Jay Wright Forrester

Der teuflische Regelkreis

Kann die Menschheit überleben? Das Globalmodell der Menschheitskrise

Umwelt-Sachbuch 1971
World Dynamics
DL: 1972, 116 Seiten mit 77 Abbildungen
In der Reihe Öffentliche Wissenschaft
Mit einer Einführung von Eduard Pestel

dnb Buch > dnb Inhalt bing Buch duckgo Buch detopia.de > Meadows-1972

wikipedia Forrester *1918 in Nebraska

Pestel-1971, 7-8:

Das vielfältige **Echo**, welches die durch den Club of Rome initiierten und durch die Volkswagenstiftung geförderten Arbeiten von Professor Jay Forrester und seinem Schüler und Mitarbeiter Professor Dennis Meadows am M.I.T. in aller Welt und auch hier in der Bundesrepublik gefunden haben, ermutigte den Herausgeber, das Mitte vorigen Jahres in den USA erschienene Buch <World Dynamics> auch in deutscher Sprache herauszubringen.

Fast gleichzeitig erscheint zwar im gleichen Verlag das Buch von D. MEADOWS <Die Grenzen des Wachstums>, doch ergänzen sich beide Werke in erfreulicher Weise. FORRESTERS Buch macht im Gegensatz zu dem seines Mitarbeiters eingehend mit der Vorgehensweise bei der Erstellung des Weltmodells vertraut.

Der Leser begleitet den Autor dabei, **wie er aus den einzelnen Regelkreisschleifen** das – zunächst verwirrend vermaschte – Gesamtmodell in leicht überschaubarer Darstellung aufbaut.

Zwar ist Forresters Modell einfacher strukturiert als das, welches die Meadows-

Gruppe von 17 jungen Wissenschaftlern im Anschluß an Forresters Pioniertat in anderthalbjähriger Forschungsarbeit erstellte; es stützt sich ferner auf weniger faktisches Datenmaterial. **Dennoch liefert Forresters Weltmodell grundsätzlich den gleichen Ausblick auf die Entwicklungstendenzen der nächsten 100 Jahre.**

Darüber hinaus unterscheidet sich Forresters Arbeit dadurch, dass hier mit Hilfe einiger **»Lebensqualitäts«-Begriffe** eine Reihe von quantitativen Sozialindikatoren definiert werden, die dem Leser **Forresters Bewertung seiner Ergebnisse** verdeutlichen und ihn gleichzeitig anregen, gegebenenfalls andere eigene Bewertungsmaßstäbe an die erzielten Aussagen anzulegen.

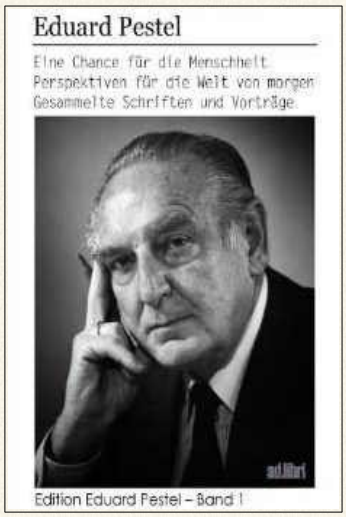
Die von Professor **Heinz Haber** ins Leben gerufene Reihe »**Öffentliche Wissenschaft**« schien das geeignete Forum zu sein, um die von Forrester entwickelten Weltmodellvorstellungen und die damit erzielten Ergebnisse einer breiten interessierten deutschen Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Hierzu erwies es sich allerdings als notwendig, das Buch von Forrester in gewissem Umfang zu bearbeiten, um einige schwierige Partien des Buches durch eine – zwar wissenschaftlich einwandfreie – einfachere Darstellung zu ersetzen. Am stärksten wurde hiervon das dritte Kapitel von Forresters Buch betroffen, das in den kursiv gesetzten Erläuterungszusätzen neu gefaßt und in den Teil der vorliegenden deutschen Ausgabe hineingearbeitet wurde, der dem zweiten Kapitel von World Dynamics entspricht. Dabei wurden auch die Computerprogramme fortgelassen, die der mathematisch interessierte Leser in der Originalausgabe nachlesen möge.

Neben kleinen Änderungen wurden von dem Herausgeber noch eine Einführung und ein Nachwort hinzugefügt, um den Leser mit der Entstehung und dem Zweck des Buches sowie – allerdings nur sehr summarisch – mit weitergehenden Arbeiten auf diesem Gebiet vertraut zu machen.

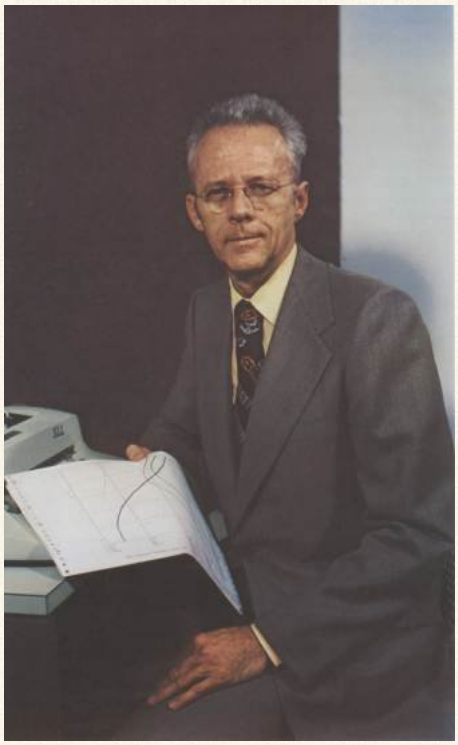
8

Eduard Pestel 1971
Vorwort des Herausgebers
gekürzt auf detopia



Index

Der teuflische Regelkreis # Kann die Menschheit überleben? # Das Globalmodell der Menschheitskrise # World Dynamics # Mit farbigem Titelbild und 77 Abbildungen # Reihe Öffentliche Wissenschaft # 1971 by Wright-Allen Press, Cambridge # Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. D. Eng. h. c. Eduard Pestel # Aus dem Amerikanischen von Hans-Dieter Heck # 1972 by Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart # ISBN 3421026327, Umschlag: Hellmut Ehrath, Stuttgart # 116 Seiten.



Wikipedia_Jay_Wright_Forrester 1918-2016

wikipedia_Dennis_L._Meadows *1942

wikipedia_Eduard_Pestel 1914-1988

wikipedia_Heinz_Haber 1913-1990

wikipedia_Volkswagenstiftung

wikipedia_Club_of_Rome

wikipedia_Massachusetts_Institute_of_Technology

wikipedia_Offene_Wissenschaft

wikipedia_Weltmodell

wikipedia_Weltsystem-Theorie

Inhalt

Vorwort des Herausgebers E. Pestel (7)

Einführung von E. Pestel: Ein Weltmodell statt Flickwerkspolitik (9)

Einleitung (14) Autor

Ein Weltsystem (15)
Der Übergang zum Gleichgewicht (20) Das Computer-Modell und die Lebensqualität (24) Denkmodelle von Gesellschaftssystemen (29) Computer-Modelle von Gesellschaftssystemen (30)

Die Struktur des Weltsystems (33)
Das Diagramm des Weltsystems (36) Die Bevölkerungsschleife (38) Die Kapitalinvestitionsschleife (42) Die Umweltverschmutzungsschleife (45) Übervölkerung als Bremse gegen Bevölkerungswachstum (48) Nahrungsmittelangebot als Regulator des Bevölkerungswachstums (50) Umweltverschmutzung als Hemmnis für die Bevölkerungszunahme (54) Bevölkerungszahl und Rohstoffvorräte (56) Zum Begriff der Lebensqualität (59)

Die Grenzen des Wachstums (65)
Lesen der Computer-Diagramme (67) Erschöpfung der Rohstoffreserven (67) Umweltverschmutzung (72) Übervölkerung (79) Nahrungsmittelmangel (81)

Das Scheitern konventioneller Maßnahmen (85) Erhöhte Kapitalerzeugung (88) Senkung der Geburtenziffer (89) Eindämmung der Umweltverschmutzung (94) Höhere landwirtschaftliche Produktion (95) Kombinierte Maßnahmen (96) Keine Patentlösungen (98)

Das globale Gleichgewicht (101)

Nachwort des Herausgebers (111)
Möglichkeit anderer Gleichgewichtskonstellationen (111) Gefahren des Laisser-faire (112) Zeitbombencharakter unserer Problematik (114) Notwendigkeit weitgehender Modelluntersuchungen (115) Neue Wege (115)

Anhang (117): Anmerkungen (117) Literatur (120) Bildquellen (120)

Einführung von Eduard Pestel (1971)

Die Ursachen für die tiefgreifende Veränderung der Lebensverhältnisse auf unserem Planeten seit der Jahrhundertwende sind vielfältig: in erster Linie **die immer rascher sich vollziehende Bevölkerungszunahme**, der weltweite Umsturz alter politischer und sozialer Strukturen und die sich überstürzende technische Entwicklung.

Alle, die wachen Auges die Gegenwart erleben, sehen – erschreckt und ratlos – ständig neue Probleme **vor sich aus der Erde schießen:** Hunger und Unterernährung, Verfall der Städte, Verunreinigung der Luft, der Gewässer und der Meere, unkontrollierter Bevölkerungszuwachs, Rauschgiftsucht unter der Jugend, **Mitbestimmungsunruhe**, technologisches und wirtschaftliches Ungleichgewicht, Polarisierung militärischer Macht und unzählige andere Probleme von ähnlicher Bedeutung.

Es liegt in der Natur unserer **Sprache** und damit der Art und Weise unserer Wirklichkeitsbetrachtung, einen Situationsbericht in der Form einer in Kategorien geordneten Aufzählung von Problemen zu erstatten. Diese Eigenart unserer Betrachtungs- und Denkweise **verführt uns immer wieder dazu**, Schwierigkeiten der oben angedeuteten Art als klar definierte und voneinander abgegrenzte Probleme zu sehen.

Viele Probleme, besonders in den Naturwissenschaften und in der Technik, können tatsächlich so isoliert formuliert werden, dass relevante Lösungen gefunden werden. Die hier allgemein praktizierte Lösungsmethodik muß jedoch versagen, wenn die vorliegenden Probleme gar nicht mehr isolierbar sind, sondern miteinander verflochtenen, voneinander abhängigen Problemgruppen angehören.

Denn, wenn wir nur das in seinen Symptomen sichtbare Problem vor Augen haben, so werden wir bald entdecken, dass das, was wir für die Lösung einer bestimmten Problemkategorie halten, häufig genug Probleme einer anderen erzeugt.

Man wird an die neunköpfige Hydra des Herkules erinnert, der immer gleich zwei neue Köpfe erwuchsen, wenn man ihr einen abschlug. **Einige simple Beispiele mögen diese Feststellung belegen:** Die Verminderung der Sterberate in den Entwicklungsländern erweist sich als Hauptursache für das allzu rasche Wachstum der Bevölkerung und damit der Vergrößerung des Heeres von ständig am Rande des Hungers lebenden Menschen.

Die »Grüne Revolution«, angebahnt durch die Züchtung hochergiebiger Getreidesorten, weckte die Hoffnung, den Hunger in den Entwicklungsländern beseitigen zu können.

9

Aber schon heute zeigen sich höchst unerfreuliche Nebenwirkungen: Die hohen Investitionskosten für Bewässerungsanlagen, die Aufwendungen für die – übrigens auch die Verschmutzung erheblich fördernde – intensive Anwendung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln und die zur Feldbearbeitung und schnellen Ernteeinbringung notwendige Mechanisierung haben zur Konzentration auch in der Landwirtschaft der Entwicklungsländer geführt mit dem Ergebnis, dass immer mehr Bauern das Land verlassen und das **Elendsproletariat** in den großen Städten vermehren.

Dort wächst das Heer der Arbeitslosen und Unterbeschäftigten. Die sozialen Spannungen steigen, so dass unkontrollierbare politische Eruptionen unvermeidlich scheinen.

Ein hoher Preis für ein paar Jahrzehnte, in denen, wie der Naive glauben könnte, die Bevölkerung wie bisher, ohne verhungern zu müssen, weiterwachsen dürfe — ohne zu ahnen, dass dann noch mehr Menschen schließlich verelenden müssen.

Es ist falsch, die oben angeführten **Problemkreise** als säuberlich voneinander trennbare Abbilder der Wirklichkeit aufzufassen, sondern man muß sie in ihrer Gesamtheit als ein riesenhaftes **Problemsyndrom**, das wir als Problematik der Menschheit bezeichnen wollen, betrachten.

Diese zunächst intuitive Erkenntnis führte dazu, dass sich vor vier Jahren auf Initiative des italienischen Wirtschaftlers und Industriellen Aurelio Peccei) einige Männer im Club of Rome (Gründungsort) zusammenschlossen, um die systemaren Zusammenhänge dieser Problematik zu untersuchen. Heute umfaßt der Club of Rome etwa 70 Mitglieder aus mehr als 20 Nationen. Die Mitglieder sind Wissenschaftler der verschiedensten Provenienz, zumeist Hochschullehrer und führende Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Verwaltung. Keiner bekleidet gegenwärtig ein hohes politisches Amt.

