftliche Nutzfläche verloren."⁶

Die große Gefahr für die Menschheit durch die Fortsetzung des exponentiellen Wachstums wie bisher zeichnet sich auf Basis der abstrakten Betrachtungen und in Verbindung mit einer großen Zahl konkreter wissenschaftlicher Analysen in einer Art und Weise ab, die unbedingt bedenklich stimmen müßte. Und nicht nur die abstrakten Berechnungen und konkreten wissenschaftlichen Analysen, sondern auch historische Erfahrungen müßten uns warnen. Das Überwachstum auf der Osterinsel, einer ursprünglich wunderschönen tropischen Insel mit üppiger Vegetation, hat nach einem Bericht des französischen Meeresforschers Jacques-Yves Cousteau zur Entwaldung, zur Bildung einer Steinwüste und zum Untergang der Zivilisation geführt. Hungersnöte, blutige Aufstände, und soziales Chaos beendeten schließlich das Überwachstum. Nur einige Hundert Kannibalen haben damals überlebt.

Natürlich stimmen die damaligen Bedingungen auf der Osterinsel nicht mit den heutigen auf der ganzen Erde überein, und natürlich sind die obigen abstrakten Berechnungen der Wirkungen des exponentiellen Wachstum in vieler Hinsicht unbefriedigend, natürlich wollen wir Gefahren für unser Leben möglichst konkret und in den Einzelheiten erkennen. Aber die ökonomischen, ökologischen und geologischen Prozesse, die unser Leben beeinflussen, sind ungeheuer kompliziert und komplex, so daß die konkreten Analysen endlos ohne endgültig sichere Resultate, die zum Handeln zwingen, fortgesetzt werden können. Die konkreten Analysen führen niemals zur letzten wissenschaftlichen Gewißheit. Das ist aber auch gar nicht nötig, wir können lebenserhaltend handeln, ohne daß die Wissenschaft eine Lebensgefahr mit hundertprozentiger Sicherheit allseitig erforscht hat, was sie bei so komplizierten und komplexen Vorgängen auch nie leisten kann. Die Wissenschaft leistet für den Umweltschutz natürlich sehr wichtige Dienste, aber sie kann unsern Instinkt zur Lebenserhaltung nicht ersetzen, sie macht ihn auf keinen Fall überflüssig. Wenn z.B. eine Menschengruppe vor sich auf ihrem Weg eine tödliche Gefahr erkennt, dann ist kein Nachweis der Gefahr mit letzter wissenschaftlicher Gewißheit erforderlich, um einen anderen Weg wählen zu können. Im Unterschied zur instinktiv erkennbaren Lebensgefahr müssen wir uns im Fall des exponentiellen Wirtschaftswachstums nur, zusätzlich zu den konkreten Abbildern, auch auf allgemeine und abstrakte Betrachtungen und Berechnungen verlassen. Damit stellt der Kampf ums Überleben in der Neuzeit im Vergleich zur Urzeit höhere Anforderungen an unsere Intelligenz.

Der wesentliche Grund dafür, daß die bürgerliche Gesellschaft das exponentielle Wirtschaftswachstum für beherrschbar und unverzichtbar erklärt, ist der folgende. Das kapitalistische System treibt unvermeidlich zu exponentiellem Wirtschaftswachstum, solange diese möglich ist. Profitmaximierung ist Grundziel und Grundgesetz der kapitalistischen Produktion, und der Profit wächst am schnellsten, wenn Kapital und Produktion mit möglichst hoher Rate wachsen. Auch der Konkurrenzkampf zwingt die kapitalistischen Unternehmen zur erweiterten Reproduktion und damit zum exponentiellen Wachstum. Ferner könnte dauerhafte Massenarbeitslosigkeit in diesem ökonomischen System ohne exponentielles Wachstum mit relativ

⁶ Bossel, Hartmut, Umweltwissen, S. 87, Berlin, New York und andere, 1990

hoher Rate nicht verhindert werden. Die bürgerliche Gesellschaft nutzt daher alle Mittel um sich selbst und die Öffentlichkeit zu täuschen. Sie muß nachweisen, daß unbegrenztes exponentielles Wirtschaftswachstum möglich und nötig ist, wenn sie ihre Existenzberechtigung nachweisen will. Sie hegt und pflegt daher ihre beiden heiligen Kühe, das Profitsystem und das Wachstumsziel um jeden Preis.

