

## Anhang 1

### Veränderungen von World3 zu World3-03

Die in diesem Buch vorgestellten Szenarien haben wir mit einer aktualisierten Fassung des Computermodells World3-91 berechnet.

Ursprünglich war World3 für unseren 1972 erschienenen Band entwickelt worden, die erste Ausgabe von *Die Grenzen des Wachstums*. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in dem Fachbericht über unsere Studie.<sup>1</sup> Zunächst hatten wir das Modell in der Computersprache DYNAMO geschrieben. 1990 erwies sich die neue Computersprache STELLA als am besten geeignet für unsere Untersuchungen. Als wir die Szenarien für unseren 1992 erschienenen Band *Die neuen Grenzen des Wachstums* vorbereiteten, haben wir World3 von DYNAMO auf STELLA konvertiert und die aktualisierte Fassung World3-91 genannt. Welche Veränderungen wir für diese Umwandlung vornahmen, steht im Anhang von *Die neuen Grenzen des Wachstums*.<sup>2</sup>

Zum Erstellen der Szenarien für dieses Buch erwies es sich als sinnvoll, World3-91 wiederum leicht zu aktualisieren. Das daraus resultierende Modell World3-03 ist auf CD-ROM erhältlich.<sup>3</sup> Aber die wenigen Veränderungen, die zur Umwandlung von World3-91 in World3-03 notwendig waren, lassen sich ganz einfach zusammenfassen. Durch drei Veränderungen werden die Kosten der Technik anders berechnet; eine Veränderung sorgt dafür, dass die erwünschte Familiengröße stärker auf den Anstieg der Industrieproduktion reagiert. Die weiteren Veränderungen haben keinen Einfluss auf das Modellverhalten; sie erleichtern nur das Verständnis seines Verhaltens. Es handelt sich um folgende Änderungen:

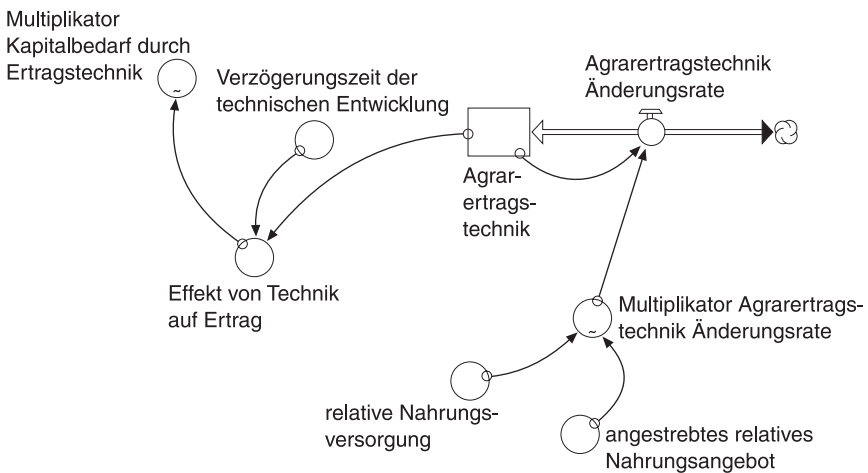
- Die Berechnung der Kapitalkosten neuer Techniken wurde in drei Sektoren geändert. Die Kapitalkosten in den Sektoren Ressourcen, Umweltverschmutzung und Landwirtschaft werden über die tatsächlich *eingesetzten* Techniken bestimmt, nicht über die *verfügbaren*.
- Auf dem Bevölkerungssektor wurde eine Tabellenfunktion geändert, sodass die erwünschte Familiengröße etwas stärker auf hohe Industrieproduktion pro Kopf reagiert.
- Als neue Variable wurde der *Wohlstandsindex* hinzugefügt – ein Indikator für Wohlstand und Lebensqualität des durchschnittlichen Erdenbürgers. Eine Definition des Wohlstandsindex findet sich in Anhang 2.

- Als weitere neue Variable wurde der *ökologische Fußabdruck* der Menschheit aufgenommen – ein Indikator für die Gesamtlast, die die Menschheit der Umwelt unseres Planeten aufbürdet. Auch dieser Parameter wird in Anhang 2 definiert.
- Zum einfacheren Ablesen wurde der Maßstab für die Darstellung der Bevölkerungszahl geändert.
- Eine zusätzliche Grafik gibt den Verlauf des Wohlstandsindex und des ökologischen Fußabdrucks im Zeitraum von 1900 bis 2100 wieder.

Wir zeigen im Folgenden die STELLA-Flussdiagramme für die neuen Strukturen und beschreiben die für die Szenarien dieses Buches verwendeten Skalen. Eine vollständige Auflistung der STELLA-Gleichungen von World3-03 sowie weitere Informationen hierzu finden sich auf der CD-ROM.

### Neue Strukturen in World3-03

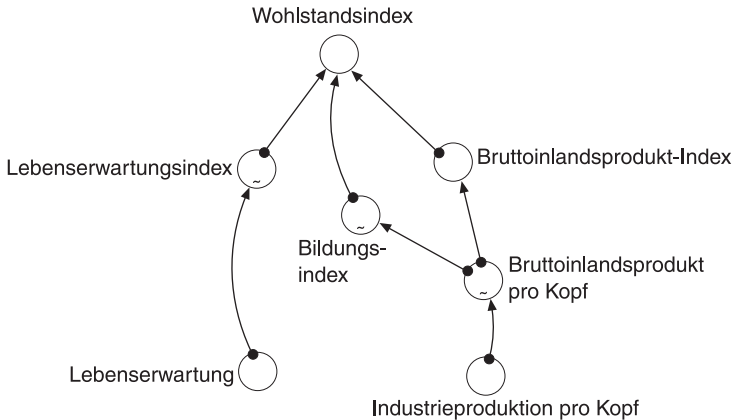
Das STELLA-Flussdiagramm für die Neuformulierung des Techniksektors ist hier exemplarisch für die Agrarertragstechnik dargestellt. Für die Sektoren Ressourcennutzung und Umweltbelastung gilt die entsprechende Formulierung.



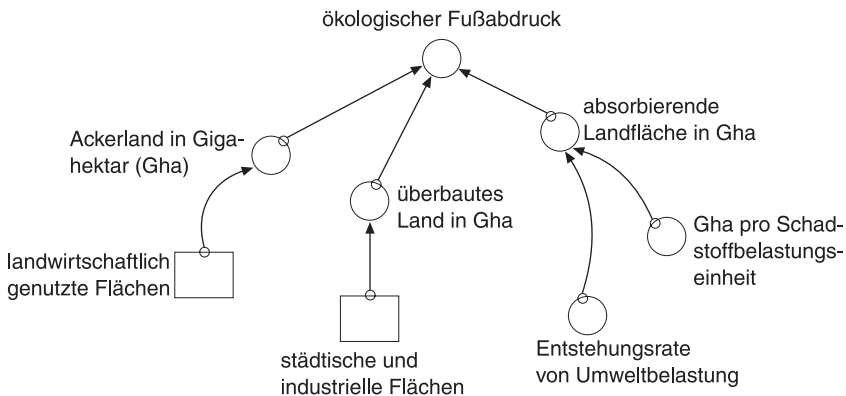
Wenn die Variable relative Nahrungsversorgung (Nahrung pro Kopf/Mindesternährung pro Kopf) unter den erwünschten Wert (angestrebtes relatives Nahrungsangebot) fällt, wird in World3 die Entwicklung von Techniken zur Ertragssteigerung in Gang gesetzt. Analoge Formeln führen zur Entwicklung fortschrittlicherer Techniken, wenn pro Einheit Industrieproduktion mehr

Ressourcen nötig sind als erwünscht und wenn die pro Einheit Industrieproduktion freigesetzten Schadstoffe das erwünschte Maß übersteigen.

Das folgende STELLA-Flussdiagramm zeigt die Berechnung des Wohlstandsindex. Die Zusammenhänge werden in Anhang 2 erläutert.



Das folgende STELLA-Flussdiagramm erläutert die Berechnung des ökologischen Fußabdrucks der Menschheit. Auch hierfür werden die Zusammenhänge in Anhang 2 beschrieben.



## Die Skalen der Variablen in den Szenarien von World3-03

In den drei Diagrammen zu jedem Szenario in diesem Buch sind jeweils die Werte von elf Variablen des Modells World3-03 aufgetragen. An der senkrechten Achse (Ordinate) dieser Diagramme ist keine numerische Skala angegeben,

weil die genauen Werte der Variablen in den einzelnen Szenarien unserer Ansicht nach unwichtig sind. Für Leser mit technischem Interesse an den Simulationen möchten wir sie jedoch hier noch ergänzen. Die elf Variablen sind jeweils in sehr unterschiedlichen Maßstäben aufgetragen, diese bleiben aber für alle elf Szenarien gleich.

**Diagramm 1: Zustand der Welt**

Variable	niedrigster Wert	höchster Wert
Bevölkerung	0	$12 \times 10^9$
Nahrungsproduktion insgesamt	0	$6 \times 10^{12}$
Industrieproduktion insgesamt	0	$4 \times 10^{12}$
Index der Schadstoffbelastung	0	40
nicht erneuerbare Ressourcen	0	$2 \times 10^{12}$

**Diagramm 2: materieller Lebensstandard**

Variable	niedrigster Wert	höchster Wert
Nahrung pro Kopf	0	1000
Konsumgüter pro Kopf	0	250
Dienstleistungen pro Kopf	0	1000
Lebenserwartung	0	90

**Diagramm 3: Wohlstandsindex und ökologischer Fußabdruck**

Variable	niedrigster Wert	höchster Wert
Wohlstandsindex	0	1
ökologischer Fußabdruck	0	4

## Anmerkungen

1. Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1974).
2. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows und Jørgen Randers, *Beyond the Limits* (Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992) (Deutsche Ausgabe: *Die neuen Grenzen des Wachstums*. Stuttgart: DVA, 1992).  
Vollständige Dokumentation und lauffähiges Simulationsmodell World3-91 in deutscher Fassung in Hartmut Bossel, *Systemzoo 3 – Wirtschaft, Gesellschaft und Entwicklung* (Norderstedt: Books on Demand, 2004), 221–254, sowie auf der CD-ROM *Systemzoo* (Rosenheim: co.Tec Verlag, 2005).
3. Bestellinformationen erhalten Sie über [www.chelseagreen.com](http://www.chelseagreen.com). Die deutsche Fassung von World3-03 ist als lauffähiges Simulationsmodell erhältlich bei co.Tec GmbH Verlag, Rosenheim.

## Anhang 2

# Indikatoren für den Wohlstand der Menschen und den ökologischen Fußabdruck

## Hintergrund

Für die Diskussion der Zukunft der Menschheit auf der Erde sind zwei Begriffe hilfreich, die wir zunächst definieren wollen: der „menschliche Wohlstand“ und der „ökologische Fußabdruck der Menschheit“. Unter „Wohlstand“ verstehen wir hier die Lebensqualität des durchschnittlichen Erdenbürgers im weitesten Sinne – sie umfasst sowohl materielle als auch nicht materielle Komponenten. Mit dem Begriff „ökologischer Fußabdruck“ wird die Gesamtheit der Auswirkungen der Menschheit auf die Umwelt beschrieben, also auf die natürlichen Ressourcen jeder Art und die Ökosysteme der Erde.

Beide Begriffe sind im Grunde leicht verständlich, aber schwer genau zu definieren. Da nur sehr begrenzt kontinuierlich erhobene Daten hierfür vorliegen, müssen wir auf Näherungen und Vereinfachungen zurückgreifen, wenn wir sie in mathematischen Beziehungen ausdrücken wollen. Ganz allgemein kann man jedoch sagen, dass der menschliche Wohlstand zunimmt, wenn jeder seine persönliche Zufriedenheit vergrößern kann, ohne dass die anderer Menschen dadurch verringert wird. Der ökologische Fußabdruck der Menschheit vergrößert sich, wenn Ressourcenabbau, Schadstoffemissionen und Bodenerosion zunehmen oder biologische Vielfalt vernichtet wird, ohne dass gleichzeitig andere Auswirkungen des Menschen auf die Natur vermindert werden.