Der Club hat jedoch — zum Teil engen — Kontakt mit führenden Regierungsmitgliedern oder der Regierung nahestehenden Personen in Ottawa, Tokio, Stockholm, Wien, Bern, Buenos Aires, Mexiko, Washington und Moskau. Die Mitglieder des Club of Rome sind davon überzeugt, dass es der Menschheit auf lange Sicht wenig nutzt, wenn man fortfährt — wie es leider den Anschein hat —, sich lediglich mit individuellen **Problemgebieten** zu beschäftigen, um dann unsere Situation durch entsprechend isolierte Maßnahmen zu verbessern.

Wenn man wirklich neue Einsichten gewinnen will, muß man seinen Blick vom Einzelproblem weg auf den totalen Komplex der Problematik wenden, um sie in ihrem systemaren Zusammenhang und ihren **Synergien** zu erkennen. Man muß sich ein globales System-Modell unserer gegenwärtigen Situation schaffen.

Ein solches notwendigerweise grobes Weltmodell sollte uns einen vertieften Einblick in den dynamischen Prozeß vermitteln, in dem sich unsere Problematik entfaltet, und gleichzeitig neue, auf lange Sicht zukunftsträchtige Aktionsrichtungen auf dem Gebiet weltweiter und weltgemeinsamer Politik erschließen, anstelle einer nur Krisen bewirtschaftenden **Flickwerkspolitik**.

Natürlich sind dazu weitere, im einzelnen gründlichere Untersuchungen zur Erstellung weit detaillierterer Modelle notwendig, die aber erst aufgrund der mit dem groben Modell gewonnenen Erfahrungen und neuen Einsichten sinnvoll konstruiert werden können.

Bevor der Club of Rome die erste Phase seines Programms begann, unternahm er eine breit angelegte Suche nach Methoden, die in der Lage sein könnten, die vielen zur Erörterung der **Weltsituation** notwendigen Disziplinen bei dem Aufbau eines System-Modells zu integrieren.

Ende Juni 1970, auf einer Konferenz des Club of Rome in Bern, zu welcher der Schweizer Bundesrat eingeladen hatte, ermutigte der Herausgeber Herrn Professor Jay W. Forrester, ebenfalls ein Mitglied des Club of Rome, noch im Juli am MIT (Massachusetts Institute of Technology) in Cambridge, USA, ein Symposium zur Untersuchung der Möglichkeit abzuhalten, ein Weltmodell mit Hilfe der von ihm entwickelten Methode **System Dynamics** aufzubauen.

Forrester ergriff sofort die Initiative, und schon auf dem Rückflug in die Vereinigten Staaten skizzierte er roh ein Flußbild für sein erstes Weltmodell (siehe Seite 118/119), das er dann in den folgenden Wochen zu seinem zweiten Weltmodell (siehe Seite 34) weiterentwickelte. Der Struktur und dem Dateninhalt dieses Weltmodells und insbesondere den damit gewonnenen Ergebnissen ist das vorliegende Buch gewidmet.

Das erörterte Weltmodell ist im wesentlichen für die Beantwortung der Frage aufgestellt: *Wo liegen die Grenzen für das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum auf dieser endlichen Erde?*

Hierbei konnte man nur versuchen, sehr allgemeine Verhaltensweisen des Weltsystems in seiner **zeitlichen Entfaltung** zu begreifen.

Denn jede im Modell verwendete Größe konnte bei dieser ersten Untersuchung nur im groben Weltdurchschnitt definiert werden: Das fängt bei der Bevölkerung an, wo lediglich Durchschnittseigenschaften der Weltbevölkerung erfaßt werden konnten, und hört dabei auf, dass bei der Untersuchung des Einflusses der Umweltverschmutzung in diesem Modell nur langlebige, global verteilte Umweltsverunreinigungen wie zum Beispiel Blei, Quecksilber und DDT betrachtet werden.

Forrester war sich ferner natürlich auch darüber im klaren, dass Nahrungsmittel, Rohstoffvorräte und Verschmutzung nicht gleichförmig über die Welt verteilt sind.

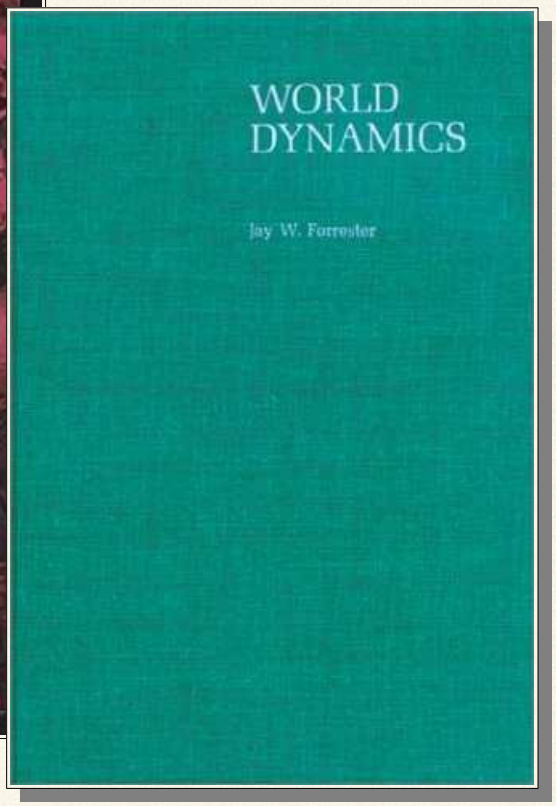
Ungleichmäßigkeiten dieser Verteilung sowie soziale und politische Spannungen, die sich aus mangelhaftem Einsatz beziehungsweise Verteilung von Kapital und Arbeit ergeben können, werden aber mit Sicherheit den Einfluß haben, die **Options-möglichkeiten** der Menschheit, mit der sich abzeichnenden, ja bereits vorhandenen Krise fertig zu werden, noch weiter einzuschränken, als dies nach Forresters globalen Modelluntersuchungen den Anschein haben könnte.

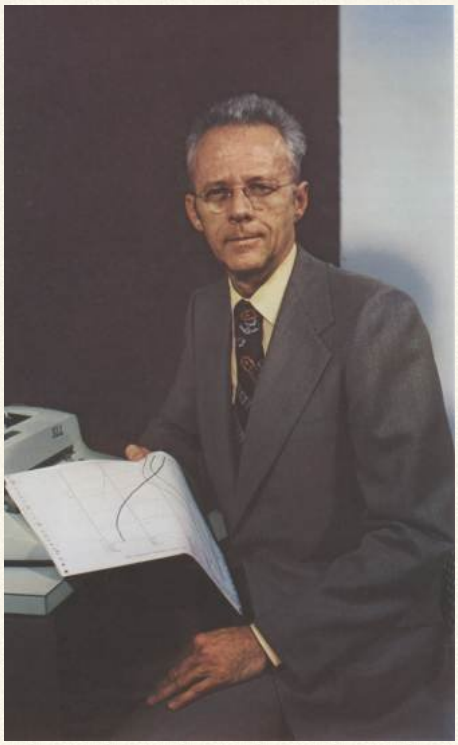
Das Modell hilft uns ferner, eine Reihe von realistischen erreichbaren Zielen für die globale Gesellschaft zu erkennen.

Dabei können wir lernen, welche Opfer die Menschheit zu bringen hat, um zu — im Rahmen der so erkannten Möglichkeiten — ausgewählten Zielen zu gelangen, zum Beispiel zu einem im allgemeinsten Sinne verstandenen ökologischen Gleichgewicht.

Forrester stellt uns also ein neues **Werkzeug** zur Verfügung, welches in seiner weiteren Entwicklung geeignet sein kann, das Wirken unserer komplexen wirtschaftlichen, sozialen und politischen Systeme ebenso wie unsere natürliche Umwelt besser zu begreifen und dementsprechend sinnvoller zu gestalten.

Eduard Pestel
Einführung 1971





1971 Jay Forrester : Der teuflische Regelkreis - World Dynamics – Das Gobalmodell der Menschheitskrise

Einleitung von Jay Forrester

Ein Weltsystem

15

Was verstehen wir unter einem gleichzeitig alles und nichts sagenden Begriff eines *Weltsystems*? Es ist ein System, dessen Elemente die Menschen selbst, ihre Sozialordnung, ihre Technologie und ihre natürliche Umwelt sind. Alle diese Elemente wirken zusammen. Daraus resultieren Wachstum, ständige Veränderungen und Belastungen. – Das ist an sich nicht neu.

Aber erst in letzter Zeit wird immer deutlicher, dass in diesem System Kräfte frei werden, die nicht mehr mit den einst so wirkungsvollen Mitteln der Bevölkerungsverschiebung (Aus- und Einwanderung), der Expansion durch wirtschaftliches Wachstum und neue technische Entwicklungen niederzuhalten sind.

Steigende Belastungen zeigen sich in rapider Bevölkerungszunahme, wachsender Umweltverschmutzung und ungleichem Lebensstandard. Sind dies Ursachen oder Wirkungen? Können diese Erscheinungen direkt bekämpft werden, oder liegen ihnen andere Ursachen innerhalb des Weltsystems zugrunde?

Es wird immer offensichtlicher, dass oftmals in der Vergangenheit Bemühungen zur Beseitigung manifest gewordener Belastungen darauf abzielten, Symptome zu kurieren, statt deren Ursachen zu beseitigen. Die gegenseitigen Verflechtungen in unserem Weltsystem werden immer dichter. Eine Maßnahme auf einem Gebiet kann Folgen in einem ganz anderen Sektor des Gesamtsystems nach sich ziehen.

Oftmals sind diese Folgeerscheinungen nicht nur unerwartet, sondern auch unerwünscht. Wir müssen wesentlich besser verstehen lernen, wie sich die wichtigsten Elemente in unserem System weltweit beeinflussen, wenn wir darauf vertrauen wollen, dass unsere Handlungen zu echten Verbesserungen führen und nicht im Endeffekt die Zustände nur noch schlimmer machen.

Unsere Kenntnisse und unsere Annahmen über die Komponenten eines Systems, das selbst so komplex sein mag, wie es Sozialsysteme sind, **können heute durch Methoden überprüft werden**, die erst in den letzten Jahrzehnten entwickelt wurden. Man faßt hierzu die einzelnen Vorstellungen und Begriffe systematisch zu einem Modell zusammen, das nicht nur die Folgerungen aufzeigt, die sich aus

unseren Annahmen und fragmentarischen Kenntnissen ergeben, sondern auch die inneren Widersprüche unserer Vorstellungen. Eine derartige Untersuchung kann zu einem wesentlich besseren Verständnis des Gesamtsystems führen, in dem wir leben.

Dieses Buch stellt ein solches dynamisches weltweites Modell vor, in dem die Auswirkungen des Bevölkerungswachstums, der Kapitalinvestitionen, des geographischen Lebensraums, der Rohstoffvorräte, der Umweltverschmutzung und der Nahrungsmittelproduktion **miteinander in Beziehung gesetzt sind**: die Hauptfaktoren, deren gegenseitige Wirkungen die Dynamik unseres Weltsystems offensichtlich bestimmen.

Der Bevölkerungszuwachs erzeugt den Drang zu verstärkter Industrialisierung, erhöhter Nahrungsmittelproduktion, Besiedlung von mehr Bodenfläche. Aber mehr Nahrung, mehr Industriegüter und mehr Siedlungsland begünstigen eine weitere Bevölkerungszunahme.

Die Bevölkerungszunahme und ihre Begleiterscheinungen Industrialisierung und Umweltbelastung sind die Ergebnisse aus Kreisprozessen, wobei jeder Sektor das Wachstum aller anderen hervorruft und unterstützt. Allmählich nähert sich das Wachstum den von der Natur gesetzten Grenzen. Es gibt nicht mehr genügend unbesiedeltes Land, die Rohstoffquellen sind begrenzt und gehen zur Neige, das biochemisch-physikalische System, das die Abfallstoffe wieder abbaut, wird überlastet.

Der Konflikt zwischen den Kräften des Wachstums und den naturgegebenen Beschränkungen kann zu sehr verschiedenen Ergebnissen führen. Sofern die Menschen genügend Einsicht aufbringen und auch vernünftig handeln, können sie einen Weg einschlagen, der aus den Bedrängnissen mit wesentlich besseren Ergebnissen herausführt, als sie die gegenwärtig noch üblichen Maßnahmen, Verhaltensweisen und politischen Vorstellungen zeitigen. Es geht darum, den bestmöglichen Übergang vom dynamischen Wachstum zu einem günstigen Zustand zu finden, in dem ein weltweites Gleichgewicht herrscht.

Seit **Malthus** vor rund 150 Jahren den Zusammenhang zwischen Bevölkerungszahl und Ernährung aufgezeigt hat, wird darüber debattiert, ob seine Annahme, Nahrungsmangel setze der Bevölkerungszunahme schließlich eine endgültige Grenze, richtig oder falsch ist. Das ständige Wachstum der Weltbevölkerung und die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität werden gern zitiert, um **Malthus** zu widerlegen. Daß aber Malthus eine dem

ständigen Bevölkerungswachstum gezogene absolute Grenze aufgezeigt hat, kann nicht bestritten werden.

