

Armin Reller · Luitgard Marschall
Simon Meißner · Claudia Schmidt

Ressourcen- strategien

Eine Einführung in den
nachhaltigen Umgang
mit Ressourcen





Armin Reller/Luitgard Marschall/
Simon Meißner/Claudia Schmidt (Hrsg.)

Ressourcen- strategien

Eine Einführung in den
nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in
und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

© 2013 by WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt
Die Herausgabe des Werkes wurde durch die Vereinsmitglieder
der WBG ermöglicht.

Layout, Satz und Prepress: Lohse Design, Heppenheim

Umschlaggestaltung: Peter Lohse, Heppenheim

Umschlagabbildung: © ferkelraggae – Fotolia.com

Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier

Printed in Germany

Besuchen Sie uns im Internet: www.wbg-wissenverbindet.de

ISBN 978-3-534-25914-4

Elektronisch sind folgende Ausgaben erhältlich:

eBook (PDF): 978-3-534-73670-6

eBook (epub): 978-3-534-73671-3

Inhalt

- Vorwort** 8
- Vorwort der Herausgeber** 10
- Einleitung** 12
- 1 Bis zur Erschöpfung – Zur Geschichte der Ausbeutung natürlicher Ressourcen** 15
- 1.1 Energetische Basis des Wachstums 17
- 1.2 Bevölkerungswachstum und Urbanisierung 23
- 1.3 Wirtschaftswachstum und Internationalisierung des Handels 26
- 1.4 Veränderungen der Mentalitäten und Lebensstile 33
- 1.5 Fazit und Ausblick 36
- 2 Ressourcengeographie: Eine Einführung** 38
- 2.1 Ressourcen und ihre räumlichen Dimensionen 38
- 2.2 Aufgaben und Fragestellungen der Geographie im Allgemeinen und der Ressourcengeographie im Speziellen 42
- 2.3 Grundlegende ressourcenspezifische Begriffe und Definitionen 45
- 2.4 Boden, Wasser und agrarische Rohstoffe 50
- 2.5 Mineralische Rohstoffe: Energieträger und Metalle 56
- 2.6 Fazit und Ausblick 64
- 3 Ressourcenkonflikte** 65
- 3.1 Ursachen der Konflikte 65
- 3.2 Die Bearbeitung der Konflikte und das Gewaltrisiko 66
- 3.3 Ressourcen und Entwicklung 69
- 3.4 Ressourcenfluch 70
- 3.5 Den Fluch erklären 71
- 3.6 Den Fluch überwinden 73
- 3.7 Fazit und Ausblick 75

4 Anforderungen an nachhaltige Innovationen 77

- 4.1 Einleitung 77
- 4.2 Unterscheidung von Innovationen bzw. der Innovationsforschung im Rahmen des ökonomischen Mainstreams und der nachhaltigen Entwicklung 78
- 4.3 Innovationen ökologischer Nachhaltigkeit 81
- 4.4 Exkurs: Soziale Innovationen im Kontext nachhaltiger Entwicklung 87
- 4.5 Schlussfolgerungen 88

5 Wie viel Kuchen für wie lange? Eine ressourcenökonomische Perspektive auf den Abbau erschöpflicher Ressourcen 89

- 5.1 Indikatoren für Ressourcenknappheit 90
- 5.2 Das Grundmodell der Ökonomie erschöpflicher Ressourcen: Die Hotelling-Regel 96
- 5.3 Erweiterungen des Hotelling-Modells 100
- 5.4 Fazit 103

6 Ressourcenschonung durch innovative Recycling- und Kreislaufkonzepte 105

- 6.1 Theoretische und begriffliche Grundlagen 107
- 6.2 Gesetzlicher Rahmen für eine europäische und deutsche Kreislaufwirtschaft 110

- 6.3 Schwierigkeiten und Herausforderungen des Recyclings 111
- 6.4 Technische Grundlagen 112
- 6.5 Aktuelle und neue Herausforderungen an das Recycling 115
- 6.6 Zusammenfassung und Fazit 122

7 Ressourcenmanagement aus betriebswirtschaftlicher Sicht 123

- 7.1 „Wirtschaften“ als betriebliche Handlungsmaxime 123
- 7.2 Diskussion des Zielsystems betriebswirtschaftlichen Handelns 124
- 7.3 Betrachtungsgegenstand des Ressourcenmanagements 126
- 7.4 Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsstrategien am Beispiel der Wiederverwendung von Altprodukten (Produktnutzungskonzept) 128

8 Rechtliche Grundlagen des Ressourcenschutzes 132

- 8.1 Ressourcenschutzrecht – Orientierung 132
- 8.2 Die globalen Ressourcen als Gegenstand des Völkerrechts 136
- 8.3 Sicherung und Schutz von Ressourcen im EU-Recht 138
- 8.4 Ressourcen im deutschen Recht 145
- 8.5 Recht als Teil einer Ressourcenstrategie 150
- 8.6 Ausblick 152

9 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung 154

- 9.1 Der Begriff der „Nachhaltigkeit“ 155
- 9.2 Von der Umweltbildung zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung 156
- 9.3 Herausforderungen in der Bildungsarbeit für eine nachhaltige Entwicklung 160
- 9.4 Diskrepanz Wissen und Handeln 162
- 9.5 Gestaltungskompetenzen 164
- 9.6 Zukunft der BNE 166

10 Umweltethik und Ressourcenfragen 168

- 10.1 Die Aufgabe der Ethik 168
- 10.2 Vier Themen einer Ressourcenethik 170
- 10.3 Die Frage des individuellen Lebensstils 175
- 10.4 Schluss 181

11 Ressourcen – kollektives Experimentieren mit Knappheit 182

- 11.1 Knappheit – Facetten eines Problems 184
- 11.2 Kollektives Experimentieren mit Knappheit 187
- 11.3 Ressourcenkonflikte – Nachhaltigkeit als kollektives Experiment 189
- 11.4 Ressourcenpolitik? 193

12 Stoffgeschichten: Ein Instrument zur Analyse und Kommunikation 195

- 12.1 Analytisches und kommunikatives Potenzial 196
- 12.2 Wissenschaftliche und literarische Tradition 197
- 12.3 Ideenfindung und praktische Umsetzung 204
- 12.4 Baustein für einen zukunftsfähigen Umgang mit Ressourcen 209

13 Ressourcenstrategie oder die Suche nach der tellurischen Balance 211

- 13.1 Dimensionen einer Ressourcenstrategie 212
- 13.2 Stoff- und Energietransformationen in der Technosphäre 215
- 13.3 Kritikalität als Bewertungsinstrument 216
- 13.4 Bildung für eine mündige Ressourcennutzung 219

Autorenverzeichnis 220

Literaturverzeichnis 223

Register 244

Übungsaufgaben und Kontrollfragen 253

Vorwort



Ernst Ulrich von Weizsäcker

DIE ERDE IST ENDLICH, die Expansionsgier der Menschheit offenbar nicht. Auf dieses Problem hat der Club of Rome bereits 1972 in seiner berühmten Studie „Die Grenzen des Wachstums“ hingewiesen. Zwar löste das Buch damals ein publizistisches Erdbeben aus. Doch die Ausbeutung von Ressourcen hat sich in der Zwischenzeit nicht etwa verlangsamt, sondern beschleunigt.

Bis gegen Ende des 20. Jahrhunderts schien dies aber niemanden ernstlich zu beunruhigen. Das Rohstoffthema war wieder aus der öffentlichen und politischen Aufmerksamkeit verschwunden, da die Ressourcen nach den Ölkrisen der 1970er Jahre zunächst immer billiger wurden und sich dann nur sanft verteuerten. Ab dem Jahr 2000 rückten Rohstoffe jedoch erneut ins Interesse der Politik. Warum? Weil sie nun plötzlich systematisch teurer zu werden schienen. Dies hatte einen einfachen Grund: Das sich wirtschaftlich rasant entwickelnde China kaufte immer größere Mengen davon ein. Um die Jahrtausendwende waren schließlich auch die vielerorts gehorteten Vorräte ausverkauft und das Angebot an neu geschürften Bodenschätzen einschließlich Öl hinkte der wachsenden Nachfrage immer mehr hinterher.

Daraufhin setzte ein Meinungsumschwung ein. In den Industrienationen breitete sich die Befürchtung aus, dass Ressourcenengpässe das Wachstum des wirtschaftlichen Wohlstandes bremsen würden. Drei gleichermaßen plausible Reaktionen lagen nahe:

- ◆ Intensivierung der Rohstoffexploration
- ◆ spekulative Käufe von Ressourcen und Zukunftstiteln auf Ressourcen
- ◆ vermehrtes Streben nach Erhöhung der Ressourcenproduktivität

Die dritte Strategie war uns Autoren von „Faktor Vier – Doppelter Wohlstand, Halbierter Ressourcenverbrauch“ (1995) schon in den 1990er Jahren wohlbekannt, nur blieb das Buch anfangs fast ohne politische Resonanz. Hingegen fiel das Nachfolgewerk „Faktor Fünf – Die Formel für nachhaltiges Wachstum“ (2009) alsbald auf fruchtbaren Boden. Es schien geradezu zur Vorlage für die sich in der EU-Kommission entwickelnde Ressourcenstrategie zu werden. Seine Grundaussage lautet, dass sich aus einer Einheit Ressourcen – ein Fass Öl, eine Tonne Kupfererz, ein Kubikmeter Wasser – rund fünfmal so viel Wohlstand erzeugen lässt.

