

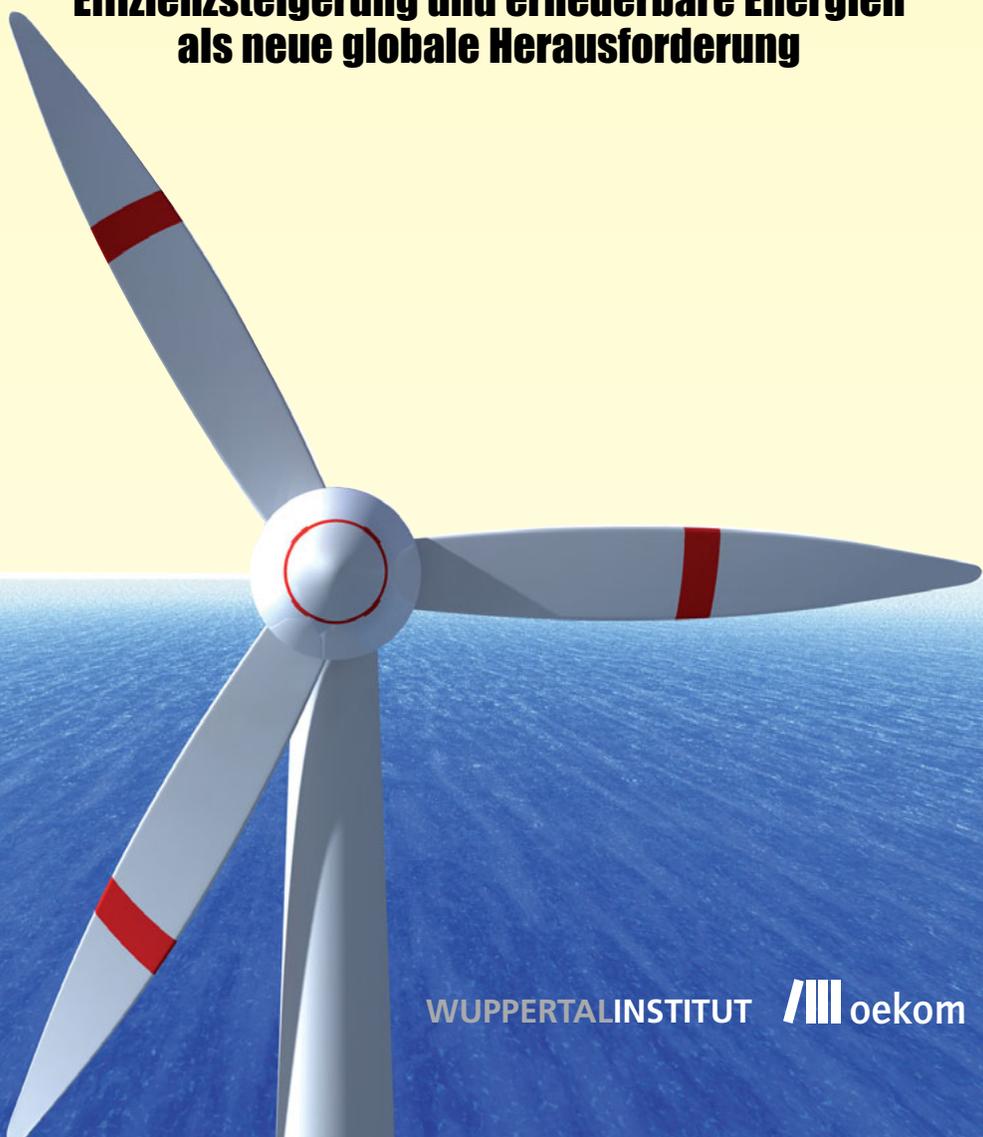
Peter Hennicke, Susanne Bodach

Energie REVOLUTION

**Effizienzsteigerung und erneuerbare Energien
als neue globale Herausforderung**

WUPPERTALINSTITUT

 oekom



Dieses Buch wurde klimaneutral hergestellt.
CO₂-Emissionen vermeiden, reduzieren, kompensieren –
nach diesem Grundsatz handelt der oekom verlag.
Unvermeidbare Emissionen kompensiert der Verlag
durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt.
Mehr Informationen finden Sie unter www.oekom.de/ueber-uns/nachhaltigkeit-bei-oekom/klimaneutraler-verlag.html



Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

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

© 2010 oekom, München
oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH
Waltherstraße 29, 80337 München
Korrektorat: Gotlind Blechschmidt
Satz: Werner Schneider
Umschlaggestaltung: Sarah Schneider
Titelbild: Fotolia, Joerg Vollmer

Druck: Kessler Druck + Medien, Bobingen
Dieses Buch wurde auf FSC-zertifiziertem Papier gedruckt.
FSC (Forest Stewardship Council) ist eine nichtstaatliche,
gemeinnützige Organisation, die sich für eine ökologische und
sozialverantwortliche Nutzung der Wälder unserer Erde einsetzt.