Seine Thesen sind nicht irrig, sie sind nur unvollständig. Nahrungsmittelmangel muß nicht der Faktor sein, der vor allem anderen weiteres Bevölkerungswachstum schließlich begrenzt. Andere Faktoren innerhalb des soziologisch-technologischen Systems unserer Erde können weiteres Wachstum eher verhindern als schließlich der Hunger.

16

Seitdem es überhaupt eine geschriebene Geschichte gibt, sind die Bevölkerungszahlen, die Kapitalinvestitionen, der Nahrungsverbrauch, der Lebensstandard und damit auch die entstehenden Abfallmengen ständig und exponentiell gestiegen. Die Menschheit hat sich an ein ständiges Wachstum so gewöhnt, dass sie es als eine natürliche und selbstverständliche menschliche Verhaltensweise betrachtet und es kurzerhand mit »Fortschritt« gleichsetzt.

Wir sprechen von der prozentualen jährlichen Zunahme der Wachstumsrate des Bruttosozialprodukts und der Bevölkerung. Alle Größen, die um einen bestimmten jährlichen Prozentsatz zunehmen, zeigen exponentielles Wachstum. Aber niemals kann ein exponentielles Wachstum unendlich weitergehen.

Charakteristisch für rein exponentielles Wachstum ist die Existenz einer »**Verdopplungszeit**«: Jeweils in einer bestimmten gleichbleibenden Zeitspanne verdoppelt sich die wachsende Größe. Dies ist irreführend und täuschend. Viele Verdopplungszeiten können verstreichen, ohne dass die wachsende Größe einen Wert erreicht, der Aufmerksamkeit verdient. Dann aber, innerhalb einer oder zwei weiterer Verdopplungszeitspannen, ufert sie aus, obwohl sie mathematisch exakt noch immer demselben exponentiellen Wachstumsgesetz folgt.

Selten wird der psychologische Schock, zu dem exponentielles Wachstum führen kann, richtig eingeschätzt. Irgendeine physikalische Gegebenheit bildet **die endgültige Grenze**, die fortdauerndem exponentiellem Wachstum entgegensteht. Die wachsende Größe bleibt lange Zeit sehr viel kleiner als dieser Grenzwert. Möglicherweise wird gar nicht offensichtlich, dass überhaupt ein solcher Grenzwert existiert.

Es zeigt sich scheinbar kein Widerspruch zwischen dem Wachstum und einer vorgegebenen Wachstumsgrenze; nichts deutet die möglichen Gegenwirkungen an, die entstehen, wenn das Wachstum den Grenzwert erreicht. Aber innerhalb einer einzigen Verdopplungszeitspanne wächst die Größe dann vom halben

Grenzwert bis zur endgültigen Wachstumsgrenze. Jetzt erst wird der Druck der übermäßigen Expansion so klar erkennbar, dass er nicht mehr zu übersehen ist. Wenn die Gegenwirkungen, die sich bei einer Annäherung an den Grenzwert einstellen, nicht rasch so groß werden, dass sie jedes weitere Wachstum unterdrücken, überschreitet die wachsende Größe den Grenzwert und löst Gegenwirkungen aus, die rasch jedes weitere Wachstum abwürgen.

Nur im Zusammenhang mit einer bestimmten Grenzgröße zeigt das exponentielle Wachstum seine wahre Natur. Sie kann am einfachsten anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Wir wollen — ganz willkürlich — von einer Bevölkerung mit einer Million Köpfen ausgehen, die sich jeweils in 50 Jahren verdoppelt. Die Tabelle in Abbildung 3 zeigt die Bevölkerungszunahme: Nach 700 Jahren ist sie von einer Million auf 16384 Millionen gestiegen — die Hälfte davon, also 8192 Millionen, wachsen aber allein in den letzten 50 Jahren dieser sieben Jahrhunderte hinzu.

17

Abbildung 3 gibt die Werte der Wachstumstabelle als die ausgezogene Kurve grafisch wieder. Nun wird willkürlich eine Bevölkerungszahl von acht Milliarden als kritische Größe angenommen, oberhalb der weiteres Wachstum so viel Gegenkräfte auslöst und Belastungen erzeugt, dass es zu sehr schweren Konflikten kommt. In einer Darstellung wie auf Abbildung 3 ist es günstig, wenn man den vertikalen Maßstab so wählt, dass die kritische Größe etwa auf halber Höhe liegt. Diese Wahl des Maßstabs und nicht etwa irgendeine Änderung der Wachstumsrate ist die Ursache dafür, dass die Wachstumskurve ab einer bestimmten Bevölkerungszahl plötzlich so steil erscheint.

Es läßt sich zeigen, dass das exponentielle Wachstum völlig unabhängig von der gewählten Ausgangsgröße in stets gleicher Form zu einem Grenzwert tendiert. Wir brauchen zum Beispiel nur anzunehmen, die kritische Größe werde schon bei 800 Millionen Menschen statt erst bei acht Milliarden erreicht. Für diese Voraussetzung besitzt die Darstellung 3 eine zweite vertikale Skala rechts der ersten, deren Zahlenwerte um jeweils eine Zehnerpotenz niedriger sind als die der äußeren Skala. Eine zweite gestrichelte Kurve ist eingezeichnet, die sich auf die innere Skala bezieht. Die Größen, auf denen diese gestrichelte Kurve beruht, sind der Wachstumstabelle entnommen, aber eben entsprechend der zehnfach vergrößerten inneren Vertikalskala eingetragen. Es zeigt sich, dass eine zehnmal niedrigere kritische Größe nur 170 Jahre früher erreicht würde. Aber die Kurvenformen und ihr plötzlicher Anstieg sind sich sonst völlig gleich.

Die Schockwirkung, die das exponentielle Wachstum schließlich hervorruft,

kommt keineswegs etwa von einer plötzlichen Änderung der Wachstumsrate, sondern von der plötzlich einsetzenden, unerwartet raschen Annäherung an die **Wachstumsgrenze**. Dies zwingt dazu, Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, die es zwar schon immer gab, die man aber einfach ignorieren konnte, weil sie bedeutungslos erschienen.

Wie Abbildung 3 zeigt, erreichte die Kopfzahl unserer Bevölkerung in unserem Anschauungsbeispiel erst nach 600 Jahren die Hälfte der kritischen Größe. Während dieser sechs Jahrhunderte war eine Bevölkerungszunahme sehr wünschenswert; es schien keine Wachstumsgrenzen zu geben.

Aber dann erreicht innerhalb von 50 Jahren, einer geschichtlich fast bedeutungslosen Zeitspanne, die Bevölkerung die kritische Kopfzahl, die Kurve schneidet die Linie der kritischen Größe. In weniger als einem Menschenalter verlieren alle Traditionen und gewohnten Erwartungen ihre Gültigkeit — obwohl sich nichts an dem naturgesetzlichen Ablauf der Bevölkerungszunahme geändert hat. In sechs Jahrhunderten hat sich die Bevölkerung zwölfmal verdoppelt. Zwischen dem 600. und dem 700. Jahr verdoppelt sie sich nur zweimal, aber in diesem einen Jahrhundert zeigt sich mit Nachdruck, dass das bisherige Wachstumsgesetz seine Gültigkeit verloren hat.

18

Abb. 4:
Den Mechanismus zusammenwirkender Einflüsse bei einer Überlastung der Umwelt zeigen ein überreiches Nahrungsmittelangebot ebenso wie die Umweltverschmutzung.

19

Innerhalb eines Menschenalters können bislang schlafende Kräfte in dem System unserer Welt erwachen, um dann entscheidend die weitere Entwicklung zu bestimmen. Geringer werdende Nahrungsmittelversorgung, steigende Umweltverschmutzung und abnehmender Lebensraum pro Kopf können, sich gegenseitig ergänzend, bald so schwerwiegende Belastungen hervorrufen, dass die Geburtenziffer fällt und die Sterbeziffer steigt. Wenn Grenzwerte erreicht werden, verstärken sich die negativen Einflüsse so lange, bis die gewohnten Wachstumsprozesse zum Erliegen kommen.

In einer kurzen Zeitspanne wird der Menschheit die Erkenntnis aufgezwungen, dass die so offensichtlichen Gesetze exponentiellen Wachstums keine gültige Beschreibung des Naturgeschehens darstellen. Andere fundamentale Gesetze in Natur und Gesellschaft schlummern im Hintergrund, bis die Zeit für sie reif ist. Die Gegenkräfte in unserem Weltsystem werden mit Sicherheit derartige Größen

erreichen, dass sie das weitere Wachstum unterdrücken.

Der Übergang zum Gleichgewicht

In diesem Buch werden einige der Einflüsse analysiert, die ein zu weitgehendes Wachstum beschränken können. Wir werden untersuchen, welche Veränderungen eintreten können, um das exponentielle Wachstum zu unterbinden, indem wir mit einer Analyse des Übergangs von einer Welt des Wachstums zu einer im Gleichgewicht befindlichen beginnen.

Es ist zwar erstaunlich, wie rasch, entsprechend Abbildung 3, das exponentielle Wachstum zuvor nicht weiter relevante Grenzwerte erreichen kann. Aber Belastungen entstehen in dynamischen Systemen noch rascher, als es die exponentiellen Kurven in Abbildung 3 veranschaulichen. Sehr oft findet eine exponentielle Expansion in einem schrumpfenden Raum statt. Man kann sich eine Bevölkerung vorstellen, die innerhalb eines bestimmten geographischen Gebietes anwächst.

Wir nehmen an, dass jede Person als »Siedlungsraum« eine Flächeneinheit beansprucht. Siedlungsraum in diesem Sinn ist die von Hausbau, von Sport und Freizeit, von Industrie und Handel, von Verkehr, von der Müllbeseitigung beanspruchte Fläche.

Für eine angemessene Ernährung braucht jede Person ferner zwei weitere Flächeneinheiten, die zur Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Daß es Grund und Boden verschiedener Qualität und Unterschiede bei der landwirtschaftlichen Produktivität gibt, wollen wir hier vernachlässigen, um das Beispiel nicht zu komplizieren. Wenn der Siedlungsraum von der gesamten Landfläche abgezogen wird, bleibt der Rest für die landwirtschaftliche Nutzung. Auf Abbildung 5 ist der Zusammenhang zwischen landwirtschaftlich genutzten Flächeneinheiten /Kopf und entsprechendem pro Person zur Verfügung stehenden Nahrungsmittelangebot dargestellt.

20

Horizontal sind die Flächeneinheiten/Kopf eingetragen, die nach Abzug des Wohnraums übrigbleiben. Die vertikale Achse ist in die Kennziffern für die Nahrungsmittel/Kopf unterteilt. Wenn zum Beispiel auf jede Person zwei Flächeneinheiten entfallen, so gibt die Kurve eine Nahrungsmittelziffer von eins

an, die einer gerade ausreichenden Ernährung entspricht. Vier Flächeneinheiten pro Person entsprechen einer Nahrungsmittelziffer von 1,3. Die auf jede Person entfallenden Nahrungsmittelmengen steigen nicht linear mit dem jeder Person für die Nahrungsmittelerzeugung zur Verfügung stehenden Land; denn mehr als übersatt kann man nicht werden. Überflüssige Nahrung wird nicht gebraucht, und es gibt auch keine Arbeitskräfte, die sie erzeugt. Aber nach links, mit abnehmender Landfläche pro Person, fällt die zur Verfügung stehende Nahrungsmittelmenge rapide und erreicht den Wert null, wenn kein landwirtschaftlich genutztes Land mehr vorhanden ist.

Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen Nahrungsmittelerzeugung/Kopf und landwirtschaftlich genutzter Fläche/Kopf.

Nur der allgemeine Verlauf der Kurve ist hier von Interesse. Sie zeigt links die Binsenwahrheit, dass auf gar keinem Land auch keine Nahrung wächst; ihr Verlauf nach rechts illustriert aber, dass die Verwertbarkeit von Nahrungsmitteln rasch fällt, wenn die Bedürfnisse jedes einzelnen befriedigt sind. Das Diagramm verknüpft eine physikalisch veränderliche Größe (Landfläche/Kopf) mit einer Kennziffer für die Befriedigung eines Lebensbedürfnisses — oder anders ausgedrückt einer Lebensqualität (Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln).

In einem umfassenderen System wäre die Größe Nahrungsmittel/Kopf ein Faktor, der die Geburtenziffer und die mittlere Lebensdauer bestimmt. Prinzipiell macht die Kurve klar, wie verschiedenartige Faktoren in einem vielfältigen System miteinander verknüpft sind. Im folgenden Kapitel werden noch viele solcher Beziehungen zwischen demographischen, industriellen, landwirtschaftlichen und anderen Faktoren erläutert, besonders solche, die aus dem steigenden Verbrauch der Rohstoffe und der Umweltverschmutzung resultieren.

Auf der Tabelle 6 sind wieder die Wachstumszahlen der Bevölkerung wie auf Tabelle 3 aufgeführt (Spalte 2).