Daß eine Einstellung des Wachstums den Kapitalismus aufheben würde, hat auch Marx klar ausgesprochen:

„Denn der Kapitalismus ist schon in der Grundlage aufgehoben durch die Voraussetzung, daß der Genuß als treibendes Motiv wirkt, nicht die Bereicherung selbst. Sie ist aber auch technisch unmöglich. Der Kapitalist muß nicht nur ein Reservekapital bilden gegen Preisschwankungen und um die günstigen Konjunkturen für Kauf und Verkauf abwarten zu können; er muß Kapital akkumulieren, um damit die Produktion auszudehnen und die technischen Fortschritte seinem produktiven Organismus einzuverleiben.“⁷

Wenn die landwirtschaftliche Nutzfläche auf der Erde immer kleiner wird und sich exponentiell verringert, und wenn sich der landwirtschaftliche Ertrag pro Flächeneinheit nicht mehr oder nicht mehr in großem Umfang steigern läßt oder sogar sinkt, dann droht eine dramatische und sich im weiteren Verlauf der Entwicklung beschleunigende Verknappung an Nahrungsmitteln. Und selbst bei gleichbleibender landwirtschaftlicher Nutzfläche zeichnet sich schon heute auch in konkreten wissenschaftlichen Analysen ein Rückgang der Nahrungsmittelproduktion pro Kopf ab. Der Präsident des renommierten Worldwatch-Instituts Lester R. Brown gibt einen auf das wesentliche beschränkten Einblick in diese Probleme⁸. Er weist darauf hin, daß das weitere Wachstum der landwirtschaftlichen Produktion fast ausschließlich von der Steigerung der Erträge pro Flächeneinheit bzw. von der Bodenproduktivität abhängig ist, da die landwirtschaftliche Nutzfläche auf der Erde heute zumindest nicht mehr in großem Maßstab ausgedehnt werden kann (sie ist umgekehrt vom Schrumpfen bedroht). Es heißt in diesem Bericht:

"Die Kalkulation der Tragfähigkeit für landwirtschaftliche Produkte ist in der heutigen Zeit, in der die landwirtschaftlichen Nutzflächen weitgehend erschlossen sind, wesentlich einfacher geworden. Da geringe Aussicht auf größere Ausdehnungen der Anbauflächen bestehen, liegt die Schlüsseldeterminante in der Tragfähigkeit der Bodenproduktivität. Von 1950 bis 1990 konnte die Landwirtschaft die Bodenproduktivität global in einem nie zuvor erreichten Maß steigern. Der Getreideertrag pro Hektar stieg von 1,06 Tonnen im Jahr 1950 auf 2,54 Tonnen 1990. Das ist ein Zuwachs von 140 Prozent oder etwa 2,3 Prozent pro Jahr. Somit konnte die Landwirtschaft die Weltbevölkerung ernähren, obwohl sich die Zahl der Menschen in diesem vier Jahrzehnte langen Zeitraum mehr als verdoppelt hat. Seit 1990 hat sich der Anstieg der Bodenproduktivität dramatisch verlangsamt und ist von 1990 bis 1996 nur noch um drei Prozent gestiegen. Der Anstieg von 0,5 Prozent pro Jahr beträgt weniger als ein Drittel des Wachstums der

⁷ Marx, Karl, Das Kapital, Zweiter Band, S.123

⁸ Brown, Lester, R, Nahrungsmittelknappheit als die Herausforderung eines neuen Zeitalters, in: Worldwatch Institute Report 1997, S. 43 ff

Weltbevölkerung in demselben Zeitraum, das sich auf 1,6 Prozent belief. Da keine dramatische technologische Umwälzung in Aussicht steht, die Hoffnung auf einen rasanten Anstieg der Bodenproduktivität machen könnte - wie die Entwicklung der Düngemittel 1950 -, wird die Welt bald mit einer beispiellosen Knappheit konfrontiert sein."⁹