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-86581-205-6
Printed in Germany

Bitte FSC-Logo einsetzen

Peter Hennicke, Susanne Bodach

EnergieREVOLUTION

**Effizienzsteigerung und erneuerbare
Energien als globale Herausforderung**

unter Mitarbeit von
Nikolaus Supersberger und Dorle Riechert

Inhalt

KAPITEL 1	
Transformation in eine »postkarbone Gesellschaft«	9
<hr/>	
KAPITEL 2	
Die Fortschreibung heutiger Energiesysteme ist nicht nachhaltig	19
Großstrukturen und Versorgungssicherheit 2.1	20
Fossile Energieträger 2.2	23
Energiestrukturen in Entwicklungs- und Schwellenländern 2.3	26
Risiken heutiger Energiesysteme 2.4	31
<i>Klimawandel</i>	32
<i>Ressourcenknappheit</i>	36
<i>Nuklearisierung</i>	39
<hr/>	
KAPITEL 3	
Was ein modernes Energiesystem ausmacht	43
Gerechtigkeit im Ressourcen- und Umweltraum 3.1	44
<i>Energie – ein öffentliches Gut</i>	46
<i>Die »wahren« Kosten von Energie</i>	48
<i>Entwicklungsfaktor Energie</i>	50

Die Modelle der Zukunft	3.2	52
<i>Kontraktion und Konvergenz</i>		52
<i>Die Vision der 2.000-Watt-pro-Kopf-Gesellschaft</i>		54
<i>Effizienz, qualitatives Wachstum und Konsistenz</i>		56
Wie lassen sich die richtigen Wege finden?	3.3	58
<i>Szenarien</i>		58
<i>Globale Energierevolution</i>		62

KAPITEL 4

Technologien für Nachhaltigkeit		67
Solarstrahlung	4.1	69
<i>Photovoltaische Stromerzeugung</i>		70
<i>Solarthermische Wärmebereitstellung</i>		73
<i>Solarthermische Kraftwerke</i>		75
Windenergie	4.2	78
Geothermie	4.3	82
<i>Oberflächennahe Geothermie</i>		82
<i>Tiefengeothermie zur Wärmenutzung</i>		82
<i>Tiefengeothermie zur Stromerzeugung</i>		83
Biomasse	4.4	84
Wasserkraft	4.5	89
Meeresenergie	4.6	92
Nutzungsstand der erneuerbaren Energien	4.7	92
Potenziale der Erneuerbaren	4.8	99
Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und ihre Potenziale	4.9	101

KAPITEL 5

Das Energieproblem in Entwicklungsländern		107
Subventionen – wirksames, aber gefährliches Politikinstrument	5.1	109
Energieproduktivität	5.2	113

Externe Kosten	5.3	115
Energie und Entwicklung	5.4	118
Energie und Armut	5.5	121
Energie und Gesundheit	5.6	126
Landflucht und Ballungsräume	5.7	128
Bildungs- und Entwicklungschancen für Frauen und Kinder	5.8	129
Entwicklung ermöglichen	5.9	130

KAPITEL 6

Lösungsansätze für Entwicklungsländer		133
Anforderungen an die Energieversorgung der Zukunft	6.1	134
<i>Ressourcenschonung</i>		136
<i>Umwelt- und Klimaverträglichkeit</i>		136
<i>Umfassende Wirtschaftlichkeit</i>		138
<i>Bedarfsgerechte Versorgung</i>		140
<i>Dauerhafte Versorgungssicherheit</i>		141
<i>Internationale Verträglichkeit</i>		141
Erneuerbare Energien und Energieeffizienz	6.2	142
Dezentrale Versorgung und zentrale Stromerzeugung auf Basis der Erneuerbaren	6.3	147
Umsetzungsoptionen	6.4	151
<i>Globale Partnerschaften für nachhaltige Energieversorgung</i>		151
<i>Erneuerbare Energien für ländliche Entwicklung</i>		154
<i>Herausforderung Megastädte</i>		157
Impulse für nachhaltige Entwicklung	6.5	161
<i>Beitrag zur nationalen Wertschöpfung</i>		161
<i>Erneuerbare Energien und Armutsbekämpfung</i>		162
<i>Bedeutung erneuerbarer Energien für mehr Geschlechtergerechtigkeit</i>		163

KAPITEL 7

Große Herausforderungen – neue Chancen für Entwicklungsländer 167

Barrieren für Erneuerbare und Energieeffizienz 7.1 168

Technische Barrieren 169

Wissens-, Kapazitäts- und Wahrnehmungsdefizite 169

Institutionelle und politische Barrieren 170

Finanzielle und wirtschaftliche Hemmnisse 171

Instrumente 7.2 172

Schaffung eines funktionierenden Energiemarktes 173

Förderung internationaler Zusammenarbeit 176

Zugang zu moderner Energie in ländlichen Regionen 177

Verbesserung der Endenergieeffizienz 179

Aufbau von lokalen Kapazitäten 182

Förderung von Innovationen im Energiesektor 182

Institutionen globaler Energiepolitik 7.3 184

Internationale Energieagentur (IEA) 184

IRENA 186

Klimarahmenkonvention 187

UN-Organisationen 188

Deutsche Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit 189

GEF 190

Weltbank und IFC 191

Europäische Union 192

World Energy Council (WEC) 193

KAPITEL 8

Fazit 195

ANHANG

Glossar 199

Literaturverzeichnis 211

Kurzinfo zu den Autoren 219

KAPITEL 1

Transformation in eine »postkarbone Gesellschaft«

Dieses Buch folgt einer Dramaturgie, wie sie für einen Kriminalroman tödlich wäre: Opfer, Täter und der versöhnliche Ausgang werden gleich im ersten Kapitel vorgestellt. Das hat hier einen einfachen Grund: Im Energiesystem und beim Klima- und Ressourcenschutz sind die Zusammenhänge so komplex und teilweise auch so niederschmetternd, dass aus unserer Sicht den Leserinnen und Lesern besser von Anfang an zusammenfassend vermittelt werden sollte, wohin sie geführt werden, ehe das Buch in die notwendige Differenzierung einsteigt.