Diese Bevölkerung verteilt sich nach unserer Annahme auf ein Landgebiet mit 24 Millionen Flächeneinheiten. In der dritten Spalte sind die Flächeneinheiten aufgeführt, die von der wachsenden Bevölkerung jeweils als Siedlungsraum beansprucht werden, wenn jede Person eine Einheit dafür nutzt. Was dann jeweils von den 24 Millionen Flächeneinheiten für die landwirtschaftliche Nutzung übrigbleibt, zeigt Spalte 4; wieviel davon auf jede Person entfällt, ist in Spalte 5 aufgeführt. In der sechsten Spalte steht jeweils die Nahrungsmittelziffer, die sich entsprechend dem Diagramm 6 ergibt. In den ersten 600 Jahren ist Land im Überfluß vorhanden. Obwohl die Bevölkerung in dieser Zeit auf das

Viertausendfache steigt, fällt die landwirtschaftlich genutzte Gesamtfläche nur um 17 Prozent (Spalte 4). Die Nahrungsmittelziffer bleibt praktisch konstant auf dem Maximalwert, der die Nahrungsmittelmenge kennzeichnet, die der einzelne verbrauchen kann.

21

unten: Abb. 5:
Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche/Kopf
ist mit der Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln verknüpft.

Während der nächsten 100 Jahre vervierfacht sich die Bevölkerung nur noch, aber die landwirtschaftlich nutzbare Fläche fällt nunmehr um weitere 62 Prozent. Jetzt gehen die als Siedlungsraum notwendigen Landflächen auf Kosten der Kulturlandflächen, die man unbedingt zur Nahrungsmittelerzeugung braucht. Nahe der kritischen Größe beginnt die landwirtschaftlich nutzbare Fläche pro Person rapide abzusinken. Aber erst in den letzten 40 Jahren der ganzen 700jährigen Epoche sinkt die Nahrungsmittelziffer unter eins, die eine ausreichende Ernährung kennzeichnet, erst dann beginnt der Hunger. Das wird in dem Diagramm Abbildung 7 grafisch dargestellt.

600 Jahre lang gibt es Nahrungsmittel im Überfluß. Dann sinkt die Ernährung plötzlich so stark, dass der Hunger jedes weitere Wachstum verhindert. Nicht nur in den Vereinigten Staaten dehnen sich die Städte immer rascher über ehemaliges Kulturland aus. Alle landwirtschaftlich nutzbaren Bodenflächen sind fast vollständig kultiviert. Es gibt kaum noch ungenutztes Ackerland. Tausende von Hektar Kulturboden verschwinden monatlich in New Jersey und Kalifornien unter Wohnsiedlungen und Industriebauten. Seit 1945 wurde die Hälfte alles bebaubaren Bodens in New Jersey, dem »Gartenstaat«, der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen.

Der Verlust an Kulturland tritt zwar noch nicht in Erscheinung, weil durch Mechanisierung der Landarbeit, Bewässerungsmaßnahmen, Schädlingsbekämpfung und hochgezüchtete Nutzpflanzen der Pro-Hektar-Ertrag der noch genutzten Flächen verbessert wurde. Aber auch dies geht nicht unendlich lange so weiter. Sobald die auf den Abbildungen 6 und 7 grundsätzlich skizzierten Prozesse wirksam werden, fällt der Exportüberschuß an landwirtschaftlichen Produkten. Wenn dann dieser Exportanteil der Produktion voll dem internen Verbrauch zugeführt wird, zeigt sich erst die volle Bedeutung der Kurve auf Abbildung 7. Jahrzehntelang hatten die USA mit dem Problem der landwirt-

schaftlichen Überschüsse zu kämpfen.

22

unten:
Jahre
Bevölkerung in Millionen
Flächeneinheiten für Siedlungsraum in Millionen Flächeneinheiten für landwirtschaftl. Nutzung
Flächeneinheiten für landwirtschaftl. Nutzung/Kopf Nahrungsmittelerzeugung / Kopf

Abb. (Tabelle) 6:
Nahe der kritischen Größe nimmt die landwirtschaftlich nutzbare Fläche rapide ab.

Abb. 7:
600 Jahre gibt es Nahrungsmittel im Überfluß. Dann sinkt die Ernährung plötzlich so stark, dass der Hunger jedes weitere Wachstum verhindert.

Das traditionelle Denken mit Überschußziffern kann sehr wohl dazu führen, dass eine drohende Verknappung der Nahrungsmittel nicht erkannt wird, bis es zu spät ist, aus der zu Ende gehenden Wachstumsphase in einen erträglichen langfristigen Gleichgewichtszustand umzusteuern. In der Praxis verläuft sehr wahrscheinlich die Kurve der Nahrungsmittelziffer nicht ganz so steil nach unten wie auf dem Diagramm 7, da es landwirtschaftliche Nutzflächen verschiedener Qualität gibt und unter dem Druck des Hungers auch minderwertiges Land optimal genutzt wird. Der Bevölkerungszuwachs würde sich allmählich verlangsamen. Die Kurve würde nicht so weit fallen wie in dem Diagramm, bei dessen Aufstellung kurzerhand angenommen wurde, die Bevölkerung wachse unkontrolliert bis zum Verhungern aller weiter. So weit kommt es in der Praxis nicht.

23

Aber das Zusammenwirken von Bevölkerungszunahme bei abnehmendem Lebensraum ist eine allgemeine Erscheinung: Sie hat noch weitergehende Folgen als eine Verknappung der Nahrungsmittel. Mit steigender Bevölkerung wächst auch der Verbrauch der Rohstoffvorräte. Die noch verbleibenden Vorratsmengen werden immer kleiner bei zunehmender Nachfrage. Mit verstärkter Industrialisierung werden entsprechend größere Abfallmengen produziert. Dies kann die natürlichen Abbauprozesse mehr und mehr zum Erliegen bringen. Dann trifft verringerte Abbaufähigkeit unseres Lebensraumes mit immer weiter steigenden Abfallmengen zusammen.

In diesem Buch wird der Mechanismus der zusammenwirkenden Einflüsse bei Überlastung der Umwelt auf weltweiter Basis analysiert. Für die Zukunft der Erde zeigen sich verschiedene Alternativen, abhängig davon, ob das Bevölkerungswachstum schließlich durch einen Mangel an Rohstoffen, durch Umweltverschmutzung, Bevölkerungsdruck und dadurch verursachte schwere soziale Kämpfe oder durch Hunger abgewürgt wird. Malthus beschäftigte sich nur mit der zuletzt angeführten Möglichkeit, aber es ist sehr wohl möglich, dass die Zivilisation das Opfer anderer Gegenkräfte schon vor Eintritt einer Hungersnot wird. Wenn wir nicht bald lernen zu handeln, werden wir von unserem sozialen und ökonomischen System überrannt, das wir zwar geschaffen haben, dann aber nicht beherrschen konnten.

Das Computermodell und die Lebensqualität

Aufgrund von Tatsachen, Beobachtungen und Annahmen über das Weltsystem können wir — wie später ausführlich dargestellt wird — vorsichtige Schlüsse aus dem Verhalten des Computermodells ziehen. Es stellt das Zusammenwirken demographischer, wirtschaftlicher, landwirtschaftlicher und technologischer Faktoren dar und weist eine Fülle verschiedenartig möglicher Wirkungsweisen auf. Welche dieser Vorgänge in Zukunft die wahrscheinlichsten sein werden, hängt von den Maßnahmen ab, die wir ergreifen. Noch gibt es frei wählbare Möglichkeiten.

Das Weltsystem zeigt sehr verschiedenartige Verhaltensweisen, je nach den Maßnahmen, die der Mensch ergreift, um das Bevölkerungswachstum, die Kapitalinvestition, Verbrauchstempo der Rohstoffe, die Umweltverschmutzung und die Erzeugung landwirtschaftlicher Güter zu steuern.

Das Diagramm 8 zeigt eine mögliche Zukunftsentwicklung: Bevölkerung und Kapitalinvestition steigen so lange, bis die Abnahme der Rohstoffe ein weiteres Wachstum zum Erliegen bringt; die Abnahme führt dazu, dass die höchste erreichte Bevölkerungszahl nicht gehalten werden kann; Bevölkerung und Kapitalinvestition nehmen wieder ab. Der Index für die Qualität des Lebens, dessen zeitlicher Verlauf auch im Diagramm 8 wiedergegeben ist, hängt ab vom materiellen Lebensstandard, der Nahrungsmittelversorgung, dem Ballungsgrad der Bevölkerung und der Umweltverschmutzung. Diese Lebensqualität, ein Begriff, der bei unseren Untersuchungen eine entscheidende Rolle spielt und dem wir noch oft begegnen werden, fällt dann ebenfalls als indirekte Auswirkung des zunehmenden Mangels an Rohstoffen. Dies wird später eingehend erläutert

werden.

Aber die Knappheit an Rohstoffen braucht keineswegs die wichtigste und wahrscheinlichste Belastung zu sein, die das weitere Wachstum der Menschheit zum Erliegen bringt.

Die Erde steuert offensichtlich auf einen Zustand zu, in dem jeder der genannten einzelnen Faktoren, die das weitere Wachstum unterdrücken könnten, gleichzeitig starke Belastungen freisetzen könnte. Es läßt sich zwar noch nicht sagen, welcher dieser Faktoren schließlich dominieren wird, wenn die Menschheit sich wie gegenwärtig weiterentwickelt, aber das anfängliche Wachstum und die dann folgende allmähliche Abnahme der Bevölkerung wirken weitaus weniger bedrückend als eine durch das Systemverhalten erzwungene **Wachstumsreduzierung**.

Die Wissenschaft könnte zum Beispiel Wege finden, sich heute noch weitgehend ungenutzte Metallarten nutzbar zu machen und neue Energiequellen zu erschließen, so dass sich eine Abnahme der natürlichen Rohstoffvorräte nicht auswirkt. Tritt das ein, geht das Wachstum weiter, bis andere Belastungen innerhalb des Systems wirksam werden.

Wie das Diagramm verläuft, wenn die Menschheit den Mangel an natürlichen Bodenschätzen voraussieht und ihn vermeidet, zeigt Abbildung 9. Gegenüber Abbildung 8 wurde im Computermodell lediglich das Rohstoffverbrauchstempo nach 1970 geändert. Es wurde vorausgesetzt, dass nach diesem Jahr die Verbrauchsrate um 75 Prozent gekürzt ist. Wir wollten sehen, ob sich ein positiveres Zukunftsbild ergibt, wenn man davon ausgeht, dass die Technik den Lebensstandard aufrechterhalten kann, ohne die nicht mehr ersetzbaren Rohstoffe so rasch wie bisher auszubeuten.

Aber das Bild wird noch unerfreulicher. Wenn die Rohstoffe keine Rolle mehr spielen, wachsen Bevölkerung und Kapitalinvestition so lange, bis eine Krise durch die Umweltverschmutzung eintritt. Die rapid ansteigende Belastung führt dann, wie im Diagramm 9, unmittelbar zu einer Senkung der Geburtenzahl, erhöhter Sterbezahl und zu verminderter Nahrungsmittelerzeugung.

In diesem einfachen Modell ergibt sich ein Bevölkerungsanstieg bis zum Jahre 2030, dann fällt die Weltbevölkerung innerhalb von 20 Jahren auf ein Sechstel ihres Höchststandes. Ein derartiger Bevölkerungskollaps wäre eine Menschheits-katastrophe.

Vorausgesetzt, dass es so weit kommt, ist es kaum fraglich, welche Teile der Weltbevölkerung davon am stärksten betroffen würden. Sehr wahrscheinlich wären die Industriestaaten, aus denen die Verschmutzung stammt, am wenigsten in der Lage, diese rapide Änderung ihrer Umwelt und Nahrungsmittelversorgung zu überstehen. Sie hätten die Hauptlast des Zusammenbruchs zu tragen.

Gegenwärtig entwickeln sich unterschwellig starke Zweifel, ob die Technik ein Segen der Menschheit ist. Das Beispiel des Diagramms 9 zeigt, wie ein einziger technologischer Erfolg (die Verminderung der Abhängigkeit von den Rohstoffreserven) uns zwar von einem Übel bewahren, dafür aber zu Opfern eines sehr viel schlimmeren Schicksals machen kann.

25

Die folgenden Feststellungen beruhen auf dem dynamischen Verhalten der in unserem Weltmodell wirksamen Kräfte. Es sind vorläufige Feststellungen; sie müssen noch gründlicher untersucht und durch weitere Forschungen über die angenommene Struktur und die Details dieses Systems bestätigt werden.

Weitere Arbeiten können das sich gegenwärtig abzeichnende Bild erheblich verändern; auf jeden Fall werden sie zu neuen und tieferen Einsichten in das zukünftige Verhalten des Weltsystems führen.

Abb. 8:
Der Mangel an Rohstoffen bringt das weitere Wachstum der Menschheit zum Erliegen.

26

Abb. 9:
Die Änderung des Rohstoffverbrauchstempos nach 1970 führt zu einer Krise durch Umweltverschmutzung.

1. Die Industrialisierung kann einen weitaus stärkeren Störfaktor für das Gleichgewicht darstellen als die Bevölkerung. Tatsächlich läßt sich die Bevölkerungsexplosion am besten als eine Auswirkung von Technologie und Industrialisierung interpretieren. Medizin und öffentliches Gesundheitswesen gehören in diesem Sinn zur Industrialisierung.