Eine solch dramatische Steigerung der Ressourcenproduktivität wird allerdings nicht stattfinden, wenn die Rohstoffpreise niedrig sind – wie etwa von 1982 bis 2000. *Faktor Fünf* schlägt daher eine politische Lösung vor: die Preise von Primärressourcen regelmäßig um genau den Wert anzuheben, um den auch die Ressourcenproduktivität im gleichen Zeitraum zugenommen hat. Auf diese Weise würde der durchschnittliche Preis für Ressourcen pro Ware oder Dienstleistung nicht steigen, da der Gesamtbedarf an Ressourcen sinkt. Sollte der Weltmarktpreis für einen Rohstoff ansteigen, bräuchte man keine weiteren Eingriffe bzw. könnte sogar preisdämpfend eingreifen.

Ressourceneffizienz wird so zum Kern des technischen Fortschritts. Aber es gibt auch einen zivilisatorisch-kulturellen Fortschritt: fort vom besinnungslosen Verschwenden zur wohl bedachten Nutzung der Natur, fort vom rein materiellen Wohlstand zum Genießen in der Genügsamkeit. Hier liegt auch eine zentrale Aufgabe der Bildung: durch Vorbilder, durch Fakten und durch „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ – einem wichtigen Zehnjahresprogramm der UNESCO.

Bildung für Nachhaltige Entwicklung ist innerhalb der eng gefassten Schulfächer oder Universitätsdisziplinen kaum realisierbar. Denn

Technik ist immer eingebettet in Verhalten, Anreizstrukturen, kulturelle Werte. Umgekehrt verändern sich diese auch mit der Technik und dem naturwissenschaftlichen Kenntnisstand. Interdisziplinarität ist demnach gefragt.

Das vorliegende Lehrbuch versucht genau dieses, indem es Umweltgeschichte, Ressourcengeographie, Politikwissenschaften, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre, Abfall- und Ressourcenmanagement, Umweltrecht, Pädagogik, Umweltethik und Soziologie zusammenführt. Dieses Vorgehen ist auch eine Herausforderung für die Studienorganisation. Ingenieurstudenten muss erlaubt sein, sich auf soziologische und juristische Fragen einzulassen, und ebenso sollten Sozialwissenschaftler den für sie oft ungewohnten und mühsamen Weg in die Methoden und Ergebnisse von Natur- und Ingenieurwissenschaften beschreiten können.

Die gute Seite solcher Anstrengung ist, dass Studierende, die in dieser fachübergreifenden Arbeit trittsicher und faktenkundig werden, in ihren späteren Berufen oder in demokratischen Entscheidungsprozessen eine wichtige Kompetenz aufweisen, die man heute über weithin vergeblich sucht. Und wer nicht das Glück hatte, sich diese Kompetenz an der Hochschule anzueignen, kann sie sich mit Hilfe dieses Buches selbst erarbeiten.

Vorwort der Herausgeber

UM STRATEGIEN FÜR DEN nachhaltigen Umgang mit Ressourcen entwickeln zu können, braucht es eine ganzheitliche Herangehensweise, die das vielschichtige Wissen unterschiedlicher Fachrichtungen zusammenführt. Die Notwendigkeit einer derart integrierten Sichtweise wurde an der Universität Augsburg früh erkannt und vor vielen Jahren durch die Entwicklung des Konzepts der „Stoffgeschichten“ angestoßen. Hierbei wird ein Stoff in Form eines Alltagsproduktes von der Entstehung bis zum Lebensende und darüber hinaus mit all seinen ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Kontexten betrachtet. Diese Vorgehensweise geht über die bekannten Lebenszyklusperspektiven hinaus. Es werden nicht nur die planerisch-wirtschaftlichen Aspekte der Wertschöpfungs- und Produktionskette behandelt, sondern auch die vielfältigen Kontexte, in die der Stoff eingebettet ist. Daraus resultierte die Erkenntnis, dass aufgrund der Vielseitigkeit unserer alltäglich verwendeten Stoffe hinsichtlich unterschiedlichster wissenschaftlicher Fragestellungen, Probleme, Zugänge und Methoden eine Auseinandersetzung ohne die Zusammenführung von Geistes- und Naturwissenschaften überhaupt nicht möglich ist. Stoffgeschichten bieten somit nicht nur eine neue Perspektive für eine inter- und transdis-

ziplinäre Umweltforschung, sondern ermöglichen zudem die Vermittlung komplexer Sachverhalte.

Diese innovative Vorgehensweise wurde mit der Neugründung des Lehrstuhls für Ressourcenstrategie an der Universität Augsburg im Jahr 2009 institutionalisiert. Sie zeigt sich auch in der Zusammensetzung des Lehrstuhlteams: Geographen, Erziehungs-, Materialwissenschaftler, Technikhistoriker und Ökonomen forschen und arbeiten gemeinsam an ressourcenrelevanten Inhalten, analysieren und bewerten die komplexen Problemursachen und -strukturen und vermitteln diese wiederum in die einzelnen Disziplinen und an Akteure in Industrie, Politik und Gesellschaft. Ziel ist, alle zum Verständnis des Themas wichtigen Zielgruppen sowie Forschungsperspektiven zu bündeln und daraus resultierende Problemfelder zu identifizieren und möglichst realistisch abzubilden. Subjektive Alltagshandlungen und -erfahrungen werden dabei gezielt mit wissenschaftlichen Herangehensweisen verknüpft.

Über die Jahre hinweg entwickelte sich so ein umfangreiches interdisziplinäres Lehrangebot zu Fragen der Nachhaltigkeit und der Ressourcenstrategie, das mittlerweile fester Bestandteil einer Vielzahl von Studiengängen der Universität Augsburg ist, wie z. B. der Geogra-

phie, den Umweltwissenschaften, der Physik, den Materialwissenschaften, den Erziehungswissenschaften, den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, dem Wirtschaftsingenieurwesen, der Umweltethik und der sozialwissenschaftlichen Konfliktforschung. Neben einzelnen Lehrveranstaltungen betrifft dies vor allem aufeinander aufbauende Lehrmodule und weiterführende Qualifizierungsarbeiten, so dass sich eine „Augsburger Tradition“ in der Vernetzung von Studiengängen und der interdisziplinären Lehre unter Beteiligung zahlreicher Lehrstühle, allen voran des neu gegründeten Lehrstuhls für Ressourcenstrategie, etabliert hat.

Diese Entwicklung ist das Resultat einer langjährigen Zusammenarbeit verschiedener Institute und damit der kontinuierlichen Verknüpfung von unterschiedlichen fachdisziplinären Kompetenzen rund um das Thema eines zukunftsfähigen und verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen. Zahlreiche Diskussionspartner und Ideengeber haben diesen Weg begleitet – ihnen gilt unser Dank! Stellvertretend für viele sind hier zu nennen: Prof. Dr. Markus Huppenbauer (ETH Zürich), Prof. Dr. Dr. Gunther Gottlieb (Universität Augsburg), Dr. Walter Schindler, Dr. Jens Soentgen vom Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg sowie dessen langjährige Mitglieder und Mitarbeiter. Ferner gilt unser Dank den Mitgliedern der Institute für Physik, Geographie und Materials Resource Management der Universität Augsburg. Insbesondere dem Mitarbeiterteam des Lehrstuhls für Ressourcenstrategie, allen voran Renate Diessenbacher, sei für die vielen Diskussionen und die fortwäh-

rende Unterstützung herzlich gedankt. Schließlich möchten wir auch die vielen Studierenden erwähnen, die mit ihren Ideen und erarbeiteten Stoffgeschichten wichtige Anregungen und Impulse für unsere Arbeit lieferten.

Zu guter Letzt danken wir vor allem den Autorinnen und Autoren, die an diesem Lehrbuch tatkräftig mitgewirkt und dazu beigetragen haben, die Erkenntnisse aus der jahrelangen Zusammenarbeit in einem Lehrbuch zu vereinen. Erst durch ihren unermüdlichen Einsatz wurde es möglich, die vielfältigen Facetten des Themas einer breiten Leserschaft zugänglich zu machen. In diesem Zusammenhang geht unser Dank auch an Dr. Martina Blum für die sehr sorgfältige Mitarbeit beim Lektorat sowie an Julia Grimm für die Zuarbeit beim Beschaffen von Daten.

Ein solches Buch bietet – gerade in seiner ersten Fassung – sicherlich in einzelnen Punkten auch Anlass zu Kritik und Ansätze für Verbesserungen. Hier sind wir auf Ihre Mithilfe als Leserin und Leser angewiesen. Über eine Rückmeldung zur Konzeption und zum Inhalt des Buches würden wir uns sehr freuen. Hinweise auf Fehler oder Unstimmigkeiten sind ebenfalls willkommen. Vielen Dank für Ihre Unterstützung und Ihr Interesse an diesem – aus unserer Sicht – überaus zukunftsrelevanten Thema des verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen!