Der aufrüttelnde Titel eines im Jahr 2009 publizierten sozialwissenschaftlichen Buches zum Klimawandel lautet: »Das Ende der Welt – wie wir sie kannten.«¹ Für kaum einen gesellschaftlichen Bereich trifft diese Formulierung so sehr ins Schwarze wie für das weltweite Energiesystem mit seinen Folgen. Und das im doppelten Sinn: »Weiter so« in die Katastrophe oder »Aufbruch« in eine nachhaltige Energiewelt, so lauten die energiepolitischen Alternativen, die beide die Welt, wie wir sie kannten, grundlegend verändern werden. Beide Wege sind heute möglich und mit ihnen geht die »alte Energiewelt« entweder in Trümmer oder mit neuer Hoffnung zu Ende.

Die energiepolitischen Alternativen, die die Welt verändern

Bleibt das Energiesystem beim derzeitigen Trend des »business as usual«, dann werden wir schon in 30 Jahren in einer Welt leben, wie wir sie uns bisher nur in Albträumen vorstellen konnten. Denn der bis 2030 im Trend weiteransteigende Einsatz fossiler und nuklearer Energieträger (vgl. IEA/WEO 2008) bedeutet: dramatischer Klimawandel, latente Ressourcenkriege, drohende zivile und militärische Nuklearkatastrophen. Diese nicht nachhaltige Entwicklung wäre der »harte Pfad«.

Demgegenüber steht seit Jahrzehnten die Vision eines dezentralen »sanften Pfades«², in dem das Energiesystem natur- und sozial verträglich umgebaut wird. »Dezentral« meint hier: ökologisch und sozial verträglich, Risiko minimierend, unabhängiger von Konzernmacht, förderlich für Innovationen, Wettbewerb und Demokratie sowie für den Zugang zu Energie im Süden – ein Beitrag zur Armutsbekämpfung.

Heute sind die Konturen dieser Vision bereits in einigen Regionen der Welt so sichtbar, dass es vorstellbar wird, dass die Menschheit bis zur Jahrhundertmitte tatsächlich das Ende der bedrohlichen Energiewelt, wie wir sie heute kennen, erleben könnte. Allerdings muss die Alternative »dezentral« oder »zentral« zukünftig neu gedacht werden. Zutreffender

Dezentral – zentral?

1 Leggewie/Welzer 2009

2 Den Begriff hat Amory Lovins erstmalig in seinem visionären Artikel »Energy Strategy: The Road not taken?« (vgl. Lovins 1976) geprägt. Vgl. auch Lovins (1978). Das Öko-Institut hat dieses Konzept erstmalig für Deutschland quantifiziert; vgl. Krause et al. (1980).

sollte es heißen »effizient und erneuerbar« oder »ineffizient und fossil-nuklear«. Denn großtechnische Stromerzeugungstechnologien mit Solar- und Geothermie oder Offshorewindparks basieren zwar auf erneuerbaren Energiequellen, können aber schwerlich als dezentral bezeichnet werden. Dennoch sind ihre Risiken so unvergleichlich geringer und ihre langfristigen Erfolgsaussichten so viel größer als bei fossil-nuklearer Energieerzeugung, dass ihre Zuordnung zum sanften Pfad gut begründet werden kann.

Viele Analysen beschäftigen sich entweder mit den Energiesystemen im reichen Norden oder im armen Süden. Doch werden die globalen Abhängigkeiten in dieser Welt sowie Fragen der Macht und Ohnmacht von Ländern, Völkern und Unternehmen maßgeblich von der Verfügungsgewalt über Energieträger bestimmt. Eine »Systemrevolution« wäre insofern kaum isoliert zu denken.

Blick auf die
globale Energiewelt

Generell wirft das Buch den Blick auf eine globale Energiewelt, aber über die Chancen einer natur- und menschenverträglicheren Form der Globalisierung und über den sanften Pfad wird wesentlich auch lokal und regional entschieden. Es sind die unzähligen guten Beispiele und Projekte vor Ort, das gewaltige und kostengünstige Potenzial der Energieeffizienz und die Macht des Energiesparens sowie die ungeheure Vielfalt und Dynamik der erneuerbaren Energien, die aus der ehemaligen Utopie heute einen gangbaren sanften Pfad erkennen lassen. Die meisten dieser vielversprechenden Optionen für den Klima- und Ressourcenschutz haben einen ortsnahen Bezug. Und das gilt für den reichen Norden wie für den armen Süden. Immer wieder geht die Kraft der Veränderung von »Graswurzel«-Bewegungen oder von Akteuren dezentraler Infrastrukturen (wie z. B. Stadtwerke in Deutschland) aus, häufig sind regionale oder auch nationale politische und technologische Innovationen die Treiber globaler Entwicklungen hin zum sanften Pfad. Damit bekommt ein altes Motto eine neue Bedeutung: »Lokal handeln, um global zu verändern.« Es wird kein erfolgreiches weltweites Klimaschutzregime geben, wenn nicht durch lokale, regionale und nationale Beispiele demonstriert wird, dass ambitionierter Klimaschutz gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung nicht hemmt, sondern im Gegenteil fördert.