"1987 machte der deutsche Agrarwissenschaftler Justus von Liebig die Entdeckung, daß alle Nährstoffe, die Pflanzen dem Boden entziehen, in mineralischer Form erneuerbar sind. Seine Erkenntnis bereitete den Boden für die Entstehung der modernen Düngemittelindustrie. Erst in der Mitte dieses Jahrhunderts, als die agrarischen Räume weitgehend erschlossen waren, erwies sich der Einsatz von Düngemitteln als der eigentliche Schlüssel zur Intensivierung der Bodenproduktivität und somit der Steigerung der Nahrungsmittelversorgung der Welt. Seitdem Düngemittel verstärkt eingesetzt und entsprechende Erntesteigerungen erzielt worden sind, ist das Wachstum im Düngemittelverbrauch global einer der gesichertsten ökonomischen Indikatoren. Von 1950 bis 1989 wuchs der Verbrauch von Düngemitteln von 14 Millionen Tonnen auf 146 Millionen Tonnen - also um das Zehnfache ... Seit 1989 zeichnet sich jedoch ein rückläufiger Trend ab. In vielen Ländern erkannte man, daß die eingesetzte Menge an Düngemitteln die physiologische Fähigkeit der angebauten Feldfrüchte zu ihrer Umsetzung überstieg. In den Vereinigten Staaten, Westeuropa, der ehemaligen Sowjetunion und Japan hatte der Düngemittelverbrauch ein Niveau erreicht, das sich auf den Ernteertrag kaum noch auswirkte. Die in der amerikanischen Landwirtschaft eingesetzten Düngemittel lagen Mitte der neunziger Jahre etwa ein Zehntel unter der Menge der frühen achtziger Jahre. Das lag zum großen Teil an den wesentlich genaueren Bodenproben, mit denen der Nährstoffbedarf der Feldfrüchte ermittelt wird."¹⁰

Die Grenzen des Wachstums der globalen Getreideproduktion sind möglicherweise heute schon erreicht. Hierzu ein Zitat aus dem Bericht von Lester R. Brown:

"Seit 1990 jedoch hat sich das Wachstum der Getreideernte dramatisch verlangsamt. Nachdem sie von 1950 bis 1990 um 182 Prozent wuchs, nahm sie von 1990 bis 1996 nur noch um drei Prozent zu ... Schon gegen Ende der achtziger Jahre mehrten sich die Anzeichen für eine Verlangsamung der Getreideproduktion, als der Pro-Kopf-Ertrag von einem einmaligen Höchststand von 346 Kilo 1984 auf 336 Kilo im Jahr 1990 um drei Prozent sank. 1996 war der Pro-Kopf-Ertrag auf 313 Kilo zurückgegangen, also um weitere sieben Prozent". (wie oben, S.45/46).

Ein langfristiges Negativwachstum der Pro-Kopf-Getreideproduktion könnte also schon begonnen haben.

Unter anderem berichtet Lester R. Brown über den bisher unterschätzten Einfluß der begrenzten Wasservorräte für die Landwirtschaft:

⁹ Brown, Lester, R, Nahrungsmittelknappheit als die Herausforderung eines neuen Zeitalters, in: Worldwatch Institute Report 1997, S. 61

¹⁰ Brown, Lester, R, Nahrungsmittelknappheit als die Herausforderung eines neuen Zeitalters, Worldwatch Institute Report 1997, S.58/59

"Der wachsende Wasserbedarf hat in vielen Ländern die Nachhaltigkeitsgrenze der Grundwasserschichten bereits überschritten. Einige der großen Flüsse der Welt werden erschöpft, bevor sie das Meer erreichen. Durch den kontinuierlich wachsenden Wasserbedarf für Bewässerung und den industriellen und privaten Verbrauch verschärft sich die Konkurrenz von Land und Stadt um die verfügbaren Wasserressourcen. In manchen Teilen der Welt kann der wachsende städtische Bedarf nur noch gedeckt werden, indem die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen eingeschränkt wird. Eine der Schlüsselerklärungen der Tatsache, daß die Weltgetreideernte von 1950 bis 1990 fast um ihr Dreifaches gesteigert werden konnte, liegt darin, daß die Bewässerung um das Zweieinhalbfache gesteigert wurde. Damit konnte die landwirtschaftliche Nutzung in aride Regionen mit geringen Niederschlägen eingeführt, die Produktion in Gebieten mit niedrigen Niederschlagsmengen intensiviert und die Erntehäufigkeit in den Ländern mit Monsunklima gesteigert werden, indem die Trockenzeiten nicht ungenutzt verstreichen. Außerdem hängt der Anstieg der Weltgetreideernte mit dem seit der Mitte dieses Jahrhunderts immens gestiegenen Einsatz von Düngemitteln zusammen. Der größte Teil der Weltreisernte und ein großer Teil des Weizens werden auf bewässertem Boden produziert." ¹¹