Augsburg, Herbst 2013

Armin Reller, Luitgard Marschall,
Simon Meißner und Claudia Schmidt

Einleitung



Armin Reller, Luitgard Marschall, Simon Meißner, Claudia Schmidt

DIE WELTWIRTSCHAFTLICHE EXPANSION

und die Globalisierung haben zu einer Nachfrage nach Energie und unterschiedlichsten Rohstoffen in bisher nie da gewesenen Dimensionen geführt und in eben solchem Maß soziale und ökologische Probleme hervorgerufen. Die Konsequenzen unseres bisherigen Handelns machen sich erst nach und nach bemerkbar: in Form einer zunehmenden Verknappung natürlicher Ressourcen, daraus resultierenden Verteilungskonflikten, der Ausbildung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Disparitäten, des Klimawandels und anderer globaler Zusammenhänge. Diese Entwicklung wird sich in den kommenden Jahrzehnten weiter dynamisieren und verschärfen, wenn langfristig keine Wege der suffizienten und global verantwortlichen Ressourcennutzung eingeschlagen werden und eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs erfolgt. Momentan gelingt es noch zu selten, umzudenken sowie alltägliche Verhaltens- und Konsummuster zu ändern, zumal die Anreize hierfür gering sind. Um die Zukunft verantwortungsbewusst gestalten zu können, gilt es auch, die Ursachen und Folgen der oftmals bedrohlichen Entwicklungen umfassend zu verstehen. Der „zukunftsfähige und strategische Umgang mit Ressourcen“ ist damit ein hochaktuelles Thema und gewinnt zunehmend an Brisanz in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.

Bei der Auseinandersetzung mit dem künftigen Ressourcenumgang stellen sich viele Fragen und Herausforderungen: Wie wird sich die zukünftige Rohstoffverfügbarkeit entwickeln? In welchem Ausmaß führen die steigende Nachfrage nach Energie, Metallen, Wasser, usw. zu sozialen und politischen Konflikten? Werden wir durch neue Technologien in der Lage sein, mit Umweltbelastungen umzugehen, zu denen die Globalisierung und das rasche Anwachsen der Weltbevölkerung unweigerlich führen? Sind in Zukunft verstärkt politische und rechtliche Regelungen von Nöten? Welche ethischen und moralischen Grenzen gilt es bei der Ressourcennutzung zu beachten? Welchen Beitrag können wirtschaftliche, technische und gesellschaftliche Innovationen zur Steigerung der Ressourceneffizienz und -suffizienz leisten? Wie können Bildung und Wissen dazu beitragen, diese Herausforderungen in Zusammenhang mit Ressourcen und Umweltfragen zu kommunizieren und zu meistern?

Insbesondere aus Sorge vor einer zukünftigen Rohstoffverknappung wurden in den letzten Jahren – national wie international – immer mehr Arbeits- und Forschungsgruppen zu dem Thema gegründet und institutionalisiert. Mittlerweile setzen sich auf wissenschaftlicher, politischer und ökonomischer Ebene immer mehr Vertreterinnen und Vertreter unterschiedlichster Institutionen mit oben ge-

nannten Fragestellungen auseinander und versuchen, die für die zukünftige Entwicklung relevanten Herausforderungen zu analysieren sowie realisierbare Handlungsvorschläge zu erarbeiten.

Um die genannten Probleme beschreiben und Lösungen entwickeln zu können, reicht die Betrachtung von Wertschöpfungsketten und Technologien nicht aus. Mit bislang üblichen Herangehensweisen, die sich meist auf ein natur- und wirtschaftswissenschaftliches Verständnis mit dem Ziel der Effizienzsteigerung oder der umfassenden Quantifizierung von Umwelt- und Verknappungsrisiken stützen, können wir nicht die zunehmend komplexen Zusammenhänge und wenig vorhersagbaren Entwicklungen in Politik, Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt nachvollziehen. Um neue Lösungsansätze und Strategien für einen nachhaltigen Umgang mit knappen und essentiellen Rohstoffen zu entwickeln, ist es vielmehr geboten, disziplinar begrenzte Sichtweisen und Problemdefinitionen zu überwinden. Gefragt ist ein fachübergreifender und integrativer Ansatz, der neben technischen, wirtschaftlichen und ökologischen auch kulturgeschichtliche, soziale und ethische Gesichtspunkte einbezieht und diese kontextspezifisch vernetzt.

Veröffentlichungen und Lehrbücher, die eine solche interdisziplinäre Betrachtung der globalen Stoffkreisläufe und weltweiten Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe leisten, sind kaum vorhanden. Das vorliegende Lehrbuch will dazu beitragen, diese Lücke schließen und einen integrativen Einblick in die Thematik der Nachhaltigkeit und Ressourcenstrategie aus Sicht unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen ermöglichen. Dabei sollen sowohl inhaltliche als auch methodische Kompetenzen aus den Natur- und Wirtschaftswissenschaften wie auch den Geistes- und Sozialwissenschaften zusammengeführt werden, um potentielle Anknüpfungspunkte und Synergien für eine Zusammenarbeit zwischen den Fachdisziplinen aufzuzeigen.

Interdisziplinäres Arbeiten, Forschen, Lehren und Lernen bietet jedoch nicht nur Chancen, sondern stellt alle beteiligten Akteure vor viele Herausforderungen: Jede Disziplin hat ihre eigene Sprache, wissenschaftliche Tradition und Kultur; sie verwendet Begriffe und arbeitet mit Theorien, die für Fachfremde auf den ersten Blick schwer verständlich sind. Solche Hürden zu überwinden, setzt sowohl die Bereitschaft zur Auseinandersetzung und Einarbeitung in neue Themenfelder als auch Offenheit gegenüber anderen Denkweisen und Ansichten voraus. Gleichzeitig gilt es, sich kritisch und reflektiert mit den jeweiligen Aussagen und Ansichten auseinanderzusetzen.

In diesem Lehrbuch führen Expertinnen und Experten aus der Sicht ihrer jeweiligen „Heimatdisziplin“ in das Thema eines zukunftsfähigen Umgangs mit Ressourcen ein. Auch wenn ein vereinfachter Zugang zum Fachwissen der einzelnen Disziplinen unser Anliegen war, haben wir viele ihrer disziplinären Eigenheiten und Ausdrucksweisen bewusst beibehalten. Denn ein wichtiger Aspekt der interdisziplinären Ausbildung ist aus unserer Sicht, sich mit fachspezifischem Wissen auseinanderzusetzen und seine disziplinäre Einordnung zu schulen. Es geht darum, „über den eigenen Tellerrand hinauszublicken“ und das Erkennen, Analysieren und Bewerten von komplexen, sich gegenseitig beeinflussenden Zusammenhängen und letztlich das Verknüpfen von Kontexten zu üben.

Das vorliegende Lehrbuch orientiert sich in weiten Teilen an einer interdisziplinären Grundlagenvorlesung an der Universität Augsburg, die als Ringvorlesung mit dem Titel „Ressourcenstrategie – Bildung für nachhaltige Entwicklung“ konzipiert und seit 2009 abgehalten wird. Sie wird ergänzt durch weiterführende und vertiefende Lehrveranstaltungen in unterschiedlichen Studiengängen. Viele der Dozentinnen und Dozenten haben sich auch an diesem

Lehrbuch als Autorinnen und Autoren beteiligt. Uns ist bewußt, dass nicht alle Themen rund um den Komplex „nachhaltiger Umgang mit Ressourcen“ in der ihnen gebührenden Weise behandelt werden. Wir beabsichtigen daher, in ergänzenden Publikationen diejenigen Gegenstände abzuhandeln, die im vorliegenden Buch nicht oder nur am Rande angesprochen werden.

Das Buch gliedert sich in vier Abschnitte, die chronologisch wie inhaltlich aufeinander aufbauen:

- ◆ Kapitel 1 führt in Form eines historischen Rückblicks in die gegenwärtige Ressourcenproblematik ein.
- ◆ Kapitel 2 bis 8 leisten eine Bestandsaufnahme des stofflichen, räumlichen und wirtschaftlichen Ist-Zustands der Ressourcennutzung und identifizieren, welche Herausforderungen für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen in der Gegenwart bestehen. Zunächst stehen die geographische Betrachtung der Ressourcenverteilung und die räumlichen Auswirkungen von Ressourcennutzung im Vordergrund. Ihnen folgt eine sozial- und politikwissenschaftliche Analyse der sich daraus ergebenden Konflikte. Aus Sicht der Innovationsforschung werden Maßnahmen und Innovationen ökologischer Nachhaltigkeit vorgestellt. Weiter werden die ökonomischen Grundlagen des Ressourcenmanagements sowie die technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen einer Kreislaufwirtschaft dargelegt. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Ressourcennutzung runden den zweiten Teil des Buches ab.
- ◆ Kapitel 9 bis 12 widmen sich der gesellschaftlichen Auseinandersetzung und möglichen Strategien zur Gestaltung eines verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen. Im Hinblick auf die wichtige Rolle von Bildung und ihrer Vermittlung behandeln sie Fragen der Bildung für nachhaltige Ent-

wicklung und deren Kommunikation. Bei der Bewertung von Umweltfragen darf auch ein umwelt- und ressourcenethischer Standpunkt nicht fehlen. Aus soziologischer Perspektive wird daher der Umgang von Gesellschaften mit Nichtwissen und Umwelt Risiken beleuchtet. Abschließend wird anhand des Konzeptes der Stoffgeschichten eine Möglichkeit vorgestellt, wie komplexe Sachverhalte unterschiedlichen Zielgruppen vermittelt werden können.

- ◆ Kapitel 13 zeigt schließlich unterschiedliche Dimensionen auf, die bei der Entwicklung einer zukunftsfähigen Ressourcenstrategie berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus werden Leitplanken und Kriterien für eine Kritikalitätsbetrachtung abgeleitet, die eine Orientierungshilfe bieten, um den Umgang mit Ressourcen langfristig auf den Pfad der Nachhaltigkeit zu bringen. Das Ziel dabei ist, eine dauerhafte Balance zwischen ökologischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedürfnissen herzustellen.