Insofern kann die Analyse der Perspektiven eines nachhaltigen Weltenergiesystems auch unter die Überschrift der »gemeinsamen, aber differenzier-ten Herausforderungen«³ von reichen Ländern des Nordens und armen Ländern des Südens gestellt werden. Gemeint sind damit die folgenden, in

3 »Common, but differentiated responsibilities« lautet ein Kernsatz der internationalen Klimadiplomatie, der die gemeinsame Bedrohung und Verursachung des Klimawandels betont, aber implizit auch auf die besondere Verantwortung und notwendige Führungsrolle der Industrieländer hinweist.

diesem Buch näher ausgeführten Eckpunkte und Zielperspektiven eines nachhaltigen Weltenergiesystems:

Reiche Industrieländer müssen ihr Wirtschaftswachstum absolut vom Energieverbrauch abkoppeln, das heißt, ihren Pro-Kopf-Energieverbrauch

**Energieverbrauch
vom Wirtschafts-
wachstum entkoppeln**

bei gleichzeitiger Steigerung wirklicher Lebensqualität etwa auf ein Drittel senken.⁴ Das ist neben einer drastischen Steigerung der Energieeffizienz (»Effizienzrevolution«) und des Marktanteils erneuerbarer Energien nur möglich, wenn sich nachhaltigere Produktions- und Konsummuster sowie zukunfts-

fähigere (»subsistente«) Lebensstile durchsetzen. Selektives (»qualitatives«) Wachstum muss generiert werden, indem grüne Leitmärkte forciert aus- und Risikomärkte (z. B. fossil, nuklear) zurückgebaut werden.

Entwicklungs- und Schwellenländer sollten »von Anfang an« – im wohlverstandenen Eigeninteresse – ihre Zuwachsraten beim Energieverbrauch durch Nutzung von möglichst modernen Effizienztechniken reduzieren (»relative Entkopplung«) und bei der Hebung des Lebensstandards, der ländlichen Elektrifizierung und Armutsbekämpfung möglichst nachhaltige Produktions- und Konsummuster unterstützen. Die unmittelbare Kombination modernster Effizienztechnik mit erneuerbaren Energien in möglichst vielen Projekten (z. B. Gebäuden, Gemeinden, Regionen) ist dabei ein Schlüssel, um unnötig energieintensive Entwicklungsetappen und Fehlentwicklungen der heutigen Industrieländer zu vermeiden und nachhaltige Entwicklungsmuster anzustoßen (z. B. LED-Beleuchtung mit Solarenergie; Handys statt Festnetztelefonie; Niedrigenergiehäuser statt scheinbaren Billigbau). EntwicklungsökonomInnen vergleichen dieses »Überspringen« von überholten Technologiemustern anschaulich mit Froschhüpfen (Leapfrogging).

Bleibe es allerdings bei diesen nur schwer gemeinsam lösbaren differenzierten Herausforderungen, wäre eine dauerhafte Technologie- und Klimaschutzpartnerschaft von Industrie- und Entwick-

**Gemeinsame
Lösungswege**

lungsländern »auf gleicher Augenhöhe« schwierig herstellbar. Es kommt daher darauf an, beginnend mit den Inhalten des Ausbildungssystems bis hin zu den technologischen, politischen und sozialen Innovationen, gemeinsame Lösungswege für Nord und Süd zu

konzipieren und mit Technologie-, Kapital- und Know-how-Transfer vom Norden in den Süden wirklich glaubwürdig zu unterstützen.

4 Vgl. hier Kapitel 3 und die Ausführungen zur »2000-Watt-pro-Kopf-Gesellschaft«

Gemeinsam ist vielen Ländern im Norden wie im Süden, dass

- a) ein nachhaltiges Energiesystem auf einem robusten technologischen Korridor, nämlich auf den »drei grünen Säulen« – rationelle Energienutzung, Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung und erneuerbare Energien – aufgebaut werden muss,
- b) keine Pfadabhängigkeiten durch spezielle Großtechniken und fossil-nukleare Primärenergiestrukturen geschaffen werden dürfen, von denen absehbar ist, dass sie aus Gründen des Klima- und Ressourcenschutzes oder der sozialen Akzeptanz nicht von Bestand sein werden,
- c) der institutionelle Wandel im Energiesystem in Richtung mehr Dezentralisierung, Liberalisierung und Demokratisierung vorangetrieben werden muss,
- d) nicht nur die Energieproduktivität, sondern die allgemeine Ressourcenproduktivität (inkl. sämtlicher biotischer und abiotischer Rohstoffe) drastisch gesteigert werden muss und nicht zuletzt,
- e) dass Energieunternehmen durch staatliche Leitplanken von »perfekten Externalisierungsmaschinen« in sozial und ökologisch verantwortliche Unternehmen umgesteuert werden müssen.