2. Innerhalb des nächsten Jahrhunderts kann sich die Menschheit vor das Problem gestellt sehen, zwischen vier Übeln zu wählen:

Unterdrückung der Industriegesellschaft durch einen zunehmenden Mangel an natürlichen Rohstoffen;
Abnahme der Weltbevölkerung durch die Umweltverschmutzung (Bevölkerungsdruck);
Begrenzung der Bevölkerungszahl durch den Nahrungsmittelmangel oder Bevölkerungskollaps durch Krankheiten, Kriege und sozialen Druck, hervorgerufen durch physischen und psychischen Bevölkerungsdruck.

3. Wir leben wahrscheinlich in einem »goldenen Zeitalter«, da trotz eines weltweit verbreiteten Gefühls des Unbehagens die durchschnittliche Lebensqualität niemals so hoch war wie heute und in der Zukunft nicht auf dieser Höhe gehalten werden kann.

27

4. Die Ermahnungen und Maßnahmen zur Geburten- und Bevölkerungsbeschränkung können sich selbst in ihren Wirkungen neutralisieren. Wenn die Bevölkerungskontrolle wirksam wird und, wie erhofft, zu einer höheren Ernährungsrate pro Kopf und zu einem höheren Lebensstandard führt, würden diese Erfolge sofort wieder den Druck mindern, der die Bevölkerungsbeschränkung auslöste, und dadurch Wirkungskräfte freisetzen, die erneut zu einer Bevölkerungszunahme führen.

5. Der hohe Lebensstandard in der modernen Industriegesellschaft rührt offensichtlich davon her, dass die Zunahme der Nahrungsmittel- und Güterproduktion die Bevölkerungszunahme übertrifft. Wenn jedoch die Landwirtschaft eine Flächengrenze und die Industrialisierung eine Grenze bei der Ausbeutung der Bodenschätze und beide zusammen eine bestimmte Grenze der Umweltverschmutzung erreichen, holt die Bevölkerung auf. Sie wächst dann nur noch so weit, bis die Lebensqualität so stark fällt, dass die weitere Bevölkerungszunahme unterdrückt wird.

6. Es zeigt sich keine reale Hoffnung für die unterentwickelten Gebiete, den gegenwärtigen Lebensstandard der Industrienationen zu erreichen. Jeder in einer Industrienation lebende Mensch belastet seine Umwelt durch Schadstoffabgabe und Verbrauch an Rohstoffen etwa 20- bis 50mal stärker als eine Person in einem unterentwickelten Land. Es gibt viermal mehr Menschen in unterentwickelten als in hochindustrialisierten Gebieten. Erhöht man den Standard der unterentwickelten Länder auf den der Industriestaaten, würde dies etwa einen zehnfachen Verbrauch der natürlichen Rohstoffe und eine ebenso stark vermehrte Umweltbelastung bedeuten.

In Anbetracht der bereits erkennbaren destruktiven Erscheinungen auf dem Festland, in der Luft und besonders in den Ozeanen besteht auf der Erde für eine derartige Lebensstandarderhöhung heute schon nicht mehr genügend Kapazität. Tatsächlich könnte die gegenwärtig bestehende Ungleichheit zwischen den unterentwickelten und den industrialisierten Staaten eher durch eine Entwicklungshilfe statt durch einen Wachstumshalt ausgeglichen werden.

7. Es kann sich erweisen, dass eine Gesellschaft auf einer hohen Industrialisierungsstufe dieses Stadium nicht aufrechterhalten kann. Sie kann sich selbst auslöschen, wenn sie die Rohstoffquellen erschöpft, von denen sie abhängig ist. Wenn sie sich aber für die abnehmenden Rohstoffvorräte einen vollen Ersatz zu schaffen vermag, können die entstehenden internationalen Bestrebungen zum Schutz des Lebensraumes den durchschnittlichen Lebensstandard weltweit auf den vor einem Jahrhundert erreichten Stand zurückholen.

8. Langfristig, für das nächste Jahrhundert gesehen, erscheinen die gegenwärtigen Anstrengungen der unterentwickelten Länder für eine Industrialisierung sehr unklug; denn die unterentwickelten Gebiete sind möglicherweise dem Zustand des zu erstrebenden Gleichgewichts mit der Umwelt näher als die Industrienationen. Sie befinden sich dann in einer günstigeren Ausgangslage, um den zu erwartenden weltweiten Belastungen durch die Umwelteinflüsse und die bedrängte Wirtschaftslage zu begegnen, als die sogenannten fortschrittlichen Länder.

Wenn irgendeiner der verschiedenen Faktoren, die einen Bevölkerungskollaps herbeiführen können, tatsächlich wirksam wird, werden die unterentwickelten Gebiete weit weniger Opfer zu bringen haben als der Rest der Menschheit. Die weniger organisierten und integrierten Wirtschaftssysteme mit einem geringeren Grad an Spezialisierung werden sehr wahrscheinlich auch weniger störungsanfällig sein.

28

Denkmodelle von Gesellschaftssystemen

Der Gebrauch von Modellen zur Darstellung von Gesellschaftssystemen ist keineswegs neu. Jeder Mensch benutzt Modelle, um Entschlüsse fassen zu können. Das geistige Bild, das jeder einzelne sich von seiner Welt macht, ist stets ein Modell; denn man hat weder eine Familie noch ein Geschäft, keine Stadt, keine Regierung und kein Land im Kopf, sondern nur Gedanken, ausgewählte Vorstellungen von der Umwelt und der in ihr wirkenden Beziehungen, welche die Wirklichkeit darstellen. Unsere Entschlüsse beruhen auf Modellvorstellungen, ebenso alle erlassenen Gesetze und alle geschäftlichen Handlungen. Es steht nicht zur Debatte, ob man Modelle gebrauchen will oder nicht. Man hat lediglich die Wahl zwischen verschiedenartigen Modellen.

Unsere gedanklichen Vorstellungen, Denkmodelle, sind verschwommen, unvollständig und unpräzise. Sie verändern sich, auch bei jedem einzelnen, mit der Zeit, ja schon im Lauf einer Unterhaltung. Die Vorstellungskraft erfaßt einige

Beziehungen, um daraus die Grundlage eines Gesprächs zu bilden. Selbst bei der Diskussion über ein einzelnes bestimmtes Thema benutzt jeder der Teilnehmer ein etwas anderes Modell, mit dem er sein Gespräch führt. Grundlegende Vorstellungen unterscheiden sich bei den einzelnen Gesprächspartnern, aber sie werden nicht ausgesprochen. Die erwünschten Ziele und Ergebnisse unterscheiden sich, aber das bleibt ungesagt. Es überrascht nicht, dass Kompromisse oft so schwer zustande kommen und die Übereinstimmung oft zu Aktionen führt, die völlig unbeabsichtigte und unerwünschte Folgen haben.

Das menschliche Gehirn ist zwar mit der großartigen Fähigkeit ausgestattet, die grundlegenden Kräfte und Wirkungen eines Systems abstrahierend zu erfassen; es ist zwar in hohem Maß geeignet, die Struktur einer komplexen Situation analytisch zu erkennen, aber es wird im täglichen Leben nur äußerst dürftig darauf trainiert, die Konsequenzen klar durchzudenken, die sich ständig neu ergeben, wenn die verschiedenen Teile eines Systems miteinander in Wechselwirkung treten und sich vielfältig gegenseitig beeinflussen.

Bis vor kurzem gab es keine Möglichkeit, das wahrscheinliche Verhalten eines Gesellschaftssystems anders als durch Nachdenken, Diskussion, Einwände und Vermutungen abzuschätzen.

29

Computermodelle von Gesellschaftssystemen

Unsere Methode, Weltsysteme zu beurteilen, vereinigt die Fähigkeiten des menschlichen Geistes mit den Möglichkeiten moderner Computer. Der menschliche Geist kann sehr gut die Bedrängnis, Ängste, die Wünsche und Gewohnheiten, Vorurteile, das Zaudern, die Abneigung gegen Veränderungen, guten Willen, Zuneigungen, Habgier und andere menschliche Charakterzüge erfassen, welche die Teilstrukturen unseres Gesellschaftssystems bestimmen. Nur der menschliche Geist ist gegenwärtig fähig, eine Gesamtstruktur zu erkennen, der sich einzelne Teilinformationen widerspruchslos zuordnen.

Aber wenn erst einmal das System aus den Einzelstrukturen aufgebaut ist, zeigt sich der menschliche Geist fast völlig unfähig, das dynamische Verhalten dieses Systems zu erfassen. In dieser Hinsicht ist der Computer unschlagbar. Er verfolgt die Wechselwirkungen in jedem gegebenen System mit gegenseitigen Beziehungen, ohne sich zu irren und ohne Zweifeln Raum zu lassen.

Der Computer wird programmiert, indem man ihm ein Modell einspeist, das beschreibt, wie sich jeder Teil des Systems grundsätzlich verhält. Wir sind heute

in der Lage, wirklichkeitsgetreue Modelle sozialer Systeme aufzustellen. Es sind Vereinfachungen realer Gesellschaftssysteme, die aber weitaus umfassender sein können als die Vorstellungen, die wir heute gewöhnlich zur Diskussion über sozialpolitische Fragen haben.

Das Computermodell stellt die Theorie einer Systemstruktur dar und enthält Annahmen über dieses System. Das Modell ist nur so gut wie die ihm zugrundeliegende Theorie. Ein gutes Computermodell unterscheidet sich von einem schlechten dadurch, dass es mehr über die wesentlichen Eigenschaften eines Systems aussagt. Bei der Aufstellung eines Computermodells müssen die Annahmen, auf denen unsere Vorstellungen beruhen, sehr klar und exakt formuliert sein. Diese klar formulierten Annahmen vertiefen die Diskussion und führen zu einer besseren Auswahlmöglichkeit unter den zahlreichen Details, die in unseren Vorstellungen enthalten sind.

Zwar tragen alle bis heute aufgestellten Computermodelle gesellschaftlicher Systeme nur vorläufigen Charakter, zeigen aber durchaus charakteristische Verhaltensweisen tatsächlicher Systeme. Sie erklären nicht nur unsere gegenwärtigen Schwierigkeiten, sondern machen auch **verständlich, warum so viele Bemühungen, soziale Probleme zu lösen, scheitern mußten**.

Man kann heute schon Modelle aufstellen, die trotz ihrer Mängel den intuitiven Modellen weit überlegen sind, auf denen gegenwärtig noch unser zukünftiges Schicksal aufgebaut wird.

Nachdem die Annahmen über die Wechselwirkungen, denen die einzelnen Teile eines komplexen Systems unterliegen, eingegeben sind, kann der Computer diese Vorgänge innerhalb des Systems im Zeitablauf exakt verfolgen. Er führt die Rechenarbeit aus und folgt dabei den Verhaltensregeln, die im Modell niedergelegt sind.

Der Computer zeigt die exakten Folgen auf, die sich aus den Annahmen ergeben, und nutzt die hervorragendste Fähigkeit des menschlichen Gehirns, die Umwelt in ihrem Momentanzustand genau zu erfassen, und eliminiert seine größte Schwäche, die daraus sich ergebenden Konsequenzen auch exakt zu bestimmen.

31

Jay Forrester
Einleitung 1971

Zum 90. Geburtstag von Jay W. Forrester (2008)

Heute feiert der US-amerikanische Computerpionier und Systemtheoretiker Jay Wright Forrester seinen 90. Geburtstag. Der gelernte Elektronikingenieur verbrachte sein Leben damit, die Arbeit von Schalt- und Regelkreisen zu untersuchen. Vom Computerbau über das Fabrikmanagement, von der Stadtentwicklung bis zu den Wachstumsgrenzen unserer Gesellschaft beeinflussten seine Ideen Generationen von Wissenschaftlern.

Jay Wright Forrester wurde am 14. Juli 1918 in Climax im US-amerikanischen Bundesstaat Nebraska geboren. Er wuchs auf einer einsamen Farm zwischen Climax und Anselmo auf, auf der seine Eltern, ein Lehrerehepaar, zu überleben versuchten. „Eine Farm ist ein sehr einfacher Regelkreis von Angebot und Nachfrage, von Marktpreisen und Wettereinflüssen. Ein Fehler und die Ernte ist hin oder das Vieh stirbt. Das Leben ist hart, die Regel-Mechanismen sind sehr praktisch und alles andere als theoretisch“, heißt es in Forresters Jugenderinnerungen zu diesem Regelkreis.

Bereits mit 9 Jahren soll der handwerklich sehr geschickte Jay für alle mechanischen Reparaturen auf der Farm verantwortlich gewesen sein, vom Ford T bis zum ersten Traktor. Obwohl die Farm keinen Strom besaß, bastelte er aus Magneten und Spulen elektrisch geladene Fliegengitter. Auf der Farm entwickelte er einen windgetriebenen Stromgenerator, der Energie in alten Autobatterien speicherte.

Später studierte Forrester **Elektrotechnik an der Universität Nebraska** und gewann einen Preis für die Erfindung eines elektrostatisch arbeitenden Staubsaugers, zusammen mit einer Einladung, 1939 am High Voltage Laboratory des MIT zu arbeiten. Nach einem Jahr wechselte er zum „Servomechanisms Laboratory“, das im II. Weltkrieg Servomotoren für Radar- und Flaksysteme entwickelte.