Um dem Lehrbuchcharakter gerecht zu werden, finden sich für jedes Kapitel am Ende des Buches – sei es zum Zweck des Selbststudiums oder zur Prüfungsvorbereitung – ausgewählte Übungsaufgaben und Kontrollfragen.

Das vorliegende Lehrbuch erhebt nicht den Anspruch, die Erkenntnisse der beteiligten Disziplinen umfassend darzustellen, sondern wurde als interdisziplinäre Einführung konzipiert, die den Einstieg in das komplexe Thema des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen erleichtern soll. Es wird vor allem der Ansatz verfolgt, die vielfältigen methodischen, wissenschaftstheoretischen und inhaltlichen Schnittstellen zwischen den Disziplinen aufzuzeigen, die zusammen einen wichtigen Beitrag für eine zukunftsfähige und verantwortungsvolle Entwicklung leisten können. Vor allem soll es Anregungen für die selbständige Vertiefung und Weiterführung des Themas geben.

Bis zur Erschöpfung – Zur Geschichte der Ausbeutung natürlicher Ressourcen

1



Luitgard Marschall, Simon Meißner, Claudia Schmidt

IM JAHR 2012 FIEL der sogenannte „Welterschöpfungstag“ (Earth Overshoot Day) auf den 22. August. Dieser Stichtag markiert jenen Tag im Jahr, an dem wir Menschen alle Ressourcen aufgebraucht haben, die uns die Erde für ein ganzes Jahr bereitstellen kann. In den restlichen Wochen und Monaten des Jahres leben wir über unsere Verhältnisse – wir zehren sozusagen von der Substanz. In die ökologische Verschuldung geriet die Menschheit erstmalig in den 1980er Jahren (s. Abb. 1.1). Damals wurden zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte die Fähigkeiten der Natur überstrapaziert, Ressourcen zu erneuern und Giftstoffe in Luft, Wasser und Boden

zu neutralisieren. Seither übersteigt der ökologische Fußabdruck der Menschheit immer mehr die Biokapazität des Planeten. Die Ressourcen sind also jedes Jahr etwas früher erschöpft und das Datum der jährlichen Grenzüberschreitung rutscht jedes Jahr um ein paar Tage weiter nach vorn im Kalender. 1999 übertraf der Bedarf der Menschheit das Angebot der Natur schon um etwa 20 % (WACKER-NAGEL ET AL. 2002: 9266 ff.). Gegenwärtig überfordern wir die Tragfähigkeit der Erde um 50 %. Und wenn wir den Kurs nicht bald ändern, reichen ab dem Jahr 2030 voraussichtlich auch zwei Planeten nicht mehr aus, um den zunehmenden Rohstoffhunger zu stillen und

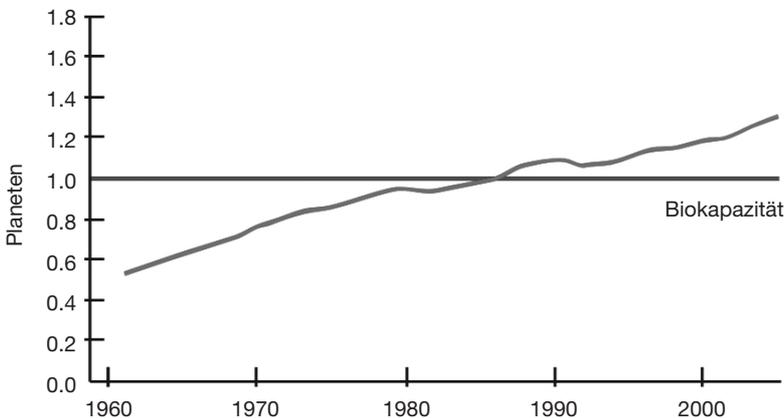


Abb. 1.1:
Ökologischer
Fußabdruck der
Menschheit
(MEADOWS ET AL.
2009: XVII).

die anfallenden Abfälle und Schadstoffe zu neutralisieren (WWF 2012: 6).

Schnelles Handeln scheint dringend geboten. Doch um neue zukunftsfähige Entwicklungspfade beschreiten zu können, die auf Nachhaltigkeit zielen und die Belastungsgrenzen der Umwelt nicht länger ignorieren, ist ein genaues Verständnis der gegenwärtigen Fehlentwicklung nötig. Was sind die tieferen Ursachen der heutigen Umwelt- und Ressourcenproblematik? Welche Triebkräfte haben innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit zum globalen Ausmaß der Krise geführt? Wann sind die entscheidenden Weichenstellungen erfolgt und wo liegen richtungsweisende Wendepunkte? Antworten auf derlei Fragen liefert die Umweltgeschichte (vgl. WINIWARDER & KNOLL 2007). Das Hauptinteresse dieser historischen Disziplin gilt den vielfältigen Aspekten der Wechselbeziehung zwischen Mensch und Umwelt. Darüber hinaus tragen auch die Technik- und die Konsumgeschichte dazu bei, den gegenwärtigen Zustand der ökologischen Grenzüberschreitung von seinen Entstehungsbedingungen her zu analysieren.

Der Blick auf die Vergangenheit verhilft nicht nur dazu, die Herausbildung komplexer Zusammenhänge und Sachzwänge Stück für Stück nachvollziehen und mögliche Verlaufsformen der Zukunft klarer abschätzen zu können. Die historische Perspektive vermag auch ein stärkeres Epochenbewusstsein für die Mensch-Umwelt-Problematik zu wecken (PFISTER 1994: 72) und jene Zeitschwelle auszumachen, die unsere heutige material- und energieintensive Epoche von ihrer vorangehenden, weniger verschwenderischen und umweltzerstörerischen Entwicklungsperiode trennt.

Fraglos greift der Mensch, seit es ihn gibt, in seine natürliche Umwelt ein. Bereits Jäger- und Sammlergesellschaften haben ihre Umgebung signifikant geprägt, indem sie Tiere erlegten oder kontrolliert mit Feuer umgingen. Dass

Rohstoffe aus der Erde gescharrt, in andere Regionen transportiert, zu technischem Gerät und Gebrauchsobjekten verarbeitet werden, ist ebenfalls kein neues Phänomen. Deshalb fällt es auch so leicht, historische Parallelen zu fast allen Umwelthemen zu finden, die heute Schlagzeilen machen: „Verschmutzung durch fossile Brennstoffe? Schon das mittelalterliche London atmete schwer, wenn sich die Abgase der Kohle mit dem feuchtkalten Wetter zum berüchtigten ‚Smog‘ vermengten“ (UEKÖTTER 2009: 14).

Trotzdem sehen Umwelthistoriker in dem derzeitigen Mensch-Umwelt-Verhältnis ein neues Phänomen. In seiner Untersuchung *Blue Planet – Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert* arbeitet etwa John McNeill anhand einer beeindruckenden Beispielfülle heraus, wie sehr sich das 20. Jahrhundert in seinen Auswirkungen auf die natürliche Umwelt von früheren Epochen unterscheidet (MCNEILL 2003). Im Zeitraum von nur 100 Jahren haben sich etwa die Bevölkerungszahl vervierfacht, die Wirtschaft um das 14fache und der Energieverbrauch um das 16fache zugenommen, während die industrielle Produktion sogar um den Faktor 40 gewachsen ist. Zugleich wurden aber auch am Ende des Jahrhunderts 13mal mehr Kohlendioxid in die Atmosphäre ausgestoßen und neunmal mehr Wasser verbraucht als zu seinem Beginn (ebd.: 9). Die Intensität, das Ausmaß und die Geschwindigkeit, mit der Menschen in diesem „verschwenderischen Jahrhundert“ Ökosysteme verändert hätten, seien in der Geschichte beispiellos – so das Fazit des Historikers.

Betrachten wir zusätzliche Umwelt- und Wohlstandsindikatoren aus den westlichen Industrienationen wie Flächenversiegelung, Abfallaufkommen oder Anzahl der Kraftfahrzeuge, so fällt auf, dass sich ihr Wachstum um 1950 geradezu sprunghaft beschleunigt. Der Umwelthistoriker Christian Pfister zieht daraus den Schluss, dass die besorgniserregende gegenwärtige Umweltsituation in erster Linie die Folge

solcher um die Jahrhundertmitte einsetzender exponentieller Wachstumsschübe sei. Pfister spricht in diesem Zusammenhang von dem „1950er Syndrom“. Gemessen am heutigen Zustand habe sich Europa noch bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts auf einem „umweltverträglichen, quasistationären Entwicklungspfad“ bewegt (PFISTER 1994: 74 ff.).

Richtungsweisender Wendepunkt für die Mensch-Umwelt-Problematik sind also die 1950er Jahre, die in Westeuropa den Übergang zu jenem üppigen Lebensstil markieren, der sich für die Umwelt spätestens gegen Ende des 20. Jahrhunderts als ruinös erweisen sollte. Bezeichnenderweise vollzog sich in diesem Jahrzehnt auch der Wandel von der Industrie zur Konsumgesellschaft. In der Bundesrepublik Deutschland etwa bildete sich das Phänomen des Massenkonsums in den 1950er und 1960er Jahren aus. Aus vielen ehemaligen Luxusgütern wie Kühlschrank, Waschmaschine oder Auto, die vormals nur einer kleinen privilegierten Bevölkerungsgruppe zugänglich waren, wurden weit verbreitete Gebrauchsgüter. Dem nordamerikanischen Vorbild folgend entwickelte sich der uneingeschränkte Konsum nun auch zum herausragenden Kennzeichen westeuropäischer Nachkriegsgesellschaften. Neue und außerordentlich energie- und materialintensive Lebensstile setzten sich durch und ließen bzw. lassen den Ressourcenhunger der westlichen Moderne nahezu unersättlich scheinen.