Gerade der letzte Punkt verdient besondere Aufmerksamkeit – im Norden wie im Süden. Keinem Industriezweig der Welt wird ein derartiges Ausmaß an Überwälzung von Kosten auf die Um-, Mit- und Nachwelt wie dem fossil-nuklearen Energiekomplex zugestanden, also allen Unternehmen, die direkt oder indirekt von der überwiegenden Herstellung oder Nutzung fossiler oder nuklearer Produkte und Dienstleistungen profitieren.

Zwar übernehmen auch Energiekonzerne unter öffentlichem Druck und durch neue staatliche Rahmenbedingungen inzwischen mehr Produktverantwortung. Aber die weltgesellschaftlichen Kosten für die Übernutzung der Atmosphäre als CO₂-Müllkippe oder für die Versicherung exorbitanter Risiken des Brennstoffzyklus (große Nuklearunfälle bis hin zur sicheren Atommülldeponierung über Jahrtausende) werden bisher nur marginal in die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung und Strompreise internalisiert. Denn würde dies für Atom- und Kohlestrom durch eine staatliche Steuer, Abgabe oder ein mutiges Cap-and-Trade-Zertifikatesystem erzwungen,⁵ wäre die erneuerbare Stromerzeugung längst wettbewerbsfähig und die Energieeffizienzrevolution fände weniger in Politikerreden als in der Realität statt.

5 Das Umweltbundesamt schätzt die externen Kosten der Stromerzeugung aus Braunkohle auf 8,7 cts/kWh und aus Steinkohle auf 6,8 cts/kWh; vgl. UBA 2007.

Der amerikanische Professor Mitchell hat für diesen im fossil-nuklearen Energiekomplex dominanten Unternehmenstyp zutreffend den oben zitierten

Begriff der »perfekten Externalisierungsmaschine« geprägt.⁶ Die akademische Formulierung von Sir Nicholas Stern, »der Klimawandel ist das größte und weitreichendste Marktversagen, das es je gegeben hat«,⁷ bekommt erst dann ihre industrie- und gesellschaftspolitische Brisanz, wenn Ross und Reiter bei den Verursachern klar benannt und zu gesellschaftlicher Verantwortlichkeit angehalten werden.

Ross und Reiter nennen

Mit »Manchmal könnte ich schreien« wurde das bemerkenswerte Interview mit Joachim Schellnhuber in der ZEIT (26. 3. 2009) überschrieben. Angesichts der sich häufenden wissenschaftlichen Belege über eine Beschleunigung des Klimawandels und dessen bisher unterschätzte Folgen (z. B. Abschmelzen der Polkappen, sogenannte Kippmomente; siehe auch *Kapitel 2/Klimawandel*), werden viele Experten, Autor und Autorin dieses Buchs eingeschlossen, sich diesem stillen Aufschrei anschließen. Der dennoch besorgt-optimistische Tenor dieses Buchs speist sich aus der Erkenntnis, dass nicht nur die Strategien und Technologien für einen angemessenen Klima- und Ressourcenschutz inzwischen bekannt sind, sondern auch im Kleinen schon millionenfach praktiziert werden.

Ein bedeutender wissenschaftlicher Beleg für diese These sei hier vorangestellt: Wissenschaftler der Princeton University haben im Jahr 2004 ihren umfassenden Überblick über die technischen und ökonomischen Klimaschutzstrategien mit dem überaus optimistischen Satz zusammengefasst: »Die Menschheit kann in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts das Kohlenstoff- und Klimaproblem lösen, in dem wir nur das hochskalieren, was wir schon heute zu tun wissen (»simply by scaling up what we already know to do.«).⁸

»scaling up what we already know to do«

Dieser Leitsatz – auf Industrie- und Entwicklungsländer bezogen – durchzieht dieses Buch von Anfang bis zum Ende und darin unterscheidet es sich auch von der Vielzahl vorliegender Bücher zu Energiefragen. Die Zukunftsanalyse des Buches schaut mit Szenarien – dem bestmöglichen wissenschaftlichen Instrument – in die Zukunft. Szenarien bilden technisch-wirtschaftlich mögliche zukünftige Energiesysteme unter »Wenn-dann-Bedingungen« ab, beanspruchen aber nicht, dass die Realität tatsächlich in diese Richtung steuert. Es geht also nicht um mögliche gesellschaftspolitische Überraschungen, die die Zukunft für uns sicherlich bereithält (z. B.

6 Mitchell (2002)

7 Stern (2006)

8 Pacala/Socolow (2004)

erneute Finanz- und Wirtschaftskrisen oder Kriege), es geht nicht um das Ausmalen von Katastrophengemälden und auch nicht um denkbare neue Durchbrüche bei der Klimaschutztechnik, z. B. bei der Wasserstoffwirtschaft oder einem nachhaltigen Mobilitätsmodell auf vollständig erneuerbarer Basis. Hinsichtlich großtechnischer Visionen beschäftigt sich das Buch z. B. nicht mit der Kernfusion, weil sich Befürworter und Gegner in dem Punkt einig sind, dass die Stromerzeugung durch Kernfusion bis 2030 als Beitrag zu Klima- und Ressourcenschutz irrelevant ist.