Um die Verwendung der beiden Begriffe zu verdeutlichen, wollen wir den in diesem Buch angestrebten Idealzustand wie folgt umschreiben: Er bestünde darin, den „menschlichen Wohlstand“ zu vergrößern, aber zugleich zu gewährleisten, dass der „ökologische Fußabdruck“ so klein wie möglich bleibt und unter keinen Umständen die ökologische Tragfähigkeit der Erde – also die Grenzen dessen, was für das globale Ökosystem auf lange Sicht tragbar ist – überschreitet.

Viele Forscher haben viel Zeit und Mühen darauf verwendet, brauchbare Indikatoren für den menschlichen Wohlstand und den ökologischen Fußabdruck zu finden. Als einfaches Maß für den Wohlstand wird häufig das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf verwendet, auch wenn es für diesen Zweck

nur sehr bedingt geeignet ist. World2<sup>1</sup>, das Vorläufermodell von World3, enthielt einen heftig umstrittenen „Index der Lebensqualität“, der die Auswirkungen von vier Faktoren auf den menschlichen Wohlstand berücksichtigte: Bevölkerungsdichte, Nahrungsangebot, Umweltverschmutzung und materieller Konsum.

Nach reiflicher Überlegung der verschiedenen Möglichkeiten haben wir uns für die beiden im Folgenden beschriebenen Indikatoren entschieden. Wir haben quantitative Faktoren ausgewählt, weil diese am besten für unser mathematisches Modell World3 geeignet sind. Und statt unsere eigenen Kennwerte zu definieren, haben wir auf bereits existierende Indikatoren zurückgegriffen, die relativ weit verbreitet sind.

## Der Entwicklungsindex des UNDP

Als Maß für den menschlichen Wohlstand haben wir den UN-Entwicklungsindex (HDI – Human Development Index) ausgewählt. Er wird vom Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP – United Nations Development Programme) schon seit einigen Jahren für die meisten Länder erstellt und jährlich im *Human Development Report* veröffentlicht.<sup>2</sup> In seinem Bericht von 2001 definierte das UNDP den Entwicklungsindex folgendermaßen:

Der HDI fasst wichtige Aspekte der menschlichen Entwicklung zusammen. Er misst das durchschnittliche Leistungsniveau eines Landes in drei grundlegenden Bereichen menschlicher Entwicklung:

- Die Lebenserwartung bei der Geburt als Maß für ein langes und gesundes Leben.
- Das Bildungsniveau, gemessen am Anteil der Erwachsenen, die lesen und schreiben können (Gewichtung: zwei Drittel) und am Anteil der Jugendlichen, die Schulen besuchen (Grund- und weiterführende Schulen zusammen; Gewichtung: ein Drittel).
- Der Lebensstandard, gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf (in US-Dollar Kaufkraftparität).<sup>3</sup>

Das UN-Entwicklungsprogramm berechnet den Entwicklungsindex als arithmetisches Mittel aus drei Indices (Lebenserwartungsindex, Bildungsindex und BIP-Index) – entsprechend den drei oben aufgeführten Faktoren.

Der Lebenserwartungs- und der Bildungsindex steigen linear mit der Lebenserwartung bzw. der Alphabetisierungs- und der Schulbesuchsrate an. Der BIP-Index steigt ebenfalls mit zunehmendem BIP pro Kopf. In letzterem Fall geht das UNDP jedoch von einem stark nachlassenden Zuwachs aus, wenn das BIP pro Kopf das im Jahr 1999 in den früheren osteuropäischen Staaten erreichte Niveau überschreitet.<sup>4</sup>

## Der Wohlstandsindex in World3

Als Maß für den menschlichen Wohlstand in World3 formulierten wir eine Variable, die wir als Wohlstandsindex (HWI – *human welfare index*) bezeichnet haben. Dieser Wohlstandsindex entspricht etwa dem Entwicklungsindex des UNDP – soweit dies ausschließlich mit den in World3 vorhandenen Variablen möglich ist. Das resultierende STELLA-Flussdiagramm ist in Anhang 1 abgebildet. Die genaue mathematische Formulierung findet sich auf der World3-03-CD-ROM.

Der Wohlstandsindex in World3 errechnet sich aus der Summe von Lebenserwartungsindex, Bildungsindex und BIP-Index geteilt durch drei. Der resultierende Wohlstandsindex steigt von rund 0,2 im Jahr 1900 auf 0,7 im Jahr 2000. In den erfolgreichsten Szenarien erreicht er um 2050 ein Maximum von 0,8. Diese drei Werte entsprechen den jeweiligen Entwicklungsindices (HDI) in Sierra Leone, im Iran und in den baltischen Staaten im Jahr 1999.

Der Wert für unseren Wohlstandsindex im Modelljahr 1999 kommt dem tatsächlich vom UN-Entwicklungsprogramm für dieses Jahr berechneten HDI-Wert sehr nahe; er betrug im weltweiten Mittel 0,71.<sup>5</sup>

## Der ökologische Fußabdruck von Mathis Wackernagel

Als Maß für den „ökologischen Fußabdruck der Menschheit“ verwendeten wir den von Mathis Wackernagel und seinen Mitarbeitern in den 1990er-Jahren entwickelten ökologischen Fußabdruck. Wackernagel et al. berechneten den ökologischen Fußabdruck für eine Reihe von Ländern.<sup>6</sup> In einigen Fällen liegen kontinuierliche Daten vor, die verdeutlichen, wie sich der Fußabdruck einzelner Länder im Laufe der Zeit verändert hat. Für unsere Zwecke besonders wichtig war der von Wackernagel berechnete ökologische Fußabdruck der gesamten Weltbevölkerung und dessen Entwicklung von 1961 bis 1999.<sup>7</sup> Der ökologische Fußabdruck der meisten Staaten wird alle zwei Jahre vom WWF (World Wide Fund for Nature) veröffentlicht.<sup>8</sup>

Wackernagel definiert den ökologischen Fußabdruck als diejenige Fläche, die erforderlich ist, um den gegenwärtigen Lebensstil aufrechtzuerhalten. Er berechnet ihn (im globalen Durchschnitt) in Hektar. Dazu addiert er die Acker- und Weideflächen, Wälder und Fischfanggebiete sowie überbaute Landflächen (Siedlung, Industrie, Straßen usw.), mit denen ein bestimmter Lebensstandard einer bestimmten Bevölkerung (eines Landes, einer Region oder der ganzen Welt) aufrechterhalten werden kann. Weiterhin addiert er die Waldfläche, die die Gesamtmenge des Kohlendioxids absorbieren könnte,

die bei der Verbrennung fossiler Energieträger durch diese Bevölkerung entsteht. Anschließend werden all diese verschiedenen Formen von Land in Flächen durchschnittlicher biologischer Produktivität umgerechnet. Dieser durchschnittliche Flächenbedarf wird mithilfe eines Skalierungsfaktors berechnet; dieser ist proportional zur biologischen Produktivität der Fläche (ihrer Kapazität, Biomasse zu produzieren). Zusätzlich würde Wackernagel gerne noch die Flächen mit einbeziehen, die erforderlich sind, um die Emissionen anderer Gase und Giftstoffe zu neutralisieren und die Trinkwasserversorgung zu sichern; bisher hat er allerdings noch keine befriedigende Lösung hierfür gefunden.

Die biologische Produktivität einer Landfläche hängt davon ab, welche Techniken eingesetzt werden. So gewährleistet beispielsweise der Einsatz großer Mengen von Düngemitteln auf einer bestimmten Fläche einen höheren Ertrag. Durch verstärkten Düngemiteleinsatz lässt sich demnach der ökologische Fußabdruck verkleinern – es sei denn, zur Absorption der bei der Produktion der Düngemittel entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ist eine größere Fläche notwendig als die, die man durch den gesteigerten Ertrag einspart. Da die Techniken ständig weiterentwickelt werden, verändert sich im Ansatz von Wackernagel auch die Produktivität der Flächen – im Gleichschritt mit der zur jeweiligen Zeit „durchschnittlich angewandten Technik“.<sup>9</sup>

Somit vergrößert sich der ökologische Fußabdruck, wenn die Menschheit größere Flächen zum Anbau von Nahrung und Faserpflanzen benötigt oder mehr Kohlendioxid produziert. Selbst wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht von Wäldern absorbiert werden (und sich stattdessen in der Atmosphäre ansammeln), vergrößert sich der Fußabdruck – um die Fläche, die erforderlich gewesen wäre, um das CO<sub>2</sub> zu absorbieren, damit es sich nicht in der Atmosphäre anreichert. Auf diese Weise kann es zur Grenzüberschreitung kommen, bis die Anreicherung von Treibhausgasen die Menschheit zwingt, ihr Verhalten so zu ändern, dass sie ihren ökologischen Fußabdruck verkleinert.

## Der ökologische Fußabdruck in World3

Als Maß für den ökologischen Fußabdruck der Menschheit in World3 haben wir einen Index formuliert, den wir ebenfalls als ökologischen Fußabdruck bezeichnen. Auch dieser entspricht annähernd dem von Wackernagel berechneten – soweit es mit der begrenzten Zahl von Variablen im Modell World3 möglich ist. Das daraus resultierende STELLA-Flussdiagramm findet sich in Anhang 1, die ausführlichen Formeln hierzu auf der World3-03-CD-ROM.

Der ökologische Fußabdruck in World3 errechnet sich aus der Summe von drei Komponenten: der ackerbaulich genutzten Anbaufläche, der für Städte,



Industrie und Verkehrswege genutzten überbauten Fläche sowie der Landfläche, die zur Absorption der Schadstoffemissionen erforderlich ist, deren Menge der Schadstoffzeugungsrate proportional ist. All diese Flächen werden in Milliarden ( $10^9$ ) Hektar angegeben.

Der ökologische Fußabdruck für das Jahr 1970 wird als Referenz gleich 1 gesetzt. Der Index schwankt zwischen 0,5 im Jahr 1900 über 1,76 im Jahr 2000 bis hin zu Werten über 3,0 jenseits der Nachhaltigkeit. Diese Werte treten für kurze Zeit in Szenarien mit Grenzüberschreitung und Zusammenbruch auf. In den erfolgreichsten Szenarien lässt sich der ökologische Fußabdruck im 21. Jahrhundert während der meisten Zeit unter 2,0 halten. Dauerhaft tragbar ist wahrscheinlich ein ökologischer Fußabdruck von etwa 1,1 – diese Grenze wurde bereits um 1980 überschritten.

## Anmerkungen

1. Jay W. Forrester, *World Dynamics* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1971).  
Vollständige Dokumentation und lauffähiges Simulationsmodell von Forresters World2 in deutscher Fassung in Hartmut Bossel, *Systemzoo 3 – Wirtschaft, Gesellschaft und Entwicklung* (Norderstedt: Books on Demand, 2004), 186–220.
2. United Nations Development Programme, *Human Development Report 2001* (New York und Oxford: Oxford University Press, 2001).
3. Ebenda, 240.
4. Details zu den Berechnungen des HDI finden sich ebenda, 239–240.
5. UNDP, *Human Development Report 2000* (New York und Oxford: Oxford University Press, 2000), 144.
6. Mathis Wackernagel et al., „National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept“, *Ecological Economics* 29: 375–390, 1999.
7. Mathis Wackernagel et al., „Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy“, *Proceedings of the Academy of Science* 99 (14): 9266–9271, Washington, DC, 2002. Siehe auch Abbildung V–1 im Vorwort zu diesem Buch.
8. World Wide Fund for Nature, *Living Planet Report 2002* (Gland, Schweiz: WWF, 2002).
9. Weitere Details zur Berechnung des ökologischen Fußabdrucks finden sich ebenda, 30.