Um im Folgenden die Voraussetzungen und Schlüsselfaktoren für das Wachstum aufzuzeigen, das vor etwa 200 Jahren seinen Ausgang nahm und gegen Mitte des 20. Jahrhunderts im Zuge der Herausbildung der Konsumgesellschaft eine zusätzliche Dynamik gewann, richtet sich das Augenmerk auf gravierende Veränderungen in den Bereichen Energie, Entwicklung der Bevölkerung, Wirtschaft und Technik sowie der Globalisierung von Stoffströmen. In ihrer Summe ebneten sie den Weg in die heutige Überflussesgesellschaft – und damit auch in die

ökologische Verschuldung. Allerdings wäre der Eintritt ins „konsumistische Schlaraffenland“ nicht ohne den grundlegenden Wandel von Wertvorstellungen und Mentalitäten möglich gewesen (vgl. ANDERSEN 1997: 6f. u. 32), die ebenfalls beleuchtet werden.

1.1 Energetische Basis des Wachstums

Energie ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken – ob im Alltag oder bei der Produktion von Gütern und Dienstleistungen. Strenggenommen lässt sie sich weder erzeugen noch verbrauchen, sondern nur von einer Form in andere Formen überführen. Auf unserem Planeten steht sie in den verschiedensten Arten zur Verfügung. Für das menschliche Wirtschaften sind in erster Linie Strahlungsenergie sowie mechanische, chemische, thermische, elektrische und nukleare Energie bedeutsam. Da sich aber nicht jede Energieart für jeden Verwendungszweck einsetzen lässt, liegt die größte Herausforderung bei der Bereitstellung von Energie darin, die richtige Energieform im richtigen Moment am richtigen Ort zur Verfügung zu haben – noch dazu in möglichst großer Menge.

In der Agrargesellschaft war dieser Idealzustand so gut wie nie gegeben; ihre Mitglieder bewegten sich einem kontrollierten Solarenergiesystem. Zur Energiegewinnung waren sie auf die Kraft der Sonne angewiesen, die über den Umweg der Photosynthese Biomasse bereitstellte (s. dazu SIEFERLE 1997). Da der Zugriff auf fossile Energieträger fehlte, waren dem Ausmaß an verfügbarer Energie von vornherein enge Grenzen gesetzt. Menschen der Agrargesellschaft standen pro Kopf zehn- bis fünfzehnmal weniger Bruttoenergie zur Verfügung als Angehörigen der heutigen Konsumgesellschaft (PFISTER 1994: 74). Erneuerbare und nachwachsende Rohstoffe erfüllten unterschiedliche Funktionen. Sie dienten nicht nur als Energie-

träger, sondern lieferten zugleich Nahrungsmittel und fast sämtliche für die Produktion notwendigen Materialien. Holz, Torf, Stroh und natürliche Exkremate deckten also sowohl den Wärmebedarf zum Kochen und Heizen von Häusern als auch für die Herstellung von Ziegeln und das Schmelzen von Eisen. In mechanische Energie waren sie jedoch nicht umwandelbar.

Wichtigste Quelle für mechanische Energie war die Muskelkraft. Sie speist sich aus der chemischen Energie, die in Nahrungsmitteln gespeichert war. Ihre Wirksamkeit ließ sich durch den Gebrauch von Werkzeugen und die Nutzung von Wasserrädern und Windmühlen zum Mahlen von Getreide und zum Pressen von Öl steigern. Darüber hinaus ergänzten Zugochsen und Lastpferde die menschliche Leistung. Ochsen und Kühe waren lange Zeit die bevorzugten Arbeitstiere, da sie als Wiederkäuer Zellulose nutzen und so – im Unterschied zu Pferden – nur von Grasstopeln und Stroh leben können. Pferde konkurrierten dagegen direkt mit dem Menschen um Nahrung. Ein Ochse leistete in etwa die Arbeit von vier Menschen und lieferte zudem noch Fleisch und Leder. Hinzu kam, dass er sich vor einen Pflug spannen ließ. Während sich Menschen mit Hacken 200 Arbeitsstunden lang plagten, um einen Hektar Land für die Aussaat vorzubereiten, benötigte ein Ochse mit einem Holzpflug dafür etwa 13 Stunden. Deshalb konnten, seit Ochsen die schweren Böden pflügten, neue Räume für den Nahrungsmittelanbau erschlossen und mehr Tiere und Menschen ernährt werden. Doch noch um 1800, also zu Beginn der Industriellen Revolution in Europa, wurden mehr als 70 % der verwendeten mechanischen Energie durch menschliche Muskelkraft erzeugt (McNEILL 2003: 25).

Da sowohl Energieträger als auch Nahrungsmittel und Werkstoffe in erster Linie organischer Herkunft waren, bildeten kultivierbare Bodenflächen den wichtigsten Beschrän-

kungsfaktor des Solarenergiesystems. Energetisches Wachstum war nur durch die Ausweitung land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen zu erzielen, was lediglich innerhalb bestimmter Grenzen möglich war. Der einzige langfristige Energiespeicher war Holz – das „Holzlager“ der Wälder bot einen Vorrat für 200 Jahre und mehr (SIEFERLE ET AL. 2006: 103).

Die Beschränkungen des Solarenergiesystems zeigten sich auch bei der Bereitstellung von Produktionsmitteln. Werkzeugen und Geräten waren durch die geringe Druckfestigkeit und den hohen Verschleiß des Universalwerkstoffes Holz Leistungsgrenzen gesetzt. Die alternative Verwendung von robusterem Eisen scheiterte an den enormen Energiekosten, die durch das Verwenden von Holzkohle bei der Eisenverhüttung anfielen (PFISTER 1994: 75). Um Energie zu sparen, erfolgte die vorindustrielle Verhüttung von Eisen nahe an der Energiebasis – also mit einer Vielzahl kleiner Öfen inmitten von Wäldern und am Wasser. Pro Jahr stellte ein Klein-Hochofen auf Holzkohlebasis allerdings kaum so viel Eisen her wie ein heutiges Stahlwerk an einem Tag (ebd.: 75).

Demnach steckte die Agrargesellschaft „in einer Art Dynamikfalle“ (vgl. SIEFERLE 1997: 132 f.). Durch die vorgegebenen Grenzen des Solarenergiesystems war Wachstum zwar nicht ganz ausgeschlossen, aber starken Beschränkungen unterworfen. Da materielle Ressourcen so knapp wie teuer waren, waren Agrargesellschaften nicht in der Lage, gewaltige Energie- und Stoffflüsse in Gang zu setzen. Aus ökologischer Sicht war die energie- und materialarme Wirtschaftsweise durchaus vorteilhaft. Ackerbau und Viehzucht veränderten zwar die Umwelt erheblich, sie zerstörten diese aber nicht. Die wenigen Abfälle und Emissionen, die entstanden, konnten leicht durch die lokalen Ökosysteme bewältigt werden. Allenfalls in größeren Städten, wo sich auf engstem Raum menschliche Ausscheidungen mit Gewerbeab-

fall vermengten, wurde die Umwelt punktuell überlastet (PFISTER 1994: 75).

Mit dem Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft zu Beginn des 19. Jahrhunderts treten wir in die noch heute anhaltende Epoche der fossilen Energieträger ein, die nun den Großteil der Nutzenergie stellen. Durch das damals einsetzende zügellose Verfeuern von Kohlevorräten, die sich über Jahrtausende hinweg in der Erdkruste angehäuften, gelang es der Industriegesellschaft, sich von den Wachstumsgrenzen des solaren Energiesystems zu befreien – zumindest vorläufig.

Das ungebremsste Plündern nicht erneuerbarer Ressourcenbestände und die damit verbundene Nutzung neuer Antriebs- und Produktionstechnologien brachten der Industriegesellschaft einen plötzlichen Energieüberschuss und eröffneten bis dahin kaum vorstellbare Wachstumsmöglichkeiten. Der Übergang zu fossilen Energieträgern kennzeichnet einerseits einen gewaltigen Energietransfer von der Urzeit in die Moderne. Andererseits setzte er aber auch große Flächen frei, da die fossilen Energieträger kaum mit alternativen Formen der Flächennutzung zur Energiegewinnung konkurrierten. Bereits um 1840 entsprach das energetische Äquivalent der in Großbritannien verwendeten Steinkohle einem virtuellen Wald von der Größe des gesamten Landes. Die freien Flächen konnten nun für andere Zwecke verwendet werden – in erster Linie für die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion (SIEFERLE ET AL. 2006: 180ff.).