"In Indien sinkt der Grundwasserspiegel in mehreren Bundesländern, unter anderem dem Punjab, dem Brotkorb Indiens. ... Auch in Teilen des semiariden Staates Rajasthan im Nordwesten Indiens fällt der Wasserstand. Städte und Großstädte bohren immer tiefere Brunnen, während die Dorfbewohner, die nicht über die Mittel zur Vertiefung ihrer Brunnen verfügen, auf dem Trockenen sitzen und gezwungen sind, die Bewässerung in der Landwirtschaft aufzugeben." ¹²

"Der große Huang He, der Gelbe Fluß Chinas, hat 1972 zum ersten Mal das Meer nicht erreicht. Inzwischen versiegt er jedes Jahr, und das für immer längere Zeit. Im Spätfrühling 1996 versickerte er vollständig, bevor er die Provinz Shandong erreichte, die letzte Provinz auf seinem Weg zum Gelben Meer. Für die Landwirte Shangdongs, die ein Fünftel der chinesischen Weizenernte und ein Siebtel der Maisernte produzieren und für die Bewässerung zur Hälfte von Flußressourcen abhängig sind, war dies ein schwerer Schlag. Parallel verschwindet auch der größte Fluß des amerikanischen Südwestens, der Colorado, inzwischen in der Wüste von Arizona. Den Golf von Kalifornien erreicht er kaum noch. In Zentralasien wird der Amu Dar'ya durch den Baumwollanbau in Turkmenistan und Usbekistan oft völlig entleert, bevor er den Aralsee erreicht. Das verstärkt nicht nur das allmähliche Austrocknen des Sees, sondern auch den Zusammenbruch der alten Fischereiindustrie, die früher 44000 Tonnen Fisch erbrachte. ... Zusammenfassend heißt das, daß die Landwirtschaft global den kontinuierlichen Rückgang von Nutzflächen und Wasser pro Person bewältigen muß." ¹³

Auch das Wachstum der zweiten Hauptsäule der Nahrungsmittelproduktion, der Fischfang, nähert sich seinen absoluten Grenzen und beginnt nach einer Phase stürmischen Positivwachstums im Pro-Kopf-Betrag zu sinken.

¹¹ Brown, Lester, R. Zur Lage der Welt, Worldwatch Institute Report 1997, S.53

¹² Brown, Lester, R. Zur Lage der Welt, Worldwatch Institute Report 1997, S.56

¹³ Brown, Lester, R. Zur Lage der Welt, Worldwatch Institute Report 1997, S.56/57

"Der globale Fangertag der Meeresfischerei stieg von 19 Millionen Tonnen im Jahr 1950 auf 88 Millionen Tonnen im Jahr 1988 und war damit 4,6mal so hoch. In dieser Zeitspanne stieg der globale Fangertag pro Kopf von knapp 8 Kilo auf 17 Kilo und hatte sich etwas mehr als verdoppelt. Seit 1988 jedoch hat sich der Fangertag der Meeresfischerei auf dem Stand von etwa 88 Millionen Tonnen eingependelt. Infolgedessen ist der Fangertag pro Kopf rückläufig. Seit 1990 ist er im Verhältnis zum Bevölkerungswachstum um etwa 9 Prozent gefallen."¹⁴

Und im Fischer Weltalmanach 1998 heißt es:

"Die Weltfangertäge stiegen 1996 nach ersten Schätzungen auf 114 Mio. t an. Die Zunahme der letzten Jahre ging hauptsächlich auf vermehrte Fänge von Kleinfischen zur Fischmehlproduktion im Südostpazifik zurück (Peru, Chile). Außerdem nahm der Anteil der Aquakultur (Fischzucht in Meeres- und Binnengewässern) weiter zu und betrug 1994 rund 40 Mio.t. Dagegen nahm - trotz vergrößerter Fangflotten - der Fang von hochwertigen Speisefischen aus den Ozeanen weiter ab. Die Ursache liegt, neben zunehmender Meeresverschmutzung, vor allem in eindeutiger Überfischung mit der Folge sinkender Bestände, die sich in gewissen Meeresräumen kaum mehr regenerieren können."