# Liste der Abbildungen und Tabellen mit Quellenangaben

## Vorwort

Abbildung V-1 Der ökologische Fußabdruck des Menschen im Vergleich zur ökologischen Tragfähigkeit der Erde

Mathis Wackernagel et al., „Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy“, *Proceedings of the Academy of Science* 99, Nr. 14 (2002): 9266–9271, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142033699](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142033699)

## Kapitel 1

Abbildung 1-1 Wachstum der Weltbevölkerung

*World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau) <http://www.prb.org> (Zugriffe in verschiedenen Jahren)

*World Population Prospects as Assessed in 1994* (New York: United Nations, 1994)

Donald J. Bogue; *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969)

Abbildung 1-2 Wachstum der weltweiten Industrieproduktion

*Statistical Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*Demographic Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau) <http://www.prb.org> (Zugriffe in verschiedenen Jahren)

*Industrial Statistical Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*Monthly Bulletin of Statistics* (New York: United Nations, verschiedene Daten)

Abbildung 1-3 Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre

C. D. Keeling und T. P. Whorf, „Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentrations (ppmv) Derived from *In Situ* Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change*, (13. August 2001) <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.htm>

A. Neftel, H. Friedli, E. Moor, H. Lötscher, H. Oeschger, U. Siegenthaler und B. Stauffer, 1994. „Historical CO<sub>2</sub> Record from the Siple Station Ice Core“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (1994) <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/siple.htm>

Tabelle 1-1 Weltweites Wachstum ausgewählter menschlicher Aktivitäten und Produkte von 1950 bis 2000

*CRB Commodity Yearbook* (New York: Commodity Research Bureau, verschiedene Jahre)

*International Petroleum Monthly* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy) <http://www.eia.doe.gov/ipm> (Zugriff am 30.1.2002)

*International Energy Outlook 1998* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy, 1998) <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>

*International Energy Annual 1999* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy, 1999) <http://www.eia.doe.gov/iea/>

*Ward's Motor Vehicle Facts and Figures 2000* (Southfield, MI: Ward's Communications, 2000)

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org>

*World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau) <http://www.prb.org> (Zugriffe in verschiedenen Jahren)

*Energy Statistics Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*Statistical Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*World Motor Vehicle Data, 1998* (Detroit: Automobile Manufacturers Association, 1998)

*World Population Prospects as Assessed in 1994* (New York: United Nations, 1994)

Abbildung 1-4 Alternative Szenarien für die Entwicklung der Weltbevölkerung und des Lebensstandards

## Kapitel 2

Abbildung 2-1 Weltweite Sojabohnenproduktion

Lester R. Brown et al., *Vital Signs 2000: the Environmental Trends That are Shaping Our Future* (New York: W. W. Norton, 2000)

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org>

Abbildung 2-2 Verstädterung

*World Urbanization Prospects: the 1999 Revision* (New York: United Nations, 2001)

Abbildung 2-3 Lineares und exponentielles Wachstum von Ersparrnissen

Tabelle 2-1 Verdopplungszeiten

Tabelle 2-2 Bevölkerungswachstum in Nigeria, hochgerechnet

U. S. Census Bureau International Data Base, <http://www.census.gov/ipc/www/idbnew.html>

Abbildung 2-4 Demographischer Übergang der Weltbevölkerung

*The World Population Situation in 1970* (New York: United Nations, 1971)

*World Population Prospects: the 2000 Revision* (New York: United Nations, 2001) <http://www.un.org/popin/>

Tabelle 2-3 Zuwachs der Weltbevölkerung

*The World Population Situation in 1970* (New York: United Nations, 1971)

*World Population Prospects: the 2000 Revision* (New York: United Nations, 2001) <http://www.un.org/popin/>

Abbildung 2-5 Jahreszuwachs der Weltbevölkerung

*World Population Prospects 2000* (New York: United Nations, 2000)

Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969)

Abbildung 2-6 Demographische Übergänge in Industrieländern (A) und weniger industrialisierten Ländern (B)

Nathan Keyfitz und W. Flieger, *World Population: an Analysis of Vital Data* (Chicago: Univ. Chicago Press, 1968)

J. Chesnais, *The Demographic Transition: Stages, Patterns, and Economic Implications; a Longitudinal Study of Sixty-Seven Countries Covering the Period 1720–1984* (New York: Oxford University Press, 1992)

*Demographic Yearbook* (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

*World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau) <http://www.prb.org> (Zugriffe in verschiedenen Jahren)

United Kingdom Office of Population Censuses & Surveys, *Population Trends*, Nr. 52 (London: HMSO, Juni 1988)

United Kingdom Office for National Statistics (ONS), *National Statistics Online: Birth Statistics: Births and patterns of family building England and Wales (FM1)*, <http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/Product.asp?vlnk=5768>

*Statistical Yearbook of the Republic of China* (Taipei: Directorate-General of Budget, Accounting & Statistics, Executive Yuan, Republic of China, 1995)

Abbildung 2-7 Geburtenraten und Bruttosozialprodukt pro Kopf im Jahr 2001

*World Population Data Sheet 2001* (Washington, DC: Population Reference Bureau, 2001) <http://www.prb.org>

World Bank, „World Development Indicators (WDI) Database“, <http://www.worldbank.org/data/dataquery.html> (Zugriff am 15.1.2004)

Abbildung 2-8 Materielle Kapitalflüsse in der Wirtschaft bei World3

Abbildung 2-9 Bruttoinlandsprodukt der USA, aufgeteilt nach Sektoren

U. S. Department of Commerce, *Bureau of Economic Analysis Interactive Access to National Income and Product Accounts Tables*, <http://www.bea.doc.gov/bea/dn/nipaweb/>

Abbildung 2-10 Pro-Kopf-Bruttosozialprodukte der zehn bevölkerungsreichsten Länder der Erde und der Europäischen Währungsunion

*World Development Indicators CD-ROM* (Washington, DC: World Bank, 2002)

Abbildung 2-11 Globale Ungleichheiten

*World Development Indicators CD-ROM* (Washington, DC: World Bank, 1999)

Abbildung 2-12 Nahrungsmittelproduktion in verschiedenen Regionen der Erde

UN Food and Agricultural Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org>

*The State of Food and Agriculture* (Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations, verschiedene Jahre)

## Kapitel 3

Abbildung 3-1 Bevölkerung und Kapital im globalen Ökosystem

R. Goodland, H. Daly und S. El Serafy, „Environmentally Sustainable Economic Development Building on Bruntland“, *Environment Working Paper of The World Bank* Nr. 46 (Juli 1991)

Abbildung 3-2 Globale Getreideproduktion

*Production Yearbook* (Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations, verschiedene Jahre)

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org> (Zugriff am 25.1.2002)

*World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau) <http://www.prb.org> (Zugriffe in verschiedenen Jahren)

Abbildung 3-3 Getreideerträge

*Production Yearbook* (Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations, verschiedene Jahre)

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org> (Zugriff am 25.1.2002)

Abbildung 3-4 Mögliche zukünftige Entwicklung landwirtschaftlich genutzter Flächen

*World Population Prospects as Assessed in 1990* (New York: United Nations, 1990)

*World Population Data Sheet 1991* (Washington, DC: Population Reference Bureau, 1991) <http://www.prb.org>

*World Population Projections to 2150* (New York: United Nations, 1998)

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org> (Zugriff am 27.2.2002)

Abbildung 3-5 Trinkwasservorräte

Peter H. Gleick, *The World's Water 2000–2001: the Biennial Report on Freshwater Resources* (Washington, DC: Island Press, 2000)

S. L. Postel, G. C. Daly, P. R. Ehrlich, „Human Appropriation of Renewable Fresh Water“, *Science* 271 (9. Februar 1996): 785–788

Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969)

*World Population Prospects as Assessed in 1994* (New York: United Nations, 1994)

*World Population Prospects as Assessed in 2000* (New York: United Nations, 2000)

Abbildung 3-6 Wasserverbrauch in den USA

Peter H. Gleick, *The World's Water* (Washington, DC: Island Press, 1998)

Peter H. Gleick, *The World's Water 2000–2001: the Biennial Report on Freshwater Resources* (Washington, DC: Island Press, 2000)

Abbildung 3-7 Die verbliebenen naturbelassenen Wälder

*The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge* (World Resources Institute Forest Frontiers Initiative, 1997) <http://www.wri.org/ffi/lff-eng/>

Abbildung 3-8 Entwicklungen bei der Abholzung tropischer Wälder

Abbildung 3-9 Der globale Holzverbrauch

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database, <http://faostat.fao.org>

Abbildung 3-10 Globaler Energieverbrauch

Energy Statistics Yearbook (New York: United Nations, verschiedene Jahre)

U. S. Dept. of Energy, Energy Information Administration International Energy Data on-line database, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/energy.html>

*International Energy Outlook 2001* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy, 2001) <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>

Tabelle 3-1 Jährliche Produktion, Verhältnis von Reserven zur Produktion (R/P) und zeitliche Reichweite für die Erdöl-, Erdgas- und Kohlevorräte

U. S. Bureau of Mines, *Mineral Facts and Problems* (Washington, DC: Government Printing Office, 1970)

*International Energy Statistics Sourcebook*, 14. Ausgabe (Tulsa, OK: PennWell Pub. Co., 1999)

*International Energy Annual 2001* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy, 2001). <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/contents.html>

*IPPC Special Report on Emissions Scenarios*, Kapitel 3.4.3.1, „Fossil and Fissile Resources“, <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/071.htm> (Zugriff am 19.1.2004)

Abbildung 3-11 Erdölproduktion und -verbrauch in den USA

*Basic Petroleum Data Book* (Washington, DC: American Petroleum Institute, 1981)

*Annual Energy Review* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy) <http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/txt/tab0502.htm>

Abbildung 3-12 Szenario für die globale Erdölproduktion

Kenneth S. Deffeyes, *Hubbert's Peak: the Impending World Oil Shortage* (Princeton: Princeton University Press, 2001), 5

Abbildung 3-13 Wie die Erschöpfung der globalen Erdgasvorräte verlaufen könnte

Abbildung 3-14 Wie viel Erdgas entdeckt werden muss, um den steigenden Verbrauch zu decken

Abbildung 3-15 Kosten für Strom aus Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen

„What Are the Factors in the Cost of Electricity from Wind Turbines?“ American Wind Energy Association, 2000

*Renewable Energy 2000: Issues and Trends* (Washington, DC: Energy Information Administration, U. S. Dept. of Energy, Februar 2001). [http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea\\_issues/](http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea_issues/)

Abbildung 3-16 Weltweiter Verbrauch an fünf wichtigen Metallen

C. G. M. Klein Goldewijk und J. J. Battjes, „A Hundred Year (1890–1990) Database for Integrated Environmental Assessments (HYDE, Version 1.1)“ (Bilthoven, Niederlande: National Institute of Public Health and the Environment, 1997)

U. S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, verschiedene Jahre)

U. S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/stat/>

CRB Commodity Yearbook (New York: Commodity Research Bureau, verschiedene Jahre)

Abbildung 3-17 Weltweiter Stahlverbrauch

C. G. M. Klein Goldewijk und J. J. Battjes, „A Hundred Year (1890–1990) Database for Integrated Environmental Assessments (HYDE, Version 1.1)“ (Bilthoven, Niederlande: National Institute of Public Health and the Environment, 1997)

U. S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, verschiedene Jahre)

U. S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/stat/>

CRB Commodity Yearbook (New York: Commodity Research Bureau, verschiedene Jahre)

Tabelle 3-2 Erwartete Nutzungsdauer der bekannten Reserven von acht Metallen

Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD), *Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development* (London: Earthscan, 2002) <http://www.iied.org/mmsd/finalreport/>

Abbildung 3-18 Abnehmende Qualität der in den USA abgebauten Kupfererze

U. S. Bureau of Mines, *Minerals Yearbook* (Washington, DC: Government Printing Office, verschiedene Jahre)

U. S. Geological Survey, Statistical Compendium on-line resource, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/stat/>

Abbildung 3-19 Wenn Erzvorräte erschöpft werden, erhöht sich der Abraum enorm

Abbildung 3-20 Abnahme der Schadstoffbelastung von Mensch und Umwelt

DDT: IVL Swedish Environmental Research Institute; *Swedish Environmental Monitoring Surveys Database*, <http://www.ivl.se/miljo/projekt/dvsb/> (Zugriff im Dezember 2001)

Cesium-137: *AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues* (Oslo, Norwegen: Arctic Monitoring and Assessment Programme, 1998) <http://www.amap.no/Assessment/ScientificBackground.htm>

Lead: *America's Children and the Environment: Measures of Contaminants, Body Burdens, and Illness*, 2. Auflage (Washington, DC: Environmental Protection Agency, Februar 2003) [http://www.epa.gov/environhealth/children/ace\\_2003.pdf](http://www.epa.gov/environhealth/children/ace_2003.pdf)

Abbildung 3-21 Trends bei den Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe

*World Development Indicators CD-ROM* (Washington, DC: World Bank, 2001)

*OECD Environmental Data: Compendium* (Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, verschiedene Jahre)