Der Anspruch des Buches ist vielmehr, die kühne Behauptung von Pacala und Sokolow zu verstehen. Was könnte es heißen, dass die Menschheit nur hochskalieren muss, was sie ohnehin in vielen Bereichen beim Klimaschutz schon heute weiß und tut? Dieses Buch ist dabei kritischer als Pacala/Sokolow in der Bewertung des Hochskalierens von Atomenergie, weil dies dem Globalziel der Risikominimierung widerspricht. Denn warum sollten Problemverlagerung (vom Klima- zum Atomproblem?) oder auch Risikostreuung (nur ein Mix mit Atomenergie ist zielführend?) akzeptiert werden, solange es ausreichende und bessere Alternativen zum Klima- und Ressourcenschutz gibt?

**Problemverlagerung
und Risikostreuung
nicht zielführend**

Für die Reduktion von CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger – Hauptursache des anthropogenen Klimawandels – kommen prinzipiell vier bekannte technologische Optionen in Betracht:

1. Die Steigerung der Umwandlungs- und Nutzungseffizienz,
2. der Einsatz erneuerbarer Energien,
3. die Nutzung weniger klimawirksamer Energieträger (z. B. Erdgas oder auch Uran) und
4. die CO₂-Sequestrierung (CCS: Carbon Capture and Storage).

Pacala/Sokolow entwickeln aus diesen Optionen 15 Strategien (»wedges«), die jeweils eine Milliarde Tonnen CO₂ bis 2055 vermeiden helfen und damit in der Summe ausreichen, einen deutlichen Trendwechsel und eine Dynamik zu ausreichendem Klima- und Ressourcenschutz einzuleiten. Derartige zielorientierte Technologiestrategien könnten skeptische Manager und Politiker zum Handeln motivieren und die Klimadiplomatie durch zielorientierte Technologieprogramme in Schwung bringen. Aber das Hauptproblem ist nicht die Technik, sondern das nur scheinbar einfache Hochskalieren (»simply by scaling up«); zumal Pacala/Sokolow das Potenzial risikoarmer technischer Optionen (z. B. die Energieeffizienz) keineswegs ausschöpfen und stattdessen eine Risikoverlagerung (z. B. zur Kernenergie) als Option zulassen.

**Mehr Chancen
als Risiken durch
Klimaschutz**

Heute kann kaum noch bestritten werden, dass ein durch aktiven Klimaschutz staatlich forcierter Strukturwandel wirtschaftlich weit mehr Chancen als Risiken impliziert.⁹ Insbesondere der Stern-Report von 2006 hat eine erstaunliche Kehrtwendung der herrschenden Nutzen-Kosten-Analysen des Klimaschutzes eingeleitet. Vermutlich auch in Hinblick auf die für den Klimaschutz entscheidenden Jahre 2009 (Klimakonferenz in Kopenhagen) bis 2010/11 (Last-Minute-Einigung der Weltgemeinschaft auf wirklich durchgreifenden Klimaschutz!) hat eine förmliche Explosion von Studien und Analysen über eine prinzipiell positive Verbindung von Klimaschutz und wirtschaftlicher Entwicklung eingesetzt.¹⁰

Das neoliberale Credo »Ambitionierter Klimaschutz ist zu teuer, senkt den Lebensstandard und bedroht die Wettbewerbsfähigkeit« wurde so schnell und gründlich über Bord geworfen, dass heute eine andere Warnung angebracht scheint: Aus manchen Studien wird nicht klar, ob der Staat als zögernder Klimaschutzakteur exkulpiert oder ermutigt werden soll. So zeigt z. B. die Weltanalyse von McKinsey, dass 20 bis 30 Milliarden Tonnen CO_{2e} bis 2030¹¹ »profitabel« vermieden werden können, sofern die Kosten pro emittierte Tonne auf 60 Euro ansteigen. Die einzige Aufgabe der Staaten bestünde dann darin, ein weltweites Cap-and-Trade-Zertifikatesystem durchzusetzen und die noch erlaubte Menge (»cap«) freigesetzter Emissionen so drastisch zu begrenzen, dass sich dieser Preis einstellt. Ob und gegebenenfalls wann es ein weltweites Zertifikatesystem mit dieser Wirksamkeit gibt, ist offen. Soll sich die Welt bis dahin mit steigenden CO₂-Emissionen abfinden? Offenbar kann ein Zertifikatesystem nur ein, allerdings wichtiger Teil eines heute höchst dringlichen Policy Mix für verstärkte Klimapolitik sein.

Die weltweite Einigung auf wirksame Politiken ist auch deshalb schwierig und langwierig, weil Klimaschutzpolitik wegen der drastischen sektoralen, internationalen und intergenerationellen Verteilungseffekte keineswegs »einfach« umgesetzt werden kann. Es handelt sich vielmehr um revolutionäre Veränderungen im Denken und Handeln und um neue Prioritätensetzung – vor allem von Politik und Wirtschaft, aber auch bei Konsummustern und Lebensstilen. Denn es sind grundlegende Fragen politischer, ökonomischer und sozialer Natur, die gelöst werden müssen, damit das technische Scaling-Up möglich wird.

**Neue
Prioritätensetzung**

9 Vgl. Stern (2006) und Hennicke (2007)

10 Vgl. hierzu UBA (Hrsg.) 2009; ISI/Roland Berger (2009); McKinsey (2009); PIK et al. (2009); WWF/Prognos/Öko/Ziesing (2009); ADAM (EU27)

11 Im Jahr 2010 liegt die voraussichtliche Emission von CO_{2e} bei ungefähr 53 Gt CO_{2e}/Jahr. »e« steht dabei für »equivalent« d. h. alle anderen Treibhausgase werden als Äquivalente von CO₂, dem wichtigsten Treibhausgas, berücksichtigt.