Wenn das Weltgesamtprodukt weiter exponentiell wächst, dann wächst auch das Welteinkommen exponentiell, und dann wächst auch die Nachfrage nach Lebensmitteln im Geldbetrag exponentiell. Wenn andererseits die Produktion und damit das Angebot an Grundnahrungsmitteln in Naturalform infolge des exponentiellen Wachstums absolut oder Pro-Kopf sinkt (infolge des Verlusts an Fläche für die Landwirtschaft durch das Wachstum der Verkehrs- und Siedlungsfläche, durch Wüstenbildung und durch Bodendegradation und anderen Umständen), dann entsteht eine starke Übernachfrage, die die Preise für diese Lebensmittel in die Höhe treibt.

Im Bericht von Lester R. Brown heißt es:

"Die eigentliche Frage liegt in den sozialen Folgen derartiger Preiserhöhungen. Es liegt auf der Hand, daß die ärmeren Segmente der Weltbevölkerung am stärksten davon betroffen sein werden, vor allem die 1,2 Milliarden Menschen, die schon heute ihr Dasein mit einem US-Dollar täglich fristen. Für diese Menschen, die ihren Dollar zu 70 Prozent für Grundnahrung ausgeben, um überleben zu können, würde die Verdoppelung der Getreidepreise schnell zu einer lebensbedrohlichen Gefahr. Wenn die Getreidepreise in den Entwicklungsländern unkontrollierbar steigen, werden die Menschen die Regierungen in die Verantwortung nehmen und politische Unruhen können um sich greifen. Ein extremer Anstieg der Getreidepreise könnte zum Sturz zahlreicher Regierungen in der Dritten Welt und einer beispiellosen politischen Instabilitätswelle führen."¹⁵

¹⁴ Brown, Lester, R. Zur Lage der Welt, Worldwatch Institute Report 1997, S.45

¹⁵ Brown, Lester, R. Zur Lage der Welt, Worldwatch Institute Report 1997, S.70/71

Es droht also bereits im 21. Jahrhundert eine dramatische Verknappung an Nahrungsmitteln weit über die Hungernöte hinaus, die heute schon jedes Jahr Millionen Menschen das Leben kosten. Nach den Gesetzen der kapitalistischen Marktwirtschaft werden die Preise für Grundnahrungsmittel um so dramatischer steigen, um so schneller landwirtschaftliche Nutzfläche infolge des exponentiellen Wachstums der Bauproduktion und der Wüstenausbreitung verloren gehen, und um so mehr das Angebot unter die Nachfrage gedrückt wird. Immer mehr Menschen droht die Unbezahlbarkeit der wichtigsten Nahrungsmittel. Bei sehr stark steigenden Nahrungsmittelpreisen wird auch für die Ärmsten im Osten und in rückständigen Regionen des Westens der Kampf ums Überleben immer härter. Ausgehend von den armen Ländern würde sich Proteste und Unruhen mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmend auch auf die imperialistischen Staaten des Westens bzw. die reichen Industriestaaten ausdehnen. Die politischen Systeme vieler Länder der Erde könnten durch diesen erbitterten Kampf ums Überleben zunehmend destabilisiert werden, und schließlich könnten sich Hungersnöte, soziales und politisches Chaos und blutige Aufstände, ebenso wie damals durch das Überwachstum auf der Osterinsel, weltweit einstellen.