CO<sub>2</sub>: G. Marland, T. A. Boden und R. J. Andres, „Global, Regional, and National Fossil Fuel CO<sub>2</sub> Emissions“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change*, [http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/em\\_cont.htm](http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/em_cont.htm)

SO<sub>x</sub> und NO<sub>x</sub>: World Resources Database CD-ROM Electronic Resource (Washington, DC: World Resources Institute, 2000)

Energieverbrauch: *Energy Balances of Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Countries*, auf Diskette (Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, verschiedene Jahre)

Abbildung 3-22 Sauerstoffgehalt verschmutzter Gewässer

Andrew Goudie, *The Human Impact on the Natural Environment* (Oxford: Blackwell, 1993), 224 (Deutsche Ausgabe: *Mensch und Umwelt – Eine Einführung*, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1994)



P. Kristensen und H. Ole Hansen, *European Rivers and Lakes: Assessment of Their Environmental State* (Kopenhagen: European Environmental Agency, 1994), 49

OECD Environmental Data: Compendium (Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, 1999), 85

New York Harbor Water Quality Survey (New York: NY Department of Environmental Protection, 1997), 55

Bjørn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World* (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 203

Abbildung 3-23 Globale Konzentrationen von Treibhausgasen

CFCs: M. A. K. Khalil und R. A. Rasmussen, „Globally Averaged Atmospheric CFC-11 Concentrations: Monthly and Annual Data for the Period 1975–1992“, Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/db1010.html>

CH<sub>4</sub>: D. M. Etheridge, I. Pearman, P. J. Fraser, „Concentrations of CH<sub>4</sub> from the Law Dome (East Side, „DE08“ Site) Ice Core(a)“, Carbon Dioxide Information Analysis Center (1.9.1994), <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends/methane/lawdome.259>

CO<sub>2</sub>: C. D. Keeling and T. P. Whorf, „Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentrations (ppmv) Derived from *In Situ* Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (13. August 2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.htm>

A. Neftel, H. Friedli, E. Moor, H. Lötscher, H. Oeschger, U. Siegenthaler und B. Stauffer, „Historical CO<sub>2</sub> Record from the Siple Station Ice Core“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (1994) <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/siple.htm>

N<sub>2</sub>O: J. Flückiger, A. Dällenbach, B. Stauffer, „N<sub>2</sub>O Data Covering the Last Millennium“, (1999) NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, <http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/gripn2o.html>

R. G. Prinn et al., „A History of Chemically and Radiatively Important Gases in Air Deduced from ALE/GAGE/AGAGE“, *Journal of Geophysical Research* 115: 17751–17792, <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/alegage.html>

Abbildung 3-24 Der Anstieg der globalen Temperatur

P. D. Jones, D. E. Parker, T. J. Osborn und K. R. Briffa, „Global and Hemispheric Temperature Anomalies: Land and Marine Instrumental Records“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>

Abbildung 3-25 Weltweite wirtschaftliche Verluste durch wetterbedingte Katastrophen

Lester R. Brown et al., Worldwatch Institute, *Vital Signs 2000: the Environmental Trends That are Shaping Our Future* (New York: W. W. Norton, 2000)

Abbildung 3-26 Treibhausgase und globale Temperaturen im Laufe der letzten 160 000 Jahre

J. Jouzel, C. Lorius, J. R. Petit, N. I. Barkov und V. M. Kotlyakov, „Vostok Isotopic Temperature Record“, *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change* (1994), <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends93/temp/vostok.593>

C. D. Keeling and T. P. Whorf, „Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentrations (ppmv) Derived from *In Situ* Air Samples Collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (13. August 2001), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.htm>

J. M. Barnola, D. Raynaud, C. Lorius und N. I. Barkov, „Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core“, *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (1999), <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/vostok.htm>

R. G. Prinn et al., „A History of Chemically and Radiatively Important Gases in Air Deduced from ALE/GAGE/AGAGE“ *Journal of Geophysical Research* 115: 17751–17792, <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/alegage.html>

J. Chappellaz, J. M. Barnola, D. Raynaud, C. Lorius und Y. S. Korotkevich, „Historical CH<sub>4</sub> Record from the Vostok Ice Cores“ *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change* (1994), <ftp://cdiac.esd.ornl.gov/pub/trends93/ch4/>

Tabelle 3-3 Die Beziehung zwischen Bevölkerung, Wohlstand, Technik und Umweltbelastung

## Kapitel 4

Abbildung 4-1 Ernährung und Lebenserwartung

UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database,

<http://faostat.fao.org> (Zugriff am 17.12.2001)

*World Population Prospects: the 2000 Revision* (New York: United Nations, 2001) <http://www.un.org/popin/>

Abbildung 4-2 Kosten für die Erschließung neuen Ackerlands

Dennis L. Meadows et al., *Dynamics of Growth in a Finite World* (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1974)

Abbildung 4-3 Möglichkeiten der Annäherung einer Bevölkerung an die ökologische Tragfähigkeit

Abbildung 4-4 Rückkopplungsschleifen, die das Wachstum von Bevölkerung und Kapital bestimmen

Abbildung 4-5 Rückkopplungsschleifen für Bevölkerung, Kapital, Landwirtschaft und Umweltverschmutzung

Abbildung 4-6 Rückkopplungsschleifen für Bevölkerung, Kapital, Dienstleistungen und Ressourcen

Abbildung 4-7 Energiebedarf für die Herstellung von Metallen aus Erzen

N. J. Page und S. C. Creasey, „Ore Grade, Metal Production, and Energy“, *Journal of Research* (U. S. Geological Survey) 3, Nr. 1 (Jan./Feb. 1975): 9–13

Abbildung 4-8 Szenario 0: „Unendlichkeit rein, Unendlichkeit raus“

Abbildung 4-9 Strukturelle Ursachen für vier mögliche Verhaltensweisen des Modells World3

Abbildung 4-10 Die langsame Ausbreitung von 1,2-DCP ins Grundwasser

N. L. van der Noot, NV Waterleidingmaatschappij „Drenthe“, Geo-hydrologisch modelonderzoek ten behoeven van het nitraat – en 1,2-DCP onderzoek in de omgeving van het pompstation Noordbargeres [Wassermanagement-Institut „Drenthe“, Geo-hydrologische Modellstudien über Nitrat- und 1,2-DCP-Messungen in der Umgebung der Pumpstation Noordbargeres], 1991: R. van de Berg (RIVM), persönliche Mitteilung

Abbildung 4-11 Szenario 1: Bezugspunkt

Abbildung 4-12 Szenario 2: Größere Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Ressourcen

## Kapitel 5

Abbildung 5-1 Die weltweite Produktion von Fluorchlorkohlenwasserstoffen

Annual Global Fluorocarbon Production „Production and Sales of Fluorocarbons“, Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS), (2002) [http://www.afeas.org/production\\_and\\_sales.html](http://www.afeas.org/production_and_sales.html)

Abbildung 5-2 Absorption von UV-Strahlung durch die Atmosphäre

*The Ozone Layer* (Nairobi, Kenia: United Nations Environmental Programme, 1987)

Abbildung 5-3 Wie FCKW die Ozonschicht der Stratosphäre zerstören

Abbildung 5-4 Messungen des Ozongehalts über der Halley-Bucht in der Antarktis

J. D. Shanklin, „Provisional Monthly Mean Ozone Values for Faraday/Vernadsky and Halley“, British Antarctic Survey, <http://www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/>

Abbildung 5-5 Mit Zunahme der reaktiven Chloratome geht die Ozonkonzentration über der Antarktis zurück

J. G. Anderson, W. H. Brune und M. H. Proffitt, „Ozone Destruction by Chlorine Radicals within the Antarctic Vortex: the Spatial and Temporal Evolution of ClO-O<sub>3</sub> Anticorrelation Based on *In Situ* ER-2 Data“, *Journal of Geophysical Research*, 94 Nr. D9 (30. August 1989): 11465–11479

Abbildung 5-6 Voraussichtlicher Anstieg der Konzentrationen von anorganischem Chlor und Brom in der Stratosphäre infolge von FCKW-Emissionen

„Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998 – Executive Summary“, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report Nr. 44, <http://www.al.noaa.gov/WWWHD/Pubdocs/Assessment98.html>

John S. Hoffman und Michael J. Gibbs, „Future Concentrations of Stratospheric Chlorine and Bromine“, U. S. Environmental Protection Agency, EPA 400/1-88/005 (August 1988)

R. E. Bendick, *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet* (Cambridge: Harvard Univ. Press, 1991)

## Kapitel 6

Abbildung 6-1 Szenario 3: Größere Vorräte zugänglicher nicht erneuerbarer Ressourcen sowie verbesserte Technik zur Kontrolle des Schadstoffausstoßes

Tabelle 6-1 Die Auswirkungen technischer Neuerungen auf die Emissionen schwer abbaubarer Schadstoffe in World3

Abbildung 6-2 Szenario 4: Größere Vorräte zugänglicher nicht erneuerbarer Ressourcen sowie verbesserte Techniken zur Kontrolle des Schadstoffausstoßes und zur Ertragssteigerung

Abbildung 6-3 Szenario 5: Größere Vorräte zugänglicher nicht erneuerbarer Ressourcen sowie verbesserte Techniken zur Kontrolle des Schadstoffausstoßes, zur Ertragssteigerung und zum Schutz der Böden vor Erosion

Abbildung 6-4 Szenario 6: Größere Vorräte zugänglicher nicht erneuerbarer Ressourcen sowie verbesserte Technik zur Kontrolle des Schadstoffausstoßes, zur Ertragssteigerung, zum Schutz der Böden vor Erosion und zur effizienteren Nutzung der Ressourcen

Abbildung 6-5 Nichtlinearer Kostenanstieg bei der Verringerung des Schadstoffausstoßes  
T. van Harmelen, J. Bakker, B. de Vries, D. van Vuuren, M. den Elzen und P. Mayerhofer, „An Analysis of the Costs and Benefits of Joint Policies to Mitigate Climate Change and Regional Air Pollution in Europe“, *Soil and Water Pollution* 5 Nr. 4 (2000): 257–272

Abbildung 6-6 Die Auslastung der Erdölproduktionskapazität der OPEC und die Ölpreise am Weltmarkt

*International Energy Statistics Sourcebook* (Tulsa, OK: PennWell Pub. Co., verschiedene Jahre)  
U. S. Dept. of Energy, Energy Information Administration International Energy Data on-line database, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/energy.html>  
*Worldwide Petroleum Industry Outlook* (Tulsa, OK: PennWell Pub. Co., verschiedene Jahre)

Abbildung 6-7 Die weltweite Fangmenge an Meeresfischen  
UN Food and Agriculture Organization FAOSTAT on-line database,  
<http://faostat.fao.org>

Abbildung 6-8 Rückgang der Tunfischbestände  
„Report of the ICCAT SCRS West Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Session“, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) *Collective Volume of Scientific Papers*, Band 52 (2001), <http://www.iccat.es/colvol52/colvol52.html>

## Kapitel 7

Abbildung 7-1 Szenario 7: Stabilisierung der Weltbevölkerung wird ab 2002 angestrebt

Abbildung 7-2 Szenario 8: Stabilisierung der Weltbevölkerung und der Industrieproduktion pro Kopf wird ab 2002 angestrebt

Abbildung 7-3 Szenario 9: Stabilisierung der Weltbevölkerung und der Industrieproduktion pro Kopf wird ab 2002 angestrebt und Techniken zur Emissionskontrolle, zur effizienteren Ressourcennutzung und zur Verbesserung der Landwirtschaft werden ab 2002 eingeführt

Abbildung 7-4 Szenario 10: Umsetzung der Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung von Szenario 9 bereits 20 Jahre früher, im Jahr 1982