Die Finanz- und Weltwirtschaftskrise bietet hier Chancen, weil sie nicht nur eine Pause des Anstiegs der CO₂-Emissionen liefert, sondern auch eine Pause zum Nachdenken. Das wird wie in einem Brennglas deutlich, nachdem die Finanzblase endlich geplatzt und wirkliche Wertschöpfung und die Realisierung gesellschaftlicher Ziele wieder auf die weltpolitische Tagesordnung gesetzt werden können. Durch die Finanz- und Weltwirtschaftskrise hat die Weltgesellschaft nun die Chance, nicht nur der Bereicherungsgier im Kasinokapitalismus einen Riegel vorzuschieben. Denn die systemimmanent geförderte Gier von Finanzjongleuren ist noch nicht das bedrohlichste Problem. Die paranoide Selbstentmachtung der Politik, die fahrlässige Auslieferung von öffentlichen Gütern (»global commons«) an die scheinbar überlegene Allmacht entfesselter Märkte und die schleichende Aushöhlung von Grundwerten wie Solidarität und Gerechtigkeit sind viel gravierender. Wer die »Schlachtordnung« zwischen Arm und Reich, zwischen Groß und Klein oder zwischen Tätern und Opfern der internationalen Klimadiplomatie analysiert, wird zu dem ernüchternden Urteil kommen: Das Klimaproblem wird letztlich erst lösbar, wenn sich die Weltgesellschaft auf praktizierte Gerechtigkeit gegenüber der Weltbevölkerungsmehrheit in den Entwicklungs- und Schwellenländer verständigt.

**Auslieferung
öffentlicher Güter**

Dann wird auch das technische Scaling-up tatsächlich einfach: Ein Blick in vorliegende Technologiestudien und Weltenergieszenarien zeigt, dass »Effizienz + Erneuerbare« in der Tat die einfachste und vom technischen Potenzial her prinzipiell ausreichende Formel für die Lösung des Klimaproblems darstellt. Die Analyse von Pacala und Socolow macht jedoch klar: Wenn das Scaling-up von Effizienz und Erneuerbaren weltweit nicht rechtzeitig und nicht umfassend genug praktiziert wird, dann braucht die Menschheit für den Klima- und Ressourcenschutz ein riskanteres Technologieportfolio. Zumindest einzelne Länder werden dann auch auf umstrittene Techniken wie die Atomenergie oder auf CCS zurückgreifen. Die Frage »Sind ausreichender Klimaschutz und Risikominimierung gemeinsam möglich?« spitzt sich also zu auf die Frage: »Wie viel Energieeffizienz und Erneuerbare sind bis zu welchem Zeitpunkt, in welchen Regionen und mit welchen ökonomischen und sozialen Implikationen tatsächlich realisierbar?«

**Sind ausreichender
Klimaschutz und
Risikominimierung
gemeinsam möglich?**

In seiner Rede am 25. Oktober 2009 bei der Verleihung des Deutschen Umweltpreises hat Bundespräsident Köhler ausgeführt: »Wir müssen weg vom Öl. Wir brauchen einen neuen Antriebsstoff für unsere Volkswirtschaften. Wir müssen hin zu erneuerbaren Energien und zu viel mehr Energie-

und Ressourceneffizienz. Dieser Wandel ist ökologisch notwendig, und er ist ökonomisch chancenreich (...) Es geht um nichts weniger als um die Transformation in eine »postkarbone Gesellschaft« (...) Diese Transforma-

**Transformation in
eine postkarbone
Gesellschaft**

tion wird uns zu einer neuen, einer besseren Lebensqualität führen.« Es ist ermutigend, wenn heute der Bundespräsident die ökonomisch und ökologisch positive Perspektive eines sanften Energiepfads so auf den Punkt bringt. Vor dreißig Jahren glaubten die herrschende Wissenschaft und Politik das Öko-Institut für diese Vision noch an den Pranger realitätsferner Fantasterei stellen zu können. Heute zeigt sich: Die damaligen Kritiker waren die Fantasten.

KAPITEL 2

**Die Fortschreibung heutiger
Energiesysteme ist nicht nachhaltig**

Die heutigen weltweit eingesetzten Energiesysteme basieren vorwiegend auf den fossilen und nicht erneuerbaren Energieträgern Öl, Kohle und Erdgas. Damit ist das Weltenergiesystem per se klimaanverträglich und angesichts endlicher Rohstoffe auch langfristig nicht versorgungssicher. Dagegen spielen moderne erneuerbare Energien noch keine dominante und die Kernenergie im weltweiten Durchschnitt nur eine untergeordnete und in armen

**Dominanz fossiler
Energieträger**

Entwicklungsländern praktisch keine Rolle. Jeder einzelne Energieträger erfordert spezifische infrastrukturelle Voraussetzungen und besitzt deshalb auch eine andere Bedeutung für das Gesamtsystem und seine mögliche Richtungsänderung. In einigen Fällen kann ein Energieträger einfach ersetzt werden, in anderen