1944 wurde Forrester vom MIT mit dem Projekt Whirlwind betraut. Whirlwind sollte ein Flugsimulator werden, in dem Piloten der US-Marine mit überraschenden Situationen wie zum Beispiel in einem Wirbelsturm richtig reagieren lernen sollten. Forrester und seine Kollegen Perry Crawford und Robert Everett versuchten sich zunächst an einem analogen Simulator, **kamen aber nach einer der ersten ENIAC-Demonstrationen auf die Idee, einen Computer zu bauen.**

Schließlich leitete der 30-jährige Forrester ein Team von 175 Ingenieuren, die für eine Million Dollar einen Rechner bauten, der am 20. April 1951 startete – als das Militär längst das Interesse an der Maschine verloren hatte. Doch die Arbeit war nicht umsonst: Unter dem Eindruck der russischen Atombombentests wurde aus dem Projekt Whirlwind heraus das Flugabwehrsystem SAGE [3] entwickelt (Semi Automatic Ground Environment), das vom Lichtgriffel bis zum interaktiven Bildschirm der Computertechnik viele Impulse gab.

Forresters bester Student ***Ken Olsen*** gründete die Digital Equipment Corporation (DEC) und bedachte seinen Lehrer später mit einem Posten im Aufsichtsrat der Firma.

Als Simulationstrainer sollte Whirlwind in Echtzeit auf den Flugschüler reagieren können. Forresters Truppe experimentierte mit Williams-Kilburn-Röhren, dann mit 3D-Gattern von

Leuchstoffröhren, bis Forrester die von An Wang gefundene Lösung des Kernspeichers[5] perfektionierte. Am 11. Mai 1951 meldete Forrester seinen den Computerbau revolutionierenden Speicher zum Patent an, dass ihm als US-Patent Nr. 2736880[6] am 28. Februar 1956 gewährt wurde.

Nach dem „Misserfolg“ des Projects Wirlwind wechselte Jay Forrester in die gerade gegründete MIT Sloan School of Management, eine wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. Ausschlaggebend war ein Gespräch mit einem Manager von General Electric, der über Friktionen in den Produktionsabläufen der Fabriken klagte, die zwischen Überproduktion und Leerlauf oszillierten.

Forrester war überzeugt, dass ein geordneter Input und Output das Problem beheben können und entwickelte dafür **die Theorie der Systemdynamik**, deren Was-Wäre-Wenn-Schleifen heute Allgemeingut geworden sind. Als Forrester in einem Aufsatz über Industriedynamik seine Ideen vorstellen wollte und dafür Formeln brauchte, schuf sein Student Dick Bennett **SIMPLE** (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations), aus der unter Forresters Leitung die sehr einflussreiche Softwarefamilie ***Dynamo*** [8] entstand.

Nicht nur aus deutscher Sicht verdient es festgehalten zu werden, dass Jay Forrester am MIT mit Gert von **Kortzfleisch** [9] zusammenarbeitete, **der die Systemdynamik in Deutschland bekannt machte**. Während Forrester seine Dynamik-Theorien in der Stadtentwicklungsplanung (Urban Dynamics) verfeinerte, machten sich Schüler wie Erich Zahn daran, die Systemdynamik auf die Gesellschaft und Marktwirtschaft zu übertragen.

Ihre Arbeit führte dazu, dass Forrester Aurelio Peccei und Eduard Pestel vom Club of Rome kennen lernte. Der gleichaltrige Pestel besorgte schließlich von der Volkswagenstiftung die Finanzmittel, mit denen Forrester und seine Mitarbeiter am MIT Modelle der globalen Entwicklung durchrechnen konnten. Das Resultat war die Studie von den <Grenzen des Wachstums>, bis heute das einflussreichste Buch über die Zukunft der Weltwirtschaft.

Unter dem Titel <Der teuflische Regelkreis> veröffentlichte Forrester seine eigenen Anteile an dem Werk. In seiner **Stuttgarter Rede** zur Entstehungsgeschichte seiner Theorien zog Jay W. Forrester im Jahre 1989 eine Bilanz seiner Forschungen:

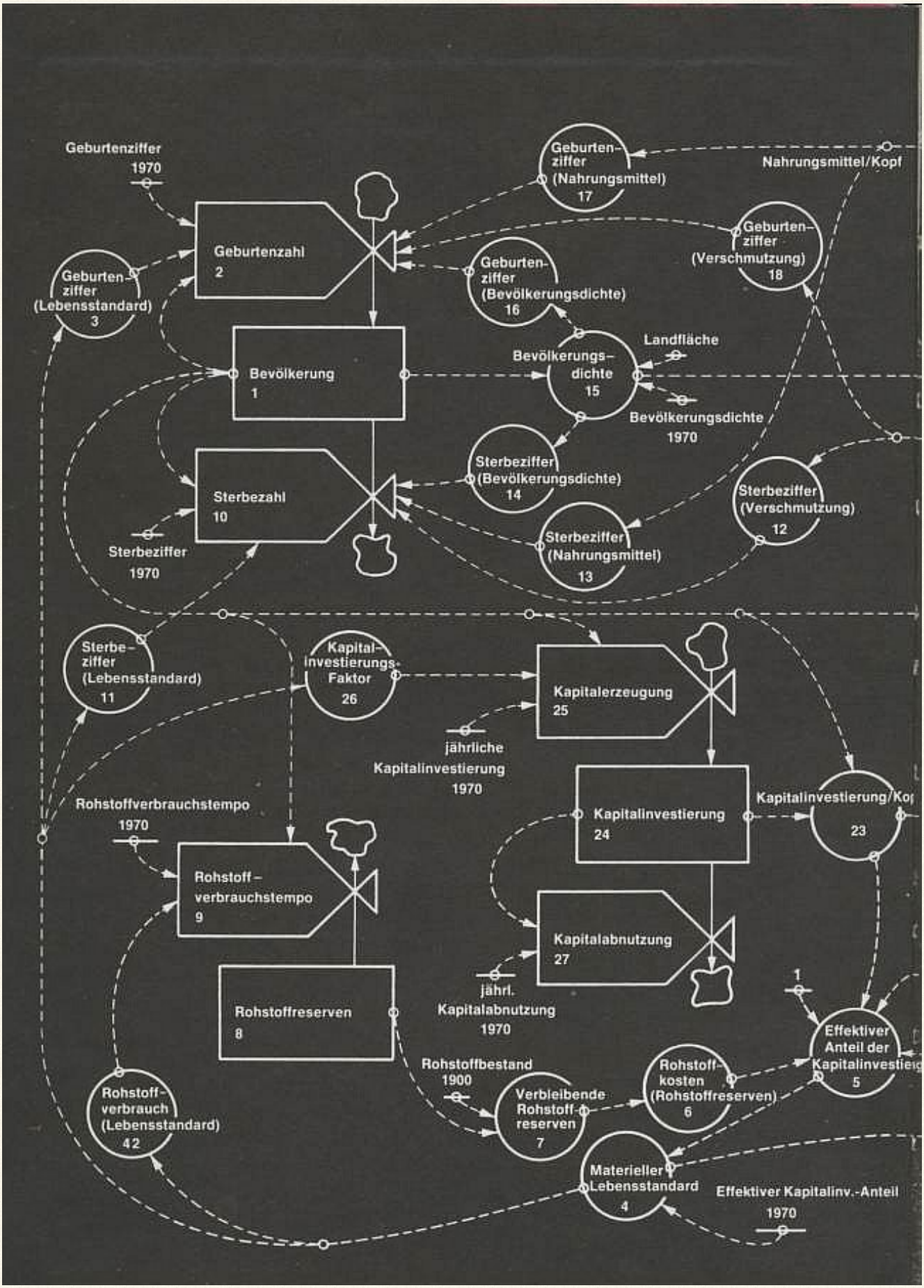
> „Ich dachte, ich würde für vielleicht 200 Leute auf der Welt etwas beschreiben, das sie als interessantes Modell auf ihren Computern untersuchen können. Damit lag ich falsch, wie sie wissen.“

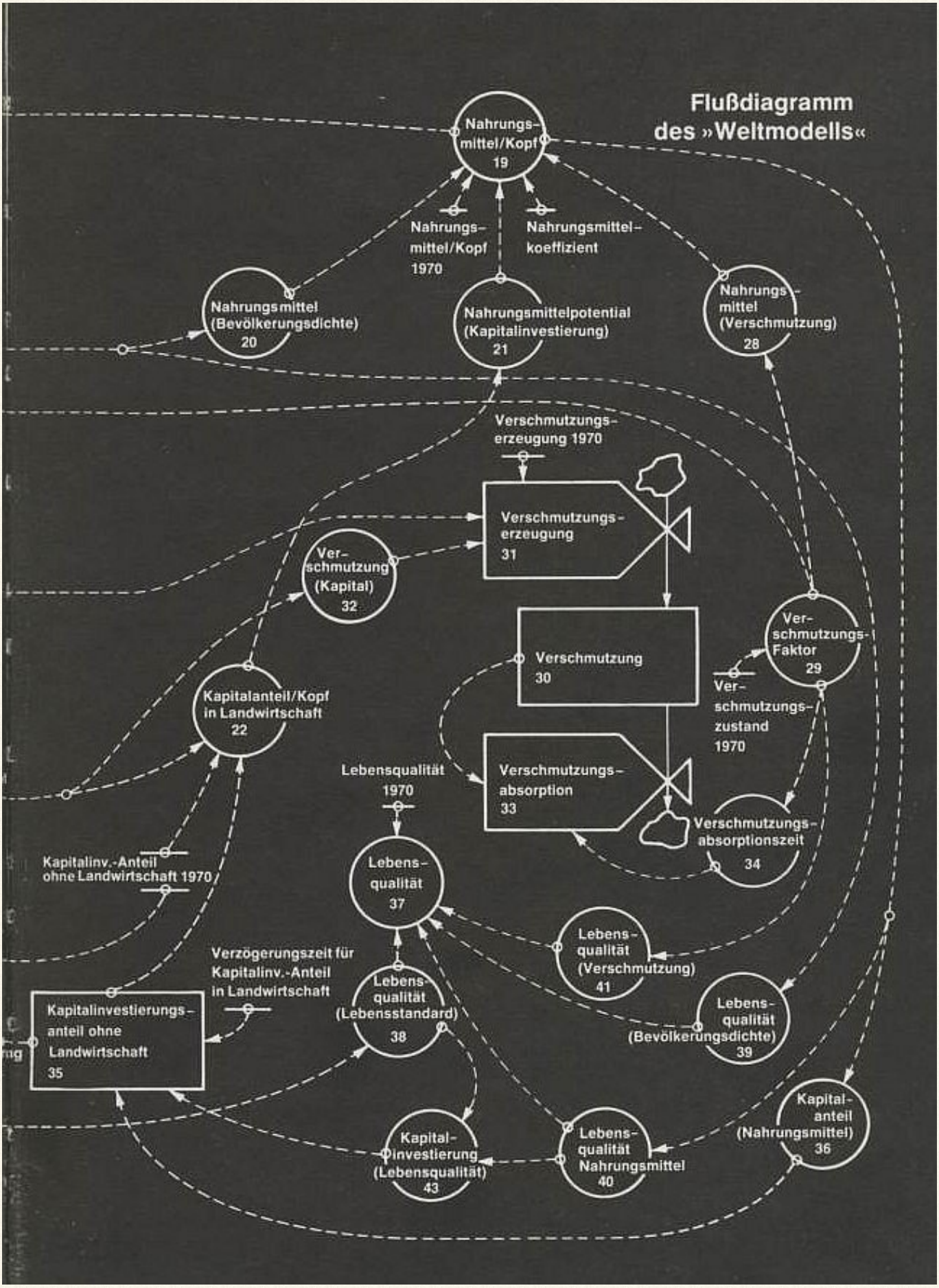
Detlef Borchers, heise, 14.07.2008

heise.de/newsticker/meldung/Teuflische-Regeln-und-andere-Ringe-zum-90-Geburtstag-von-Jay-W-Forrester-186529.html 2008

heise.de/newsticker/meldung/Wenn-sich-etwas-aendern-soll-muss-man-das-System-verstehen-Zum-Tode-von-Jay-Wright-Forrester-3491904.html Nachruf von Borchers

Grafiken aus dem Buch:




Flußdiagramm des »Weltmodells«
Nahrungs-mittel/Kopf 19
Nahrungs-mittel/Kopf 1970
Nahrungsmittel-koeffizient
Nahrungsmittel (Bevölkerungsdichte) 20
Nahrungsmittelpotential (Kapitalinvestierung) 21
Nahrungs-mittel (Verschmutzung) 28
Verschmutzungs-erzeugung 1970
Verschmutzungs-erzeugung 31
Ver-schmutzung (Kapital) 32
Verschmutzung 30
Ver-schmutzungs-Faktor 29
Ver-schmutzungs-zustand 1970
Kapitalanteil/Kopf in Landwirtschaft 22
Lebensqualität 1970
Verschmutzungs-absorption 33
Verschmutzungs-absorptionszeit 34
Kapitalinv.-Anteil ohne Landwirtschaft 1970
Lebens-qualität 37
Lebens-qualität (Verschmutzung) 41
Verzögerungszeit für Kapitalinv.-Anteil in Landwirtschaft
Lebens-qualität (Lebensstandard) 38
Lebens-qualität (Bevölkerungsdichte) 39
Kapitalinvestierungs-anteil ohne Landwirtschaft 35
Kapital-anteil (Nahrungsmittel) 36
Kapital-investierung (Lebensqualität) 43
Lebens-qualität Nahrungsmittel 40