# Register

- Abbauprozesse, natürliche 144f.  
 Abfallbelastung 9  
 Abfälle 27, 55, 99f., 182  
 – radioaktive 112, 153  
 Abfallentsorgung 102  
 Abfallmenge, Reduzierung 53, 283  
 Abfallstoffe 103  
 Abflussmenge 69  
 Abholzung 77f.  
 Abraummenge 107  
 Abschreibung 146, 148f.  
 Abschreibung, materielle 174  
 Absorption von Schadstoffen 167, 169, 177  
 Ackerland  
 – Erschließung 138, 152  
 – Fruchtbarkeit 225  
 – Umwandlung 61  
 Agroforstwirtschaft 65  
 Aids 47  
 Aktienkurse XXIV  
 Alley-Cropping 65  
 Allheilmittel 288  
 Altersstruktur der Bevölkerung 165, 175, 249, 251  
 Altersversorgung 249  
 Altersverteilung 31  
 Aluminium 150  
 Aluminiumproduktion, Wachstum 8  
 Anbaufläche 60f., 148  
 – Abnahme 62, 223  
 – pro Kopf 62  
 – Verknappung 64  
 Anbautechniken, ökologische 65  
 Anbautechniken, verbesserte 226  
 Anlagebestand 169  
 Anpassungen 64  
 Ansätze 281  
 Arbeitslosigkeit 13, 270f.  
 Arbeitsplätze, Sicherung 7  
 Armut 13, 44, 266, 270f., 287  
 – Aufrechterhaltung 41, 44  
 – Ende 42  
 – und Bevölkerung 45, 47  
 Artensterben XX, 84f., 171  
 Artenzahl 84  
 Ausrottung 241  
  
 Baugebiete, Erschließung 61  
 Baumwollproduktion 8  
 Bedürfnisse, materielle 287  
 Bedürfnisse, unerfüllte 270f.  
 Bestände 147  
 Bestandsgrößen 24, 136, 147  
 Bevölkerung 155, 158, 172, 176, 218, 222, 224, 228, 250, 252, 256, 260, 298  
 – Altersstruktur 165, 175, 249, 251  
 – Wachstumsmotor 26  
 Bevölkerungsdruck 223  
 Bevölkerungsrückgang XIII, XXV, 28  
  
 Bevölkerungswachstum XIII–XVI, 1, 7f., 11, 22f., 29, 41, 45f., 49, 51, 141, 146, 157, 175, 182, 261  
 – Anstieg 5  
 – Aufhören 48  
 – Aufrechterhaltung 44  
 – Einschränkung 257  
 – exponentielles 5, 27f., 36, 47, 64, 211, 242, 248, 270  
 – superexponentielles 28  
 – Umkehr 28  
 – Verlangsamung 47, 249, 251  
 Bevölkerungszahl 29, 124, 225, 227, 264, 277  
 – nachhaltige 270  
 – Rückgang 10, 253, 259, 261, 263  
 – Selbstbegrenzung 169  
 – Stabilisierung 266, 283  
 – Steigen 33, 249  
 – Wachstumsrate 22  
 Bewässerung 64, 71, 175  
 Beziehung, nichtlineare 137ff.  
 Bildungsindex 300  
 Bio-Bauern 65  
 BIP-Index 300  
 Blei 108f.  
 Bodenerhaltung 154  
 Bodenerosion 177, 225f., 255  
 Bodenfruchtbarkeit 26, 61, 152ff., 166, 168, 175, 227  
 – Verlust 221, 225  
 Bodenschutz 225, 227, 229  
 Bodenverlust 61  
 Brennstoffe  
 – fossile 86–91, 93, 95  
 – nicht erneuerbare 88  
 – raffinierte 89f.  
 Brundtland-Kommission XVI  
 Bruttoinlandsprodukt 38, 269  
 – USA 40  
 – Wachstum XVI  
 Bruttonationaleinkommen 34  
 Bruttosozialprodukt 34  
 Bruttosozialprodukt pro Kopf 42  
  
 Cadmium 108  
 Cäsium-137 108f.  
 Club of Rome XI  
 CO<sub>2</sub> s. Kohlendioxid  
 Cobb-Douglas-Produktionsfunktion 219  
 Computermodelle 136, 151, 154, 160, 195, 217, 262f., 269  
 Computersimulation s. Simulation  
 Cook, Earl 104  
 Daly, Herman 54f., 264  
 DCP 164f.  
 DDT 109, 145, 162  
 demographischer Übergang 28, 45, 47, 157, 159, 173  
 – Definition 31  
 – Industrieländer 31–34  
 Denkmodelle 135f., 151, 215, 263, 265, 267, 292f.  
 Desertifikation 60, 170  
 Dezentralisierung 284

- Dienstleistungen pro Kopf 155, 158, 169, 172, 176,  
 218, 222, 224, 227f., 230, 250, 252f., 255f., 259f., 298  
 Dienstleistungsgesellschaft 40  
 Dienstleistungskapital 147, 149  
 – Definition 38  
 – Nutzungsdauer 253  
 Distickstoffoxid 113f.  
 Dot-com-Blase XXIVf.  
 Düngemittel 60f., 64, 108, 153, 169, 175  
 Durchflüsse 5  
 Durchflussmenge von Flüssen 67f.  
 Durchsatz 9f., 90  
 – Dienstleistungsunternehmen 41  
 – Energie 12  
 – Holz 82  
 – materieller s. Materialdurchsatz  
 Durchsatzfaktor 124  
 Durchsatzmengen 55  
 – aus Wäldern 81  
 – Energie 27  
 – Grenzen 53  
 – Rohstoffe 27  
 Durchsatzraten 55  
 DYNAMO 295
- Effekte, externe 215  
 Effizienz 283  
 – ökologische XVI  
 Effizienzfaktor 124  
 Effizienzverbesserung 159  
 Einkommen pro Kopf 34f., 42f.  
 Einkommensunterschiede 170  
 Einkommenszuwachs 41  
 Einschwingen  
 – gedämpftes 166  
 – geordnetes 143  
 – nach Grenzüberschreitung 161, 166f.  
 Einsparungen 205, 229  
 Eisen 150  
 Eisenproduktion, Wachstum 8  
 Emerson, Ralph Waldo 282  
 Emissionen XIII, XX, XXIV, 9, 26, 110, 125, 198,  
 200f., 203, 232f.  
 – FCKW 198, 201  
 – Kohlendioxid 124, 302  
 – Schadstoffe s. Schadstoffemissionen  
 – Treibhausgase 118, 122  
 – Verringerung 120, 221  
 Emissionsfaktor 124  
 Emissionskontrolle 221, 223, 257  
 Emissionsrate, Schadstoffe 54  
 Empfängnisverhütung 249, 251  
 End-of-pipe-Techniken 120  
 Energie, erneuerbare 95, 283  
 Energiebedarf 87, 150  
 Energiedichte 98  
 Energiedurchsatz 124f., 181f.  
 – nachhaltiger 54  
 Energieeffizienz 95, 97  
 – Erhöhung 103f., 110  
 – Techniken 95  
 Energieerzeugung 90  
 Energieflüsse, Wachstum 7  
 Energienutzung, effizientere 95f., 125  
 Energiequellen  
 – alternative 235f.  
 – erneuerbare 97f.  
 – Erschließung 235  
 – nachhaltige 91  
 Energieströme 53  
 Energiesystem 89f.  
 Energieverbrauch 86, 95, 231  
 – exponentieller Anstieg 27  
 – globaler 87  
 – Wachstum 7  
 Energieversorgung, zukünftige 98  
 Entdeckung von Lagerstätten 89  
 Entlohnung, angemessene 66  
 Entmaterialisierung 101, 159, 182, 231  
 Entscheidungsträger 290, 292  
 Entwaldung 77f., 80  
 Entwicklung  
 – nachhaltige XXIII, 261  
 – nicht nachhaltige XV  
 Entwicklungsindex 300f.  
 Entwicklungsmöglichkeiten XX  
 Entwicklungsmuster, historische 27  
 Erdgas, Entdeckung 94  
 Erdgaslagerstätten 88  
 Erdgasproduktion 93  
 Erdgasreserven 91ff., 98  
 Erdgasressourcen 94  
 Erdgasverbrauch 8, 87, 93ff.  
 Erdgasvorräte 89, 92f., 95  
 Erdöl 91  
 Erdölförderung 234  
 Erdöllagerstätten 88, 91  
 Erdölmarkt 234ff.  
 Erdölproduktion XX, 91f., 234f.  
 Erdölreserven XXIV, 91  
 Erdölverbrauch 8, 87, 91f., 235  
 Erdölvorkommen 235  
 Erdölvorräte 89, 93  
 Ernährungsstand 137  
 erneuerbare Energie 95, 283  
 erneuerbare Ressourcen s. Ressourcen, erneuerbare  
 Erneuerer 280  
 Erosion 60, 64, 152, 168, 170, 225, 229, 254, 257  
 Erosionsprozesse 179f., 183  
 Erosionsrückkopplung 168  
 Erosionsvorgänge 169f., 248  
 Erschließung  
 – Energiequellen 235  
 – Märkte 11  
 – Ressourcen 150  
 – von Ackerland 138, 152  
 Erschließungskosten 91, 152  
 Erschöpfung der Mineralvorräte 106  
 Ersetzungsrate 165  
 Ertrag pro Flächeneinheit 153, 216  
 Erträge  
 – globale 64  
 – landwirtschaftliche 157, 255, 259  
 – Rückgang 63, 177, 259  
 – Sicherung 174  
 Ertragssteigerung 63, 65, 220f., 223, 225ff., 229,  
 255, 257  
 Erwärmung, globale 74, 114, 117  
 Erwartungshaltung 26  
 Erzvorräte, Erschöpfung 107  
 Explorationskapital 89f., 100

- exponentielles Wachstum XXIV, 5, 17, 19–27, 29,  
 231 f., 242, 248, 264  
 – Industriekapital 39  
 – Industrieproduktion 47  
 – Kapital 211, 242, 248, 270  
 – Nahrungsproduktion 27  
 – ökologischer Fußabdruck 211  
 – Ressourcennutzung 242  
 – Umweltverschmutzung 242  
 – Wirtschaft 27, 152
- Familiengröße 12, 28, 149, 249, 263  
 Familienplanung 35 f., 148 f., 165, 169  
 Fangmengen 238 ff., 242  
 Fangquoten 1, 238  
 FCKW 113 f., 122, 144 f., 162, 187 ff., 192 ff.,  
 196 ff., 204 f.  
 – Alternativen 202, 205  
 – Emissionen 198, 201  
 – Produktion 188 f., 195, 199–204  
 – Rezyklisierung 205  
 – Schmuggel 204  
 – Verbot 205  
 – Verbrauch 189  
 Fertilität 31  
 Filter 108, 110  
 Fischbestände XXIV, 1  
 Fischerei 237 f.  
 Flächenbedarf 63  
 Fluorchlorkohlenwasserstoffe s. FCKW  
 Förderquoten 236  
 Fortschritt  
 – sozialer 47  
 – technischer 7, 12, 97, 122, 150, 207, 211 ff., 220,  
 223, 240  
 Fruchtbarkeit 146, 148 f.  
 – Ackerland 225  
 – durchschnittliche 31  
 – Rückgang 29  
 Fuller, Buckminster 286
- Geburtenkontrolle 173, 212, 216 f., 249, 253 f.  
 Geburtenrate 35, 148, 165, 264  
 – Rückgang 5, 28 f., 35 f., 48, 249, 283  
 – und Pro-Kopf-Einkommen 34 f.  
 – und Wirtschaftskraft 35  
 – World3 36  
 Geldwert 83  
 – Endprodukt 41  
 – Industrieproduktion 41  
 Geldwirtschaft 37  
 Gemeinschaftssinn 283, 285  
 Gentechnik 66  
 Genügsamkeit 283  
 Gerechtigkeit 283  
 Gesamtbevölkerungszahl 31  
 Gesamtschau 10  
 Gesellschaft  
 – gerechte 49  
 – globale 142, 144, 292  
 – nachhaltige 12, 44, 49, 257, 263–266, 268, 275,  
 283, 285  
 Gesundheitsdienste 148 f.  
 Getreideerträge 58 f.  
 Getreideproduktion XV, 57 f.  
 – pro Kopf XVI
- Gewässerbelastung 60  
 Giftmüll, Lagerung XX  
 Giftstoffe 108, 111, 153  
 GIGO 160  
 Glasnost 279  
 Gleichgewichtszustand 142, 146 f., 166, 216, 255  
 globales Klima, Veränderung XVI  
 Globalisierung 231  
 goldenes Zeitalter 251, 253  
 Grenzen  
 – Annäherung XXI  
 – des Systems 182  
 – Durchsatzmengen 53  
 – kurzfristige 54  
 – langfristige 54  
 – Nachhaltigkeit 245, 253, 255, 262, 272  
 – physische XXII, 9, 155, 160 f., 243  
 – Quellen 104, 152  
 – Schichten 231  
 – Senken 152  
 – Tragfähigkeit 122, 143  
 – World3 152 ff.  
 Grenzüberschreitung XVI, XVIII f., XXI ff., XXV,  
 1–5, 11 f., 17, 21, 76, 122 f., 141 f., 166, 179, 181, 198,  
 208, 230, 241, 245, 247, 271, 288, 292, 302  
 – Definition 180  
 – mit Einschwingen 161, 166 f.  
 – mit Zusammenbruch 161, 168, 170 f., 175, 178 f.,  
 182, 207, 248  
 – Praxis XXIV  
 – Reaktion 204  
 – Symptome 10  
 – Ursachen 248  
 – Verhinderung XIV f.  
 Grundwasser 72, 164 f.  
 – Verunreinigung 64  
 Grundwasserleiter 72  
 – Versiegen 152  
 Grundwasserspiegel, Sinken XX  
 Grundwasservorräte 67  
 Güterbedarf 124
- Halone 201 f.  
 Handel, freier XXIII  
 Handlungsprioritäten 13  
 HDI 300 f.  
 Herstellungskapital 100  
 Hilfsmittel 13  
 Holzbedarf 81  
 Holzeinschlag 77 f.  
 Holzverbrauch 80 f.  
 Humanismus, neuer 291  
 Hunger 58  
 HWI 301
- IFO-IFO 160  
 Indikatoren 155  
 – wirtschaftliche 269  
 Industrialisierung 40, 278  
 Industriegüter pro Kopf 230, 261  
 Industriekapital 47, 146–149, 159 f., 169, 174  
 – Bestand 39, 251  
 – Definition 25, 38  
 – exponentielles Wachstum 39  
 – Nutzungsdauer 159, 253  
 – Selbstvermehrung 39