Fällen wie zum Beispiel bei Öl im Transportsektor nicht; in manchen Fällen und Regionen ist eine unterbrechungsfreie Versorgung mit Strom problemlos möglich, in anderen Fällen stellt sie große Anforderungen an Planung und Netzverbundsysteme. Dies hängt nicht nur mit der Bereitstellungsstruktur an sich zusammen, sondern auch mit dem jeweiligen Einsatzzweck des Energieträgers. Kohle als Primärenergieträger wird im Kraftwerksbereich für die Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Ebenso gilt dies für Erdgas, das auch zu einem immer größeren Teil die direkte Wärmenutzung im Gebäudereich übernimmt. Erdöl dominiert im Transportsektor, seine Bedeutung im Kraftwerksbereich und für die direkte Wärmebereitstellung im Gebäudesektor nimmt rapide ab.

2.1 Großstrukturen und Versorgungssicherheit

Im Kraftwerksbereich konnten über Jahrzehnte Größeneffekte genutzt werden, was dazu führte, dass Infrastrukturen mit großskaligen Erzeugungseinheiten sowie ebenso großmaßstäbliche Leitungs- und Verteilungseinheiten entstanden. Ein hoher Grad an technischer

**Zentralität und
großmaßstäbliche
Strukturen**

Zentralisierung und ökonomischer Vermachtung von Märkten war die Folge. Das führte eine Zeit lang zu spezifischen Kostensenkungen (»economies of scale«), erweist sich jedoch auf liberalisierten Märkten und angesichts der nicht nachhaltigen Primärenergiestruktur zunehmend als eine Innovationsbremse und als

massive Behinderung von Wettbewerb und Strukturwandel. Hinzu kommt, dass an lokale Bedingungen angepasste dezentrale Energiesysteme häufig schon jetzt kostengünstiger sind, wenn auf großtechnische Antransport- und Verteilungsnetze sowie Reservevorhaltung verzichtet werden kann.

Moderne Energiesysteme müssen eine unterbrechungsfreie Rund-um-die-Uhr-Versorgung liefern, d. h. Versorgungssicherheit garantieren. Eine unvorhergesehene Unterbrechung kann für moderne Wirtschaften katastrophale Auswirkungen haben. Das gilt vor allem beim Strom, von dessen unterbrechungsfreier Versorgung z. B. alle weltweiten Informations- und Kommunikationssysteme wie etwa das Internet abhängen. Anders als bei den Primärenergieträgern Kohle oder Erdöl ist die Speicherung von Strom ein weit schwierigeres Problem. Effiziente Technologien für die großmaßstäbliche Stromspeicherung sind derzeit noch nicht im ausreichenden Umfang marktreif. Deswegen müssen Kraftwerke ständig bereitstehen, um den schwankenden Strombedarf ausgleichen zu können oder bei Ausfall größerer Kraftwerkseinheiten Reserven vorzuhalten. Dies macht ein Großkraftwerkssystem prinzipiell verwundbarer als eine Vielzahl miteinander verbundener Kleinkraftwerke. Die Speicherung von Strom zum Beispiel durch sogenannte Pumpspeicherkraftwerke kann zur Problemlösung beitragen, wenn die regionalen Bedingungen vorliegen. An weiteren Speichertechniken für Strom, aber auch für Wärme wird intensiv gearbeitet.

**Bedarf nach
konstanter und
ausfallsicherer
Versorgung**

Die Notwendigkeit, eine konstante Versorgung zu garantieren, ist der bestimmende Faktor für die Verletzlichkeit der modernen Energiesysteme. Zu unterscheiden sind zwei Ebenen, die unterschiedliche Problemkreise ansprechen: einerseits die Ebene konkreter Gründe oder Auslöser von Versorgungsunterbrechungen (z. B. Terrorismus, Streiks und politische Interventionen) und andererseits die übergeordnete Ebene der Systemabhängigkeiten wie z. B. Knappheit nicht erneuerbarer Energien, Importabhängigkeit, stark wachsender Verbrauch, Zentralisierung. Im Bereich der Stromproduktion wird das Problem zentralisierter Strukturen besonders augenfällig: Große Erzeugungseinheiten mit entsprechenden Transportstrukturen (Hoch- und Höchstspannungsnetze) sind potentielle Ziele für terroristische Angriffe. Moderne Großverbundnetze erlauben zwar zu einem gewissen Grad die Kompensation ausfallender Erzeugungskapazitäten durch andere Kraftwerke am Netz. Die überregionalen Stromausfälle in den USA, in Italien, Frankreich und anderen Industrieländern in den Jahren 2001 bis 2004 zeigten jedoch einen neuen Typ systembedingter überregionaler Verletzlichkeit. Je stärker Stromerzeugung und Netzsysteme zentralisiert sind, desto gravierender und flächendeckender können die Folgen von Störungen entlang der Bereitstellungskette sein. Zudem steigt die Ausfallwahrscheinlichkeit, je weniger Erzeugungsblöcke ins System integriert sind. Bei Unfällen oder Terroraktionen gegen Atomkraftwerke können aufgrund der austretenden radioaktiven Strahlung massive Schadensdimensionen auftreten, die die beträchtlichen ökonomischen Schäden von fossilen Kraftwerksausfällen um viele Größenordnungen übersteigen.