Die in der Zukunft zu erwartende Verschärfung der Ernährungsprobleme von immer mehr Menschen infolge des exponentiellen Wachstums der Bauproduktion und des Wachstums der bebauten Flächen und damit der Verknappung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und des Nahrungsmittelangebots, bei gleichzeitig wachsender Erdbevölkerung und wachsender Nahrungsmittelnachfrage insbesondere des reicher werdenden Teils der bisher bettelarmen und schnell wachsenden Bevölkerung, wird zusätzlich verschärft durch das Wachstum der Treibhausgasemissionen. Trotz der Abflachung des Wirtschaftswachstums im langwelligen Abschwung seit etwa 1975 und trotz des enormen Aufwands an nationalstaatlicher und weltstaatlicher Bürokratie sowie der vermeintlich wunderbaren Wirkungen des technologischen Fortschritts auf den Umweltschutz in der Profitwirtschaft sind die globalen CO₂-Emissionen weiter angewachsen. Die Vorschriften, Absichtserklärungen und Beschwörungen der nationalen und Weltbürokraten haben in der realen Welt nicht zur Verkleinerung der globalen Treibhausgasemissionen geführt, der säkulare Welttrend konnte nicht umgekehrt werden. Die Konzentrationen der Treibhausgase CO₂ und Methan in der Erdatmosphäre sind im Zuge der weltweiten Industrialisierung in erdgeschichtlich außerordentlich kurzer Zeit auf ein sehr viel höheres Niveau als der höchsten natürlichen Konzentration in den letzten 160.000 Jahren der Erdgeschichte angewachsen. (Vgl. Donella und Dennis Meadows, "Die neuen Grenzen des Wachstums", Grafik auf S.128, Stuttgart 1992). Eine der Folgen des unnatürlichen Anstiegs der Treibhausgaskonzentrationen ist eine unnatürliche sich selbst verstärkende Erwärmung der Erde, die unter anderem zu häufigeren und schwereren Dürren und Überschwemmungen führt, wodurch die Landwirtschaft zusätzlich geschädigt wird. Hinzu kommt eine Wasserverknappung in der Landwirtschaft. Und die Wüsten breiten sich weltweit schneller aus. Durch das Überwachstum der Holz- und Papierproduktion werden die Regenwälder mit ihrem Artenreichtum und ihrer Funktion als Klimastabilisator dramatisch reduziert. Und die unnatürlich starke und schnelle Erderwärmung könnte zu einem nie dagewesenen Sterben von Pflanzen- und Tierarten führen und die Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen.

Die Erderwärmung führt auch zu steigenden Temperaturen in den Ozeanen und die Wassererwärmung dehnt das Meerwasser aus - der Meeresspiegel steigt. Außerdem schmelzen infolge der Erwärmung Gletscher und ewiges Eis und Schnee auf dem Land, was zusätzlich zu steigenden Meeresspiegeln führt. Und auch durch steigendes Meerwasser geht Land und landwirtschaftliche Nutzfläche verloren, z.B. in den flachen Küstengebieten von Bangladesch und Ägypten.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das exponentielle Wirtschaftswachstum bereits im 21. Jahrhundert eine Todesgefahr für die Menschheit darstellt.

Aber sich ausbreitende Hungersnöte, Umweltkatastrophen und chaotische politische Verhältnisse in der Welt bieten zugleich die Chance für wirkungsvolle revolutionäre Volksbewegungen und zur Zerschlagung der kapitalistischen Ausbeuter- und Unterdrückerordnung mit ihrer wachsenden ungeheuerlichen Ungleichverteilung des Reichtums und ihrem Raubbau an den natürlichen Ressourcen, sowie zu ihrem Ersatz durch eine neue, solidarische ökonomische und politische Ordnung, die ein planmäßiges nachhaltiges gesamtwirtschaftliches Produktionswachstums möglich macht.

"Wir leben in einer Phase des Übergangs von unserem existierenden Weltsystem, der kapitalistischen Weltwirtschaft, zu einem anderen System oder anderen Systemen. ... Wir wissen allerdings, daß die Periode des Übergangs für alle, die in ihr leben, eine sehr schwierige sein wird. Sie wird für die Mächtigen schwierig sein und ebenso für gewöhnliche Menschen. Es wird eine Zeit der Konflikte oder erheblicher Störungen und eines – in der Sicht vieler – moralischen Zusammenbruchs sein. Es wird auch, was nicht paradox ist, eine Zeit sein, in der der Faktor des 'freien Willens' zum Maximum gesteigert wird, was bedeutet, daß jede individuelle und kollektive Handlung eine größere Wirkung beim Neuaufbau der Zukunft haben wird als in eher 'normalen' Zeiten, also während der Fortdauer eines historischen Systems."
(Immanuel Wallerstein in ¹⁶).

¹⁶ Wallerstein, Immanuel, Utopistik, Historische Alternativen des 21. Jahrhunderts, S.43, Wien 2002