- Industrieökologie 120  
 Industrieproduktion 39, 146–150, 155, 158, 168 f.,  
 172, 174, 176 f., 218 f., 222, 224, 227 f., 250, 252,  
 255 f., 260, 298  
 – Abnahme 223, 251  
 – Begrenzung 254  
 – Definition 38  
 – Einschränkung 257  
 – exponentielles Wachstum 47  
 – Geldwert 41  
 – nachhaltige 270  
 – pro Kopf 149  
 – pro Kopf, Stabilisierung 253, 257  
 – Verdopplung 175  
 – Wachstum XIII, 5 f., 42, 221, 231, 249, 251, 259  
 Industrierwachstum 48  
 Information 41  
 Informationsfluss 24  
 Informationsstruktur 247  
 Instabilität 234  
 Investitionen 39, 47, 146, 148 f., 152 f., 169, 174, 177,  
 181, 223, 231, 236  
 – Definition 38  
 Investitionsgüter 39  
 Investitionskapital 212, 226  
 Investitionsrate 264  
 IPAT-Formel 123
- Kahlschlag 75, 82  
 Kapital  
 – Anwachsen 49  
 – landwirtschaftliches 38, 148  
 – materielles 174  
 – zur Ressourcenbeschaffung 38  
 Kapitalabnutzung 38 f., 181, 264  
 Kapitalbestand 45, 264  
 Kapitalflüsse, materielle 37  
 Kapitalinvestition 226  
 Kapitalkosten 223, 227, 295  
 Kapitalnutzungsdauer 146, 148 f.  
 Kapitalverfügbarkeit 173  
 Kapitalwachstum 146  
 – exponentielles 211, 242, 248, 270  
 Kapitalzuwachs 40, 45  
 Katastrophen, wetterbedingte 116  
 Kausalbeziehungen 24  
 Kennwerte, ökonomische 52  
 Kernenergie 95, 112  
 Keynes, John Maynard 291  
 Kindersterblichkeit 35 f.  
 Kinderzahl 249, 251, 253, 258  
 – Rückgang 28  
 – und Einkommen 36  
 Klimawandel 26, 74, 91, 113, 116, 203  
 Kluft zwischen Arm und Reich 41–44  
 Kohle 91  
 Kohlelagerstätten 88  
 Kohlendioxid 93, 108, 110, 113 f., 116 f., 206,  
 302  
 – Anreicherung 5, 61  
 – Emissionen 124, 302  
 Kohlendioxidkonzentration 7, 74, 118 f.  
 Kohlendioxidsenke 91, 169  
 Kohleverbrauch 8, 87  
 Kohlevorräte 89, 91  
 Konflikte XIX
- Konfliktlösung 284  
 Konsumgewohnheiten, Veränderung 10  
 Konsumgüter 38  
 – pro Kopf 155, 158, 172 f., 176, 218, 222, 224, 227 f.,  
 250, 252 f., 256, 259 f., 298  
 Konsumniveau 262  
 Konsumpräferenz 27  
 Kontrolle 267  
 – Schadstoffausstoß 125, 217, 219, 223, 225, 229  
 – Emissionen 221, 223, 257  
 Kosten 138 f., 227, 232  
 – Erschließung von Ackerland 152  
 – Erschließung von Ressourcen 91  
 – externe 239  
 – nicht erneuerbare Ressourcen 174  
 – ökologische 269  
 – Ressourcenabbau 219  
 – soziale 269  
 – Wachstum 265 f.  
 Kostenanstieg 10, 51, 216, 226, 232 f.  
 Kostenkrise 227  
 Kunstdünger 65  
 Kupfererze, Qualität 106  
 Kupfergehalt 106 f.  
 Lagerstätten von Rohstoffen 88 f., 91
- Landwirtschaft 223  
 – nachhaltige 65  
 – Verbesserung 217, 257  
 landwirtschaftliche Erträge 157, 255  
 – Verringerung 259  
 landwirtschaftliche Nutzflächen 152, 225  
 landwirtschaftliche Produktion 38, 66  
 landwirtschaftliches Kapital 38, 148  
 Lebenserwartung 137 f., 146, 148 f., 155, 157 f., 172 f.,  
 176, 216, 218, 222, 224, 226 f., 250, 252, 255 f.,  
 259 f., 298  
 – Rückgang 175, 178, 251, 253, 259  
 – Steigen 249, 258  
 Lebenserwartungsindex 300  
 Lebensqualität 56, 182  
 – Abnahme 12, 91  
 – Einbußen 82  
 – Erhöhung 12  
 Lebensraumverlust 85  
 Lebensstandard 12, 227, 240, 254 f., 259, 261, 263, 278  
 – akzeptabler 10, 221, 223  
 – angemessener 253, 266  
 – Entwicklung 13 f.  
 – materieller 41, 95, 123, 155, 158, 168, 172, 176,  
 218, 222, 224, 228, 250–253, 256, 258, 260, 262,  
 264, 287, 298  
 – Rückgang XIII, XXIV, 230, 263  
 – Zunahme XIV, 5, 7, 231, 261  
 Lebensstil 183  
 – maßvollere 266  
 – nachhaltiger 276  
 Lernbereitschaft 289 f.  
 Luftschadstoffe 110  
 Luftverschmutzung 110 f., 169
- Maisproduktion 8, 59  
 Markt 211 f., 214 f., 230, 232, 234, 236 f., 243, 245  
 – Definition 214  
 – freier 237  
 – funktionierender 229



- realer 217
- Signale 216
- traditioneller 242
- Märkte, Erschließung 11
- Marktpreise 152
- Marktsystem 268, 288
  - unreguliertes 241
- Marktwirtschaft, freie 211
- Maslow, Abraham 291
- Maßhalten 280
- Materialdurchsatz 12, 15, 41, 99, 101f., 124f., 181f.
  - pro Kopf 263
  - Verringerung 120
- Materialdurchsatzmengen 104
- Materialflüsse 24
  - Verringerung 103
- Materialverbrauch 12, 55, 120
- Meadows, Dennis XIX, 12
- Meadows, Donella XVIII f., 12
- medizinische Versorgung 216f.
- Meeresfischerei 237–242
- Menschlichkeit 272
- Metalle, Herstellung 150
- Metallgehalt von Erzen 107, 150f.
- Metallreserven 105
- Metallverbrauch 100
- Methan 26, 113f., 117
- Methankonzentration 118f.
- Methylbromid 202, 206
- Mill, John Stuart 266
- Mineralvorräte, Erschöpfung 106
- Modell
  - ausgewogenes 139
  - Definition 134
  - Eigenschaften 151
  - Wirkungsbeziehungen 151
- Modelle 229, 288f.
  - Übersicht 135
- Modellentwicklung 140, 145, 151
- Modellvariable 156
- Montreal-Protokoll 200–204, 207
- Mortalität 31
- Mumford, Lewis 272
  
- Nachfrage 173, 241
- Nachfragefaktor 124
- Nachhaltigkeit XVI, XVIII, XXIII, 11 ff., 88, 102, 121, 237, 239f., 245, 258, 261, 263, 265–270, 283, 285, 288
  - Beispiel 255
  - Bevölkerungszahl 270
  - Biosphäre 85
  - Definition 264
  - Energiedurchsatz 54
  - Entwicklung XXIII, 261
  - Gesellschaft 12, 44, 49, 257, 263–266, 268, 275, 283, 285
  - Gesetze 55
  - Indikatoren 289
  - Industrieproduktion 270
  - Landwirtschaft 65
  - Lebensstil 276
  - Schwelle zur 48
  - Übergang 259, 262f., 266, 275
  - Wachstum XXII
  - Wassernutzung 74
  - Wege 281
- Nachhaltigkeitsgrenzen 245, 253, 255, 262, 272
- Nachhaltigkeitsrevolution 279, 285, 290, 293
- Nächstenliebe 290f.
- Näherungen 299
- Nahrungskette 163
- Nahrungskrise 223, 230
- Nahrungsmangel 225
- Nahrungsmenge pro Kopf 137f., 148, 155f., 158, 172f., 176, 218, 222ff., 228, 230, 250, 252ff., 256, 261, 298
- Nahrungsproduktion 46, 60, 63f., 66, 155, 157, 175, 178, 225, 227, 253, 255, 298
  - exponentielles Wachstum 27
  - Rückgang 177, 254
  - Sicherung 251
  - Wachstum XX, 7, 46f., 223
- Nahrungsversorgung 63, 223, 226
  - relative 296
- Naturkatastrophen XVI, 181
- Negativwachstum 265
- Netzwerke 284f.
- nicht erneuerbare Ressourcen s. Ressourcen, nicht erneuerbare
- Nullwachstum 48, 265
- Nutzfläche, landwirtschaftliche 152
- Nutzpflanzen, genetisch veränderte 66
- Nutzung von Wäldern, nicht nachhaltige 75
- Nutzungsdauer
  - erwartete 105
  - Industriekapital 159, 253
  - Kapital 146, 148f.
  - Reserven 104
  - Verlängerung 103f.
- Nutzungsrate 54
  
- Ödland 61f.
- Ökobilanz 103
- Ökoeffizienz XVI, 112
- ökologische Anbautechniken 65
- ökologische Kosten 269
- ökologischer Fußabdruck XVIII f., 3, 41, 121, 126, 142f., 155, 158f., 172, 176, 178, 181, 218, 222, 224, 228, 246, 250–258, 260, 262, 265, 279, 287, 296ff., 303
  - Anpassung XIII
  - Bestimmung 56
  - Definition 299, 301
  - exponentielles Wachstum 211
  - Gewässer 110
  - Größe 123
  - pro Verbrauchseinheit 120
  - Vergrößerung XII, XVI, 27, 48, 173
  - Verkleinerung XIV, 10, 120, 160, 182, 227, 230f., 243, 254f., 257, 263, 272, 292
  - Wohlstand 125
  - World3 302
- ökonomische, Kennwerte 52
- Ökosystem, globales 53, 269
- Ökosysteme 79, 83, 152, 239
  - Erhaltung 283
  - Fruchtbarkeit 12
  - Zerstörung 13
  - Zustand 116
- Ökosystemleistungen 83ff.
- Ölpreis 235f.
- Ölpreisschock 101, 234
- Output, industrieller 39