In Europa war Kohle schon seit dem 13. Jahrhundert in geringen Mengen für Heizzwecke gefördert worden. Ihr Abbau erfolgte damals in einfachen Gruben und war arbeitsintensiv und schwierig. Mit Schaufeln, Eimern und Seilzügen musste die schwere Steinkohle dem Berg regelrecht abgerungen werden. Die größte Herausforderung war dabei die Entwässerung der Stollen. Durch den Einsatz der Dampfmaschine gelang es ab Mitte des 18. Jahr-

hunderts, größere Mengen Grubenwasser abzupumpen und durch die leistungsfähigere und kostengünstigere Wasserhaltung immer tiefere Stollen ins Erdreich zu treiben. Bald schon ließen sich auch solche Kohlevorkommen erschließen, die mit den traditionellen Methoden nicht abbaubar waren. Infolgedessen stieg die weltweite Fördermenge an Kohle zwischen 1800 und 1900 von zehn auf 1000 Millionen Tonnen an (MCNEILL 2003: 28).

Hatten Dampfmaschinen zunächst nur die Funktion, im Kohlenbergbau Förderschächte zu entwässern, verbreiteten sie sich zunehmend auch als universelle Antriebsmaschinen (zur Entwicklung der Dampfmaschine s. TROITZSCH 1997: 47ff.). Als Kraftmaschinen, die thermodynamische Energie in mechanische Energie umwandeln, trieben sie im Laufe der Jahre immer neue Arbeitsmaschinen in den unterschiedlichsten Gewerbebereichen an. Die zunehmende Mechanisierung des Kohlebergbaus, der Textilherstellung und der Landwirtschaft bewirkte einen unglaublichen Produktivitätsschub, der mit zahlreichen weiteren technischen und arbeitsorganisatorischen Innovationen einherging.

Im Unterschied zu stationären Wind- und Wassermühlen sind Dampfmaschinen mobil und dadurch so gut wie überall einsetzbar – auch auf Schiffen oder Zügen. Mit Dampflokomotiven ließen sich nicht nur große Kohlemengen befördern – sie sorgten auch für den schnelleren Transport der nunmehr industriell erzeugten Güter. Indem das neue Verkehrssystem Eisenbahn die Transportkapazitäten erhöhte, senkten sich die Frachtkosten radikal (PFISTER 1994: 75). Dadurch vergrößerte sich der Einzugsbereich der Märkte, was Voraussetzung für eine großräumige und arbeitsteilige Wirtschaft ist.

Durch den schnellen Ausbau des Bahnnetzes stand im ganzen Land immer mehr Kohle zur Verfügung. Dies stieß eine zweite Industrialisierungsphase an, die sich hauptsächlich in der

Metall- und Maschinenindustrie, dem Fahrzeugbau und der Nahrungsmittel- und Chemischen Industrie abspielte (PFISTER 1994: 75). Der Aufschwung der neuen kohlebasierten Industriezweige gipfelte in der Hochkonjunktur vor dem Ersten Weltkrieg.

Kohlebefeuerte Fabriken siedelten sich bevorzugt dort an, wo Kohle- oder Erzbergbau betrieben wurden oder an zentralen Knotenpunkten des Schienennetzes. Auf diese Weise ließen sich die Transport- und Energiekosten gering halten. In Schwerindustrierevieren wie dem Ruhrgebiet oder in Metropolen wie London, wo sich energieintensive Arbeitsplätze und die dazu gehörigen Wohngebiete auf engstem Raum zusammendrängten, waren die Schadstoffemissionen besonders hoch (s. ausführlich in BRÜGGEMEIER & ROMMELSPACHER 1992). Kohlenstaub und Ruß verdunkelten die Städte – mit dem Verbrennen von Kohle ging eine ungeheure Luftverschmutzung einher.

Elektrizität erschien dagegen hell und sauber. Die um 1890 beginnende Elektrifizierung der Welt – ein Prozess, der noch immer nicht abgeschlossen ist – ließ den Verbrauch an Energie weiter ansteigen. Strom wurde mit den bekannten Energiequellen Kohle und Wasserkraft erzeugt, doch eröffneten sich mit ihm neue Nutzungsmöglichkeiten. Neben der Herstellung von Wärme bildete Elektrizität etwa die Grundlage für die Erzeugung von Licht. Waren Dampf- und Wasserkraft bislang überall dort zur Anwendung gekommen, wo große Energiemengen nötig waren, ging mit der Elektrizität die Tendenz hin zu immer kleineren Anwendungen: Von der Eisenbahn zu Individualfahrzeugen, von der Wäscherei zur Waschmaschine und gegen Ende des 20. Jahrhunderts vom Großrechner zum PC. Diese Entwicklung ging Hand in Hand mit dem Trend zu einem insgesamt steigenden Stromverbrauch (HÄNGGI 2011: 38).

Festgehalten sei, dass sich die westeuropäische Industriegesellschaft trotz intensiver

Nutzung des fossilen Energieträgers Kohle im Ganzen genommen noch bis in die 1950er Jahre auf einem verhältnismäßig umweltverträglichen Entwicklungspfad bewegte (PFISTER 1994: 77). Denn im Unterschied zur umweltbelastenden Entwicklung in den industriellen Ballungszentren konnten sich im ländlichen Raum die auf Selbstversorgung angelegten Strukturen der alten Agrargesellschaft noch bis in die 1950er Jahren halten (PFISTER 1994: 76). Ihre Produktionsweise war noch vergleichsweise umweltschonend – mit hohem Personaleinsatz, Pferdezug statt schwerer Traktoren, eigener Futterbasis, größtenteils hofeigenem Dünger und frei von Pestiziden und Herbiziden.

Auch das Konsumverhalten der europäischen Industriegesellschaften bewegte sich noch bis nach dem Zweiten Weltkrieg auf einem konstant niedrigen Niveau. Im Unterschied zur Entwicklung in den USA, wo sich bereits in der Zwischenkriegszeit die Konsumgesellschaft mit ihrem energie- und materialintensiven Lebensstil herausgebildet hatte (PFISTER 1994: 76), machten in Westeuropa Waren und Güter, welche die Grundbedürfnisse wie Ernährung, Wohnung und Bekleidung befriedigten, die größten Ausgabeposten aus. Der Grund für das zurückhaltende Konsumverhalten lag in den hohen Energiepreisen: So schlug die teure Gewinnung von Kohle deutlich in der Güterproduktion zu Buche. Erzeugnisse wie technisches Haushaltsgerät oder Personenkraftwagen, die über den unmittelbaren Grundbedarf hinausreichten, blieben daher für die Mehrzahl der Bürger noch unerschwingliche Luxusgüter. Erst mit dem Aufkommen des preiswerten Energieträgers Erdöl erhielten auch westeuropäische Konsumenten Zugang zu einer nie dagewesenen Fülle nunmehr erschwinglicher Güter und Waren – nun vollzogen auch sie den Einstieg ins konsumistische Warenparadies.

Das Zeitalter des Erdöls setzte in den USA gegen 1920 ein – in Westeuropa und Japan verdrängte Öl erst um 1950 die Kohle – den

Schlüsselenergieträger der Industriegesellschaft. Erdöl ist der Kohle gleich mehrfach überlegen: Seine Energiedichte ist höher, es lässt sich leichter transportieren, verbrennt sauberer und ist auch in der Verwendung vielseitiger. Hinzu kommt: Öl ist billiger als Kohle. Aus diesem Grund war die Herausbildung der Konsumgesellschaft aufs engste mit der Verfügbarkeit von Erdöl verknüpft. Mit dem Massengebrauch des flüssigen Brenn- und Grundstoffs entstanden neue und besonders energieintensive Produktions- und Konsumstile.

Die erste erfolgreiche Bohrung nach Erdöl geht auf das Konto des US-Amerikaners Edwin L. Drake. 1859 errichtete dieser in Pennsylvania den ersten Bohrturm. Drake beabsichtigte, Erdöl in großem Stil zu Kerosin zu verarbeiten, das als Lampen- und Maschinenöl das teure, immer knapper werdende Walöl ersetzen sollte. Ebenfalls in den USA wurden die richtungsweisen Techniken der Erdölchemie entwickelt. Denn das Öl musste vor seiner Verwendung in seine Bestandteile aufgespalten werden. Bis 1950 schöpften die USA den Brennstoff noch fast ausschließlich aus eigenen Quellen. Durch den wachsenden Verbrauch verblieb kaum Rohöl für den Export.

Dass sich die erdölbasierte Produktions- und Lebensweise Nordamerikas nach dem Zweiten Weltkrieg dennoch so rasch nach Europa und Japan ausbreiten konnte, verdankt sich dem Öl aus dem Nahen Osten. In der Golfregion wurden während des Zweiten Weltkriegs scheinbar unerschöpfliche Erdöllager gefunden. Nur deshalb konnte Westeuropa, wo Kohle aufgrund des Arbeitskräftemangels nach Kriegsende knapp war, beim Wiederaufbau seiner Wirtschaft auf Erdöl setzen. Den Weg dazu ebnete der Marshall-Plan. Er ermöglichte den Import von mittelöstlichem Öl zu günstigen Preisen (PFISTER 1994: 78, 84). In der Zeitspanne von nur zwei Jahrzehnten wurde so die Energieversorgung in West- und Mitteleuropa – trotz reicher Kohlevorkommen – größtenteils auf importiertes Erdöl aus dem Mittleren Osten umgestellt.