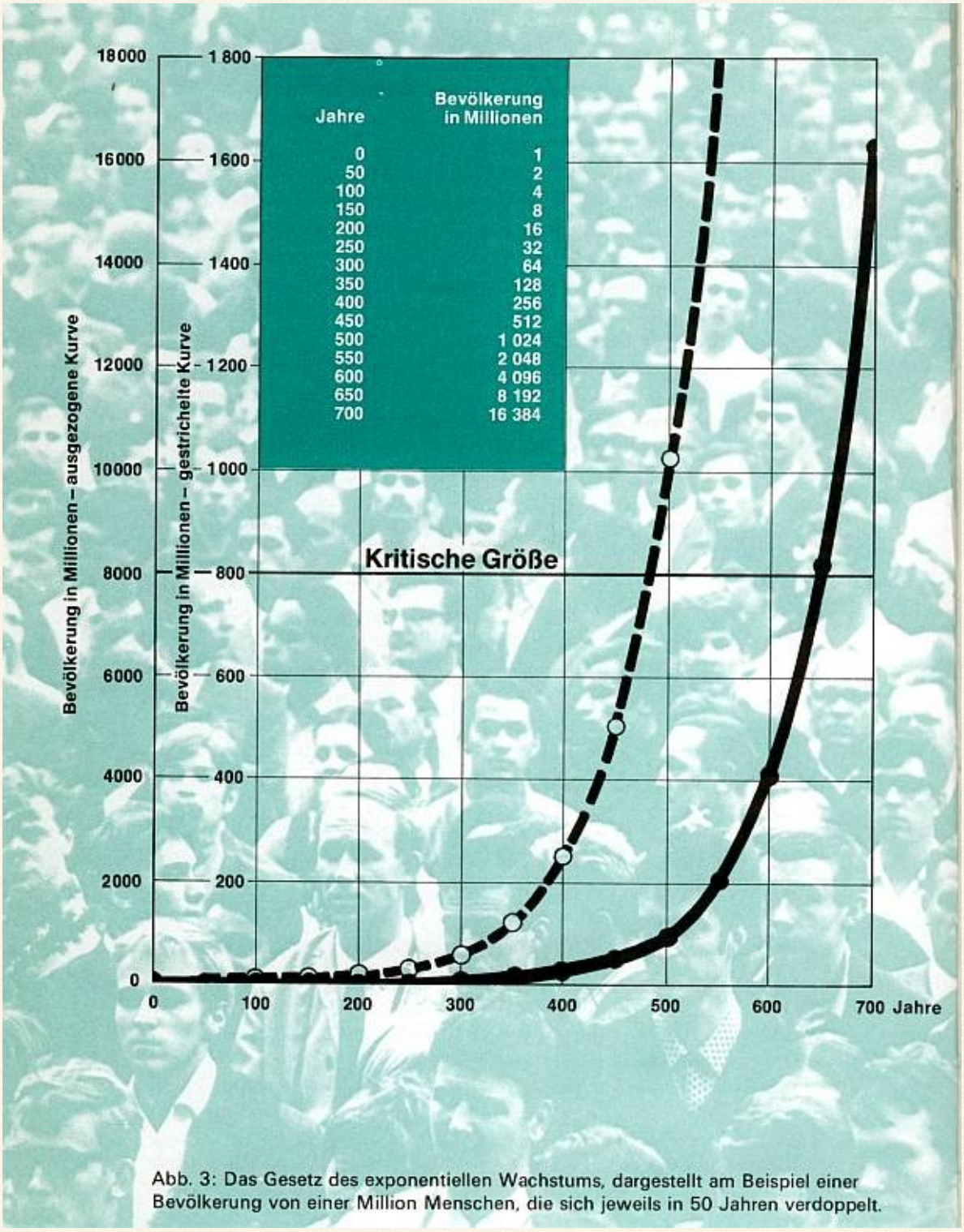
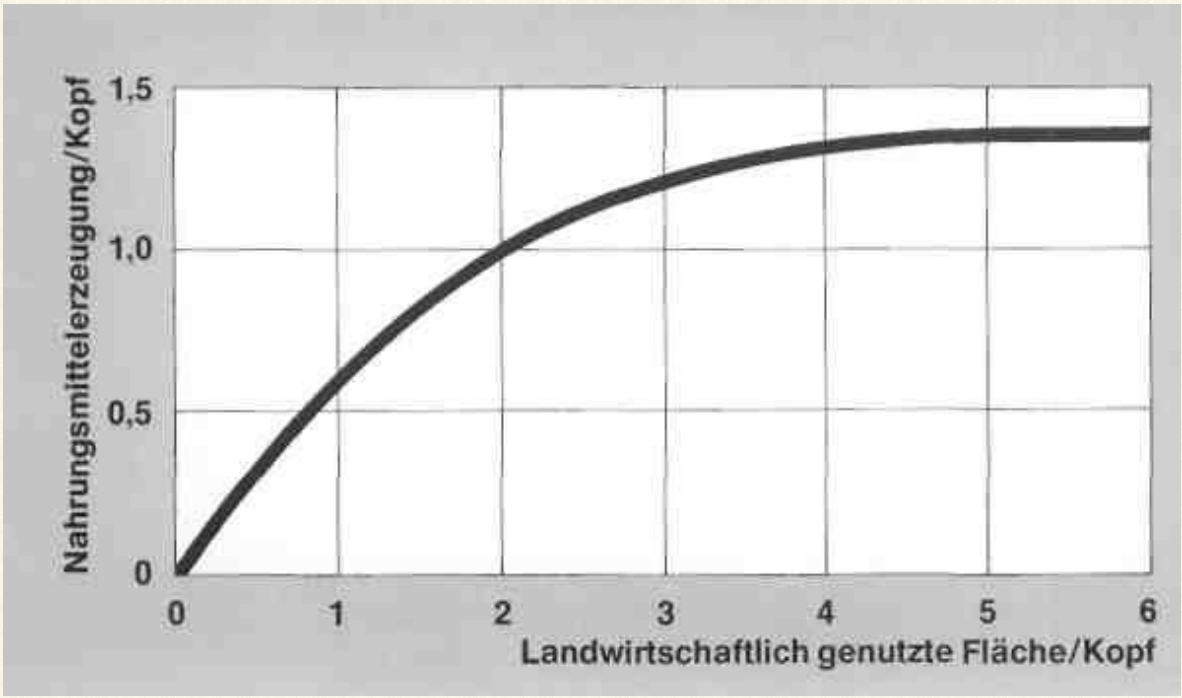
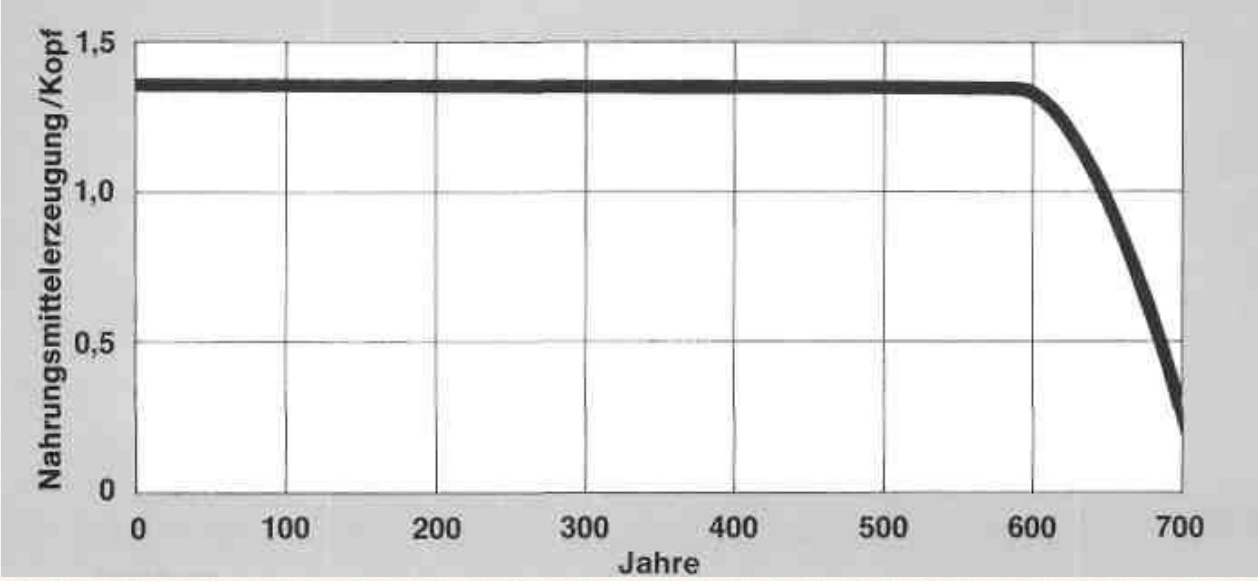
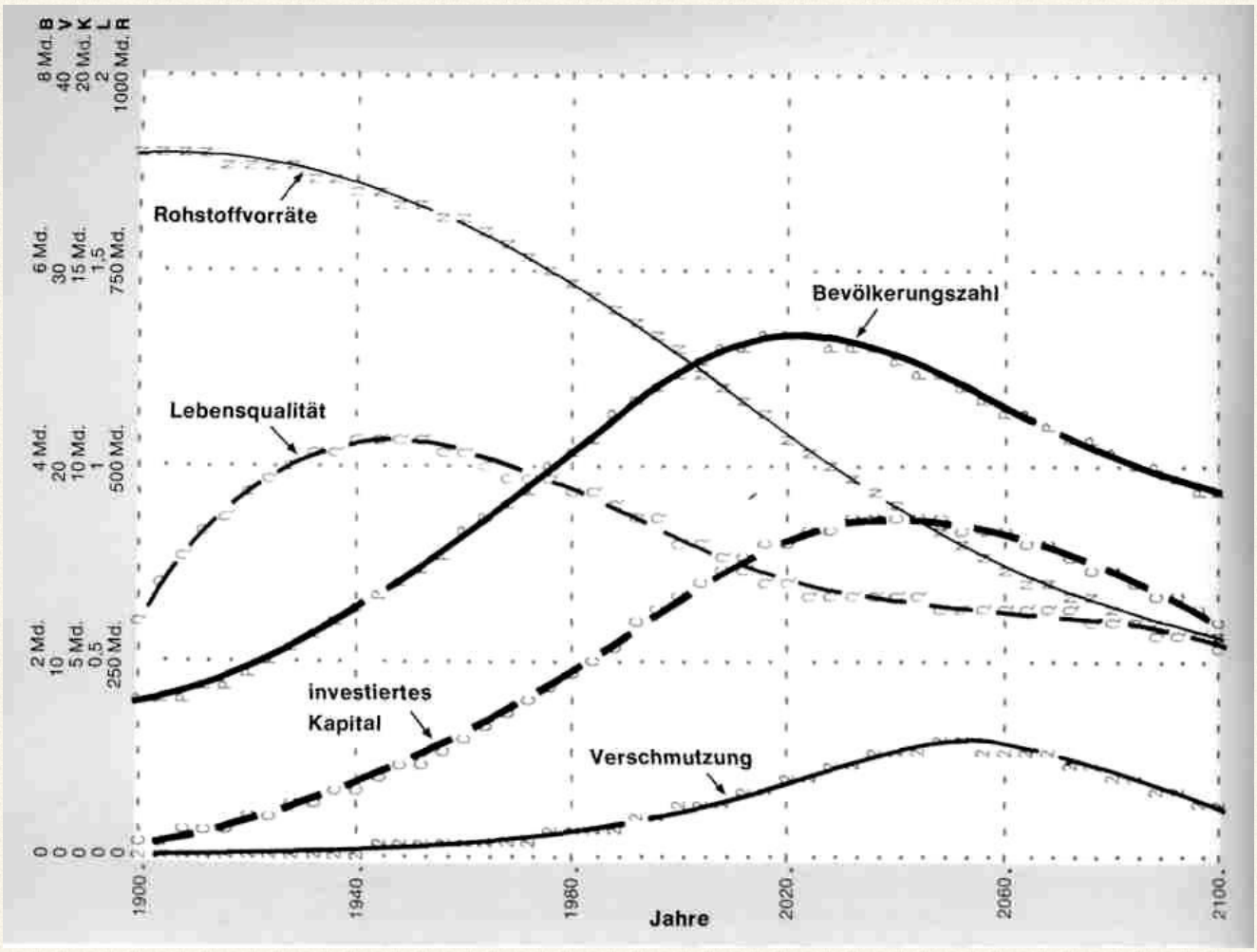


Abb. 3: Das Gesetz des exponentiellen Wachstums, dargestellt am Beispiel einer Bevölkerung von einer Million Menschen, die sich jeweils in 50 Jahren verdoppelt.