- Overshoot XVI, XXIII, 1  
 Ozon 189f., 192, 197f.  
 Ozonkonzentration 195ff.  
 Ozonloch XV, 187, 195ff., 199, 203f., 206ff.  
 Ozonschicht 1, 113, 122, 144, 162, 187, 190f., 198, 201, 205  
 – Abbau 192ff., 196, 200, 202f.  
 – Regeneration 203f., 208  
 – Rückgang 11  
 – Schutz 199  
 – Zukunft 206  
 Ozonzerstörung 193f., 198, 200, 202f.
- Papiernutzung, effizientere 81  
 PCBs 145, 163f.  
 Peccei, Aurelio 291  
 Pestizide 60, 65, 109, 144, 169, 175  
 Plantagen 76, 78, 82  
 Planungshorizont 269  
 Preisanstieg 215f.  
 Preise 269  
 Preiserhöhung 234  
 Primärenergie 87  
 Primärwald 75ff., 79  
 Privilegien 44  
 Problembewältigung 231f.  
 Problemlösefähigkeit 263  
 Problemlösungen 245f., 270ff., 285, 291  
 Produktion  
 – Brennstoffe 89f.  
 – Dienstleistungen 10  
 – Gebrauchsgüter 10  
 – landwirtschaftliche 38, 66  
 – pro Kopf, Zunahme 41  
 – schadstoffärmere 53, 120  
 Produktionskapazität der Erde 9  
 Produktionskapital 89f., 100  
 – Wachstumsmotor 26  
 Produktionsmethoden, ökologische 65  
 Produktivität 278  
 Prognosen XXII  
 Pro-Kopf-Einkommen 42f.  
 – und Geburtenrate 34f.
- Quecksilber 108, 144  
 Quelle, Wasser 67  
 Quellen 53ff., 83, 236, 239  
 – Beispiele 9  
 – Belastung 10, 125  
 – Durchsatz 88  
 – fossile Brennstoffe 90f.  
 – Grenzen 104, 152  
 – Grenzüberschreitung 243  
 – Ressourcen 183  
 – Überlastung 51  
 Quellennutzung, effizientere 103f.
- Randers, Jørgen XIX, 12  
 Reaktion, verzögerte 11, 21, 179, 182, 207  
 Reaktionen, technische 236  
 Reaktionsgeschwindigkeit 269  
 reale Welt 135f., 138f., 152, 154, 159f., 165, 170, 175, 177, 214, 219, 221, 229–232, 261, 263  
 reales Leben 223  
 Realität 136, 139  
 Recycling s. Rezyklierung
- Recyclingkapital 100  
 Recyclingpapier 81  
 Regeneration 166, 177  
 – Ozonschicht 203f., 208  
 Regenwälder XV  
 Reichtum, materieller 253  
 Reisproduktion 8, 59  
 Reserven  
 – bekannte 89f., 105  
 – Definition 88  
 – Erdgas 91ff., 98  
 – Erdöl XXIV, 91  
 – Metalle 105  
 Ressourcenverbrauch, exponentielles Wachstum 5  
 Ressourcen 155, 158, 172, 176, 218, 222, 224, 228, 250, 252, 256, 260, 298  
 – Beschränkung XX  
 – Definition 88  
 – Erdgas 94  
 – erneuerbare 54f., 75, 167, 270  
 – Erosion XXIV, 270  
 – Erschließung 91, 150  
 – Erschöpfung 13, 51, 150  
 – Exploration 216f.  
 – Kosten 174  
 – natürliche XIII, 3, 9  
 – nicht erneuerbare 51, 54f., 86, 149f., 153ff., 157, 159, 174, 177f., 219, 223, 225ff., 229, 232, 255, 261, 268, 270, 298  
 – regionale 67  
 – Schrumpfen 75  
 – Übernutzung 267  
 – unentdeckte 154, 178  
 – verfügbare 155, 177  
 – Verlustrate 76  
 – zukünftige 236  
 Ressourcenabbau 232, 255  
 – Kosten 219  
 Ressourcenbasis  
 – Erschöpfung 168  
 – landwirtschaftliche 66  
 – Metalle 105  
 – Zerstörung 141  
 Ressourcenbestände, schwindende 180  
 Ressourcenkrise 230  
 Ressourcennutzung XXV, 242, 245, 268  
 – Effizienz 10f., 27, 122, 157, 220f., 229, 254, 257f., 263, 270  
 – exponentielles Wachstum 242  
 Ressourcenproduktion 52  
 Ressourcenschonung 261  
 Ressourcenverbrauch XVII, 5, 26, 123, 159, 174, 227, 248, 266, 270  
 – Verdopplung 175  
 – Verringerung 120, 255  
 Ressourcenverknappung 215f., 223, 226, 241, 277  
 Ressourcenverteilung 123  
 Ressourcenvorräte 258f., 261  
 – zugängliche 219, 223, 225, 229  
 Revolution 276  
 – grüne 212  
 – industrielle 13, 17, 61, 278  
 – landwirtschaftliche 13, 277  
 – technische 102  
 – zur Nachhaltigkeit 279, 285, 290, 293  
 Rezession 266

- Rezyklierung 53, 100, 102 ff., 217, 283  
 – FCKW 205  
 Rhein 108, 111  
 Richtlinien 269  
 Rio de Janeiro, Welt-Umweltgipfel XV  
 Rio+10-Konferenz XV  
 Rohstoffdurchsatz, nachhaltiger 54  
 Rohstoffe  
 – erneuerbare 51  
 – Lagerstätten 89  
 Rohstoffflüsse, Wachstum 7  
 Rohstoffmangel 174  
 Rohstoffnutzung 100  
 Rohstoffpreise 227  
 Rohstoffverbrauch 1, 231  
 – exponentieller Anstieg 27  
 – Zunahme 41  
 Rückgang, unkontrollierter XIV  
 Rückkopplung  
 – Industriekapital 39  
 – negative 25, 29, 117, 122, 147, 216  
 – positive 24–27, 29, 39, 41, 45, 47, 51, 117, 147, 168, 170, 225, 248, 264  
 – verzögerte 178, 180  
 Rückkopplungen 5  
 Rückkopplungsmechanismen in World3 26, 165  
 Rückkopplungsschleifen 24, 137, 139, 145–149, 234  
 Rückkopplungsstruktur 43 f.
- Sauerstoffgehalt in Gewässern 111  
 Schadstoffabbau 153 f., 166, 169  
 Schadstoffabsorption 167, 169, 177  
 Schadstoffanreicherung 169, 216  
 Schadstoffausstoß 177, 220, 266  
 – Kontrolle 125, 217, 219, 223, 225, 229  
 – Verringerung 221, 226, 233 f., 254 f., 257, 259  
 Schadstoffbelastung 5, 9, 66, 98, 152 ff., 169, 178, 180 f., 221, 223, 226 f., 255, 257, 259, 298  
 – Mensch 109  
 – Rhein 108  
 – Umwelt 109  
 – Zunahme 10  
 Schadstoffbeseitigung 233 f.  
 Schadstoffe 55, 90 f.  
 – abbaubare 144  
 – problematischste 112  
 – schwer abbaubare 153 f., 220, 255  
 – Verringerung 53  
 – verzögerte Wirkung 164 f.  
 Schadstoffemissionen XVI, 159, 220, 245  
 – Reduzierung 110, 227, 258, 283  
 Schadstoffkontrolle 169, 227  
 Schadstoffminderung 220  
 Schadstoffsenken 51, 107, 170, 183  
 Schwefeldioxid 108  
 Schwefeloxide 110  
 Schwellenwert 5, 179, 182, 233  
 Schwermetalle 108, 170  
 Schwingung, gedämpfte 141 f.  
 Senke, Wasser 67  
 Senken 53 ff., 88, 104, 236, 239  
 – Abfälle 107  
 – Beispiele 9  
 – Belastung 10, 125  
 – fossile Brennstoffe 90 f.  
 – Grenzen 152  
 – Grenzüberschreitung 243  
 – Kohlendioxid 91, 169  
 – Schadstoffe 51, 107, 170, 183  
 – Überlastung 51  
 – Vollaufen 121  
 Sicherheit 266, 283  
 – materielle 249  
 Sicherung  
 – Arbeitsplätze 7  
 – Erträge 174  
 Signale 10, 152, 160 ff., 166, 179 f., 182 f., 217, 231, 236, 245  
 – ökonomische 236  
 – Verbesserung 269  
 – verspätete 11  
 Simulation 10, 12, 117, 135, 155 ff., 160, 217, 220, 223, 230 f., 253, 258 f., 261, 298  
 Skeptiker 282  
 Smog 169  
 Sojabohnenproduktion 18  
 Solarstrom 97  
 Solarzellen 98  
 Solidarität 271  
 Sonnenenergie, Nutzung 97  
 Stadtbevölkerung, Wachstum 7  
 Stahlproduktion 8, 101  
 Standardlauf 171  
 Staudämme 68, 98  
 STELLA 295  
 STELLA-Flussdiagramm 296 f., 301  
 Sterberate 264, 266  
 – Rückgang 28, 31, 36  
 – Steigen 48, 175, 177  
 Sterblichkeit 29, 31, 146, 148 f.  
 – Erhöhung 10  
 Stickoxide 108, 110, 169, 232 f.  
 Stickstoff 108  
 Stoffflüsse 51  
 Stoffströme 53  
 Störungen, ökologische 65  
 Streben nach Wachstum XXIII, 7, 17, 179  
 Strom, Kosten 97  
 Stromerzeugungskapazität, Wachstum 8  
 Strukturwandel 246 f., 251, 276  
 Subsystem, wirtschaftliches 53  
 Subventionen 152  
 Suffizienz 271  
 Symptome für Grenzüberschreitung 180  
 System  
 – der globalen Gesellschaft 143  
 – dynamisches 4, 53  
 – globales 5  
 Systemdynamik 24 f.  
 Systemgrenzen 182  
 Systemperspektive 4 f.  
 Systemstrukturen 43 f., 247, 280  
 Systemtheorien 4  
 Systemverhalten 144, 167  
 Systemwandel 280  
 Szenarien XXII, XXV, 14, 63, 78, 145, 151, 155 f., 171, 173, 175, 177, 212 f., 219 ff., 223, 225 ff., 229 f., 249, 251, 253 ff., 257 ff., 261 f., 293, 298, 303  
 Techniken 154, 211, 214–217, 220 f., 230, 232, 234, 236 f., 243, 245  
 – effiziente 229