Mit dem Umstieg auf Erdöl vollzog sich eine welthistorisch einzigartige Verbilligung der relativen Energiepreise. Fortan folgten die Kosten für Öl nicht länger der Entwicklung sonstiger Lebenshaltungskosten, sondern nahmen im Vergleich dazu langfristig ab. Gemessen an den Löhnen war Energie in Europa zwischen 1950 und 1990 etwa fünfmal billiger geworden

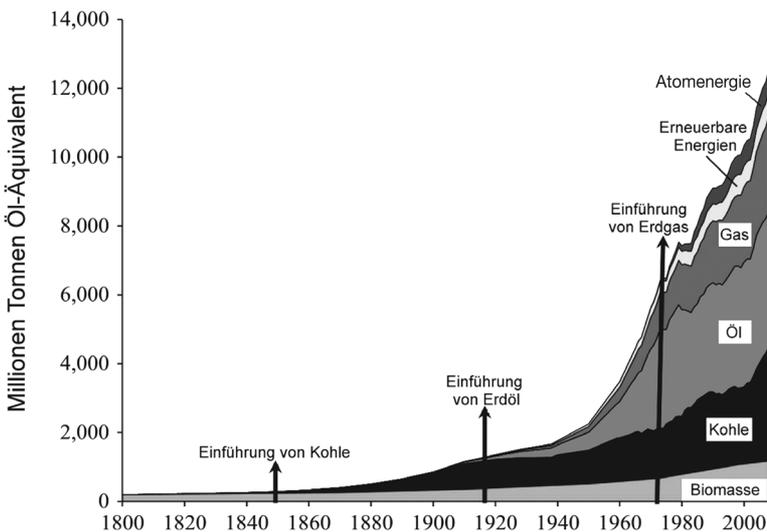


Abb. 1.2: Entwicklung des Weltenergieverbrauchs (FOUQUET & PLEARSON 2012:2) XVII).

(PFISTER 1994: 84). Dies legt den Schluss nahe, dass es die niedrigen Ölpreise waren, die den entscheidenden Impuls für den Übergang zum fordistischen Industrie- und Konsummodell gaben (MASSARRAT 1994: 95–106). Die „Dumpingpreise“ für importiertes Öl waren die Voraussetzung und Grundlage für die außerordentliche Steigerung des Wohlstandes nach dem Zweiten Weltkrieg, der seinen Ausdruck in extrem energieintensiven Produktionsformen, flächenzehrenden Siedlungsmustern und verschwenderischen Konsumpraktiken fand. War die weltweite Energiegewinnung im Verlauf des 19. Jahrhunderts durch die Nutzung von Kohle bereits um das Dreifache angestiegen, so nahm sie im 20. Jahrhundert, als Erdöl, Erdgas und in kleinerem Umfang noch Kernenergie hinzukamen, noch einmal um das 13fache zu (McNEILL 2003: 29). Wie Abb. 1.2 zeigt, ist von 1860 bis 1985 der Energiedurchsatz der Menschheit um das 60fache gestiegen.

Für die Umwelt war und ist der Siegeszug des Erdöls ruinös. Förderung und Transport ziehen gewaltige Schäden nach sich. Ein weltweites Netzwerk an Bohrtürmen und -plattformen, Pipelines, Öltankern und Raffinerien verschmutzen Luft, Wasser und Boden in großem Stil. Mehr noch: Durch das reichlich fließende Öl setzten sich auch das Auto und später das Flugzeug als Verkehrsmittel durch, die ebenfalls verheerende Folgen für die Umwelt mit sich brachten. Luft- und Straßenverkehr zählen inzwischen zu den größten Verursachern der Luftverschmutzung. Hinzu kommt der intensive Flächenverbrauch für den Straßenbau, der seit der Mitte des letzten Jahrhunderts ungebrochen ist. Auch gilt das Auto als Motor für die Zersiedlung der Landschaft durch ausufernde Suburbanisierungsprozesse.

Neben Autos und Lastkraftwagen treibt Erdöl aber auch Landmaschinen und Traktoren an. Es bildete die Voraussetzung für die Mechanisierung und Industrialisierung der Landwirtschaft, welche eine deutliche Steigerung des

Ernteertrags auf Kosten natürlicher Ökosysteme ermöglichte (vgl. BRAUN 1997: 17–22). Hingegen nutzte und nutzt die chemische Industrie Erdöl seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert als Grundstoff für Chemikalien, Düngemittel und Medikamente. Seither verdrängen Kunststoffe und andere synthetische Materialien in großem Umfang natürliche Substanzen und Werkstoffe. Da schlecht abbaubar, erhöhen sie die anfallende Müllmenge. Unzählige Chemikalien, enthalten in Nahrungs-, Wasch- und Körperpflegemitteln sowie in fast allen Alltagsprodukten, erwiesen sich im Nachhinein als giftig. Sie gefährdeten Flora und Fauna und belasteten Wasser, Boden und Luft (vgl. KAISER 1997: 473ff.).

Fest steht: Der Energieschub, den die fossilen Energieträger, vor allem Erdöl, mit sich brachten, veränderte Gesellschaften im 20. Jahrhundert dynamischer als in Tausenden von Jahren Menschheitsgeschichte zuvor. Billige, hochkonzentrierte und scheinbar grenzenlos zur Verfügung stehende Energie ermöglichte ungeahntes Wirtschaftswachstum. In den Industrieländern brachte diese Entwicklung eine enorme Steigerung der Güterproduktion und bislang unbekanntem Wohlstand hervor. Zugleich führte dieser Prozess auch zu einer maßlosen Vergeudung von Energie: Weltweit betrachtet vervierfachte bis verfünffachte sich im Verlauf des 20. Jahrhunderts die pro Kopf verbrauchte Energiemenge. In den 1990er Jahren beutete ein Erdbewohner ungefähr 20 „Energiesklaven“ aus (McNEILL 2003: 30). Das bedeutet: Ein einziger Mensch verbrauchte damals so viel Energie wie 20 Menschen erbringen würden, wenn sie das ganze Jahr hindurch 24 Stunden am Tag arbeiten würden. Der ungedrosselte Verbrauch fossiler Brennstoffe ging auf das Konto der Umwelt. Sie trug Schäden in einer Größenordnung davon, die bisher undenkbar gewesen waren. So bewirkten die flächendeckende Industrialisierung, Massensorientierung und der scharenweise Einzug

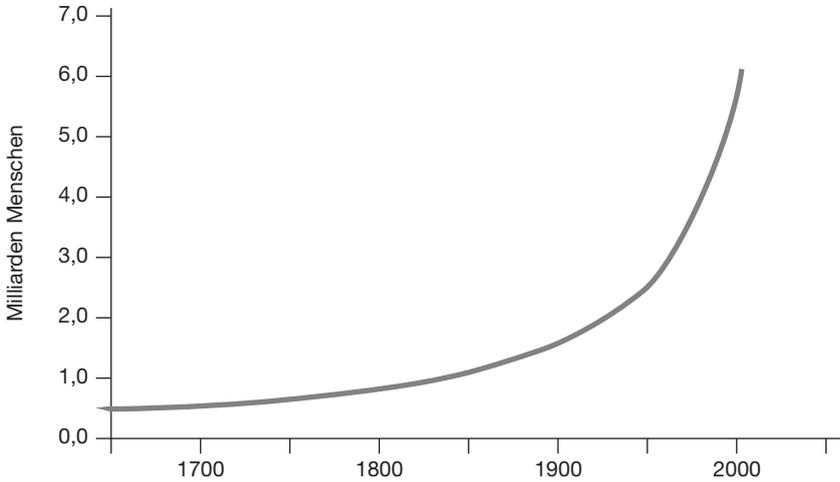


Abb. 1.3:
Wachstum der
Weltbevölkerung
(MEADOWS ET AL.
2009: 6).

chemischer Verbindungen in Alltag und Industrie ausgedehnte und schwerwiegende Verschmutzungen von Boden, Luft und Wasser. Vor dem Zweiten Weltkrieg lokal auftretende Umweltschäden entwickelten nach 1950 globale Ausmaße.

1.2 Bevölkerungswachstum und Urbanisierung

Die Zunahme des Energieverbrauchs korreliert mit dem Bevölkerungswachstum. Wie der Verbrauch an Energie vergrößerte sich auch die Erdbevölkerung über die längste Zeit der Menschheitsgeschichte nur sehr langsam. Krankheiten und Nahrungsmangel verursachten hohe Sterberaten, die jedoch mit hohen Geburtenraten die Waage hielten. Um 8000 v. Chr., also etwa zu der Zeit, als die Landwirtschaft „erfunden“ wurde, dürften zwischen zwei und 20 Millionen Menschen auf der Erde gelebt haben (COHEN 1995: 77). Die agrarische Produktivität stieg durch Ackerbau und Viehzucht stark an; ebenso durch das Sesshaftwerden vormals nomadischer Jäger- und Sammlerkulturen. Immer mehr Personen konnten vom Ertrag einer Flächeneinheit überleben. Die Einfüh-

rung der Landwirtschaft ermöglichte so den ersten signifikanten Bevölkerungsanstieg in der Geschichte der Menschheit. In der Folge nahm die Weltbevölkerung deutlich schneller zu als zuvor – mit jährlichen Zuwachsraten im Promillebereich war es gleichwohl ein vergleichsweise langsames Wachstum. Um die Zeitenwende, im Jahr 1 unserer Zeitrechnung, besiedelten etwa 200 Millionen Menschen die Erde. Bis 1750 stieg ihre Zahl allmählich auf ungefähr 800 Millionen Menschen an.