1971 Jay Forrester : Der teuflische Regelkreis - World Dynamics – Das Gobalmodell der Menschheitskrise


Nahrungsmittelerzeugung/Kopf
1,5
1,0
0,5
0
0
1
2
3
4
5
6
Landwirtschaftlich genutzte Fläche/Kopf


Nahrungsmittelerzeugung/Kopf
1,5
1,0
0,5
0
0
100
200
300
400
500
600
700
Jahre


Rohstoffvorräte
Bevölkerungszahl
Lebensqualität
investiertes Kapital
Verschmutzung
Jahre
1900
1940
1980
2020
2060
2100

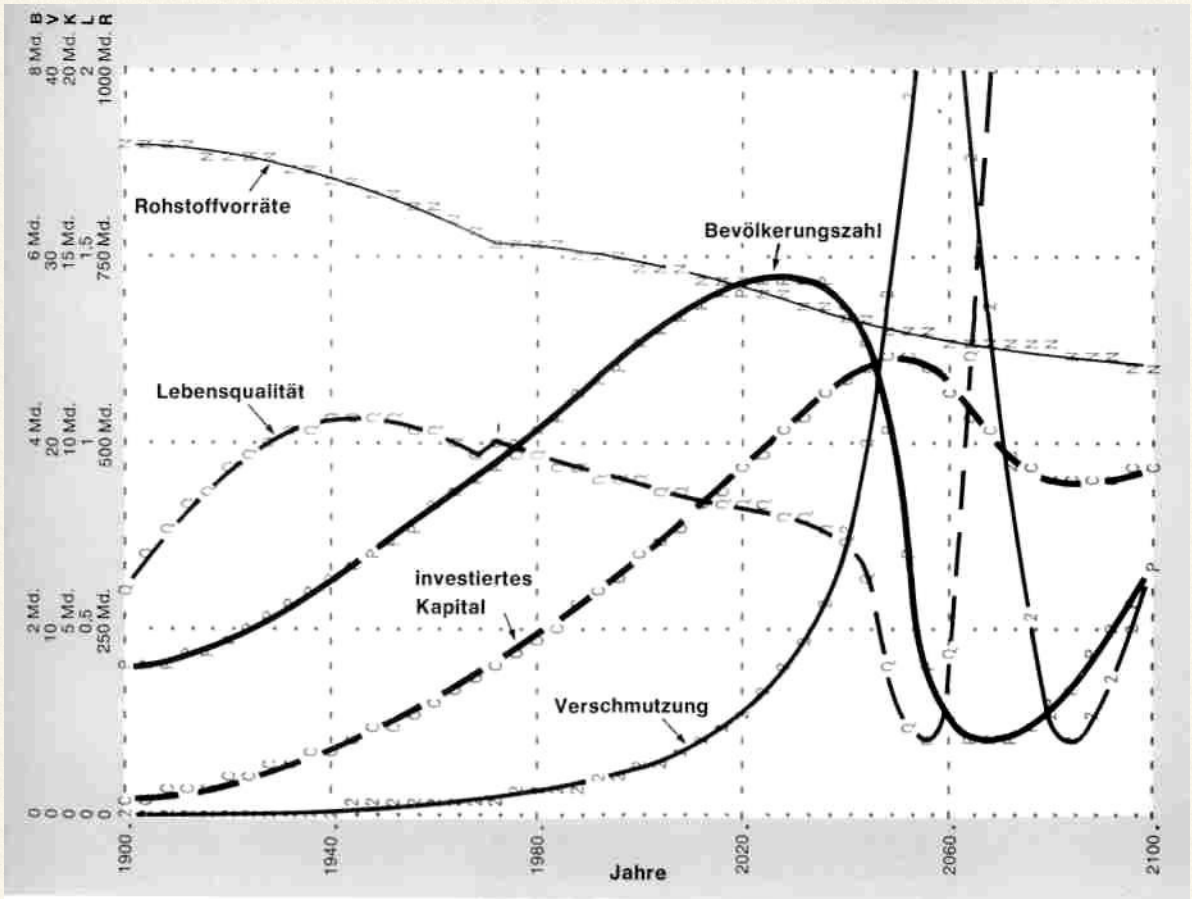
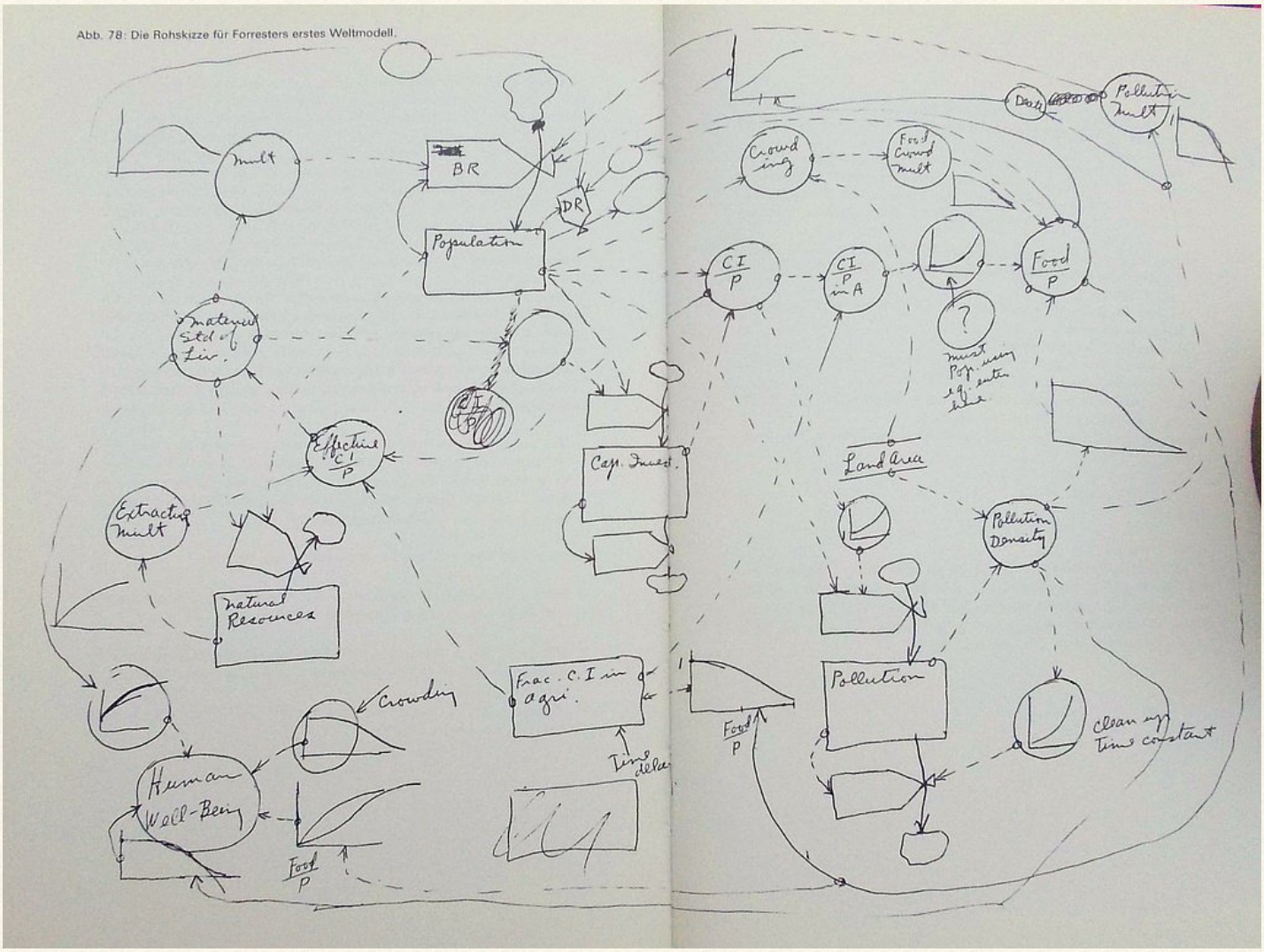

Rohstoffvorräte
Bevölkerungszahl
Lebensqualität
investiertes Kapital
Verschmutzung
Jahre
1900
1940
1980
2020
2060
2100

Abbildung 78: Die Rohskizze für Forresters erstes Weltmodell



Der Übersetzer Hans-Dieter Heck – Ein Nachruf 1998 in bild der wissenschaft

Immer unterwegs

In 25 Jahren gemeinsamer Arbeit sammeln sich eine Menge Anekdoten an – etwa die vom verlorenen Schuh auf der Flucht vor der Lava des Ätna. Derlei kam spontan in Erinnerung, als wir vom Tod unseres Kollegen Hans-Dieter Heck hörten.

Anekdoten, heitere zumal, zeigen immer nur eine Facette der Persönlichkeit: Da „der Hans" unendlich viele Facetten hatte, wird er noch oft durch unsere Gedanken vagabundieren. „Du, horche mal..." – das war stets die Einleitung zu einer längeren Exkursion durch die Welt der Natur, der Technik und der Umsetzung von Wissen. Dann konnte ihn auch der zarte Hinweis auf Zeitmangel nicht stoppen, er mußte sein neues Wissen und seine neuen Fragen loswerden – und am besten immer und sofort alles Neue anwenden, überprüfen, unter die Haut gucken.

NEUGIER kann man gar nicht groß genug schreiben, um seinen geistigen Motor zu charakterisieren. Für den Denkanstoß (und Bestseller) „Grenzen des Wachstums" war Hans-Dieter Heck Übersetzer und Umsetzer, die langwelligen Wirtschaftszyklen des Kondratieff brachte er als erster einem größeren Publikum nahe und auch die zukunftswichtige Erkenntnis, dass das Wachstum der Erdbevölkerung sich verlangsamt, hatte er als erster aus den wissenschaftlichen Berichten herausgelesen. So war er für die Zeitschrift wie für den einzelnen Kollegen ein – nicht immer bequemer – Anreger und Unruhegeist, an dem man sich wetzen konnte, um selber schärfer zu sehen.

Hans Heck arbeitete sich schon durch Bits und Bytes, als wir elektrische Schreibmaschinen bekamen. Seine Gespräche mit Hackern brachten ihm eine Vorladung beim Staatsanwalt ein, für den das Metier so neu war wie für uns. Zur Veränderung der Welt durch die damals neue Seuche Aids recherchierte er (mit seiner Frau) bei Prostituierten. Sicher wäre er – bei Gelegenheit – mit zum Mond geflogen, um zu sehen, wie es da so ist.

Bei allen Höhenflügen blieb er jedoch seiner Maxime treu: „Nimm dich nicht so wichtig!" Das beste Motto für einen Journalisten.

01.05.1998

wissenschaft.de/archiv/-/journal_content/56/12054/1685861/Immer-unterwegs

Impressum:

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. D. Eng. h. c. Eduard Pestel
Aus dem Amerikanischen von Hans-Dieter Heck
Titel der amerikanischen Ausgabe *World Dynamics*, erschienen bei
Wright-Allen Press, Inc., Cambridge

© 1971 by Jay W. Forrester

ISBN 3421026327

Ein Buch der »Öffentlichen Wissenschaft«
Erschienen 1972 bei Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart
Alle Rechte vorbehalten
Umschlagentwurf Hellmut Ehrath, Stuttgart
Gesamtherstellung Deutsche Verlags-Anstalt GmbH,
Grafischer Großbetrieb, Stuttgart
Printed in Germany

Jay W. Forrester

Der teuflische Regelkreis

Das Globalmodell der Menschheitskrise

Deutsche Verlags-Anstalt
Stuttgart

Einführung 9

Einleitung 15
Ein Weltsystem 15 Der Übergang zum Gleichgewicht 20 Das Computer-Modell und die Lebensqualität 24 Denkmodelle von Gesellschaftssystemen 29 Computer-Modelle von Gesellschaftssystemen 30

Die Struktur des Weltsystems 33
Das Diagramm des Weltsystems 36 Die Bevölkerungsschleife 38 Die Kapitalinvestitionsschleife 42 Die Umweltverschmutzungsschleife 45 Übervölkerung als Bremse gegen Bevölkerungswachstum 48 Nahrungsmittelangebot als Regulator des Bevölkerungswachstums 50 Umweltverschmutzung als Hemmnis für die Bevölkerungszunahme 54 Bevölkerungszahl und Rohstoffvorräte 56 Zum Begriff der Lebensqualität 59

Die Grenzen des Wachstums 65
Lesen der Computer-Diagramme 67 Erschöpfung der Rohstoffreserven 67 Umweltverschmutzung 72 Übervölkerung 79 Nahrungsmittelmangel 81

Das Scheitern konventioneller Maßnahmen 85
Erhöhte Kapitalerzeugung 88 Senkung der Geburtenziffer 89 Eindämmung der Umweltverschmutzung 94 Höhere landwirtschaftliche Produktion 95 Kombinierte Maßnahmen 96 Keine Patentlösungen 98

Das globale Gleichgewicht 101

Nachwort des Herausgebers 111
Möglichkeit anderer Gleichgewichtskonstellationen 111 Gefahren des Laisser-faire 112 Zeitbombencharakter unserer Problematik 114 Notwendigkeit weitgehender Modelluntersuchungen 115 Neue Wege 115

Anhang 117 Anmerkungen 117 Literatur 120 Bildquellen 120