- ressourcensparende 227
  - traditionelle 242
  - verbesserte 219, 223, 225, 229, 257
  - Technikfaktor 124
  - technischer Fortschritt 7, 12, 97, 122, 150, 207, 211ff., 220, 223, 240
  - Technologie, Definition 214
  - Technologien, Entwicklung 11
  - Temperaturanstieg 26, 117
    - globaler XX, 115
  - Temperaturschwankungen 118f.
  - Thant, U 15f.
  - toxische Stoffe s. Giftstoffe
  - Tragfähigkeit der Erde XII, XIVf., XVIIIf., 144, 159, 251, 254, 263
    - Grenzen 122, 143
    - Überschreiten 141, 168
    - Verlust 167
    - verringerte 142
  - Treibhauseffekt 74, 113
  - Treibhausgase XVI, 5, 26, 91, 93, 113, 116–119, 169, 203, 302
    - Emissionen 118, 122
    - Konzentration 114
  - Trends 133
  - Trinkwasser 67, 71
  - Trinkwasservorräte 68f.
  - Tropenhölzer XXIV
  - Tropenwälder 74, 76–79
  - Tunfischbestände 240f.
- Übergang, demographischer s. demographischer Übergang
- Überlastung, Quellen und Senken 51
  - Übernutzung 166, 175, 267
  - Umdenken 271
  - Umstrukturierung 280
  - Umverteilung, ökonomische 216
  - Umweltbelastung XXV, 56, 101, 124, 167f., 177
  - Umweltbewegung XXIII
  - Umweltschäden 239, 261
  - Umweltverordnungen 207
  - Umweltverschmutzung 26f., 90, 101, 120, 144, 148, 155f., 158, 172f., 175f., 178, 180, 215, 217ff., 222, 224, 228, 242, 250–253, 255–261, 277
    - exponentielles Wachstum 242
  - Umweltverschmutzungskrise 251, 259
  - Ungleichheit XIX, 43, 47
  - Unsicherheiten 229f.
  - Unterernährung 58
  - Unwahrheiten 286
  - Urbanisierung 60
- Veränderungen 280f.
- globales Klima XVI
  - quantitative 247
  - strukturelle 247
  - World3 295
- Verbrauch
- Energie s. Energieverbrauch
  - Erdgas 8, 87, 93ff.
  - Erdöl 8, 87, 91f., 235
  - exponentiell wachsender 95
  - FCKW 189
  - Holz 80f.
  - Material 12, 55, 120
  - Ressourcen s. Ressourcenverbrauch
  - Wasser 67f., 70f.
- Verbrauchsgüter 38
- Verbrennungskapital 89f.
- Verdopplungszeit 22f.
- Verlängerung 29
  - Weltbevölkerung 27
- Vereinfachungen 140, 229, 286, 299
- Verfügbarkeit, Kapital 173
- Vernetzungen 9
- Versalzung 60
- Versauerung von Böden 169f.
- Versorgung, materielle 283
- Verstädterung 18
- Verzögerungen 165f., 171, 175, 179f., 194, 199, 220, 229, 234, 242f., 254, 262
- Visionen 282f.
- Vorhersage 175
  - exakte XXII
  - Katastrophe 144
- Vorräte
- bekannte 90, 100
  - Erdgas 89, 92f., 95
  - Erdöl 89, 93
  - Grundwasser 67
  - noch nicht entdeckte 90, 100
  - Ressourcen s. Ressourcenvorräte
  - Trinkwasser 68f.
  - Wasser 72
- Vorurteile 286
- Wachstum
- Anforderungen 51f.
  - Bevölkerung s. Bevölkerungswachstum
  - Ende XIII
  - explosives 29
  - exponentielles s. exponentielles Wachstum
  - Formen 266
  - gesellschaftliche Faktoren 52
  - Industrieproduktion XIII, 5f., 42, 221, 231, 249, 251, 259
  - Kapital 146
  - Konsequenzen 3
  - kontinuierliches 142, 161
  - Kosten 265f.
  - lineares 19ff.
  - materielles XX, 49, 211, 255, 265f.
  - nachhaltiges XXII
  - physische Grenzen 9
  - physische Voraussetzungen 52
  - physisches XIII, 9
  - rasches 11
  - sigmoides 161
  - unbegrenztes 15
  - Ursachen 3, 9
  - Weltbevölkerung 1, 6, 30, 47, 57
  - Wirtschaft s. Wirtschaftswachstum
- Wachstumsbeschränkung 248, 254
- Wachstumskurve, exponentielle, Anstieg 48
- Wachstumsphase XXV
- Wachstumsprozesse 26
- Wachstumsrate 7, 24, 28f., 31, 36
- Wachstumsregulierung 29
- Wachstumsrückkopplung, positive 41
- Wackernagel, Mathis XVII, 3, 142, 301f.
- Wahrhaftigkeit 286

- Waldbestand, intakter 74  
 Wälder  
   – natürliche 75f.  
   – nicht nachhaltige Nutzung 79  
   – Schrumpfen XX  
   – Umwandlung 77  
 Waldfläche 75f., 78f.  
 Waldverlust 75, 78ff.  
 Warnsignale 10, 179, 229  
 Wasserbedarf 71  
   – pro Kopf 69  
 Wasserdurchfluss 69  
 Wassereinzugsgebiete 67  
 Wasserentnahme 68  
 Wasserknappheit 70ff.  
 Wasserkraft 87, 98  
   – aufgebrauchte 69  
   – verfügbare 69  
 Wassernutzung, nachhaltige 74  
 Wassersparvorrichtungen 73  
 Wasserverbrauch 67f., 70f.  
 Wasserverschmutzung 111  
 Wasserversorgung 72f.  
 Wasservorräte 72  
 Wechselbeziehungen 62, 169  
 Wechselwirkungen 55, 126  
 Weiterentwicklung 270  
 Weizenproduktion 8, 59  
 Welt, reale s. reale Welt  
 Welt, wünschenswerte 258  
 Weltbevölkerung 155f.  
   – Entwicklung 14  
   – Simulation 12  
   – Stabilisierung 251, 253, 257  
   – Wachstum 1, 6, 30, 47, 57  
 Weltbild 4  
 Welthandel 231  
 Weltwirtschaft 159, 231, 263  
 Werkzeug 10  
 Werte 268, 283  
 Wertewandel 270  
 Wertvorstellungen 284  
 Wettervorhersagen 118  
 Wiederaufbereitung 73  
 Wiederverwertung 102f., 283  
 Windkraft 98  
 Wirkungen 24  
 Wirkungsbeziehungen 145, 151  
 Wirtschaft  
   – Expansion 51  
   – exponentielles Wachstum 27, 152  
   – materielle 37  
   – Schrumpfungsprozess 51  
 Wirtschaftsentwicklung 168  
 Wirtschaftskraft und Geburtenrate 35  
 Wirtschaftsleistung, weltweite jährliche 83  
 Wirtschaftsrückgang XIV, XVI, XXV  
 Wirtschaftssysteme 266  
 Wirtschaftswachstum XIV, 1, 11, 26, 42, 44, 51, 175,  
   182, 211, 261  
   – exponentielles 27  
   – Stillstand 174  
   – unbegrenztes 160  
 Wohlstand 155, 158, 172f., 176, 218, 222, 224, 228,  
   234, 250, 252, 256, 260, 300  
   – Absinken 227  
   – Definition 125, 299  
   – hoher 225f., 251, 253, 257  
   – höherer 261  
 Wohlstandsfaktor 124  
 Wohlstandsindex 155, 158, 172, 176, 218, 221–224,  
   227f., 250, 252, 256, 260, 295, 297f.  
 Wohlstandsniveau 262  
 World3 10, 12, 44, 133, 138, 232, 261f.  
   – Beziehungen 136  
   – Einfachheit 139  
   – Geburtenrate 36  
   – Grenzen 152ff.  
   – Komponenten 136  
   – Kritik 211  
   – materielle Kapitalflüsse 37  
   – Modell 135ff., 139, 144, 229  
   – ökologischer Fußabdruck 302  
   – Rückkopplungsmechanismen 26, 165  
   – Standardprozess des Wirtschaftswachstums 40  
   – Struktur 134, 145  
   – Szenarien 11, 155f., 259  
   – Veränderungen 295  
   – Verhalten 145  
   – zentrale Annahmen 27, 182  
   – Zustandsgrößen 147  
   – Zweck 134, 140  
 World3–03 295f.  
   – Szenarien 297  
 World3–91 295  
 Worster, Donald 278  
 Wunschvisionen 282  
 Wüstenbildung 60  
  
 Zellstoffproduktion, Wachstum 8  
 Zerfall, exponentieller XXIV  
 Zertifizierung 82  
 Ziel, primäres 243  
 Ziele 261, 263, 284f.  
 Zukunftsvision XXII  
 Zusammenbruch XIII, XVIII, XXI, XXIII, XXV, 3,  
   10, 51, 142f., 156, 178f., 181, 223, 225f., 232, 237,  
   243, 246, 251, 255, 292f.  
   – nach Grenzüberschreitung 161, 168, 170f., 175,  
   178f., 182, 207, 248  
   – Praxis XXIV  
   – unkontrollierter XIV  
 Zustandsgrößen 147

»Es gibt kein zeitgemäßeres Buch.«

The Times

Adam Kucharski

**Das Gesetz der Ansteckung**

*Was Pandemien, Börsencrashes und  
Fake News gemeinsam haben*

aus dem Englischen

344 Seiten mit Grafiken und Tabellen

Gebunden

€ 26,- [D]

ISBN 978-3-7776-2904-9

E-Book: epub. € 22,90 [D]

ISBN 978-3-7776-2903-2



[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

Wie sich Pandemien, Trends und Krisen in einer Zeit hoher Vernetzung ausbreiten: Epidemiologe Adam Kucharski erklärt faszinierende mathematische Ansätze und Zusammenhänge.

**HIRZEL**

Hirzel Verlag · Birkenwaldstraße 44 · 70191 Stuttgart · T. 0711 2582 341 · Mail [service@hirzel.de](mailto:service@hirzel.de)

» Es gab nie eine bessere Zeit, um das heutige Ernährungssystem infrage zu stellen.«

The Times

Dr. Malte Rubach

**Die Ökobilanz auf dem Teller**

*Wie wir mit unserem Essen  
das Klima schützen können.*

248 Seiten, 14 Abbildungen

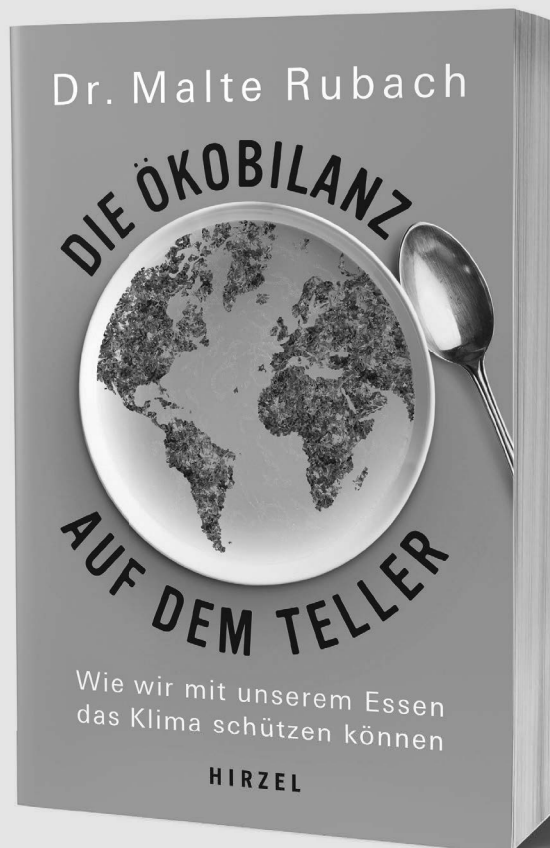
Klappenbroschur

€ 18,- [D]

ISBN 978-3-7776-2876-9

E-Book: epub. € 13,90 [D]

ISBN 978-3-7776-2877-6



[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

Wie viel CO<sub>2</sub> verursacht eine Portion Spaghetti bolognese? Etwa 1,5 Kilogramm!– Malte Rubach schaut genauer hin und liefert eine Bestandsaufnahme unseres Ernährungssystems sowie von dessen Auswirkungen auf das Klima. Wir leben in einer Gesellschaft, die durch Technisierung und steigenden Ressourcenverbrauch geprägt ist. Rubach plädiert für einen maßvollen Genuss und zeigt, was wir in Deutschland guten Gewissens noch essen können.

# HIRZEL

Hirzel Verlag · Birkenwaldstraße 44 · 70191 Stuttgart · T. 0711 2582 341 · Mail [service@hirzel.de](mailto:service@hirzel.de)

Der Wunsch nach »sanfter Medizin« hat einen neuen Markt geschaffen – mit teils lebensgefährlichen Folgen. Beate Frenkel

Beate Frenkel

**Pillen, Heiler, Globuli**

*Das Geschäft mit der  
Alternativmedizin*

160 Seiten

Klappenbroschur

€ 18,- [D]

ISBN 978-3-7776-2849-3

E-Book: epub. € 13,90 [D]

ISBN 978-3-7776-2850-9



[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

Rund um die Alternativmedizin ist eine Industrie entstanden, die das Misstrauen gegenüber der Pharmaindustrie, der Medizin und den Medien bedient. Beate Frenkel fragt nach: Woher kommt dieser Boom? Eindringliche Beispiele werden mit Aussagen von Ärzten, Patienten und Alternativmedizinern belegt.

**HIRZEL**

Hirzel Verlag · Birkenwaldstraße 44 · 70191 Stuttgart · T. 0711 2582 341 · Mail [service@hirzel.de](mailto:service@hirzel.de)



# Konsum, sein Preis und die Alternativen: von verpackungsfrei bis sharing economy

Wolfgang König

## **Geschichte der Wegwerfgesellschaft**

*Die Kehrseite des Konsums*

2020. 168 Seiten

Gebunden mit Schutzumschlag

€ 21,90 [D]

ISBN 978-3-515-12500-0

E-Book: PDF. € 21,90 [D]

ISBN 978-3-515-12503-1



[www.steiner-verlag.de](http://www.steiner-verlag.de)

Früher oder später wird alles weggeworfen. In der Konsumgesellschaft wandern aber auch gebrauchsfähige und neuwertige Produkte auf den Müll. Wolfgang König zeigt, wie die Wirtschaft und die Konsumenten gemeinsam das Wegwerfen zur Routine gemacht haben – und diskutiert Möglichkeiten, die Wegwerfgesellschaft zu überwinden.

## Franz Steiner Verlag