Der zweite signifikante Bevölkerungsanstieg in der Menschheitsgeschichte geht – wie der erste – auf gesteigerte Leistungsfähigkeit zurück. Er fällt mit der industriellen Revolution zusammen. Durch den Energieschub, den die Nutzung fossiler Energieträger mit sich brachte und durch zahlreiche technische Neuerungen in Industrie und Landwirtschaft nahm die Produktivität der – nunmehr – Industriegesellschaften sprunghaft zu. Parallel dazu begann die Bevölkerung exponentiell zu wachsen. Gegen 1800 wurde die erste Milliardengrenze erreicht. 150 Jahre später – um 1950 – lebten an die 2,5 Milliarden Menschen auf der Erde (s. Abb. 1.3). Die jährliche Wachstumsrate betrug über diesen Zeitraum hinweg 0,6 %. Das klingt nicht besonders hoch, bewirkte jedoch, dass

sich in den 100 Jahren zwischen 1850 und 1950 die Weltbevölkerung verdoppelte (MÜNZ UND REITERER 2007: 81). Seit Beginn der Industrialisierung waren die Wachstumsraten also um ein Vielfaches größer als in allen historischen Perioden davor. Im Jahr 1990 betrug die Weltbevölkerung 5,3 Milliarden Menschen; um die Jahrtausendwende stieg die Zahl auf sechs Milliarden an (COHEN 1995: 79).

Inzwischen teilen sich an die sieben Milliarden Menschen den Platz auf unserem Planeten. Doch werden sich die kontinuierlich steigenden Zuwachsraten des 20. Jahrhunderts nicht mehr lange aufrecht halten lassen. Prognosen der Vereinten Nationen gehen davon aus, dass sich die Weltbevölkerung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts auf dem Niveau von rund zehn Milliarden Menschen stabilisieren wird. Allerdings gab und gibt es weiterhin große Unterschiede zwischen industrialisierten Regionen und solchen mit anhaltender landwirtschaftlicher Subsistenzwirtschaft. Bis ins 19. Jahrhundert fand das Bevölkerungswachstum hauptsächlich in den Industrienationen statt. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist es jedoch infolge der wirksameren Bekämpfung von Krankheiten und einer besseren Nahrungsmittelversorgung fast ausschließlich in Entwicklungs- und Schwellenländern lokalisiert (MÜNZ & REITERER 2007: 81).

Fraglos wirkt sich ein rasantes Bevölkerungswachstum nachteilig auf die Umwelt und den Ressourcenverbrauch aus. Mehr Menschen benötigen nicht nur mehr Nahrungsmittel und Wasser – sie haben auch einen größeren Bedarf an Siedlungsraum und sonstigen Ressourcen für ihren Lebensunterhalt. Zugleich produzieren sie mehr Abfall und verursachen größere Mengen an schädlichen Emissionen. Hinzu kommt, dass rapides Bevölkerungswachstum den Prozess der Verstädterung vorantreibt und den Ressourcenkonsum dadurch zusätzlich erhöht. Städte sind die Wachstumsmotoren einer Volkswirtschaft. Und es ist gerade der Wunsch nach besseren Lebensbedingungen und mehr

Wohlstand, der Menschen vom Land in die Städte ziehen lässt (ANGENENDT 2011: 188).

Um 1700 existierten weltweit ganze fünf Städte mit mehr als einer halben Million Einwohner – jede davon war die Hauptstadt eines Landes: Istanbul, Tokio, Peking, Paris und London. 100 Jahre später war nur eine Stadt hinzugekommen, nämlich Kanton in der chinesischen Provinz Guangdong (MCNEILL 2003: 298). Bis zum 18. Jahrhundert war die Größe der Städte hauptsächlich durch die Produktivitätsgrenzen der Landwirtschaft in ihrem Hinterland und die Gefahren des städtischen Lebens begrenzt. Endemische und epidemische Krankheiten ließen in den Städten weitaus mehr Menschen sterben, als Kinder zur Welt kamen. Um die Bevölkerungszahl konstant halten zu können, war etwa London gegen 1650 auf jährlich 6000 Hinzuziehende angewiesen. 1750 starben in der englischen Hauptstadt halb so viele Menschen, wie im ganzen Land geboren wurden (MACFARLANE 1997: 22).

Das Städtewachstum nahm im Gefolge der industriellen Revolution deutlich zu. Im 19. Jahrhundert verbesserten sich die Umstände für das Leben in der Stadt. Einerseits änderten sich die Lebensverhältnisse grundlegend. Die industrielle Produktionsweise verbesserte die Versorgung mit Nahrung und Kleidung; Abwassersysteme und Wasserwerke hoben das Niveau der öffentlichen Hygiene an und durch die aufkommende Bakteriologie entwickelte sich die medizinische Versorgung weiter. Dadurch stieg am Ende des 19. Jahrhunderts die durchschnittliche Lebenserwartung drastisch an – und nimmt noch heute zu. Andererseits verbesserten sich auch die Transportbedingungen durch neue Eisenbahnstrecken und den Ausbau von Straßen- und U-Bahnlinien, wodurch sich der Einflussbereich der Städte auf immer größere Räume ausdehnte. Alte Städte wie London oder Wien wuchsen so zu Metropolen heran. Und auch neu entstehende Industriestädte wie Sheffield oder Manchester breiteten sich immer

weiter aus und verdichteten sich schließlich zu Ballungsräumen.

Zwischen 1800 und 1900 erhöhte sich weltweit die Zahl der Städte mit mehr als einer halben Million Einwohnern von sechs auf 43 – sie lagen vor allem in Westeuropa, Nordostamerika und an den Meeresküsten exportorientierter Nationen (McNEILL 2003: 299). Rund 14 % der Weltbevölkerung lebten um 1900 in Städten. Das Verhältnis der Stadt-/Landbevölkerung begann sich zu verschieben. 1850 war das sich industrialisierende England das erste Land gewesen, dessen Bevölkerung zur Hälfte in Städten lebte. In den USA war dies um 1920 der Fall, in Japan gegen 1935. Etwa in der Mitte des 20. Jahrhunderts griff die Urbanisierung auf die Sowjetunion und Lateinamerika über; ab 1960 erfasste sie fast alle Regionen der Welt. Im Jahr 1998 lebte die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten.

In den Industrieländern hat die Stadtbevölkerung während der letzten 50 Jahre nahezu linear zugenommen. Dagegen wuchs sie in den Entwicklungs- und Schwellenländern exponentiell an (MEADOWS ET AL. 2009: 18). Dieser Trend, der vermutlich noch einige Jahrzehnte anhalten wird, hängt damit zusammen, dass sich vor allem in den weniger industrialisierten Regionen rasant wachsende Riesenstädte – so genannte Megacities – herausbildeten. Bei dem Prozess wirkten Landflucht und natürliches Bevölkerungswachstum zusammen. Noch 1950 existierten auf der Welt nur drei Ballungsräume mit zehn Millionen Bewohnern und mehr: London, New York und Tokio-Yokohama. Die Riesenstädte hatten sich als Folge der Industrialisierung in den klassischen Industriestaaten entwickelt. Am Ende des 20. Jahrhunderts überschritten hingegen bereits 20 Metropolregionen die Zehnmillionengrenze (McNEILL 2003: 91).

Die neuen Stadtgiganten wuchsen vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern heran, in denen die Rechtsverhältnisse oft unsicher, politische Konstellationen schwankend und öf-

fentliche Gelder meist knapp waren. Megastädte wie Hongkong, Mexiko-Stadt, Kalkutta oder Sao Paulo stellen eine weitestgehend künstliche und technikgeprägte Umwelt für den Menschen dar. Zu ihren Kennzeichen zählt eine aufwändige Infrastruktur mit U-Bahnen, Aufzügen, künstlicher Beleuchtung und Klimatisierung. Ihr Energie- und Ressourcenverbrauch ist gigantisch und logistisch immens herausfordernd. Ihre Versorgung mit Ressourcen und die Entsorgung des anfallenden Mülls waren von Anfang an ein großes Problem. Neben Wasser und Energie für mehrere Millionen Menschen benötigen sie riesige Mengen an Bauholz, Zement, Ziegel, Nahrung und Brennstoffe. So gesehen sind Megastädte riesige Konglomerate von Stoffen, Energie und Abfällen. Um ihre stofflichen und energetischen Bedürfnisse zu befriedigen, greifen die Stadtriesen nicht nur auf die Ressourcen des eigenen städtischen Hinterlands bzw. ihrer eigenen Nation zurück, sondern beanspruchen auch Rohstoffe anderer Kontinente. Dementsprechend reichen auch die Umweltfolgen der Riesenstädte weit über die eigenen Stadtgrenzen hinaus.

Wohl kaum ein Prozess hat die Umwelt so radikal verändert wie die Urbanisierung im 20. Jahrhundert. Besonders das Wachstum der Megacities wurde zum entscheidenden Faktor für die ökologische Problematik am Jahrhundertende. Die urbanen Stoffwechselprozesse griffen vorwiegend auf zwei Arten in die Umwelt ein: durch Luftverschmutzung und Flächenverbrauch. Laut einer Schätzung der WHO von 1988 atmeten von den damals 1,8 Milliarden Stadtbewohnern der Welt mehr als eine halbe Milliarde Luft ein, die mit gesundheitsschädlichem Schwefeldioxid, Feinstaub oder Ruß verpestet war. Was das räumliche Wachstum betrifft, nahmen Städte um 1900 ungefähr 0,1 % der Landfläche der Erde ein; 1990 waren es bereits etwa 1 % (McNEILL 2003: 98, 300 u. 306 ff.). Absehbar ist, dass die Verstädterung weiter voranschreiten wird. Vorherrschende